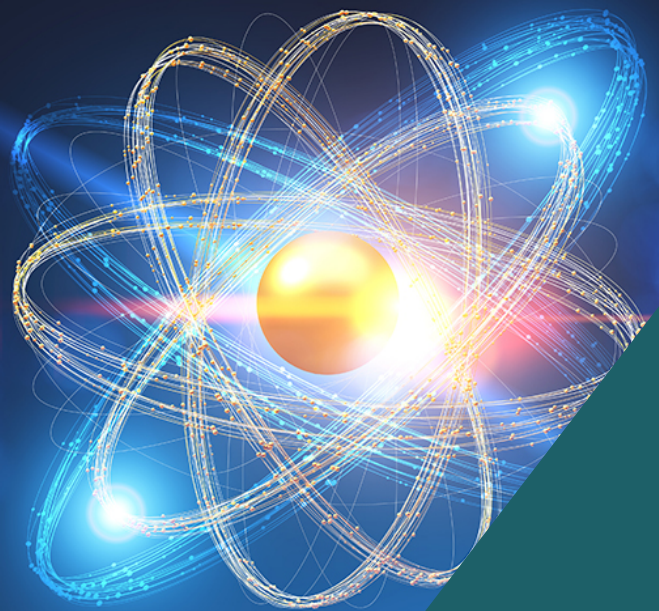


PROSIDING

**SEMINAR
NASIONAL
FISIKA FESTIVAL 2019**

*“Aplikasi Fisika dan Komputasi dalam Revolusi Industri 4.0
Untuk Indonesia Emas”*



**PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
2019**

**SAMBUTAN KETUA PROGRAM STUDI FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**



Assalamu 'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Alhamdulillah rabbil 'alamin. Segala pujian hanya pantas untuk Allah, Rabb semesta alam atas segala limpahan nikmat karunia-Nya sehingga penyusunan proceeding Seminar Nasional Fisika Festival 2019 dengan tema Aplikasi Fisika dan Komputasi Dalam Revolusi Industri 4.0 Untuk Indonesia Emas” dapat selesai tepat pada waktunya sesuai target yang telah ditetapkan panitia.

Proceeding Seminar Nasional Fisika Festival 2019 diharapkan berkontribusi menjadi salah satu sumber ilmu pengetahuan terkait ilmu Fisika yang terus berkembang dengan segala aplikasinya seiring dengan lompatan perkembangan teknologi informasi dalam era Revolusi Industri 4.0. Apresiasi yang setinggi-tingginya kepada seluruh kontributor makalah dari seluruh Indonesia yang telah mengirimkan dan mempresentasikan hasil penelitiannya pada Seminar Nasional Fisika Festival 2019, dan juga kepada panitia seminar nasional.

Pada kesempatan ini kami secara khusus juga mengucapkan terima kasih kepada tim penyusun proceeding, editor, tim reviewer eksternal maupun internal yang telah bekerja keras untuk dapat mewujudkan proceeding yang berkualitas baik sesuai template yang telah ditentukan dan tentu saja inline dengan tema Seminar nasional. Sebagai penutup, tidak ada kata-kata yang lebih pantas selain kami sampaikan Jazakumullah khoiron katsiro kepada seluruh pihak atas seluruh bantuan untuk terwujudnya proceeding Seminar Nasional Fisika Festival 2019.

Yogyakarta, 7 November 2019



(Dr. Thaqibul Fikri Niyartama)

DAFTAR DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab : Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si.

Editor Pelaksana : Anis Yuniati, Ph.D.

Dr. Nita Handayani, S.Si., M.Sc.

Dr. Widayanti, M.Si.

Frida Agung Rakhmadi, S.Si., M.Sc.

Cecilia Yanuarif, S.Si., M.Sc.

Drs. Nur Untoro, M.Si.

Rachmad Resmiyanto, S.Si., M.Sc.

Dr. Winarti, S.Pd., M.Pd.Si.

Sekretaris Redaksi : Andi, M.Sc.

Ade Kurniawan, M.Si.

Dwi Noor Jayanti, M.Si.

Program Studi Fisika

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta

Jl. Marsda Adisucipto, Yogyakarta 55281

TEMA SEMINAR NASIONAL FISIKA FESTIVAL 2019

Seminar Nasional dalam rangkaian acara Fisika Festival tahun 2019 mengusung tema:
“Aplikasi Fisika dan Komputasi dalam Revolusi Industri 4.0 Untuk Indonesia Emas”.

Adapun bidangkajiannya meliputi:

1. Fisika Material
2. Fisika Instrumentasi
3. Fisika Bumi/Geofisika
4. Fisika Teori dan Komputasi
5. Fisika Medis
6. Biofisika
7. Pendidikan Fisika

KEYNOTE SPEAKERS

Keynote Speakers Seminar Nasional dalam rangkaian acara Fisika Festival 2019 adalah sebagai berikut:

1. Dr. Rike Yudianti.
(Keala Pusat Penelitian Fisika Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia)
2. Prof. Dr. Zuhdan Kun Prasetyo, M.Ed.
(Guru Besar Pendidikan IPA Universitas Negeri Yogyakarta)
3. Anis Yuniati, S.Si., M.Sc., Ph.D.
(Pakar Computational Neuroscience, Program Studi Fisika Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga)

DAFTAR ISI

Sambutan Ketua Program Studi Fisika	i
Dewan Redaksi	ii
Tema Seminar Nasional Fisika Festival 2019	iii
<i>Keynote Speakers</i>.....	iv
Daftar Isi	v
Sintesis Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Aktivator HCl	
Galih Padmasari, Asih Melati	1
Fenomena Surface Plasmon Resonance (SPR) dalam Konfigurasi Kretschmann dengan Sistem Lapis Tipis Emas (Au)/ Nanomagnetite (Fe₃O₄) untuk Deteksi Gelatin Babi	
Muhammad Agung Satrio, Asih Melatih	5
Karakteristik Resistansi Madu Sarang dan Madu Supermarket	
Dyah Imas Cholidina, Ayu Sakila Arum, Frida Agung Rakhmadi.....	11
Aplikasi Alat Ukur Tegangan Permukaan untuk Membedakan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula dan Air yang Bersih dari Limbah Pabrik Gula	
Eguh Budi Leksono, Amar Hanif, Frida Agung Rakhmadi	15
Karakteristik Resistansi Minuman Jeruk Murni dan Tidak Murni	
Ratri Ismawati, Siti Annisa Widyaningrum, Frida Agung Rakhmadi	20
Sejarah Perkembangan Resistansi Meter dari Tahun 1820 M sampai Sekarang	
Bagus Pranata, Muhammad Anas Masykur, Frida Agung Rakhmadi	24
Karakteristik Resistansi Air Minum Infus Buah Lemon (Infused Water) dan Air Minum Sprite Water Lymon	
Fia Ismi Nur Alfiah, Dinda Salsabila P, Frida Agung Rakhmadi	28
Karakteristik Resistansi Air Teh Gula Alami dan Buatan	
Cindy Septiani S, Defanny, Frida Agung Rakhmadi	32

Karakteristik Resistansi Susu Murni dan Susu Campuran	
Fathin Musthafa Habiburrahman, Hanif Fata Mustaqiim, Frida Agung Rakhmadi	36
Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata Pulau Jawa Tahun 1903-2006 dengan Menggunakan Software QUANTUM GIS(QGIS)	
Arya Santri Wiratama, Fitriyaningsih, Ika Rakhmawati, Nadzif Muaffi, Siti Estiya Pujiningtiyas, Surya Eka Kurnia, NugrohoBudi Wibowo	40
Aplikasi Metode Self Potential (SP) Untuk Menentukan Persebaran Zona Alterasi di Kompleks Candi Gedong Songo, Ungaran – Jawa Tengah	
Badrun, Sri Handayani, Nanda Nur Aini, Azha Amalia Pusvitasari, Muhammad Faizal Zakaria.....	47
Kajian Terhadap Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik Pulau Sumatera Pada Tahun 1900-2006	
Putri Ayu Lestari, Funky Fianingrum, Moh. Faqim Ilmy, Dini Wahyuni, Nugroho Budi Wibowo	57
Pendugaan Mineral Mangan Menggunakan Metode Induced Polarization Konfigurasi Wenner di Jurang Gandol, Tegalombo, Pacitan	
Hendri Rahayu, Ahmad Ribowo, Firasti Herniaswati Karlina.....	64
Dampak Gempa Regional di Pulau Bali, NTB dan NTT Menggunakan Metode Seismik	
Ivanna Dewi Putri Dharyuuni, Dian Octaviani Nurlatifah, Erwinda Ayu Septi Ani, Mu'adz Adzakki, Novita Permata Sari, Panji Wibowo, Nugroho Budi Wibowo.....	71
Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik Pulau Sulawesi Tahun 1905-2005	
Izaghi Imam Alfiansyah, Bella Rahmadhaniyah, Nur Khikmah, Fani Rohmiasih, Walhasbi Praditiya	77
Penyusunan Tabel dan Penentuan Indeks K Geomagnet Lokal Menggunakan Data Medan Magnet Biak	
Nanda Nur Aini, Thaقيبul Fikri Niyartama, La Ode Muhammad Musafar	83

Studi Site Effect (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah	
Sri Handayani, Thaقيبul Fikri Niyartama, Nugroho Budi Wibowo	92
Variasi Panjang Gelombang Cahaya pada Simulasi Pola Difraksi Fraunhofer untuk Celah Lingkaran	
Ahmad Zubair Al Kahfi, Cecilia Yanuarief	102
Kajian Kombinasi Python pada Simulator NEURON untuk Penelitian di Bidang Komputasi Neurosains	
Aprilia Dewi Ardiyanti, Anis Yuniati	112
Pengembangan Buku Panduan Praktikum Fisika Berbasis POE (<i>Predict, Observe, Explain</i>) untuk Peserta Didik Kelas X Semester Gasal di Sman 1 Banguntapan	
Mirta Nuziani, Widayanti.....	119
Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis GameMaker: Studio Berbantu Permainan Ular Tangga pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar	
Aida Fatmawati, Tri Isti Hartini, Sugianto Arjo	131
Analisis Sarana Prasarana dan Intensitas Penggunaan Laboratorium Fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung	
Sintia Nur ‘Aini, Ika Kartika, Widayanti	140
Pengembangan Ruang Media Pembelajaran Berbasis Line Messaging API (<i>Application Programming Interface</i>) pada Mata Pelajaran Fisika Kelas XI	
Imanita Heriana Agasta, Y. Soenarto, Wahyu Dian Laksanawati	149
Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Cerita Pendek terhadap Minat Belajar Fisika pada Kelas Lintas Minat	
Kamilia Fakhriyyah, Liszulfah Roza, Yulia Rahmadhar	155
Analisis Kemampuan Individu dalam Menyelesaikan Masalah (<i>Coping</i>) pada Pelajaran Fisika Terhadap Hasil Belajar Siswa	
Mami Susilowati, Liszulfah Roza, Yulia Rahmadhar	161

Media Pembelajaran pada Materi Fluida Dengan Teknologi Augmented Reality Berbasis Android untuk Siswa SMA	
Tika Kurniawati, Imas Ratna Ermawaty, Mirza Nur Hidayat.....	168
Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran <i>Guided Inquiry</i> Berbantu Website Terhadap Hasil Belajar Fisika Kelas XI pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya	
Welly Apriliyana, Yulia Rahmadhar, Sugianto Arjo, Gloria Rachmat, Fakhri Abdullah Rosyid.....	174
Pengaruh Model Pembelajaran GI (<i>Group Investigation</i>) Berbasis Metode <i>Drill</i> terhadap Hasil Belajar Fisika pada Materi Pengukuran	
Zakiyatun Nufus, Ferawati, Feli Cianda Adrin Burhendi	181

Sintesis Karbon Aktif Tempurung Kelapa Dengan Aktivator HCl

Galih Padmasari^{1*}, Asih Melati¹

Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga,

Jl. Marsda Adisucipto 519739, Indonesia.

galihpadmasari47@gmail.com

INTISARI

Indonesia memiliki sumber daya alam yang melimpah salah satunya kelapa. Kelapa di Indonesia tahun 2017 dengan luas 3.544.393 Ha menghasilkan 2.871.280 Ton. Tempurung kelapa dapat digunakan sebagai salah satu bahan dasar pembuatan karbon aktif. Penelitian ini dilakukan dengan mensintesis dan mengkarakterisasi karbon aktif dengan tempurung kelapa. Metode penelitian yang dilakukan yaitu mensintesis karbon kemudian diaktivasi menggunakan aktivator dan dibuktikan dengan uji morfologi menggunakan *Scanning Elektron Microscopy* (SEM). Perlakuan pertama yang dilakukan pada penelitian ini yaitu tempurung kelapa dikarbonasi dengan suhu 600°C selama 2 jam kemudian diaktivasi menggunakan aktivator HCl 0,1 M direndam selama 24 jam. Kemudian diuji morfologi dengan menggunakan SEM. Dari bahan ini memiliki ukuran karbon aktif memiliki pori sebesar 110nm-359nm dan memiliki bentuk karbon yang tidak beraturan.

Kata Kunci: Aktivator HCl, Karbon Aktif, SEM, Tempurung Kelapa

ABSTRACT

Indonesia has abundant natural resources, one of which is coconut. Coconut in Indonesia in 2017 with an area of 3,544,393 hectares produces 2,871,280 tons. Coconut shell can be used as one of the basic ingredients for making activated carbon. This research was conducted by synthesizing and characterizing activated carbon with a coconut shell. The research method carried out is to synthesis carbon then activated using an activator and proven by morphological tests using Scanning Electron Microscopy (SEM). The first treatment performed in this study was coconut shell carbonated at 600°C for 2 hours then activated using 0.1 M HCl activator soaked for 24 hours. Then morphological testing using SEM. Of this material has a size of activated carbon has a pore of 110nm-359nm and has an irregular shape of carbon.

Keyword: Activated Carbon, Coconut Shell, HCL Activator, SEM

Pendahuluan

Permasalahan yang dikeluhkan oleh masyarakat pengguna tempat umum seperti pada Moda Rapid Transit (MRT) adalah minimnya fasilitas yang diberikan, salah satunya adalah bau tidak sedap yang berasal dari toilet di MRT tersebut ^[1]. Demikian juga fasilitas toilet umum yang berada di pusat pembelanjaan, terminal, dan tempat umum lainnya juga belum diatasi dengan baik. Bau yang timbul pada tempat-tempat umum ini berasal dari urin dimana komponen terbesar dari urin adalah amonia.

Adanya permasalahan diatas perlu penanganan yang cepat, salah satunya adalah mencari bahan material yang dapat menyerap amonia dengan efektif. Dengan teknologi yang berkembang pesat, salah satu material yang efektif adalah karbon aktif. Karbon aktif dapat digunakan sebagai bahan penyerap amonia ^[2]. Pembuatannya dapat menggunakan berbagai bahan organik. Bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif adalah tempurung kelapa yang memiliki kandungan selulosa sebesar 26%, pentose 27%, dan lignin 29,4% sehingga berpotensi besar menjadi karbon ^[3]. Pada dasarnya manusia dan tumbuh-tumbuhan erat kaitannya dalam kehidupan. Banyak manfaat yang didapatkan oleh manusia dari tumbuh-tumbuhan namun masih banyak yang belum diketahui manusia akan pemanfaatannya.

Sebagai negara kepulauan terbesar di dunia, Indonesia mempunyai 17.499 pulau, lima diantaranya adalah pulau besar yang tersebar dari Sabang sampai Merauke. Indonesia memiliki total luas wilayah 7,81 juta kilometer yang terdiri dari daratan dan perairan. Wilayah Indonesia begitu luas sehingga sangat mendukung masyarakat untuk berkebun. Salah satu perkebunan yang berkembang di Indonesia adalah kebun kelapa. Daerah Istimewa Yogyakarta memiliki perkebunan kelapa tahun 2017 seluas 34.656 Ha dengan hasil 49.652 Ton bahkan di Indonesia luas perkebunan kelapa pada tahun 2017 seluas 3.544.393 Ha dengan hasil 2.871.280 Ton ^[4]. Hasil perkebunan yang melimpah antara lain adalah kelapa. Dari banyaknya kelapa yang dihasilkan tentu banyak menghasilkan limbah tempurung kelapa.

Sehingga tempurung kelapa dapat dimanfaatkan dan dikembangkan menjadi karbon aktif sebagai salah satu pengembangan material adsorben untuk mengurangi bau tidak sedap pada toilet umum. Adapun cara untuk mensintesis karbon aktif adalah mengaktivasi karbon sehingga dapat membuka pori dari karbon. Aktivasi sendiri ada dua macam yaitu dengan menggunakan aktivasi fisika dan aktivasi kimia ^[5]. Aktivasi fisika dengan memanaskan dan memberi tekanan pada karbon sedangkan aktivasi kimia dengan memberinya aktivator berupa asam atau basa kuat. Dalam penelitian ini menggunakan HCl 0,1 M yang bersifat korosif sehingga dapat menghilangkan pengotor organik yang ada dalam karbon sehingga dapat digunakan sebagai aktivatornya. Hasil sintesis karbon aktif kemudian dilakukan uji morfologi menggunakan *Scanning Elektron Microscopy* (SEM).

Hasil pengembangan sintesis karbon aktif dari berbagai bahan organik yang dikembangkan oleh industri, akademisi maupun lembaga-lembaga penelitian yang masih perlu inovasi dalam pengaplikasiannya. Karena saat ini pengaplikasian dari karbon aktif berbahan organik sangat minim, maka salah satu pengaplikasian yang telah dikembangkan pada penelitian ini adalah digunakan sebagai bahan penyerap amonia, karena amonia merupakan komponen urine yang berbau menyengat sehingga menimbulkan bau tidak sedap pada *public service*.

Metode Penelitian

Pembuatan Karbon Aktif

Karbon aktif berasal dari 1000 gr tempurung kelapa yang difurnace dengan suhu 600°C selama 2 jam kemudian dimilling dengan 80 mesh kemudian diaktivasi dengan HCl 0,1M.

Karakterisasi

Penelitian yang dilakukan perlu dilakukan pengujian. Pengujian dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Elektron Microscopy*).

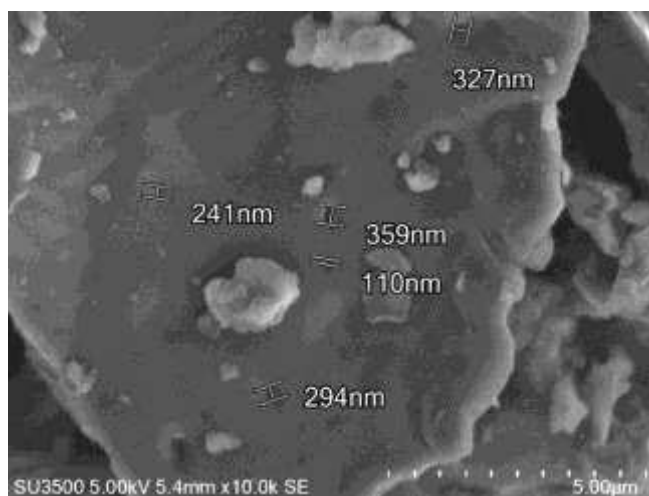
Hasil dan Pembahasan

Tahap Aktivasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Proses aktivasi merupakan hal yang penting dalam pembuatan karbon aktif. Melalui proses aktivasi karbon akan memiliki daya adsorpsi yang semakin meningkat, karena karbon hasil karbonasi biasanya masih mengandung zat yang masih menutupi pori-pori permukaan karbon. Zat yang menutupi pori dihilangkan menggunakan aktivator HCl 0,1M. Saat perendaman larutan HCl akan teradsorpsi oleh karbon yang akan melarutkan tar dan mineral organik. Hilangnya zat tersebut dari permukaan karbon aktif akan menyebabkan semakin besar pori dari karbon aktif [6] Besarnya pori karbon aktif akan meningkatnya luas permukaan karbon aktif. Hal ini akan meningkatkan kemampuan dari karbon aktif.

Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa

Karbon aktif tempurung kelapa sebelum digunakan untuk mengadsorpsi dikarakterisasi menggunakan SEM untuk mengetahui morfologi dari karbon aktif dengan ukuran pori 110nm – 359nm yang ditunjukkan pada Gambar 1 ukuran pori ini adalah ukuran lubang yang berada pada karbon aktif yang memiliki bentuk acak. Dengan ukuran pori tersebut menjadikan permukaan karbon aktif lebih luas sehingga lebih efektif dalam pengaplikasiannya.



Gambar 1. Karakterisasi SEM Karbon Aktif

Kesimpulan dan Saran

Karbon aktif berhasil terbentuk dengan ukuran pori 110nm-359nm. Karbon aktif diaktivasi dengan menggunakan HCl 0,1M sebagai aktivator. Serta perlu dilakukan penelitian lanjutan terkait material yang lain untuk memperoleh hasil yang maksimal.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada:
Orangtua dan keluarga yang selalu memberikan suport kepada penulis, dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis, dosen fisika UIN Sunan Kalijaga yang selalu memberikan suport kepada penulis, teman-teman studi club material, teman-teman

seperjuangan penulis yang selalu memberikan dukungan kepada penulis, serta pihak yang tak bisa disebutkan satu per satu.

Daftar Rujukan

- [1] Tallo Johan. *Keluhan MRT Minim Tempat Sampah dan Bau Pesing*. Jakarta: Liputan6.com. 2019.
- [2] Kurniati, Dwi Feti. "Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi Sintesis Arang Aktif dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya." **Vol.14 No.3**: 72–76. 2011.
- [3] Mozammel, H.M., Masahiro, O., Bhattacharya SC. Activated charcoal from coconut shell using ZnCl₂ activation. *Biomass and Bioenergy*. **Vol. 22** : 397-400. 2002.
- [4] Hendaryati, Demitria Dewi, dkk. *Statistik Perkebunan Indonesia "Kelapa"*. Jakarta: Ditektorat Jendral Perkebunan. 2015.
- [5] Sudaryanto, Y, Hartono, S. B, Irawaty, W, Hindarso, H, dan Ismadji, S. High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation. *Bioresource Technology*. **Vol.97 No.5**: 734–739. 2006.
- [6] Indah Subadra, Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa dengan Aktivator (NH₄)HCO₃ dan Aplikasinya sebagai Adsorben dalam Proses Penjernihan Virgin Coconut Oil, skripsi, Jurusan Kimia, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- [7] Murti, S. Pembuatan Karbon Aktif dari Tongkol Jagung untuk Adsorpsi Molekul Amonia dan Ion Krom (Skripsi) Depok: Universitas Indonesia. 2008.
- [8] Sastroharmidjojo, Hardjono. *Dasar-dasar Spektroskopi*. Yogyakarta: Liberty Sembiring, M. T. dan Sinaga, T. S. 2003. Arang Aktif (Pengenalan dan Proses Pembuatan). *USU Digital Library*. Sumatra Utara. 2001.

Fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR) Dalam Konfigurasi Kretschmann Dengan Sistem Lapis Tipis Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4) Untuk Deteksi Gelatin Babi

Muhammad Agung Satrio^{1*}, Asih Melatih¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia.

*E-mail: agung.satrio8995@gmail.com

INTISARI

Telah berhasil dilakukan deteksi gelatin babi berbasis pada *Surface Plasmon Resonance* (SPR) yang mampu membantu berkembangnya penelitian halal riset di Laboratorium Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. Konfigurasi sistem ini adalah konfigurasi *Kretschmann* dimana pengkoplingan terjadi antara prisma/ emas (Au)/ *nanomagnetite* (Fe_3O_4) / gelatin babi. Prisma yang digunakan adalah prisma BK7 dengan nilai indeks bias 1.51. Logam emas digunakan karena memiliki ketahanan oksidasi yang baik untuk kondisi konfigurasi *Kretschmann* dan *nanomagnetite* (Fe_3O_4) mampu meningkatkan sensitivitas SPR karena tingkat dispersibilitas yang tinggi dan sifat biokompatibel yang baik. Sumber cahaya yang digunakan pada penelitian ini adalah laser He-Ne dengan panjang gelombang 632,8 nm. Emas (Au) dideposisikan pada permukaan prisma sebesar $0,8 \pm 0,1$ mg sedangkan *nanomagnetite* (Fe_3O_4) dideposisikan di atas emas (Au) dengan konsentrasi 11 mg/ml. Lapisan terluar adalah gelatin babi dengan konsentrasi 25%. Fenomena SPR pada sistem ini diinvestigasi melalui pengamatan sudut SPR yang terbentuk pada kurva ATR. Pada prisma/ emas (Au) diperoleh sudut SPR ($45.3^\circ \pm 0.05^\circ$, $r = 0.294$), kemudian pada konfigurasi prisma/ emas (Au)/ *nanomagnetite* (Fe_3O_4) diperoleh sudut SPR ($45.9^\circ \pm 0.05^\circ$, $r = 0.262$) bergeser sejauh 0.6° dan pada konfigurasi prisma/ emas (Au)/ *nanomagnetite* (Fe_3O_4) / gelatin babi diperoleh sudut SPR ($46.1^\circ \pm 0.05^\circ$, $r = 0.723$) bergeser sejauh 0.2° . Berdasarkan hasil penelitian, pergeseran sudut SPR pada kurva ATR ke kanan membuktikan bahwa deteksi gelatin babi berhasil dilakukan dengan sensor berbasis fenomena SPR.

Kata Kunci: Gelatin babi, Halal Riset, *Kretschmann*, *Nanomagnetite*, *Surface Plasmon Resonance* (SPR).

ABSTRACT

Detection of porcine gelatin was successfully carried out based on surface plasmon resonance to assist halal research in Physics Laboratory of UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. The configuration of this system is Kretschmann configuration where the prepping occurs between prism/ gold (Au)/ nanomagnetite (Fe_3O_4) / porcine gelatin. The research used BK7 prism with 1.51 refractive index value. Gold is used because it has a good oxidation resistance for the Kreschmann configuration conditions and nanomagnetite (Fe_3O_4) is able to increase the sensitivity of the SPR because it has a high dispersibility and good biocompatible properties. Light source that used in this research is a He-Ne laser with 632,8 nm wavelength. Gold has been deposition on the surface of a prism with $0,8 \pm 0,1$ mg while nanomagnetite has been deposition on the surface of prism/ gold (Au) with 11 mg/ml concentration and the outer layer is porcine gelatin with 25% concentration. The phenomenon of SPR in deposition system of prism/ gold/ nanomagnetite/ porcine gelatin using Kretschmann configuration has been investigated through SPR-angle observation formed in the ATR-curve. The obtained SPR-angle of prism/ gold (Au) are ($45.3^\circ \pm 0.05^\circ$, $r = 0.29388$), SPR-angle of prism/ gold (Au)/ nanomagnetite (Fe_3O_4) are ($45.9^\circ \pm 0.05^\circ$, $r = 0.2616$) has been move as 0.62° and the SPR-angle of prism/ gold (Au)/ nanomagnetite (Fe_3O_4) / porcine gelatin are ($46.1^\circ \pm 0.05^\circ$, $r = 0.722589$) has been move as 0.2° . based on the research SPR-angle has moving to the right on a ATR-curve, it prove that detection of porcine gelatin was successfully carried out with censor based on SPR phenomenon.

Keywords: Halal research, *Kretschmann*, *Nanomagnetite*, *Porcine gelatin*, *Surface Plasmon Resonance* (SPR).

Pendahuluan

Dewasa ini beberapa bagian dari babi banyak digunakan untuk pembuatan produk pangan, salah satunya adalah pembuatan gelatin babi yang menjadi salah satu bahan baku pembuatan kapsul (obat-obatan) dan kebanyakan di impor. Pada tanggal 30 Januari 2018 BPOM secara resmi melalui surat edarannya di situs resmi BPOM menyatakan bahwa berdasarkan hasil pengawasan terhadap produk yang beredar di pasaran (*post-market vigilance*) melalui pengambilan contoh dan pengujian terhadap parameter DNA babi, ditemukan bahwa terdapat produk obat yang beredar di pasaran terbukti positif mengandung DNA Babi. Kasus demikian juga sering terjadi di beberapa tahun terakhir, pada UUD NO.33.2014 Pasal 47 Ayat 3 menyatakan bahwa sertifikat halal yang diterbitkan oleh lembaga halal luar negeri wajib diregistrasi oleh BPJPH (Badan Penyelenggaraan Jaminan Produk Halal) sebelum produk diedarkan di Indonesia. Penelitian *halal research* di UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sendiri sedang dikembangkan dimana salah satunya mengenai sensor *biocompatible*, dimana hasil yang didapatkan sangat ramah lingkungan dan salah satu penerapan sensor *biocompatible* ialah biosensor berbasis optik. Dasar teknologi pada perangkat biosensor berbasis optik adalah fenomena *Surface Plasmon Resonance* (SPR) dimana SPR merupakan suatu fenomena optik ketika terjadinya resonansi saat osilasi bersama antara gelombang cahaya dengan elektron bebas (plasma) yang menjalar sepanjang lapisan permukaan logam dengan vektor medan magnetnya sejajar permukaan logam^[1]. Sistem biosensor dapat dikembangkan melalui fenomena SPR yang terjadi, sehingga dalam pengujian biomolekulnya lebih akurat dan terkontrol. Biosensor berbasis optik merupakan sensor generasi baru dan memiliki beberapa aspek penting yang menjadi pertimbangan digunakannya biosensor jenis ini yaitu, adanya penurunan sinyal *noise* (gangguan), preparasi sampel menjadi lebih mudah, operasional pengukuran menjadi lebih baik^[2], adanya penurunan dalam jumlah sampel yang dibutuhkan dan waktu operasional menjadi lebih singkat^[3].

Biosensor optik sangat potensial untuk dikembangkan terus untuk menggantikan biosensor konvensional yang memiliki banyak keterbatasan. Salah satu fenomena biosensor optik adalah *Surface Plasmon Resonance* (SPR) yang dimanfaatkan untuk mendeteksi penyerapan biomolekul, SPR memiliki *sensitivitas* dan respons yang cepat terhadap perubahan indeks bias pada permukaan sensor. Beberapa bentuk pengaplikasian SPR pada kehidupan sehari-hari, yaitu dapat mengukur konsentrasi biomolekul, ketebalan, dan data ikatan kinetik untuk *analyte* biologi tertentu seperti antigen/antibodi, ligan/reseptor, reaksi protein, hibridisasi DNA^[4], untuk mendeteksi kemurnian biomolekul^[5], serta mendeteksi formalin sebagai pengembangan awal teknologi *Food Safety*^[6]. Secara umum terdapat dua jenis protokol pendeteksi biosensor optik, yaitu pendeteksi berbasis *fluorescence* dan pendeteksi *label-free*. Di dalam pendeteksi berbasis *fluorescence*, target biomolekul berinteraksi kuat dengan suatu bahan *fluorescence* tertentu misalnya *dye* sehingga munculnya intensitas *fluorescence* akan mengindikasikan kehadiran biomolekul target. Proses pendeteksian molekul ini lebih sulit, karena biomolekul target harus dimodifikasi terlebih dahulu supaya dapat berinteraksi kuat dengan bahan *fluorescence* tertentu. Di samping itu pendeteksian jenis ini hanya terbatas pada satu biomolekul tertentu saja^[7].

SPR akan mengalami pergeseran sudut dikarenakan adanya perbedaan parameter optik lapisan yang dilewati cahaya. Hal ini menjadi dasar mengapa fenomena SPR dapat digunakan sebagai biosensor dengan berbagai biomolekul dilapisi di atas prisma dan logam. Pada proses persiapan sampel terdapat beberapa biomolekul yang dapat dilapisi pada logam secara langsung, namun respon yang diperoleh lemah ketika dideteksi menggunakan SPR. Hal ini membuktikan bahwa SPR membutuhkan suatu bahan aktif yang diperlukan untuk meningkatkan sensitivitasnya dan dalam skala nanometer sehingga fungsi bahan tersebut untuk mendeteksi biomolekul akan lebih optimal^[6]. Untuk lebih mengoptimalkan pendeteksian sistem SPR, digunakan material yang dapat berinteraksi baik dengan biomolekul yaitu emas

(Au), emas memiliki beberapa keunikan, yaitu emas memiliki daya resistansi sebesar $2,44 \cdot 10^{-4} \Omega \cdot m$ sehingga memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan korosi dalam berbagai lingkungan [8], emas dapat dengan mudah di konjugasikan dengan bahan biologis sehingga dengan mendeposisikan emas (Au) pada sistem SPR *biosensor* menjadi salah satu syarat dalam SPR *biosensor* untuk mendeteksi gelatin babi. Sistem SPR akan menjadi lebih responsif bila dilapisi dengan material lain yang mampu meningkatkan sensitivitas SPR. Sehingga pada penelitian ini menggunakan *nanomagnetite* (Fe_3O_4) yang memiliki sifat superparamagnetik sehingga mampu berinteraksi baik dengan biomolekul [11]. Sampel *nanomagnetite* (Fe_3O_4) yang memiliki ukuran butir yang kecil merupakan sampel yang paling berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai agen imobilisasi biomolekul dalam aplikasi biosensor SPR [9].

Berdasarkan beberapa hal yang telah diuraikan, fokus penelitian ini adalah pembuatan biosensor spektroskopi *surface plasmon resonance* (SPR) di Laboratorium Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta dan melakukan pengujian spektroskopi melalui pengamatan fenomena SPR yang terjadi setelah lapisan tipis emas di deposisi dengan *nanomagnetite* (Fe_3O_4) dan gelatin babi menggunakan konfigurasi *Kretschmann* [10]. Dengan konfigurasi *Kretschmann* penelitian ini memungkinkan untuk dilakukan secara eksperimen. Pengamatan dilakukan berdasarkan hubungan antara nilai reflektansi (r) dengan sudut datang (θ) menggunakan metode pengkoplingan prisma dalam konfigurasi *Kretschmann*. Dimana, konfigurasi *Kretschmann* bisa langsung mendeposisi bahan diatas permukaan prisma sehingga mampu menjadi data awal untuk mengetahui apakah pada suatu produk tertentu memiliki kandungan gelatin babi di dalamnya.

Metode Penelitian

Material

Material yang digunakan adalah prisma BK-7 dengan indeks bias 1,51 [11], Emas (Au 99%) Semar Nusantara (Yogyakarta, Indonesia), *nanomagnetite* (Fe_3O_4) hasil sintesis, gelatin babi yang di dapat dari kulit babi di pasar tradisional, laser merah (He-Ne) dengan panjang gelombang $\lambda = 632,8$ nm, akuabides, ethanol, sabun.

Pendeposisi lapisan Emas (Au) pada Prisma

Emas dengan konsentrasi 99% dilapisi di atas permukaan prisma menggunakan *vacuum evaporator* di PSTA-BATAN, Yogyakarta. Massa emas yang dideposisikan di atas prisma yaitu 15 mg dan didapatkan massa emas yang terdeposisi sebanyak 0.8 mg untuk setiap prisma.

Deposisi lapisan *Nanomagnetite* (Fe_3O_4) pada Prisma/ Emas (Au)

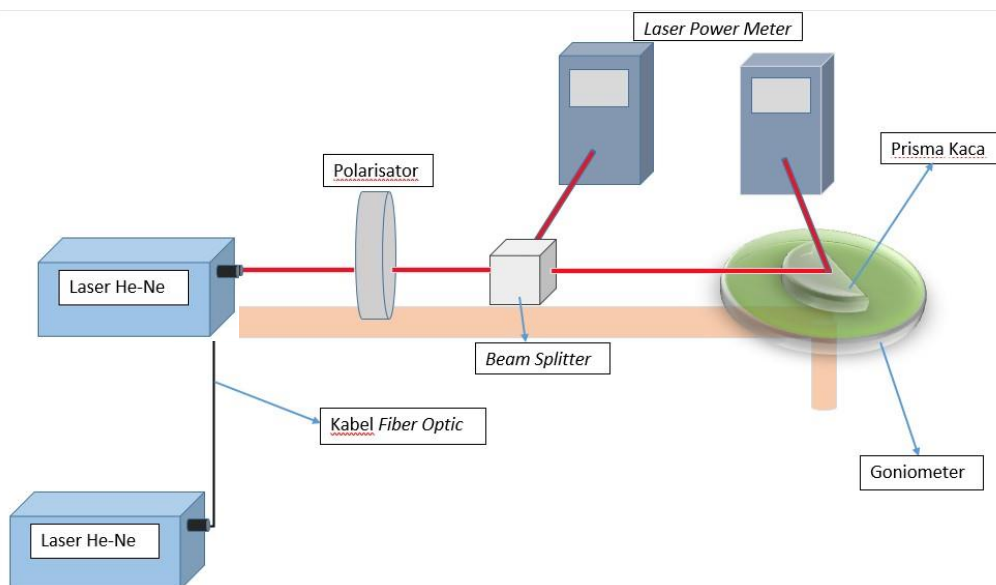
Nanomagnetite (Fe_3O_4) hasil sintesis yang bersumber dari pasir besi pantai Congot (Kulonprogo, Yogyakarta) dideposisi di atas permukaan sistem Prisma/ Emas (Au) dengan konsentrasi 11 mg/ml. pendeposisian dilakukan dengan metode *spray*.

Deposisi lapisan gelatin babi pada Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4)

Gelatin babi hasil sintesis yang bersumber dari pasar Kranggan (Yogyakarta) dengan konsentrasi 25% dideposisi di atas permukaan sistem Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4) menggunakan metode *spray*.

Pengamatan Fenomena SPR

Pengamatan fenomena SPR dilakukan dengan menggunakan metode ATR yaitu mencatat reflektansi untuk setiap variasi sudut datang dari 30° hingga 60° . Pengamatan dilakukan untuk setiap penambahan sistem lapisan tipis.

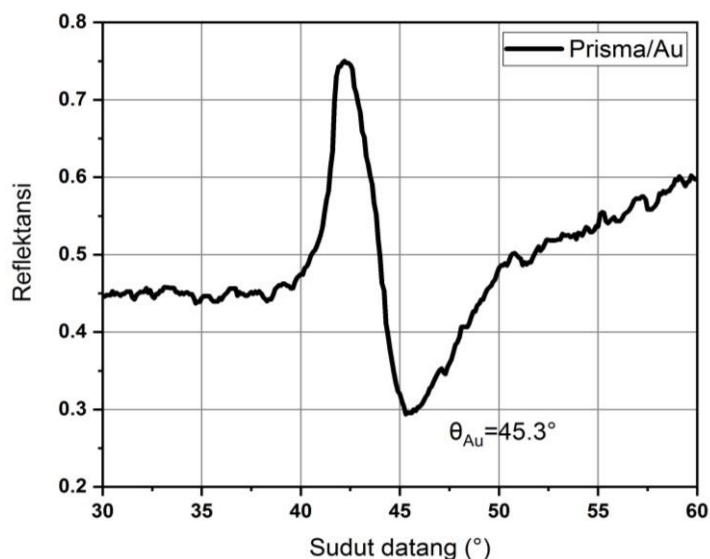


Gambar 1. Skema alat Surface Plasmon Resonance (SPR).

Hasil dan Pembahasan

Kurva ATR Sistem Prisma/ Emas (Au)

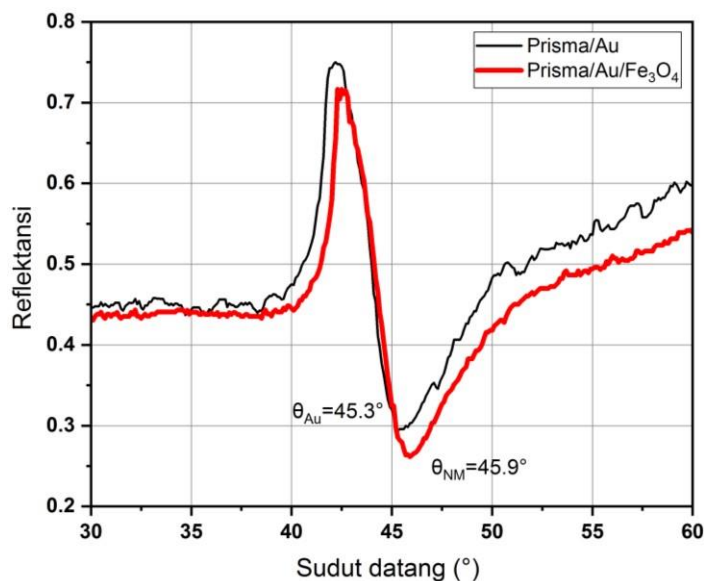
Pendeposisian lapisan emas diatas permukaan prisma berguna sebagai syarat terjadinya fenomena SPR dengan dibuktikan oleh bertambahnya masa prisma (102317.7 ± 0.1 mg) setelah dideposisi menjadi ($102318,5 \pm 0,1$ mg) dan kurva ATR. Pengamatan yang dilakukan menunjukkan terbentuknya sudut SPR ($45.3^\circ \pm 0.05^\circ$) dengan nilai reflektansi 0.294.



Gambar 2. Kurva Attenuated Total Reflection untuk sistem prisma/ emas (Au).

Kurva ATR Sistem Prisma/ Emas (Au)/ Nanomagnetite (Fe_3O_4)

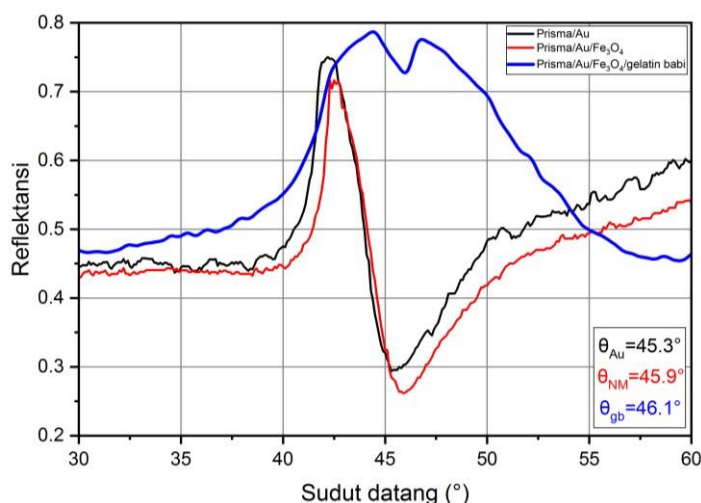
Lapisan Nanomagnetite (Fe_3O_4) yang terdepresiasi diatas permukaan sistem Prisma/ Emas (Au) dibuktikan dengan penampakan bercak pada permukaan sistem yang merupakan serbuk dari nanomagnetite (Fe_3O_4) dengan konsentrasi 11 mg/ml dan terjadi peningkatan deteksi dari sensor dibuktikan dengan bergesernya kurva ATR sebesar 0.6° sehingga sudut SPR untuk nanomagnetite ($45.9^\circ \pm 0.05^\circ$) dengan nilai reflektansi 0.285.



Gambar 3. Kurva *Attenuated Total Reflection* untuk sistem prisma/ emas (Au)/ *nanomagnetite* (Fe_3O_4)

Kurva ATR Sistem Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4)/ Gelatin Babi

Lapisan *gelatin babi* terdposisi pada permukaan sistem Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4) dengan konsentrasi 25% dibuktikan dengan perubahan warna pada permukaan prisma dan pergeseran pada kurva ATR 0.2° sehingga sudut SPR untuk gelatin babi ($46.1^\circ \pm 0.05^\circ$) dengan nilai reflektansi 0.789. dari penampakan kurva ATR tersebut bisa membuktikan bahwa SPR mampu mendeteksi gelatin babi dengan sensitifitas yang kecil, hal ini ditunjukkan dari *peak* pada kurva SPR yang melebar disebabkan karena pengaruh konsentrasi dari larutan gelatin babi yang tinggi. Semakin tinggi konsentrasi maka semakin lebar sudut yang dihasilkan^[3].



Gambar 4. Kurva *Attenuated Total Reflection* untuk sistem Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4)

Kesimpulan dan Saran

Telah berhasil dilakukan pendeposisian Emas (Au) dengan jumlah terdposisi sebanyak $0,8 \pm 0,05$ mg. ditunjukkan dengan terbentuknya lapisan berwarna keemasan diatas permukaan prisma. Pendeposisian *Nanomagnetite* (Fe_3O_4) dan gelatin babi juga telah berhasil dilakukan dengan menggunakan metode *spray* dengan konsentrasi masing - masing lapisan 11 mg/ml untuk *Nanomagnetite* (Fe_3O_4) dan 25 % untuk gelatin babi. Kurva ATR yang terbentuk

menunjukkan pergeseran sudut SPR sehingga membuktikan bahwa emas (Au)/ *nanomagnetite* (Fe_3O_4)/ gelatin babi telah terdeposisi diatas permukaan prisma. Dengan sudut SPR dan reflektansi untuk masing - masing lapisan yaitu ($45.3^\circ \pm 0.05^\circ$, 0.29388) untuk sistem Prisma/ Emas (Au), ($45.9^\circ \pm 0.05^\circ$, 0.28526) untuk Sistem Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4), ($46.2^\circ \pm 0.05^\circ$, 0.78957) untuk sistem Prisma/ Emas (Au)/ *Nanomagnetite* (Fe_3O_4)/ Gelatin Babi dan pergeseran masing-masing lapisan sebesar (0.6°) dan (0.2°).

Optimasi alat instrumen dengan membuat dudukan laser permanen yang terpisah dengan lengan goniometer. Alat instrument SPR diperlengkap dengan mikrokontroler sebagai kendali pergerakan detektor. Untuk mendeteksi gelatin perlu dilakukan variasi konsentrasi sehingga kemampuan sensor lebih optimal.

Daftar Rujukan

- [1] Sari R, Abraha K. (2012). Simulasi Pengaruh Ketebalan Lapisan *Nanopartikel* Magnetik (Fe_3O_4) terhadap Respon Biosensor Berbasis Surface Plasmon Resonance (SPR) untuk Deteksi DNA. 77. *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI HFI Jateng & DIY, Purworejo*.
- [2] Chen, H, Qi, F., Zhou, H., Jia, S., Gao, Y., Koh, K., dan Yin, Y., (2015). Fe_3O_4 @Au Nanoparticles as a Means of Signal Enhancement in Surface Plasmon Resonance Spectroscopy for Thrombin Detection. *Sensor and Actuators B*, **212**, pp. 505-511.
- [3] Oktivina M. (2016). *Pengaruh Konsentrasi Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 Terhadap Respon Surface Plasmon Resonance (SPR) Pada Lapisan Tipis Emas Dalam Konfigurasi Kretschmann*. Tesis. Program Studi S2 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Gajah Mada Yogyakarta.
- [4] Choi, S.H., Kim, Y.L., dan Byun, K.M., 2011, Graphene on Silver Substrates for Sensitive Surface Plasmon Resonance Imaging Biosensors. *Optics Express*, **Vol. 19, No. 2**, pp. 458.
- [5] Husain, S., Megasari, K., Suharyadi, E., dan Abraha, K. (2012). Deteksi Biomolekul Dengan Menggunakan Fenomena Surface Plasmon Resonance (SPR) pada Sistem Logam/Nanopartikel Magnetik Fe_3O_4 . *Prosiding Pertemuan Ilmiah XXVI, Himpunan Fisika Indonesia Jateng & DIY, Purworejo*. hal: 99-102.
- [6] Anam M.K, Narindra R, Thoyibi, Abraha K. (2013). Deteksi Formalin Menggunakan *Surface Plasmon Resonance* (SPR) Berbasis Nanopartikel Perak sebagai Pengembangan Awal teknologi *Food Safety*. *Indonesian Journal of Applied Physics*. **Vol.3 No.2 Halaman 201**.
- [7] Momeni B, Siva Yegnanarayanan, Soltani M, Ali Asghar Eftekhari, Ehsan Shah Hosseini, and Ali Adibi. (2009). Silicon nanophotonic devices for integrated sensing. *Journal of Nanophotonics* 3(1), **031001**.
- [8] Verma, A., Prakash, A., dan Tripathi, R. (2015). Sensitivity Enhancement of Surface Plasmon Resonance Biosensor using Graphene and Air Gap, *Optics Communications*. **No. 357, Hal:106-112**.
- [9] Riyanto A., 2012, *Sintesis Nanopartikel Fe_3O_4 (Magnetit) dan Potensinya Sebagai Material Aktif Pada Permukaan Sensing Biosensor Berbasis Surface Plasmon Resonance*, Tesis, Program Studi S2 Ilmu Fisika, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.
- [10] Kretschmann E and Raether H. (1968). *Radiative Decay of Non-Radiative Surface Plasmons Excited by Light*. *Zeitschrift Naturforsch* 23 A 2135-2136.
- [11] Widayanti & Melati, A. (2017). Kajian Pengaruh Material Graphene pada kinerja Biosensor Berbasis Surface Plasmon Resonance (SPR) pada Deteksi Makanan Halal sebagai Pendukung Halal Research Center UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta. *Indonesian Journal of Applied Physics*, 7(1), 1.

Karakteristik Resistansi Madu Sarang dan Madu Supermarket

Dyah Imas Cholidina^{1*}, Ayu Sakila Arum¹, Frida Agung Rakhmadi¹

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga.

Jl. Marsda Adisucipto No 1 Yogyakarta 55281, Indonesia

**E-mail: dyhcholidina@gmail.com, ayutmlnsn@gmail.com*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik resistansi madu sarang dan madu supermarket. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan yakni persiapan alat dan bahan, pengambilan data dan pengolahan data. Alat yang digunakan meliputi ohmmeter dan gelas ukur sedangkan bahannya adalah madu sarang dan madu supermarket dengan volume divariasikan 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml dan 30 ml. Pengukuran resistansi sampel dilakukan sebanyak 10 kali pengulangan untuk tiap volumenya. Data yang telah diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung rata-rata beserta ketidakpastiannya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa resistansi madu sarang dan madu supermarket untuk volume 5 ml adalah $(7,45 \pm 0,23) \text{ k}\Omega$ dan $(12,48 \pm 0,16) \text{ k}\Omega$, untuk volume 10 ml adalah $(6,14 \pm 0,43) \text{ k}\Omega$ dan $(14,89 \pm 0,35) \text{ k}\Omega$, untuk volume 15 ml adalah $(5,18 \pm 0,07) \text{ k}\Omega$ dan $(8,64 \pm 0,06) \text{ k}\Omega$, untuk volume 20 ml adalah $(3,21 \pm 0,03) \text{ k}\Omega$ dan $(8,72 \pm 0,25) \text{ k}\Omega$, untuk volume 25 ml adalah $(2,68 \pm 0,06) \text{ k}\Omega$ dan $(7,16 \pm 0,14) \text{ k}\Omega$ dan untuk volume 30 ml adalah $(2,39 \pm 0,04) \text{ k}\Omega$ dan $(7,46 \pm 0,08) \text{ k}\Omega$. Hal ini menunjukkan bahwa karakteristik resistansi madu sarang dan madu supermarket berbeda, sehingga kedepan dapat dikembangkan alat deteksi madu sarang dan madu supermarket berbasis resistansi.

Kata Kunci : Madu Sarang, Madu supermarket, Resistansi

ABSTRACT

This research aims to learn characteristics of honeycomb and market's honey. It's conducted through by three phases, there are preparing tools and materials, data acquisition and data processing. In this research, the tools used are ohmmeter and measuring cup while the materials used are honeycomb and market's honey with variation volumes of 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml and 30 ml. Sample resistance measurement conducted five times repetition for each volume. Next, the result of the sample resistance has been obtained by calculating average values coincide with its uncertainty. This result shows that resistance of honeycomb and market's honey for volumes of 5 ml are $(7,45 \pm 0,23) \text{ k}\Omega$ and $(12,48 \pm 0,16) \text{ k}\Omega$, for volumes of 10 ml are $(6,14 \pm 0,43) \text{ k}\Omega$ and $(14,89 \pm 0,35) \text{ k}\Omega$, for volumes of 15 ml are $(5,18 \pm 0,07) \text{ k}\Omega$ and $(8,64 \pm 0,06) \text{ k}\Omega$, for volumes of 20 ml are $(3,21 \pm 0,03) \text{ k}\Omega$ and $(8,72 \pm 0,25) \text{ k}\Omega$, for volumes of 25 ml are $(2,68 \pm 0,06) \text{ k}\Omega$ dan $(7,16 \pm 0,14) \text{ k}\Omega$ and for volumes of 30 ml are $(2,39 \pm 0,04) \text{ k}\Omega$ and $(7,46 \pm 0,08) \text{ k}\Omega$. It shows that the characteristics resistance of honeycomb and market's honey both are different, so as detection tools can be developed by the result of this research.

Keywords : Honeycomb, Market's Honey, Resistance

Pendahuluan

Madu telah dikenal sebagai salah satu bahan makanan atau minuman alami yang mempunyai peranan penting dalam kehidupan dan kesehatan. Madu merupakan produk alam yang dihasilkan oleh lebah untuk dikonsumsi, karena mengandung bahan gizi yang sangat esensial. Madu bukan hanya merupakan bahan pemanis, atau penyedap makanan, tetapi sering pula digunakan untuk obat-obatan maupun kecantikan. Madu dapat digunakan untuk menghilangkan rasa lelah, dan dapat pula digunakan untuk menghaluskan kulit, serta pertumbuhan rambut.

Madu yang dihasilkan oleh lebah madu berasal dari bunga tanaman. Madu memiliki warna, aroma dan rasa yang berbeda-beda, tergantung pada jenis tanaman yang banyak tumbuh di sekitar peternakan lebah madu (Sarwono, 2001). Sebagai contoh madu mangga (rasa yang agak asam), madu bunga timun (rasanya sangat manis), madu kapuk/randu (rasanya manis, lebih legit dan agak gurih), madu lengkung (rasa manis, lebih legit dan aromanya lebih tajam). Selain itu dikenal pula madu buah rambutan, madu kaliandra dan madu karet. (Suranto, 2004)

Madu yang baik harus memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh Standar Industri Indonesia (SII) tahun 1977 dan 1985 (Suranto, 2004). Kadar yang sesuai dengan standar SII hanya mungkin terdapat pada madu murni, yaitu madu yang belum diberi campuran dengan bahan-bahan lain. Di pasaran dalam negeri, jaminan akan keaslian dan mutu madu masih belum ada, oleh karenanya kecurigaan akan kepalsuan madu selalu ada (Suranto, 2004; Sujatmaka, 1988).

Konsep ketidakpastian sangat penting untuk hasil pengukuran karena Nilai ketidakpastian menyatakan mutu hasil pengukuran atau pengujian. Pengukuran dan pengujian belum dinyatakan lengkap tanpa nilai ketidakpastian. Semakin kecil nilai ketidakpastian maka semakin akurat dan presisi hasil penelitian atau pengujian yang dilakukan. Keakuratan adalah kedekatan kesesuaian antara hasil pengukuran dengan nilai benar dari kuantitas yang diukur. Akurasi ini menyatakan ukuran seberapa dekat hasil pengukuran terhadap nilai benar yang diperkirakan. Sedangkan presisi adalah kedekatan suatu rangkaian pengukuran berulang satu sama lain. Presisi merupakan ukuran penyebaran/dispersi suatu kumpulan hasil pengukuran. Di samping itu presisi diterapkan pada pengukuran berulang tanpa menghiraukan letak nilai rata-rata terhadap nilai benar. (BSN dalam Krisdiyantoro T, 2016).

Kualitas dari sebuah produk memungkinkan dilihat dari kuantitasnya. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini untuk mengetahui perbedaan sampel madu dilihat dari nilai resistansi dan ketidakpastiannya.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan yakni persiapan alat dan bahan, pengambilan data dan pengolahan data. Ketiga tahapan tersebut diperinci sebagai berikut.

1. Persiapan alat dan bahan

Alat yang digunakan meliputi ohmmeter, gelas ukur dan kawat tembaga. Jarak antar kawat tembaga ditetapkan sejauh 2 cm. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu madu sarang dan madu supermarket dengan volume divariasikan 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml dan 30 ml.

2. Pengambilan data

Pengukuran resistansi sampel dilakukan dengan cara mencelupkan kawat tembaga sampai dasar gelas ukur. Kawat tembaga dicelupkan ke dalam sampel selama 3 detik. Data resistansi yang dicatat adalah nilai resistansi sampel pada pengulangan ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5, ke-6, ke-7, ke-8, ke-9 dan ke-10 dari volume 5 ml, 10 ml, 15 ml, 20 ml, 25 ml dan 30 ml.

3. Pengolahan data

Data yang telah diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung rata-rata beserta ketidakpastiannya. Metode penghitungan resistansi rata-rata menggunakan persamaan (1).

$$\bar{R} = \frac{\sum_{n=1}^{10} R_n}{10} \quad (1)$$

Dengan ΔR_n adalah ketidakpastian resistansi terukur pada pengulangan ke-1, ke-2, ke-3, ke-4, ke-5, ke-6, ke-7, ke-8, ke-9 dan ke-10. Penghitungan ΔR_n menggunakan persamaan (2), (Morris, 2014).

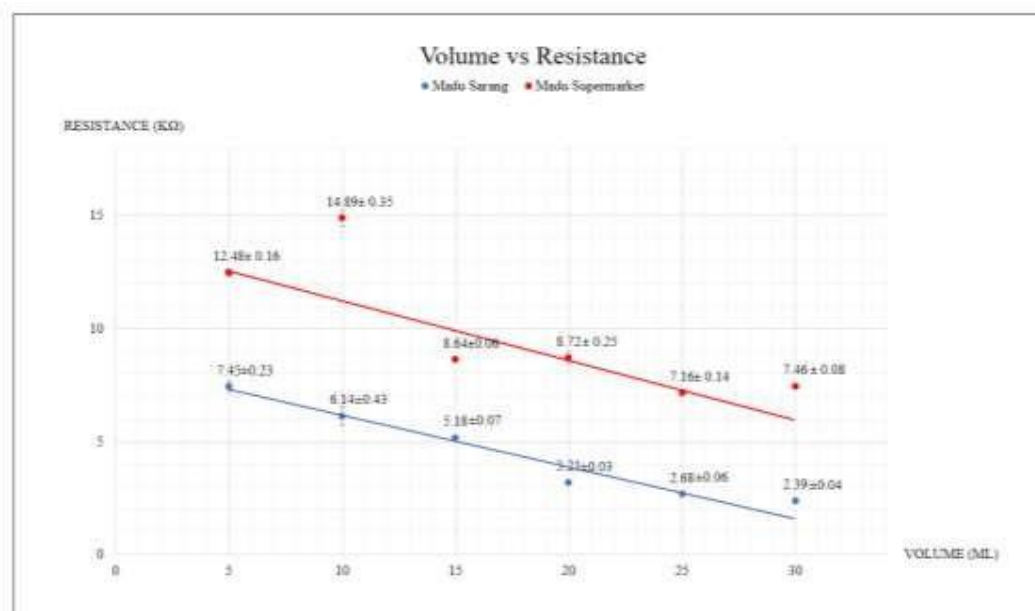
$$\Delta R_n = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum_{n=1}^{10} R_n^2 - \left(\sum_{n=1}^{10} R_n\right)^2}{N-1}} \quad (2)$$

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik resistansi madu sarang dan madu supermarket tersaji pada Tabel 1 dan Gambar 1.

Tabel 1. Karakteristik resistansi madu sarang dan madu supermarket.

Variasi Volume (ml)	Madu Sarang (k Ω)	Madu Supermarket (k Ω)
5	7,45 \pm 0,23	12,48 \pm 0,16
10	6,14 \pm 0,43	14,89 \pm 0,35
15	5,18 \pm 0,07	8,64 \pm 0,06
20	3,21 \pm 0,03	8,72 \pm 0,25
25	2,68 \pm 0,06	7,16 \pm 0,14
30	2,39 \pm 0,04	7,46 \pm 0,08



Gambar 1. Perbandingan karakteristik resistansi madu sarang dan madu supermarket.

Data hasil pengukuran resistansi sampel dapat dilihat pada Tabel 1. Tabel 1 menunjukkan bahwa penelitian ini dapat dianalisis dari hasil datanya. Perbedaan kedua madu tersebut saat

dilarutkan dengan air terlihat pada kekentalannya. Madu sarang lebih susah larut dibandingkan dengan madu supermarket. Hal ini menunjukkan bahwa nilai resistansi madu sarang lebih kecil dibandingkan dengan nilai resistansi madu supermarket.

Dari Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa selisih nilai resistansi antara madu sarang dan madu supermarket sangat berbeda. Nilai ini dianggap cukup baik untuk sebuah nilai ketidakpastian karena didapat dari hasil pengukuran berulang sebanyak sepuluh kali. Pada grafik hasil penelitian, didapatkan bahwa kedua sampel tersebut tidak saling berpotongan sehingga tidak perlu dilakukan uji T.

Madu memiliki banyak manfaat sehingga banyak dikonsumsi masyarakat, mulai dari fungsi madu bagi kesehatan maupun kecantikan. Madu yang baik nilai kadar kesehatannya harus sesuai dengan standar gizi pada madu. Madu yang belum dicampur dengan apapun bisa dikatakan madu murni yang kadar gizinya sesuai. Dari hasil penelitian dapat dikembangkan alat deteksi madu sarang dan madu supermarket berdasarkan nilai resistansinya.

Kesimpulan dan Saran

Pada penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa karakteristik resistansi pada madu sarang dan madu supermarket berbeda. Nilai resistansi yang dihasilkan madu sarang lebih kecil dibandingkan nilai resistansi yang dihasilkan pada madu supermarket. Hal ini menunjukkan hambatan pada madu sarang tentunya lebih kecil daripada hambatan pada madu supermarket. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan dikembangkannya alat deteksi madu sarang dan madu supermarket berdasarkan nilai resistansinya sehingga untuk kedepannya dapat mudah mengetahui madu yang baik kadar gizinya.

Daftar Rujukan

- [1] Morris, Alan S. & Langari, Resa. 2014. Measurement And Instrumentation. India: Elsevier. Hal 18-19
- [2] Kristiantoro, Tony., Idayanti, N., Sudrajat N., Septiani, A., Mulyadi D., Dedi. 2016. Ketidakpastian Pengukuran pada Karakteristik Material Magnet Permanen dengan Alat Ukur Permagraph. Bandung. PPET-LIPI.
- [3] Sujatmaka. 1988. Menghasilkan Madu Berkualitas Tinggi, Trubus. Jakarta.
- [4] Sunardi, T. S. Susann, N. Elin., 2007. "Ketidakpastian pengukuran pada metode AANC untuk analisis N, P, K, SI, Al, Cu, Fe dalam cuplikan sedimen", Prosiding PPI – PDIPTN.
- [5] Suranto, A. 2004. Khasiat dan Manfaat Madu Herbal. Agromedia Pustaka. Tangerang.

Aplikasi Alat Ukur Tegangan Permukaan Untuk Membedakan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula dan Air Yang Bersih Dari Limbah Pabrik Gula

Eguh Budi Leksono^{1*}, Amar Hanif¹, Frida Agung Rakhmadi¹

¹ Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia

*E-mail: eguhleksono869@gmail.com

INTISARI

Limbah yang dihasilkan pabrik gula akan mempengaruhi kualitas air yang di lingkungan sekitarnya. Aplikasi alat ukur tegangan permukaan untuk membedakan air tercemar limbah pabrik gula dan air yang bersih dari limbah pabrik gula telah dilaksanakan. Penelitian ini bertujuan untuk mengaplikasikan alat ukur tegangan permukaan sebagai alat alternatif untuk membedakan air tercemar limbah pabrik gula dan air yang bersih dari limbah pabrik gula. Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode Torsion Dinamometer yang dilakukan dalam tiga tahapan, yang pertama persiapan alat dan bahan, kedua pengambilan data, dan ketiga adalah pengolahan data. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Torsion Dinamometer dapat digunakan sebagai alat untuk membedakan air yang tercemar limbah pabrik gula dan air yang bersih dari limbah pabrik gula. Air yang tercemar limbah pabrik gula memiliki nilai tegangan permukaan $\gamma \pm \Delta\gamma = (6,52632 \pm 0)$ dyne/cm, sementara untuk air yang bersih dari limbah pabrik gula memiliki tegangan permukaan $\gamma \pm \Delta\gamma = (6,32632 \pm 0,0168)$ dyne/cm.

Kata Kunci: Air limbah, Tegangan permukaan, Torsion dinamometer

ABSTRACT

Waste produced by sugar factories will affect the quality of water in the surrounding environment. The application of surface tension measuring devices to differentiate polluted water from sugar mill waste and clean water from sugar mill waste has been carried out. This study aims to apply a surface tension measurement tool as an alternative tool to differentiate polluted water from sugar mill waste and clean water from sugar mill waste. The method used in this study is the Torsion Dynamometer method which is done in three stages, the first is the preparation of tools and materials, the second is data retrieval, and the third is data processing. The results showed that the Torsion Dynamometer can be used as a tool to distinguish water contaminated by sugar mill waste and clean water from sugar mill waste. Water contaminated by sugar mill waste has a surface tension value $\gamma \pm \Delta\gamma = (6,52632 \pm 0)$ dyne / cm, while for clean water from sugar mill waste has a surface tension $\gamma \pm \Delta\gamma = (6,32632 \pm 0.0168)$ dyne / cm.

Keywords: Wastewater, surface tension, torsion dynamometer

Pendahuluan

Industri sebagai motor pembangunan di bidang ekonomi suatu negara menjadi bagian penting bagi kehidupan masyarakat di berbagai negara. Industri membantu pemenuhan kebutuhan masyarakat luas melalui kemampuannya untuk melakukan produksi secara massal. Ibarat koin yang bersisi dua, selain memudahkan kehidupan masyarakat, proses dalam industri juga berisiko merusak lingkungan.

Hal ini dikarenakan dalam melakukan produksinya, industri menghasilkan hasil sampingan berupa limbah baik itu berbentuk padat, cair, maupun gas. Umumnya jumlah limbah yang dihasilkan oleh industri linear atau berbanding lurus dengan jumlah produksinya.

Karakteristik limbah cair industri gula, tergantung dari minimalisasi dan *reuse* airnya, dapat dilihat dari limbah cair yang umumnya diproduksi: air bekas pencucian tebu, air bekas gilingan, air limbah kondensor, air bekas boiler (boiler blowdown), tumpahan nira, air abu, limbah yang bersifat asam dan korosif, air bekas pencucian lantai dan air limbah yang lain. Polutan utama dalam limbah tersebut adalah BOD5, COD, pH, TSS dan air dengan suhu yang relatif tinggi (Water Environment Federation, 2008).

Tegangan permukaan merupakan sifat permukaan suatu zat cair yang berperilaku layaknya selapis kulit tipis yang kenyal atau lentur akibat pengaruh tegangan. (Alfahru, 2015) rapat massa menjadi titik fokus dalam penelitian ini. Air tercemar limbah cenderung memiliki rapat massa yang lebih besar dibandingkan air bersih. Inilah yang mengakibatkan tegangan permukaan air tercemar lebih besar.

Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis perbedaan air tercemar limbah pabrik gula dan air yang bersih dari limbah pabrik gula dengan metode tegangan permukaan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yaitu persiapan alat, pengambilan data dan pengolahan data. Bahan yang perlu disiapkan adalah dua sampel yaitu air yang tercemar limbah pabrik gula dan air yang bersih dari limbah pabrik gula. Alat yang digunakan dalam pengambilan data disebut Torsion Dinamometer dan gelas ukur 180 ml.

Setelah persiapan alat dan bahan telah disiapkan, selanjutnya yaitu pengambilan data. Proses pengambilan data menggunakan metode Torsion Dinamometer. Metode Torsion Dinamometer bertujuan untuk mengukur tegangan permukaan. Prinsip dari alat ini adalah gaya yang diperlukan untuk melepaskan suatu cincin platina iridium saat dicelupkan pada permukaan sebanding dengan tegangan permukaan dari cairan tersebut.

Pengambilan data dilakukan dengan memvariasikan pengukuran sebanyak 5 kali uji, proses pengambilan data dilakukan di ruang Laboratorium fisika dasar dengan suhu ruangan 27°C dan kelembaban ruangan 55%. Data yang telah diperoleh kemudian dianalisa bagaimana karakteristiknya yang kemudian dapat digunakan untuk mengetahui apakah data tersebut dapat dilanjutkan untuk pembuatan alat deteksi atau tidak. Jika data yang diperoleh beririsan, maka data tersebut tidak dapat digunakan untuk pembuatan sistem deteksi. Jika data yang diperoleh tidak beririsan atau ada perbedaan, maka dapat dilanjutkan atau digunakan untuk pembuatan sistem deteksi.

Metode pengolahan data diatas yaitu dengan menentukan besarnya tegangan permukaan dengan menggunakan persamaan,

$$\gamma = \frac{F_n}{d} \quad (1)$$

Dengan F_n adalah gaya variasi ke- n dan d adalah diameter cincin (19 mm). Sedangkan nilai rata-rata tegangan permukaan dapat diperoleh dengan persamaan,

$$\bar{\gamma} = \frac{\sum \gamma_n}{n} \quad (2)$$

Setelah diperoleh besarnya tegangan permukaan rata-rata, dilanjutkan dengan menentukan ralat dari eksperimen yaitu dengan menggunakan persamaan,

$$\Delta\gamma_n = \gamma_n - \bar{\gamma} \quad (3)$$

Dengan $\Delta\gamma_n$ adalah ralat dari tegangan permukaan data ke- n . Kemudian nilai rata-rata ralat tegangan permukaan dapat diperoleh dengan persamaan.

$$\Delta\bar{\gamma} = \frac{\sum |\gamma_n - \bar{\gamma}|}{n} \quad (4)$$

(sumber: Panduan Praktikum Fisika Dasar II)

Hasil dan Pembahasan

1. Tabel Hasil Data

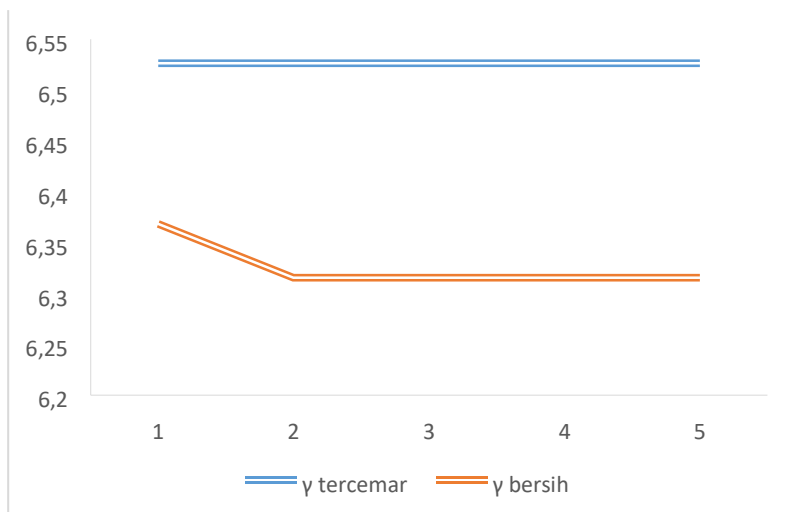
Hasil pengolahan data ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1. Hasil Pengolahan Data

γ air tercemar (dyne/cm)	γ air bersih (dyne/cm)	$\Delta\gamma$ air tercemar (dyne/cm)	$\Delta\gamma$ air bersih (dyne/cm)
6,526315789	6,368421053	0	0,042105263
6,526315789	6,315789474	0	0,010526316
6,526315789	6,315789474	0	0,010526316
6,526315789	6,315789474	0	0,010526316
6,526315789	6,315789474	0	0,010526316

Nilai rata-rata yang diperoleh dari hasil pengolahan data dengan menggunakan persamaan 2 adalah 6,5263 dyne/cm untuk sampel air tercemar dan 6,3263 dyne/cm untuk sampel air bersih. Kemudian rata-rata ralat tegangan permukaan air tercemar sebesar ± 0 dyne/cm, sementara untuk air bersih sebesar $\pm 0,0168$ dyne/cm.

Dengan demikian hasil pengolahan data tegangan permukaan air tercemar sebesar $\gamma \pm \Delta\gamma = (6,5263 \pm 0)$ dyne/cm, sementara untuk air bersih memiliki tegangan permukaan $\gamma \pm \Delta\gamma = (6,3157 \pm 0,0168)$ dyne/cm.



Gambar 1. Grafik perbandingan tegangan permukaan air tercemar dan air bersih

Analisa data dari penelitian ini diperoleh dalam kasus air tercemar, rapat massa lah yang berperan dalam besarnya tegangan permukaan. Air tercemar yang merupakan air hasil dari pembuangan limbah pabrik gula akan memiliki rapat massa yang lebih besar. Berdasarkan hasil pengolahan data yang terdapat pada tabel 1 terbukti bahwa tegangan permukaan air tercemar limbah lebih besar dari pada air bersih. Hal ini sesuai dengan teori yaitu besarnya tegangan permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti jenis cairan, suhu, tekanan, massa jenis, konsentrasi zat terlarut, dan kerapatan.

Dari hasil pengolahan data memperlihatkan sampel air tercemar limbah pabrik gula dan air bersih tidak saling beririsan, dimana sampel air tercemar berada pada rentang kisaran 6,5 sedangkan sampel air bersih berada pada rentang kisaran 6,3. Data tersebut dapat dibedakan secara jelas nilai tegangan permukaannya. Oleh karena itu, dari data tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan sistem deteksi.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengujian dapat bahwa Aplikasi Alat Ukur Tegangan Permukaan untuk Membedakan Air Tercemar Limbah Pabrik Gula dan Air yang Bersih dari Limbah Pabrik Gula ini sangat membantu memberikan informasi yang cepat untuk mengetahui air tercemar limbah dan air yang bersih dari limbah maka masyarakat akan mampu mengetahui kondisi secara pasti, di karena kan teknologi ini cukup sederhana dan mudah dioperasikan sehingga setiap masyarakat sekitar dapat mengetahui perubahan yang terjadi.

Pengembangan – pengembangan yang bisa dilakukan yaitu diantaranya membuat sistem dapat dikembangkan lagi dengan menggunakan sensor yang mempunyai tingkat kepekaan yang lebih baik. Setelah itu, perlu adanya standarisasi antara alat yang telah dibuat dengan alat yang sudah ada. Terdapat beberapa cara yang mungkin bisa dilakukan saat pemberian kapasitas air saat melakukan pengujian yang dapat menunjang tingkat keberhasilan pengukuran.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih penulis ucapkan kepada semua pihak yang mendukung dan membantu penelitian secara tertulis. Kami ucapkan terima kasih Bpk. Frida Agung Rakhmadi atasan kami yang memberikan ide dan bimbingan. Tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada kepala laboratorium fisika, Bpk. Ashim yang bersedia membantu mendapatkan Dinamometer Torsi.

Daftar Rujukan

- [1] Mangidi, Alfahru. 2015. Practice report Physical Chemistry II Experiment Dtermination of Surface Tension Creep Capillary Fluid Method. Haluoleo university Kendari
- [2] Gancoli, Douglas C.2001. Fisika Dasar. Jakarta : Erlangga
- [3] Halliday, David dan Robert Resnick. 1998. Fisika Jilid 1 edisi 3. Jakarta : Erlangga

Karakteristik Resistansi Minuman Jeruk Murni dan Tidak Murni

Ratri Ismawati^{1*}, Siti Annisa Widyaningrum^{1**}, Frida Agung Rakhmadi¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto

519739, Indonesia

E-mail: *ratriismawati46@gmail.com, **sitiannisawdyn@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik resistansi antara minuman jeruk murni dan tidak murni. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yakni persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Alat yang digunakan adalah gelas ukur dan ohmmeter, sedangkan bahannya adalah minuman jeruk murni dan tidak murni dengan variasi volume 50 ml, 100 ml, dan 150 ml. Pengukuran resistansi minuman jeruk murni dan tidak murni untuk tiap volume diulang sebanyak tiga kali. Data hasil pengukuran dihitung reratanya dan ketidakpastiannya. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa resistansi minuman jeruk murni ($104,3 \pm 1,04$) k Ω , ($60,51 \pm 0,61$) k Ω , ($60,36 \pm 0,60$) k Ω , sedangkan resistansi minuman tidak murni ($95,63 \pm 0,97$) k Ω , ($74,86 \pm 0,75$) k Ω , ($58,83 \pm 0,59$) k Ω . Karakteristik resistansi kedua minuman tersebut berbeda satu sama lain, oleh karenanya kedepan dapat dibuat system control kualitas minuman jeruk berdasarkan karakteristik resistansi.

Kata Kunci : Resistansi dan minuman jeruk

ABSTRACT

This research's purpose is to analyze the characteristics resistance between pure orange drink and unpure orange drink. This research is done by three steps, which are tools and materials preparing, data collecting and data processing. The tools we use are beaker glass and ohmmeter, then the materials are pure orange drink and unpure orange drink with volume variation by 50 ml, 100 ml, 150 ml. Resistance measuring of pure orange drink and unpure orange drink was repeated three times. The data result of measurement were calculated by its average and its uncertainty. The result of this reasearch giving us information that the resistance of pure orange drink are ($104,3 \pm 1,04$) k Ω , ($60,51 \pm 0,61$) k Ω , ($60,36 \pm 0,60$) k Ω and the resistance of unpure orange drink are ($95,63 \pm 0,97$) k Ω , ($74,86 \pm 0,75$) k Ω , ($58,83 \pm 0,59$) k Ω . The resistance characteristics of both drinks are different from one to the other, therefore in the future we can make quality control system of orange drink based on the resistance characteristics.

Keywords : Resistance, orange drink

Pendahuluan

Jeruk atau limau adalah semua tumbuhan berbunga anggota marga Citrus dari suku Rutaceae (suku jeruk-jerukan). Anggotanya berbentuk pohon dengan buah yang berdaging dengan rasa masam yang segar, meskipun banyak di antara anggotanya yang memiliki rasa manis. Rasa masam berasal dari kandungan asam sitrat yang memang menjadi terkandung pada semua anggotanya.

Jeruk juga merupakan salah satu buah yang banyak digemari karena kesegarannya. Banyak anggota jeruk yang dimanfaatkan oleh manusia sebagai bahan pangan, wewangian, maupun industri. Buah jeruk adalah sumber vitamin C dan wewangian/parfum penting. Karena jeruk banyak digemari, beberapa orang membuat cara yang lebih praktis dalam menikmati buah ini dengan membuat minuman yang menggunakan bahan dasar jeruk. Manfaat buah jeruk bagi kesehatan setidaknya ada 10 jenis yang penting seperti untuk penyakit stroke.

Namun apabila dalam pengemasannya jeruk tidak sesuai dengan kesehatan akan menimbulkan beberapa masalah. Di pasaran, banyak beredar minuman jeruk. Namun, banyaknya minuman jeruk yang ada di pasaran tidak semuanya baik untuk tubuh manusia. Oleh karena itu, dilakukan penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui perbedaan resistansi minuman jeruk.

Meski ada susunan bahan di bagian kemasan, namun tetap saja ada satu-dua istilah yang mungkin tak dipahami beberapa orang. Bahkan, tingkat kebersihannya pun tak bisa diketahui secara pasti. proses pembuatan bisa mengurangi nutrisi asli dari jeruk itu sendiri. Dambaan akan limpahan vitamin C kala mengonsumsi jus jeruk luruh secara perlahan.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yakni persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Ketiga tahapan tersebut dijelaskan lebih rinci sebagai berikut.

Bahan yang digunakan adalah dua sampel air minum jeruk yang berbeda, yakni minuman jeruk murni dan tidak murni, yang masing-masing dimasukkan ke dalam gelas dengan variasi volume 50 ml, 100 ml, dan 150 ml. Alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah ohmmeter digital, gelas beaker, kabel probe ohmmeter. Jarak antara kedua probe ohmmeter disetting sejauh 2 cm.

Pengambilan data dilakukan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi UIN Sunan Kalijaga dengan suhu ruangan 30° C. Proses pengambilan data dengan mengukur resistansi sampel menggunakan ohmmeter. Probe ohmmeter dicelupkan sampai menyentuh dasar gelas beaker selama 10detik. Nilai resistansi yang dicatat adalah nilai resistansi pada detik ke-10. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga pengulangan.

Data resistansi yang telah diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung rerata beserta ketidakpastiannya. Resistansi rata-rata dihitung menggunakan persamaan (1), sedangkan ketidakpastiannya dihitung menggunakan persamaan (2).

$$\bar{R} = \frac{\sum R_n}{n} \quad (1)$$

(n = 3)

$$\Delta R_n = |R_n - \bar{R}| \quad (2)$$

Dengan R_n adalah resistansi ke-1, ke-2, dan ke-3.

Dengan ΔR_n adalah ralat dari resistansi data ke n. kemudian nilai rata-rata ralat resistansi dapat diperoleh dengan persamaan

$$\Delta\bar{R} = \frac{\sum |R_n - R|}{n} \quad (3)$$

Hasil dan Pembahasan

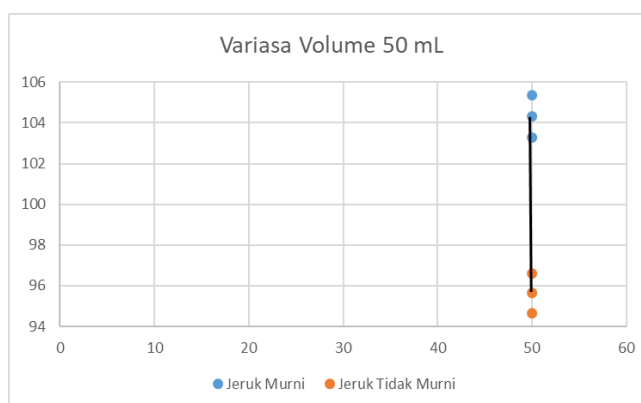
Karakteristik resistansi jeruk murni dan tidak murni ditunjukkan pada tabel 1:

Tabel 1. hasil pengolahan data dari resistansi jeruk murni dan tidak murni

Volume (ml)	Jeruk Murni (K Ω)	Jeruk Tidak Murni (k Ω)
50	104,3 \pm 1,04	95,63 \pm 0,96
100	60,51 \pm 0,61	74,86 \pm 0,75
150	60,36 \pm 0,60	58,83 \pm 0,59

Nilai terkecil dari pengolahan data pada jeruk tidak murni yaitu 58,83 k Ω dengan ketidakpastian 0,59 k Ω dan nilai tertinggi pada pengolahan data ini yaitu pada jeruk murni sebesar 104,3 k Ω dengan ketidakpastian 1,04 k Ω .

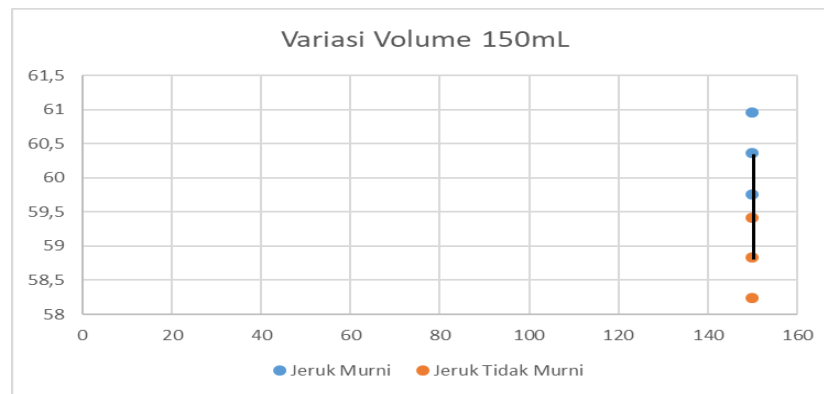
Dari sampel yang digunakan yaitu minuman jeruk murni dan tidak murni warna dari kedua minuman tersebut berbeda. Minuman jeruk tidak murni cenderung lebih tua dan lebih pekat, sedangkan jeruk murni terkesan jernih dan agak kuning. Berdasarkan nilai resistansi yang diperoleh setelah diolah dengan diambil rata-ratanya nilai resistansi minuman jeruk murni lebih tinggi daripada minuman jeruk tidak murni.



1.a. grafik variasi volume 50 mL



1.b. grafik variasi volume 100ml



1.c. grafik variasi volume 150ml

Grafik 1. Resistansi rata-rata pada jeruk murni dan tidak murni

Dari grafik dapat dilihat bahwa selisih nilai resistansi antara minuman jeruk murni dan tidak murni sangat berbeda. Pada grafik 1.a. hasil penelitian, didapatkan bahwa sampel tersebut tidak saling berpotongan sehingga tidak perlu dilakukan uji T. Begitu pula pada grafik selanjutnya yang memperlihatkan perbedaan dari resistansi sampel. Minuman jeruk murni memiliki manfaat untuk kesehatan karena minumannya belum tercampur dengan bahan yang lainnya. Salah satu contohnya masyarakat biasa konsumsi minuman jeruk murni yang tidak langsung mengalami batuk. Dari hasil penelitian dapat dikembangkan sebagai alat deteksi air minum jeruk murni yang lainnya berdasarkan nilai resistansinya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih pertama kepada Allah swt., kemudian kepada bapak pembimbing serta teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan ini, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak.

Kesimpulan dan saran

Karakteristik dari minuman jeruk murni dan tidak murni dilakukan dengan menggunakan multimeter untuk mencari nilai resistansi. Nilai resistansi minuman jeruk murni ($104,3 \pm 1,04$) kΩ, ($60,51 \pm 0,61$) kΩ, ($60,36 \pm 0,60$) kΩ, sedangkan resistansi minuman tidak murni ($95,63 \pm 0,97$) kΩ, ($74,86 \pm 0,75$) kΩ, ($58,83 \pm 0,59$) kΩ. Nilai resistansi minuman tidak murni lebih rendah karena terdapat bahan lain yang ditambahkan ke dalam minuman. Sedangkan pada minuman jeruk murni bahan yang digunakan hanya jeruk saja. Minuman jeruk yang tidak murni bisa menimbulkan serak saat dikonsumsi sedangkan minuman jeruk tidak murni tidak ada efek sampingnya.

Dari nilai resistansi yang diperoleh terdapat perbedaan, oleh karena itu, dari data tersebut dapat digunakan sebagai dasar pembuatan sistem deteksi.

Daftar rujukan

- [1] <http://rizkyjeerte.blogspot.com/2017/11/jeruk-atau-limau-adalah-semua-tumbuhan.html?m=1> diakses pada 21 November 2017
- [2] <https://m.fimela.com/lifestyle-relationship/read/2383832/4-dampak-negatif-dari-konsumsi-jus-jeruk> diakses pada 7 Desember 2015
- [3] Morris, Alan S. Langari, Reza. 1948. Measurement and Instrumentation Theory and Application, USA.

Sejarah Perkembangan Resistansi Meter Dari Tahun 1820 M Sampai Sekarang

Bagus Pranata^{1*}, Muhammad Anas Masykur^{1**}, Frida Agung Rakhmadi¹

¹*Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda
Adisucipto 519739, Indonesia.*

*baguspranata259@gmail.com, **anasmasykur@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan sejarah temuan alat ukur resistansi meter dari tahun 1820 M sampai sekarang. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan yaitu mencari literatur-literatur alat ukur resistansi, mengelompokkan alat-alat ukur resistansi dalam periode tertentu, kemudian mendeskripsikannya dalam sebuah tulisan yang utuh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa resistansi meter atau sering disebut ohm meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur hambatan listrik. Resistansi meter pertama kali ditemukan pada tahun 1820-an oleh Georg Simon Ohm beserta dengan hukum ohm yang menjadi dasar dari sejarah perkembangan resistansi meter nantinya. Perkembangan resistansi meter dikelompokkan menjadi 2 macam yaitu resistansi meter analog yang populer sebelum abad 20 dan resistansi digital yang mulai dikembangkan pada awal abad 20-an sampai sekarang. Manfaat dan kerugiannya pun bervariasi tergantung pada jenis dari resistansi itu sendiri. Penelitian ini bermanfaat untuk menambah khasanah referensi terkait sejarah resistansi meter.

kata kunci: sejarah, analog, digital, manfaat.

ABSTRACT

This study aims to describe the history of the findings of resistance gauges from 1820 to present. This research was carried out through three stages, which were looking for literature of resistance gauges, grouping gauges of resistance within a certain period, then describing them in a complete text. The results showed that the resistance meter or often called the ohm meter is a device used to measure electrical resistance. meter resistance was first discovered in the 1820s by Georg Simon Ohm along with the ohm law which became the basis of the history of the development of meter resistance later. in the development of resistance meters will be grouped into 2 types, namely analog resistance meters that were popular before the 20th century and digital resistance that began to be developed in the early 20th century until now. the benefits and disadvantages also vary depending on the type of resistance itself. this research is useful to increase the repertoire of references related to the history of meter resistance.

keywords: history, analog, digital, benefits.

Pendahuluan

Dalam kehidupan sehari-hari kebutuhan manusia akan sumber daya listrik sangat tinggi. Tingginya angka kebutuhan sumber daya listrik mendorong paksa perkembangan alat ukur listrik yang salah satunya alat ukur hambatan listrik atau yang lebih dikenal resistansi meter/ohm meter. resistansi meter atau alat ukur hambatan listrik sering dimanfaatkan dalam perkakas rumah tangga yang berbasis listrik, dapat juga digunakan untuk mengukur hambatan listrik AC maupun DC dan banyak lagi.

Perkembangan alat ukur resistansi pun juga cukup bisa dirasakan manfaatnya oleh manusia yang memiliki banyak kebutuhan. Resistansi meter itu sendiri dapat dikelompokkan menjadi 2 kelompok yaitu resistansi meter analog dan digital. Dari kedua pengelompokan tersebut tentu saja memiliki keuntungan dan kerugian masing-masing yang tak luput dari jangkauan kebutuhan manusia itu sendiri.

Disamping hal tersebut, pengetahuan tentang sejarah alat ukur resistansi sangat kurang di kalangan masyarakat, untuk itulah diadakan penelitian ini dengan tujuan untuk meningkatkan khasanah referensi terkait sejarah resistansi meter.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui sejarah perkembangan resistansi meter analog dan digital secara singkat.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap yang diawali dengan pencarian beberapa literatur atau bahan referensi alat ukur resistansi yang dapat dijadikan sumber penulisan. Kemudian dilanjutkan dengan mengelompokkan hasil penelitian kedalam periode tertentu disertai dengan pengelompokan alat ukur resistansi berdasarkan kategori alat ukur resistansi analog atau alat ukur resistansi digital. Setelah dilakukan pengelompokan, hal yang terakhir dilakukan adalah mendeskripsikan hasil tersebut kedalam tulisan yang utuh.

Selain tahapan-tahapan di atas, peneliti juga melakukan percobaan sederhana menggunakan resistansi meter yang ada di laboratorium. Percobaan ini bertujuan untuk membuktikan cara menentukan hambatan listrik. Secara sederhana, rumus yang dapat digunakan untuk pembuktian tersebut adalah sebagai berikut :

$$R = \frac{V}{I} \quad (1)$$

Keterangan:

R = hambatan listrik

V = tegangan

I = kuat arus

Hasil dan Pembahasan

Sejarah penemuan alat ukur resistansi atau ohm meter dimulai pada tahun 1820, yaitu bertepatan dengan George Simon Ohm yang menemukan "hukum ohm" dalam alat yang pertama kali digunakan disebut ratiometer. Penelitian George Simon Ohm terkait dengan ratiometer mulai dikembangkan terus menerus yang berdasarkan dari hukum ohm yang ditemukannya pada tahun tersebut. Dan dari sini awal perkembangan ohmmeter atau resistansi meter dimulai [1].

1. Sejarah Perkembangan Ohm Meter Analog

Ohm meter analog dibagi menjadi dua tipe yaitu ohm meter tipe seri dan ohm meter tipe shunt.

a. Ohm Meter Analog Tipe Seri

Ohm meter analog tipe seri mulai dikembangkan pada tahun 1860-an, ohm meter ini sangat populer di masanya dikarenakan penggunaannya yang cukup terbilang praktis, namun ohm meter ini sangat bergantung pada data yang diketahui, dengan kata lain data yang tidak diketahui sulit untuk dicari.

b. Ohm Meter Analog Tipe Shunt

Ohm meter ini mulai dikembangkan sesaat setelah ohm meter tipe seri populer antara sekitar tahun 1865-an. Ohm meter ini memiliki banyak kekurangan, seperti penyusunannya yang lebih kompleks dibandingkan ohm meter analog tipe seri dan penggunaannya yang kurang praktis, tetapi ohm meter ini dapat menutupi kekurangan yang ada pada ohm meter analog tipe seri.

c. Ohm Meter Analog Multirange

Ohm meter ini dikembangkan di akhir abad 18, ohm meter tipe ini adalah ohm meter paling canggih di masanya karena ohm meter ini memiliki range atau jangkauan hambatan yang diukur lebih tinggi dari tipe ohm meter sebelumnya. Meskipun memiliki kelebihan yang mencolok, namun ohm meter tipe ini juga memiliki kekurangan utama yaitu pembuatannya yang cukup kompleks sehingga ohm meter ini tidak banyak diproduksi dan dikembangkan di masyarakat pada zamannya.

2. Sejarah Perkembangan Ohm Meter Digital

Ohm meter digital mulai dikembangkan pada awal abad 20. Sebenarnya prototipenya sudah dikembangkan pada akhir abad 19, namun baru terealisasi di awal abad 20 dan mulai di publikasikan.

a. Ohm Meter Digital Awal Abad 20

Ohm meter digital ini hanya menggunakan komponen-komponen dasar ohm meter digital yang paling sederhana. Keuntungan ohm meter ini adalah tampilan yang lebih akurat dikarenakan tampilan dari ohm meter digital tidak menggunakan jarum penunjuk, jadi bisa dikatakan rasio ketidakpastian bisa diminimalisir, kekurangan dari ohm meter ini adalah relatif lebih sulit dirawat.

b. Ohm Meter Digital Generasi Tahun 2011

Ohm meter ini sudah menggunakan komponen-komponen tambahan seperti Arduino Uno Board, ADS1115 yang berfungsi sebagai IC analog to digital converter (ADC). Keuntungan menggunakan ohm meter ini adalah tingkat akurasi ohm meter yang cukup tinggi, serta mudah didapat karena pemasaran yang cukup baik dari produsen. Kekurangan ohm meter ini adalah relatif lebih sulit untuk mengukur komponen yang rusak seperti elco dan transistor.

c. Ohm Digital Generasi 2016 Sampai Sekarang

Ohm meter ini adalah ohm meter paling canggih. Sampai sekarang, banyak komponen-komponen canggih yang ditambahkan seperti Arduino Uno R3 board, LCD *module* 20 x 4 *character* berbasis HD44780, dan lain-lain. Keuntungan menggunakan ohm meter ini adalah lebih praktis. Hal itu karena keluaran (output) langsung berupa hasil data, dengan kata lain pengguna ohm meter ini tidak perlu menghitung nilai ukur. Sementara itu, kekurangan ohm meter ini adalah harganya yang cukup mahal bila dibandingkan dengan ohm meter lain.^[2]

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, kesimpulan yang dapat ditarik adalah sejarah singkat dari ohm meter dimulai dari tahun 1820 yang ditemukan oleh George Simon Ohm yang dikembangkan hingga akhir abad 19 sebagai sejarah perkembangan ohm meter analog dan mulai awal abad 20 sampai sekarang sebagai tahapan sejarah digital.

Saran

Penulis menyadari masih banyak kekurangan yang ada pada tulisan ini, untuk itu penulis mengharapkan banyak masukan yang membangun guna meningkatkan kemampuan diri untuk selanjutnya. Penulis juga berharap saran dan masukan tersebut dapat bermanfaat bagi banyak orang di kemudian hari.

Ucapan Terima Kasih

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi kami kesempatan untuk melaksanakan penelitian dan menyelesaikan paper "*Sejarah Perkembangan Resistansi Meter*

Dari Tahun 1820 Sampai Sekarang" dengan baik. Kami sampaikan terima kasih kepada bapak Frida Agung Rachmadi selaku dosen mata kuliah meterologi dan kalibrasi yang telah membimbing kami dalam penyelesaian paper ini. Tak lupa kami ucapkan terima kasih kepada semua orang yang juga telah membantu dan memberi masukan, baik saat melakukan percobaan maupun proses pengerjaan paper. Terimakasih juga diucapkan kepada teman dan juga team penyusun yang telah banyak berkontribusi penuh sehingga paper dapat diselesaikan tepat waktu. Serta tak lupa juga kami ucapkan terima kasih kepada Universitas Islam Negeri Yogyakarta telah memberi banyak kesempatan kepada kami.

Daftar Rujukan

- [1] Widiana, Ari Prasetya.2013.*Pengembangan Ensiklopedia Alat Ukur Fisika Sebagai Sumber Belajar Mandiri Untuk SMA/MA Kelas X Pada Materi Besaran dan Satuan*. Skripsi.Tidak Diterbitkan.Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga: yogyakarta.
- [2] Wisnu Djatmiko, "Prototipe Resistansi Meter Digita," pp. 2-5.Nov 2017.

Karakteristik Resistansi Air Minum Infus Buah Lemon (*Infused Water*) dan Air Minum *Sprite Water Lymon*

Fia Ismi Nur Alfiah^{1*}, Dinda Salsabila P¹, Frida Agung Rakhmadi¹

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto 519739, Indonesia

*E-mail: fiaismi25.fina@gmail.com, dindasalsabil4@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik resistansi air minum infus buah lemon (*infuse water*) dan air minum *sprite water lymon*. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yakni Persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ohmmeter digital dan gelas ukur, sedangkan bahan yang digunakan adalah air minum infus buah lemon (*infuse water*) dan air minum *sprite water lymon*, dengan volume 50 ml, 100 ml, dan 150 ml. Pengukuran resistansi sample dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan untuk tiap volume. Nilai resistansi sample yang telah diperoleh dihitung rata-rata beserta ketidakpastiannya. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa untuk volume 50 ml; 100ml; 150ml, air minum infus buah lemon (*infuse water*) mempunyai resistansi (88,3; 16,13; 11,3) Ω sedangkan air minum *sprite water lymon* untuk volume 50ml; 100ml; 150 mempunyai resistansi (75,9; 39; 11,4) Ω . dengan demikian karakteristik resistansi air minum infus buah lemon (*infuse water*) dan air minum *sprite water lymon* berbeda satu sama lain.

Kata Kunci : Ohmmeter, Resistansi, Buah Lemon, dan Karakteristik

ABSTRACT

This research purposed to assess the characteristics of resistance infused water of lemon (*infuse water*) and drinking water Lymon sprite. This research is conducted through three phases, namely beginning tools and materials, data retrieval, and data processing. The tools used in the study include digital ohmmeter and measuring cup, while the materials used are infused water of lemon (*infuse water*) and drinking water Lymon Sprite, with volumes 50 ml, 100 ml, and 150 ml. Measurement of sample resistance three times the repetition for each volume. The value of the sample resistance that has been obtained is calculated on average as well as its inprovision. Data processing results show that for volumes of 50 ml; 100ml 150ml, water infusion of lemon (*infuse water*) has resistance (88.3; 16.13; 11.3) Ω , while drinking water Lymon Sprite for volume 50ml; 100ml 150 has resistance (75.9; 39; 11.4) Ω . Thus the characteristics of resistance infused water of lemon (*infuse water*) and drinking water Lymon sprite are different from each other..

Keywords : Ohmmeters, Resitance, Lemon, and Characteristic

Pendahuluan

Lemon dikenal juga sebagai jeruk sitrun (berasal dari Bahasa Belanda), tumbuhan ini cocok untuk daerah beriklim kering dengan musim dingin yang relative hangat, yang biasanya tumbuh di iklim Tropis dan Subtropis. Lemon adalah salah satu jenis jeruk yang sering digunakan dalam berbagai makanan dan minuman. Lemon memiliki bentuk dan warna yang khas, yaitu kuning cerah warnanya dan bentuknya lonjong dengan ujung-ujungnya yang mengerucut. Bagian kulitnya empuk agak tebal, dan bulirnya berwarna bening kekuningan. Lemon memiliki citarasa asam yang khas buah jeruk, tapi juga memiliki rasa manis. Sehingga rasanya asam manis segar dengan aroma yang kuat [1].

Buah lemon mengandung asam-asam yang berperan pada pembentukan rasa asam buah. Buah lemon merupakan salah satu sumber vitamin C dan antioksidan yang berkhasiat bagi kesehatan manusia, serta sering dipakai sebagai bahan untuk penambah rasa masakan serta menghilangkan bau amis [4].

Didalam buah lemon dikenal sebagai sumber vitamin C, tetapi sebenarnya buah ini juga mengandung zat gizi esensial lainnya, meliputi karbohidrat (zat gula dan serat makanan), potassium, folat, kalsium, thiamin, niacin, vitamin B6, fosfor, magnesium, tembaga, riboflavin, asam pantotenat, dan senyawa yaitu fruktosa, glukosa, dan sukrosa. Karbohidrat kompleksnya berupa polisakarida non-pati (secara umum dikenal sebagai serat makanan) yang baik untuk kesehatan [4].

Infused water merupakan air yang dicampur dengan potongan buah-buahan dan didiamkan selama beberapa jam sampai sari buahnya keluar, kemudian siap dikonsumsi, sehingga memberi cita rasa dan manfaat untuk kesehatan. Salah satu *infused water* yang dikenal masyarakat adalah *infuse water* dari buah lemon. Sedangkan, *Sprite water lymon* merupakan minuman bermerk sprite dengan rasa yang lebih ringan. Minuman ini juga cocok bagi yang sedang diet, karena kandungan sodanya tidak terlalu banyak [2].

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan, yakni persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Ketiga tahapan tersebut dijelaskan lebih rinci sebagai berikut.

Bahan yang digunakan adalah dua sampel air minum lemon yang berbeda, yakni air minum infus buah lemon dan air minum *sprite water lymon*, yang masing-masing dimasukkan ke dalam gelas dengan variasi volume 50 ml, 100 ml, dan 150 ml. Alat yang digunakan dalam pengambilan data adalah ohmmeter digital, gelas beaker, kabel probe ohmmeter. Jarak antara kedua probe ohmmeter disetting sejauh 2 cm.

Pengambilan data dilakukan di laboratorium Elektronika dan Instrumentasi UIN Sunan Kalijaga dengan suhu ruangan 29,4° C. Proses pengambilan data dengan mengukur resistansi sampel menggunakan ohmmeter. Probe ohmmeter dicelupkan sampai menyentuh dasar gelas beaker selama 10detik. Nilai resistansi yang dicatat adalah nilai resistansi pada detik ke-10. Pengambilan data dilakukan sebanyak tiga pengulangan.

Data resistansi yang telah diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung rerata beserta ketidakpastiannya. Resistansi rata-rata dihitung menggunakan persamaan (1), sedangkan ketidakpastiannya dihitung menggunakan persamaan (2).

$$\bar{R} = \frac{\sum R_n}{n} \quad (1)$$

($n = 3$)

Dengan R_n adalah resistansi ke-1, ke-2, dan ke-3.

$$\Delta \bar{R} = \frac{|R_n - R|}{n} \quad (2)$$

Dan $\Delta \bar{R}$ adalah nilai rata-rata ralat dari resistansi data ke n. (Morris, 2014)

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik resistansi air minum infus buah lemon (*infuse water*) dan air minum *sprite water lymon* disajikan pada Tabel 1.1

Tabel 1.1 Hasil Pengolahan Data

Volume	<i>Infuse Water Lemon</i>	<i>Sprite Water Lymon</i>
	$\bar{R} \pm \Delta \bar{R} (\Omega)$	$\bar{R} \pm \Delta \bar{R} (\Omega)$
50 ml	$88,3 \pm 3,76$	$75,9 \pm 4,26$
100 ml	$16,13 \pm 10,97$	$39 \pm 5,2$
150 ml	$11,3 \pm 7,67$	$11,4 \pm 7,46$

Penelitian ini dapat dianalisis dari hasil datanya. Perbedaan kedua air minum tersebut dapat dilihat *infused water lemon* lebih keruh karna langsung menggunakan buah lemon tanp campuran apapun, sedangkan *sprite water lymon* terdapat campuran soda. Hal ini menunjukkan bahwa nilai resistansi *infused water* lemon lebih besar dibandingkan dengan *sprite water lymon*.

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa selisih nilai resistansi antara *infused water* lemon dan *sprite water lymon* sangat berbeda begitu pula dengan ketidakpastiannya. Pada grafik hasil penelitian, didapatkan bahwa kedua sampel tersebut tidak saling berpotongan sehingga tidak perlu dilakukan uji T.

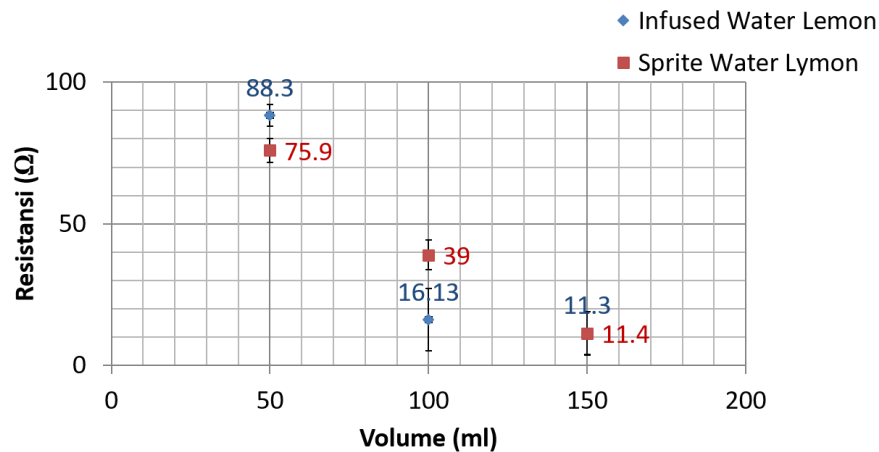
Infused water lemon memiliki manfaat untuk kesehatan karena minumannya belum tercampur dengan bahan yang lainnya. Salah satu contohnya masyarakat biasa konsumsi *infused water* lemon ini untuk diet. Dari hasil penelitian dapat dikembangkan sebagai alat deteksi air minum *infused water* dengan minuman yang lainnya berdasarkan nilai resistansinya.



Gambar 1. Sampel *infused water* lemon



Gambar 2. Sampel *sprite water lymon*



Gambar 3. Tabel hasil pengolahan data *infused water lemon* dan *sprite water lymon*

Kesimpulan dan Saran

Nilai resistansi *infused water lemon* berturut-turut adalah $(88,3 \pm 3,76)\Omega$ untuk volume 50ml; $(16,13 \pm 10,97)\Omega$ untuk volume 100ml; $(11,3 \pm 7,67)\Omega$ untuk volume 150ml. Sementara untuk *sprite water lymon* nilai resistansinya adalah $(75,9 \pm 4,26)\Omega$ untuk volume 50ml; $(39 \pm 5,2)\Omega$ untuk volume 100ml; $(11,4 \pm 7,46)\Omega$ untuk volume 150ml.

Nilai resistansi *infused water lemon* berbeda dengan nilai resistansi *sprite water lymon* dimana nilai resistansi *sprite water lymon* daripada nilai *infused water lemon*.

Oleh karena nilai resistansi *infused water lemon* berbeda dengan nilai resistansi *sprite water lymon*, ke depan dapat dikembangkan alat deteksi minuman buah lemon berbasis resistansi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih pertama kepada Allah swt., kemudian kepada bapak pembimbing serta teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini. Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan ini, maka dari itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak.

Daftar Rujukan

- [1] <http://www.kerjanya.net/faq/18124-lemon.html> diakses pada 24 Oktober 2019
- [2] <https://www.thecocopost.id/snack-time-sprite-waterlymon/> diakses pada 24 Oktober 2019
- [3] Morris, Alan S. Langari, Reza. 1948. Measurement and Instrumentation Theory and Application, USA.
- [4] Nizhar, U. 2012. *Level Optimum Sari Buah Lemon (Citrus Limon) Sebagai Bahan Penggumpal Pada Pembentukan Curd Keju Cottage*. Skripsi. Fakultas Pertanian UNHAS : Makassar

Karakteristik Resistansi Air Teh Gula Alami dan Buatan

Cindy Septiani S.^{1*}, Defanny^{1**}, Frida Agung Rakhmadi¹

¹Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga
Yogyakarta Jl. Marsda Adisucipto No. 1 Yogyakarta 55281, Indonesia

E-mail: *cindysptns@gmail.com, **defannykharisa@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini di latar belakang oleh adanya kasus minuman teh menggunakan gula buatan. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik resistansi minuman teh menggunakan gula alami dan buatan. Penelitian ini dilakukan melalui 3 tahapan, yakni persiapan alat dan bahan, akuisisi data, dan pengolahan data. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ohmmeter dan gelas ukur, sedangkan bahannya adalah minuman teh gula alami dan buatan dengan volume 100 ml. Pengambilan data dalam penelitian ini dilakukan dengan cara mengukur resistansi minuman teh gula alami dan buatan sebanyak 10 kali pengulangan. Data yang diperoleh diolah dengan cara menghitung reratanya beserta ketidakpastiannya. Hasil penelitian ini memberikan informasi bahwa resistansi minuman teh gula alami ($23,6 \pm 0,88$)k Ω , ($23,8 \pm 0,68$)k Ω , ($24,2 \pm 0,28$)k Ω , ($24,3 \pm 0,18$)k Ω , ($24,4 \pm 0,08$)k Ω , ($24,5 \pm 0,02$)k Ω , ($24,8 \pm 0,32$)k Ω , ($24,8 \pm 0,32$)k Ω , ($24,9 \pm 0,42$)k Ω , ($25,1 \pm 0,62$)k Ω , dan ($25,2 \pm 0,72$)k Ω . Sedangkan resistansi minuman teh gula buatan ($10,1 \pm 0,9$)k Ω , ($10,5 \pm 0,5$)k Ω , ($10,6 \pm 0,4$)k Ω , ($10,7 \pm 0,3$)k Ω , ($10,9 \pm 0,1$)k Ω , ($11,0 \pm 0$)k Ω , ($11,2 \pm 0,2$)k Ω , ($11,5 \pm 0,5$)k Ω , ($11,5 \pm 0,5$)k Ω , dan ($12,0 \pm 1$)k Ω . Karakteristik resistansi kedua minuman tersebut berbeda satu sama lain, oleh karenanya ke depan dapat dibuat sistem kontrol kualitas minuman teh berdasarkan karakteristik resistansi.

Kata Kunci: resistansi, minuman teh, gula alami, gula buatan

ABSTRACT.

This research is motivated by the case of tea drinks using artificial sugar. This study aims to examine the characteristics of tea beverage resistance using natural and artificial sugars. This research was conducted through 3 stages, namely preparation of tools and materials, data acquisition, and data processing. The tools used in this study include ohmmeter and measuring cup, while the ingredients are natural and artificial sugar tea drinks with a volume of 100 ml. Data collection in this study was carried out by measuring the resistance of 10 times the natural and artificial sugar tea drinks. The data obtained is processed by calculating the mean and its uncertainty. The results of this study provide information that the resistance of natural sugar tea drinks (23.6 ± 0.88) k Ω , (23.8 ± 0.68) k Ω , (24.2 ± 0.28) k Ω , (24.3 ± 0.18) k Ω , (24.4 ± 0.08) k Ω , (24.5 ± 0.02) k Ω , (24.8 ± 0.32) k Ω , (24.8 ± 0.32) k Ω , (24.9 ± 0.42) k Ω , (25.1 ± 0.62) k Ω , and (25.2 ± 0.72) k Ω . While the resistance of artificial sugar tea drinks (10.1 ± 0.9) k Ω , (10.5 ± 0.5) k Ω , (10.6 ± 0.4) k Ω , (10.7 ± 0.3) k Ω , (10.9 ± 0.1) k Ω , (11.0 ± 0) k Ω , (11.2 ± 0.2) k Ω , (11.5 ± 0.5) k Ω , (11.5 ± 0.5) k Ω , and (12.0 ± 1) k Ω . Resistance characteristics of the two drinks are different from each other, therefore in the future a quality control system for tea drinks can be made based on the resistance characteristics.

Keywords: resistance, tea drinks, natural sugar, artificial sugar

Pendahuluan

Gula adalah suatu karbohidrat sederhana yang dapat larut dalam air dan langsung di serap tubuh untuk diubah menjadi energi. Gula merupakan bahan yang sering digunakan oleh masyarakat untuk pemanis makanan dan minuman. Gula sekarang banyak berbagai macam nya, tak hanya gula alami, ada juga gula buatan. Contoh gula alami yang banyak beredar dipasaran yaitu gula pasir dan contoh gula buatan yang beredar di pasaran yaitu sakarin. Gula alami lebih aman di konsumsi dibanding gula buatan.

The American Heart Association menyarankan pembatasan gula tambahan sebanyak 6 sendok teh (25 gram) per hari untuk wanita dan 9 sendok teh (36 g) per hari untuk pria. Ahli Nutrisi Samantha Cassetty, RD, mengatakan 75 persen dari makanan kemasan, termasuk sereal, bar granola, yogurt dengan rasa bahkan rasa buah, roti, dan bumbu, mengandung gula tambahan. Hal inilah yang membuat seseorang berlebihan dalam mengonsumsi gula. Jika gula tambahan digunakan dalam jangka waktu yang panjang akan menyebabkan kekacauan metabolisme, berperan dalam masalah berat badan, diabetes, meningkatkan resiko penyakit jantung, dan kerusakan gigi. Dr.Ervina Hasti mengatakan terlalu banyak konsumsi gula buatan bisa berdampak langsung misalnya kecanduan gula atau sugar addiction, lonjakan gula darah dan cepat merasa lapar (craving), jika berlangsung terus menerus akan menyebabkan berbagai masalah kesehatan seperti obesitas, gangguan jantung dan kolestrol.

Pada penelitian ini, penulis menggunakan jenis gula pasir sebagai sampel yang alami. Gula pasir merupakan karbohidrat sederhana yang terbuat dari sari tebu. Gula pasir biasanya digunakan dalam kehidupan sehari-hari, baik dalam dunia industri maupun rumah tangga. Adapun kandungan gizi dalam gula pasir dapat dilihat dari tabel berikut :

Tabel.1 Komposisi zat gizi gula pasir (per 100 gram berat bahan)

Zat Gizi	Jumlah
Energi (kkal)	364
Protein (g)	0
Lemak (g)	0
Karbohidrat (g)	94
Kalsium (mg)	5
Fosfor (mg)	1

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahap yaitu persiapan alat dan bahan, pengambilan data dan pengolahan data. Ketiga tahap tersebut diperinci sebagai berikut:

1. Persiapan alat dan bahan

Alat yang digunakan yaitu ohmmeter, gelas ukur dan kawat tembaga. Jarak antara kawat tembaga ditetapkan sejauh 3 cm. Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu teh, gula alami dan buatan dengan ketetapan volume 100 ML.

2. Pengambilan data

Pengukuran resistansi sampel dilakukan dengan cara mencelupkan kawat tembaga sampai ke dasar gelas ukur. Kawat tembaga di celupkan kedalam sampel selama 30 detik.

3. Pengolahan data

Data yang diperoleh selanjutnya diolah dengan menghitung rata-rata beserta ketidakpastiannya. Metode perhitungan resistansi rata-rata menggunakan persamaan (1).

$$\bar{R} = \frac{\sum_1^{10} R_n}{10} \quad (1)$$

Dengan R_n adalah resistansi terukur. Adapun penghitungan ketidakpastiannya menggunakan persamaan (2).

$$\Delta\bar{R}_n = \frac{\sum_1^{10} \Delta R_n}{10} \quad (2)$$

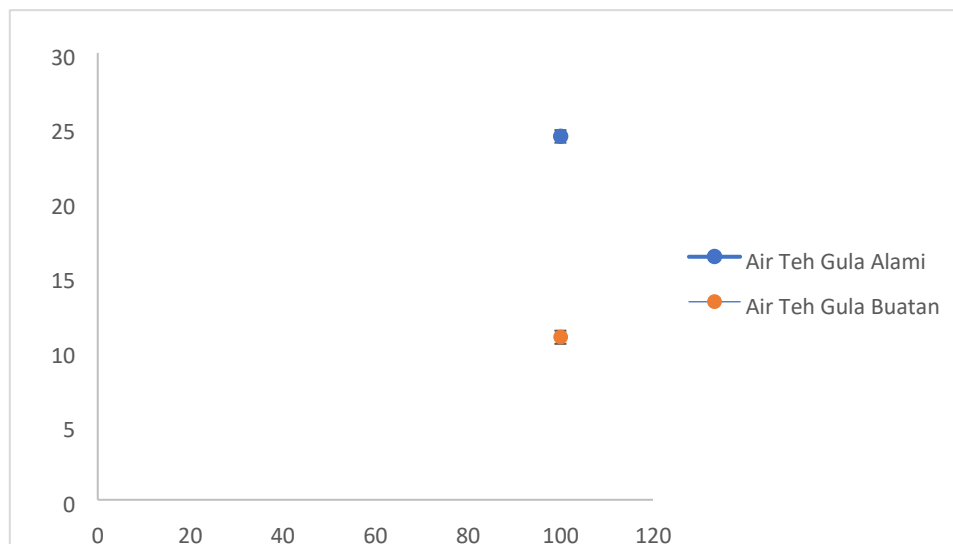
Dengan ΔR_n adalah ketidakpastian yang terukur. Adapun perhitungan ΔR_n menggunakan persamaan (3).

$$\Delta R_n = |R_n - \bar{R}| \quad (3)$$

Hasil Pembahasan

Tabel 2. Hasil Pegolahan data

	Gula Alami	Gula Buatan
Σ	$24,39 \pm 0,42$	$10,91 \pm 0,44$



Gambar 1. Grafik hubungan antara volume dengan resistansi

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik resistansi air teh gula alami dan buatan tersaji pada tabel 1. Selain disajikan dalam tabel, karakteristik resistansi air teh gula alami dan buatan dapat dilihat juga grafik pada gambar 1.

Berdasarkan pada tabel hasil penelitian, nilai resistansi air teh gula alami dan buatan sangat berbeda, akan tetapi nilai ketidakpastian antara keduanya hanya selisih sedikit yaitu 0,02. Berdasarkan pada grafik hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa kedua sampel tidak saling beririsan.

Penelitian ini dapat dianalisis dari hasil data yang telah didapatkan. Dari kedua sampel ini ada perbedaan pada saat dilarutkan dengan air teh. Teh yang menggunakan gula alami sukar larut dibandingkan menggunakan gula buatan. Teh yang menggunakan gula alami warnanya lebih gelap dibandingkan menggunakan gula buatan.



Gambar 2. Sampel air teh gula alami



Gambar 3. Sampel air teh gula buatan

Kesimpulan dan Saran

Dapat disimpulkan bahwa hasil penelitian ini didapat rata-rata nilai resistansi beserta ketidakpastiannya pada sampel air teh gula alami yaitu $24,3 \pm 0,42$ dan pada sampel air teh gula buatan yaitu $10,91 \pm 0,44$. Nilai resistansi air teh gula alami lebih besar dibandingkan dengan nilai resistansi air teh gula buatan. Hasil pengolahan data pada kedua sampel tidak saling beririsan, maka tidak perlu dilakukannya uji-t.

Kami menyarankan untuk dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk dapat dibuatnya sistem kontrol kualitas minuman teh gula alami dan buatan berdasarkan karakteristik resistansi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan banyak terima kasih pertama kepada Allah swt., kemudian kepada bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc selaku pembimbing kami, serta teman-teman yang telah membantu dalam penyelesaian penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Morris, Alan S. Langari, Reza. 1948. Measurement and Instrumentation Theory and application, USA.
- [2] <https://www.haibunda.com/moms-life/20190802113324-76-51190/fakta-tentang-gula-buatanhttps://www.haibunda.com/moms-life/20190802113324-76-51190/fakta-tentang-gula-buatan-yang-penting-bunda-ketahuiyang-penting-bunda-ketahui>
- [3] https://id.wikipedia.org/wiki/Pengganti_gula <https://id.wikipedia.org/wiki/Sakarín>

Karakteristik Resistansi Susu Murni dan Susu Campuran

Fathin Musthafa Habiburrahman^{1*}, Hanif Fata Mustaqiim¹, Frida Agung Rakhmadi¹

Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga

Jl. Marsda Adisucipto 519739, Yogyakarta, Indonesia

**E-mail: fathinmusthafa17@gmail.com, hanfamus@gmail.com*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji karakteristik resistansi susu murni dan campuran. Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan: persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi ohmmeter digital dan gelas ukur, sedangkan bahan yang digunakan adalah susu murni dengan volume 100 ml dan susu campuran dengan volume susu 50 ml dan air 50 ml. Pengukuran resistansi sampel dilakukan sebanyak lima kali pengulangan. Nilai resistansi sampel dihitung rata-rata beserta ketidakpastiannya. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa untuk susu murni mempunyai rata-rata resistansi $(30,6 \pm 0,7) \text{ k}\Omega$, sedangkan susu campuran mempunyai rata-rata resistansi $(32,9 \pm 0,3) \text{ k}\Omega$. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik resistansi susu murni dan campuran berbeda signifikan, sehingga ke depan dapat dikembangkan system control kualitas susu berbasis resistansi.

Kata kunci : resistansi, susu murni, susu campuran

ABSTRACT

This research was aimed to study the resistance characteristics of pure and mixed milk. This research was conducted through three stages: preparation of tools and materials, data retrieval, and data processing. The tools used in this study include digital ohmmeter and measuring cup, while the ingredients used were pure milk with a volume of 100 ml and mixed milk with a volume of milk 50 ml and water 50 ml. Measurement of samples resistance were done five times. The resistances values of samples were calculated average and its uncertainty. The results of data processing showed that pure milk had an average resistance $(30.6 \pm 0.7) \text{ k}\Omega$, whereas mixed milk had an average resistance $(32.9 \pm 0.3) \text{ k}\Omega$. The results showed that the characteristics of pure milk and mixed resistance were significantly different, so that in the future a resistance-based milk quality control system could be developed.

Keywords : resistance, whole milk, mixed milk

Pendahuluan

Susu sapi merupakan salah satu minuman bergizi yang sangat sering di konsumsi oleh masyarakat karena memiliki kandungan nutrisi dan gizi yang sangat baik bagi kesehatan tubuh manusia. Selain itu, susu juga mengandung nutrisi yang baik seperti karbohidrat, protein, vitamin, mineral, dan enzim-enzim baik seperti *Lactoferrin* yang berguna untuk penyerapan zat besi dan respon imun tubuh manusia. Banyaknya kebutuhan masyarakat akan susu sapi membuat beberapa produsen susu sapi tidak terlalu mementingkan kesegaran dan kualitas susu sapi. Beberapa peternak hewan perah mulai melakukan kecurangan dengan mencampurkan susu segar dengan air. Akibat pencampuran susu ini dapat mengurangi nutrisi dan gizi, selain itu konsumen juga dirugikan. Konsumen membeli susu dengan harga mahal, akan tetapi kualitas susunya tidak baik.

Masyarakat awam memiliki cara-cara sederhana untuk mengidentifikasi kemurnian dari susu sapi. Cara yang sering dipakai oleh masyarakat adalah dengan mencium bau dari susu sapi tersebut, tetapi cara tersebut belum akurat, sehingga masih sulit untuk mengidentifikasi susu yang sudah dicampur dengan perisa dan pewarna. Selain mencium bau, cara sederhana yang biasa dilakukan adalah dengan membandingkan kekentalan dari susu sapi tersebut dengan susu sapi murni, tetapi cara tersebut tidak efisien. Maka, dibutuhkan teknologi yang dapat mengidentifikasi kemurnian susu sapi yang masih baik dan layak untuk dikonsumsi.

Diperlukan metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi pemalsuan susu tersebut. Salah satu metodenya adalah dengan mengidentifikasi sifat listrik dari susu. Karena susu yang murni dengan susu yang sudah dicampur oleh air akan memiliki sifat listrik yang berbeda, sifat listrik yang mudah dianalisa adalah resistansi. Dengan mengukur resistansi pada susu, maka akan didapatkan perbedaan antara susu sapi murni tanpa campuran dan susu yang dicampur 50% air. Perbedaan nilai resistansi ini kemudian dapat dikembangkan suatu alat kontrol kualitas susu berbasis resistansi.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan: persiapan alat dan bahan, pengambilan data, dan pengolahan data. Alat yang digunakan meliputi multimeter digital, gelas beaker, kawat konduktor, dan sedotan. Probe multimeter menggunakan model jepitan, sehingga dibutuhkan dua kawat konduktor yang diberi jarak 2 cm yang ditancapkan pada sedotan. Bahan yang digunakan meliputi susu murni yang didapatkan dari *minimarket* sekitar, dan juga air mineral.

Pengambilan data dilakukan di laboratorium dengan suhu ruangan 30°C. Proses pengambilan data menggunakan multimer yang diatur selektornya pada posisi ohm meter, ohm meter digunakan untuk mengukur resistansi. Sampel diletakkan pada gelas beaker, lalu kawat konduktor yang tersambung multimeter dimasukkan kedalam gelas beaker. Sample yang digunakan merupakan zat cair yang mengalami elektrolisis, maka tiap pengukuran resistansi sampel diberi waktu selama 3 detik setelah kawat konduktor dimasukkan. Setelah didapatkan nilai resistansi, kawat konduktor diangkat dari gelas beaker, kemudian dibiarkan selama 30 detik untuk menetralkan sampel yang terelektrolisis sebelum dilakukan pengukuran berikutnya. Pengukuran dilakukan secara berulang sebanyak 5 kali untuk tiap sampel. Sampel pertama yang digunakan adalah susu 100mL. Sampel kedua yang digunakan adalah susu 50mL dan air mineral 50mL.

Metode pengolahan data dilakukan dengan menentukan nilai rata-rata resistansi menggunakan persamaan,

$$\bar{R} = \frac{\sum R_i}{N} \quad (1)$$

Dengan \bar{R} adalah nilai resistansi rata-rata dan N adalah banyaknya jumlah pengukuran. Setelah diperoleh nilai rata rata resistansi, dilanjutkan dengan menentukan nilai ketidakpastian dari eksperimen menggunakan persamaan, (Morris, 2014)

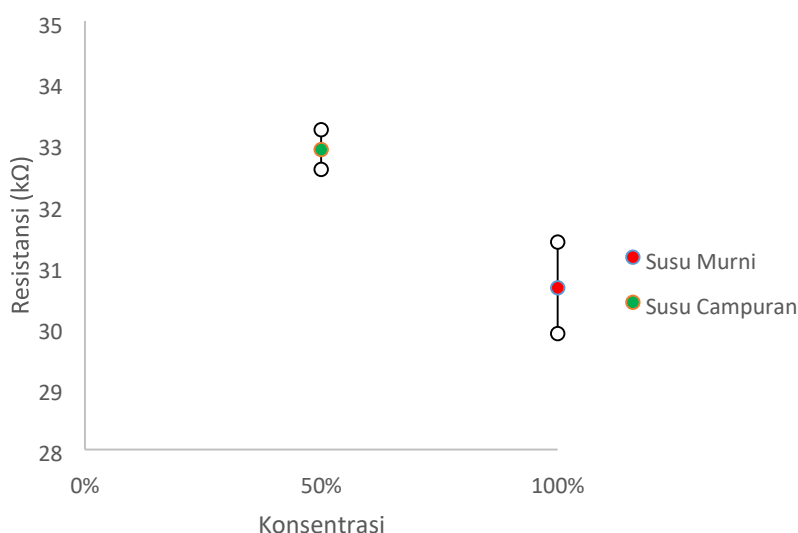
$$\Delta R = \frac{1}{N} \sqrt{\frac{N \sum R_i^2 - (\sum R_i)^2}{N-1}} \quad (2)$$

Hasil dan Pembahasan

Karakteristik resistansi susu murni dan campuran ditunjukkan pada tabel 1. Selain disajikan dalam tabel, karakterisasi resistansi susu murni dan campuran juga tervisualisasikan pada gambar 1.

Tabel 1 Karakteristik resistansi susu murni dan campuran

Susu Murni (k Ω)	Susu Campuran (k Ω)
30,64 \pm 0,75	32,9 \pm 0,32



Gambar 1. Perbandingan karakteristik resistansi susu murni dan susu campuran

Resistansi berperan sebagai penghambat muatan yang mengalir. Makin besar nilai resistansi maka arus listrik akan semakin sulit mengalir ditandai dengan arus yang semakin mengecil (Mikrajuddin, 2017). Karena susu murni memiliki resistansi yang lebih kecil, maka susu murni dapat mengalirkan arus listrik yang lebih baik.

Analisa data dari penelitian ini diperoleh bahwa nilai resistansi susu murni berbeda dengan susu campuran. Berdasarkan hasil pengolahan data yang terdapat pada tabel 1. terbukti bahwa nilai resistansi susu murni lebih kecil daripada susu campuran. Susu yang dicampurkan dengan air akan memiliki nilai resistansi yang lebih besar.

Dari hasil pengolahan data memperlihatkan sampel susu murni dan susu campuran tidak saling beririsan, dimana sampel susu murni berada pada rentang kisaran 30,6 k Ω dengan nilai ketidakpastian sebesar $\pm 0,8$ k Ω sedangkan sampel susu campuran berada pada rentang kisaran 32,9 k Ω dengan nilai ketidakpastian sebesar $\pm 0,3$ k Ω . Data tersebut dapat dibedakan secara

jelas nilai resistansinya. Oleh karena itu, dari data tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan sistem kontrol kualitas susu berbasis resistansi.

Kesimpulan dan Saran

Air susu murni memiliki nilai resistansi yang lebih kecil dari susu campuran. Dari hasil pengolahan data memperlihatkan sampel susu murni dan susu campuran tidak saling beririsan, dimana sampel susu murni berada pada rentang kisaran 30,6 k Ω dengan nilai ketidakpastian sebesar $\pm 0,8$ k Ω sedangkan sampel susu campuran berada pada rentang kisaran 32,9 k Ω dengan nilai ketidakpastian sebesar $\pm 0,3$ k Ω . Data tersebut dapat dibedakan secara jelas nilai resistansinya. Oleh karena itu, dari data tersebut dapat digunakan sebagai dasar dalam pembuatan sistem kontrol kualitas susu berbasis resistansi.

Kami menyarankan untuk dilakukan penelitian yang lebih lanjut dan luas untuk mengetahui karakteristik dari susu murni dan susu campuran yang lebih mendalam. Dengan penelitian ini diharapkan penelitian ini dapat menjadi sumber rujukan untuk penelitian yang lebih lanjut.

Ucapan Terima Kasih

Kami ucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada seluruh rekan-rekan yang telah bersamasama sehingga dapat terlaksanakan penelitian ini. Kami ucapkan terutama kepada bapak Frida Agung Rakhmadi, M.Sc. yang selalu dapat membimbing kami sampai terciptanya paper ini.

Daftar Rujukan

- [1] Abdullah, Mikrajuddin. "Fisika Dasar II". Bandung: ITB. 2017. Hal 209.
- [2] Morris, Alan S. & Langari, Resa . *Measurement And Instrumentation*. India: Elsevier. 2014. Hal 18-19

Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Pulau Jawa Tahun 1903-2006 Dengan Menggunakan *Software* QUANTUM GIS (QGIS)

Arya Santri Wiratama^{1*}, Fitriyaningsih¹, Ika Rakhmawati¹, Nadzif Muaffi¹, Siti Estiya Pujiningtiyas¹, Surya Eka Kurnia¹, Nugroho Budi Wibowo²

¹ Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto 519739, Indonesia

² Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Yogyakarta, Jl. Wates Km. 8, Dusun Jitengan, Kel. Balecat, Kec. Gamping, Pereng Kembang, Balecat, Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55294

*Email : aryawiratama0123@gmail.com

INTISARI

Sebagai sebuah Negara yang berada pada zona pertemuan antar 3 lempeng dunia yang masih aktif, Indonesia termasuk kedalam Negara yang rawan gempa. Salah satu pulau yang berada pada zona pertemuan lempeng adalah Pulau Jawa dan sepanjang laut selatan. Kerugian yang dialami akibat bencana ini bukanlah hal yang ringan, oleh karena itu diperlukannya kajian mengenai Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR). Harga IBSRR tertinggi di Pulau Jawa dan sepanjang laut selatan selama kurun waktu 1903-2006 sebesar 0,1960488 yang berada pada Provinsi DIY, sedangkan IBSRR terendah adalah 0,144295 berada di Provinsi Jawa Timur. IBSRR diindikasikan mampu mengklasifikasikan wilayah yang memiliki indeks bahaya seismik tinggi sehingga diharapkan mampu meminimalisir korban serta kerugian yang akan terjadi di kemudian hari akibat gempabumi. Menggunakan *software* QGIS Pulau Jawa akan dipetakan menggunakan warna-warna tertentu sehingga mampu dengan mudah menggambarkan tingkatan bahaya seismik yang didapat.

Kata Kunci : IBSRR, QGIS, Pulau Jawa, Gempabumi.

ABSTRACT

As a country that is in a zone of meeting between the 3 plates of the world that is still active, Indonesia is included in a country prone to earthquakes. One of the islands in the zone where the plates meet is Java and along the southern sea. The losses suffered from this disaster are not minor, therefore a study of the average Regional Seismic Hazard Index (IBSRR) is needed. The highest IBSRR in Java and along the southern sea during in 1903-2006 valued at 0.1960488 is in DIY Province, while the lowest IBSRR valued at 0.144295 is in the Jawa Timur Province. IBSRR is indicated to be able to classify areas that have a high seismic hazard index so that it is expected to be able to minimize casualties and losses that will occur in the future due to earthquakes. By using the QGIS Java Island software will be mapped with certain colors so that it can easily describe the level of seismic danger obtained.

Keyword : IBSRR, QGIS, Java, Earthquake.

Pendahuluan

Indonesia merupakan Negara kepulauan terbesar di dunia, dengan ribuan pulau yang membujur dari 94° - 141° BT dan 6° LU- 11° LS. Indonesia berada pada zona subduksi atau pertemuan 3 lempeng sekaligus yakni : Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke Utara, Lempeng Pasifik yang bergerak ke Barat, dan Lempeng Eurasian yang relatif bergerak ke Selatan, selain itu keadaan geografis Indonesia yang masuk kedalam zona lingkaran api (*Ring of Fire*) mengakibatkan Indonesia dikelilingi oleh banyak gunung berapi aktif sepanjang pulau Sumatra, Jawa hingga pulau Sulawesi. Keadaan inilah yang menyebabkan Indonesia sering mengalami bencana gempa bumi baik itu gempa bumi akibat aktivitas lempeng yang disebut sebagai gempa bumi tektonik maupun gempa bumi akibat aktivitas magma gunung berapi atau disebut sebagai gempa bumi vulkanik. Kebanyakan gempa bumi di Indonesia disebabkan dari pelepasan energi yang dihasilkan karena tekanan yang dilakukan oleh lempengan yang bergerak. Semakin lama tekanan itu kian membesar dan akhirnya mencapai pada keadaan dimana tekanan tersebut tidak dapat ditahan lagi oleh pinggiran lempengan[2].

Energi gempa bumi dinyatakan dalam satuan erg dan dapat ditaksir dari pengamatan makroseismik, tetapi biasanya tidak diperoleh hasil yang memadai. Gelombang seismik merupakan bentuk energi yang paling mudah dideteksi, yaitu dengan cara pencatatan pada alat. Menggunakan data ini kita dapat menaksir energi gempa bumi yang memadai. Ukuran besarnya energi gempa bumi ditentukan dengan hasil catatan amplitudo gelombang seismik yang dinyatakan dengan istilah magnitudo gempa bumi. Kekuatan gempa bumi bervariasi dari tempat ke tempat, sejalan dengan perubahan waktu. Pemancaran energi gempa bumi dapat besar ataupun kecil, hal ini tergantung dari karakteristik batuan yang ada dan besarnya *stress* yang dikandung oleh suatu batuan pada suatu daerah. Pada suatu batuan yang rapuh (batuan yang heterogen), *stress* yang dikandung tidak besar karena langsung dilepaskan melalui terjadinya gempa bumi-gempa bumi kecil yang banyak. Sedangkan untuk batuan yang lebih kuat (batuan yang homogen), gempa bumi kecil tidak terjadi (jarang terjadi) sehingga *stress* yang dikandung sangat besar dan pada suatu saat batuannya tidak mampu lagi menahan *stress*, maka akan terjadi gempa bumi dengan magnitudo yang besar[1].

Pulau Jawa merupakan salah satu pulau yang berada pada Zona Subduksi antar lempeng aktif, di Jawa gempa bumi yang terjadi tidak kurang dari 7 magnitudo dengan intensitas gempa bumi yang relative sering terjadi di Jawa sehingga menyebabkan kerusakan yang cukup parah di daerah terdampak. Kerugian akibat bencana gempa bumi juga tidak dapat dikatakan sebagai kerugian yang ringan. Contohnya pada gempa bumi Yogyakarta 2006 dengan magnitudo hanya 6,3 SR tercatat data korban di Kota Yogyakarta sebanyak 4.772 orang meninggal dunia, 17.772 orang luka-luka, dan kerusakan bangunan 204.831 rumah[3].

Kajian mengenai IBSRR telah dilakukan dengan berbagai metode seperti penelitian yang dilakukan oleh Prajuto(1983) menggunakan metode statistik untuk daerah Irian Jaya dengan rumus Gutenberg-Ritcher namun tidak meninjau resiko gempa bumi, sedangkan Daz Edwiza(2008) meninjau pelepasan energi dengan menggunakan rumus *Gutenberg-Ritcher* maupun *Bath*, yang kemudian dilanjutkan dengan meninjau Indeks Bahayanya, hasil dari kedua metode kemudian dibandingkan untuk memetakan daerah Sumatera Barat[4], Nugroho Budi Wibowo(2017) menggunakan metode *Gutenberg* yang dilanjutkan dengan perhitungan statistik indeks bahaya seismik menggunakan metode *least square* atau *maximum likelyhood* untuk menganalisis energi gempa bumi yang ada di kawasan opak-oyo Yogyakarta. Sedangkan pada penelitian kali ini metode yang penulis gunakan adalah *Bath* dilanjutkan dengan perhitungan Indeks bahaya seismik rata-rata Pulau Jawa untuk masing-masing Provinsinya menggunakan data sekunder dari Tahun 1903-2006.

Kajian serta pengelompokan mengenai besar energi gempa bumi di Jawa sangat diperlukan. IBSRR merupakan salah satu metode untuk memperkirakan bahaya seismik pada suatu daerah tertentu dengan langsung menginterpretasikan kedalam besaran yang sama dengan satuan

skala intensitas MMI (*Modified Mercally Intensty*). Dengan mengetahui data seismitas serta kekuatan energi setiap gempabumi yang terjadi dalam kurun waktu tertentu diharapkan dapat membuat gambaran dalam perencanaan pembangunan suatu wilayah, hingga diharapkan mampu meminimalisir korban bencana dikemudian hari.

Metode Penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder yang tercatat sejak 27 Februari 1903 sampai 02 Juni 2006 terdapat 2223 titik kejadian gempa. Data ini digunakan untuk melakukan pemetaan daerah rawan gempa berdasarkan persebaran *Longitude*, *Latitude*, *Magnitude* dan *Depth* untuk menentukan posisi dimana persebaran gempa itu berada.

Pemetaan ini dilakukan dengan beberapa tahapan, yaitu:

1. Pengumpulan data gempa Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter- parameter gempa yaitu, *Longitude*, *Latitude*, *Magnitude* dan *Depth* yang tercatat sejak 27 Februari 1903 sampai 02 Juni 2006, sebanyak 2223.
2. Pengolahan data gempa

Tahap tahap pengolahan data gempa sebagai berikut :

1. Menganalisis dan mengelompokan data dalam bentuk grafik sehingga data persebaran gempa yang terjadi dapat diperoleh dalam tingkat kedalaman dan magnitudo seraca runtut
2. Menggambarkan data persebaran gempa dalam bentuk peta seismisitas sehingga mendapatkan titik terang dimana persebaran gempa itu terjadi, dengan menggunakan *software* QGIS
3. Membuat grid pada sepanjang Pulau Jawa dengan ukuran $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ untuk mempermudah analisis data. Pembagian grid bertujuan untuk mempermudah perhitungan energi pada setiap grid yang disediakan.
4. Masing-masing magitudo kemudian dihitung energinya meggunakan rumus dari Bath [4]:

$$\log E = 5,57 + 2,48 Mb \quad (1)$$

Setelah mengetahui energi setiap magnitudo maka harga Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) serta Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) dapat diketahui dengan rumus berikut:

$$IBSK = \log \sum^N E_n \quad (2)$$

$$IBSRR = \log \frac{1}{A} \sum^A \frac{IBSK_a}{T} \quad (3)$$

Menggunakan dua persamaan diatas maka data energi pada setiap magnitudo akan dapat dikelompokkan pada masing-masing provinsi. IBSK bertujuan untuk menghitung jumlah sebaran energi dalam setiap grid, dan IBSRR menghitung jumlah energi setiap provinsi.

Gambar 3 menunjukkan bahwa tingkat seismitas tertinggi diindikasikan dengan warna merah, sedang diindikasikan dengan warna kuning dan rendah diindikasikan dengan warna hijau. Rentangan klasifikasi energi tersebut diklasifikasikan berdasarkan IBSRR pada masing-masing Provinsi.

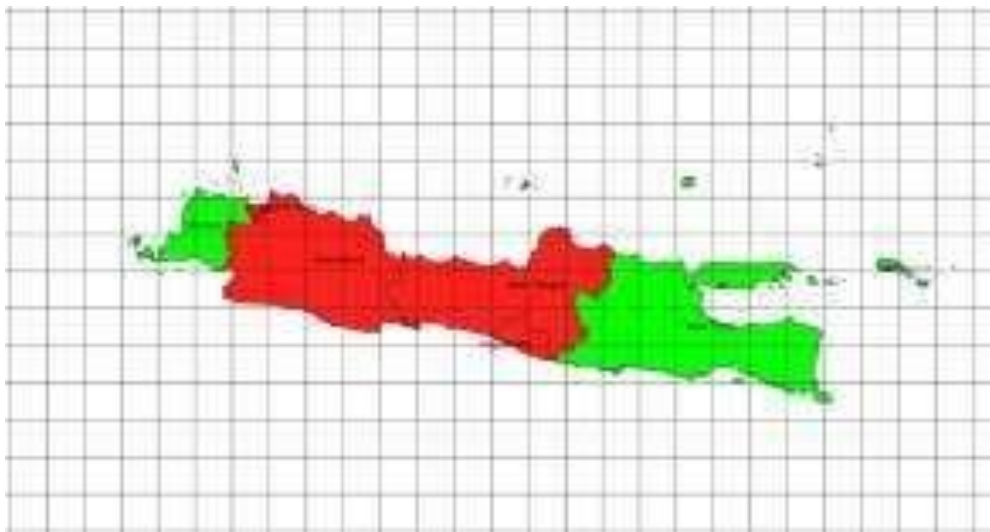
IBSRR yang memiliki harga besar akan ditandai dengan nilai seismitas yang tinggi di wilayah tersebut. Dimana IBSRR merupakan rentangan energi rata-rata pada suatu wilayah yang diambil dalam kurun waktu tertentu sehingga memungkinkan bagi pengamat akan mampu mengkasifikasikan atau bahkan memprediksi tingkat bahaya seismik yang ditimbulkan pada tiap-tiap wilayah, karena data yang digunakan diambil dari jumlah rata-rata energi seismik yang pernah terjadi sebelumnya.

Hasil dan Pembahasan

Daerah yang akan ditentukan Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) adalah daerah pulau Jawa dan sekitarnya (sebagian Lampung dan Bali). Setelah proses pengolahan data akan didapatkan koordinat episenter Jawa dan sekitarnya, kedalaman sumber gempa (h), magnitudo (Mag), dan magnitudo permukaan (M_s). Data-data tersebut yang akan membantu untuk menentukan harga IBSK dan IBSRR.

Tabel 1. Harga IBSK

No	Daerah	Jumlah IBSK	Terdiri dari Blok	Σ IBSK
1	Banten	8	2B, 3B, 4B, 5B, 6B, 8B, 9B	163,778194
2	DKI Jakarta	29	1F, 2F, 3F	57,62708
3	Jawa Barat	24	1D, 2D, 3D, 4D, 5D, 6D, 7D, 8D, 9D, 10D, 11D, 12D, 13D, 14D, 15D, 16D, 17D, 18D, 19D, 20D, 21D, 22D, 23D, 24D	464,08101
4	Jawa Tengah	23	1E, 2E, 3E, 4E, 5E, 6E, 7E, 8E, 9E, 10E, 11E, 12E, 14E, 15E, 16E, 17E, 19E, 20E, 21E, 22E, 23E, 24E	442,68919
5	Jawa Timur	8	1C, 3C, 4C, 6C, 7C, 8C, 9C, 10C, 11C, 12C, 13C, 14C, 16C, 17C, 19C, 20C, 21C, 22C, 24C, 25C, 26C, 27C, 30C, 31C, 32C, 33C, 34C, 35C, 36C	579,63
6	DI Yogyakarta	4	1G, 2G, 4G, 5G	80,7721

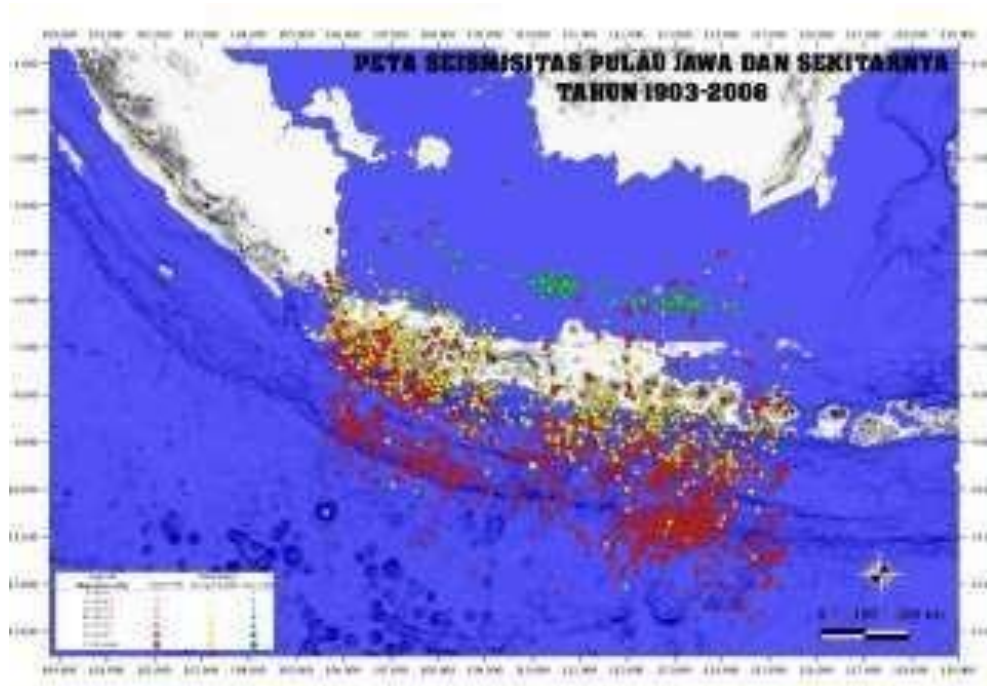


Gambar 1. Peta Pulau Jawa dengan Grid $0,5^\circ \times 0,5^\circ$

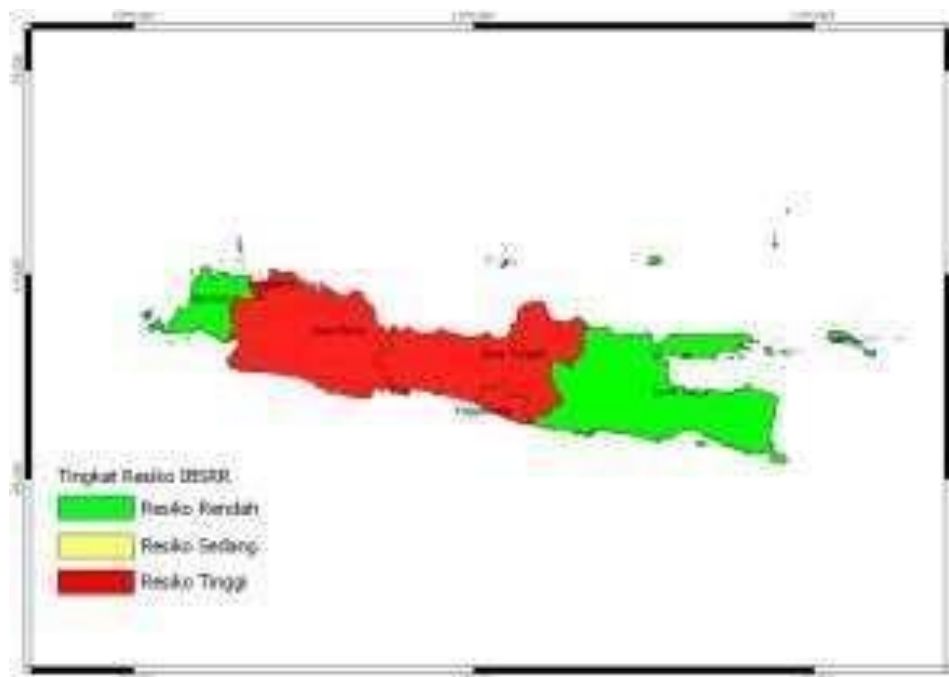
Gambar 1 merupakan peta pulau Jawa yang telah dibagi dengan grid $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ hal tersebut bertujuan untuk mempermudah perhitungan IBSK dan IBSRR per-provinsinya, karena perhitungan IBSRR yang dilakukan akan dibagi sesuai dengan banyaknya grid yang ada pada provinsi tersebut. Tabel 1 merupakan data IBSK dan jumlah grid pada masing-masing provinsi di Jawa sesuai dengan gambar 1.

Tabel 2. Harga IBSRR

No	Provinsi	IBSRR	Keterangan
1	Banten	0,159008	Rendah
2	DKI Jakarta	0,186495	Tinggi
3	Jawa Barat	0,179146	Tinggi
4	Jawa Tengah	0,187735	Tinggi
5	Jawa Timur	0,144295	Rendah
6	DI Yogyakarta	0,1960488	Tinggi



Gambar 2. Peta Seismisitas Pulau Jawa



Gambar 3. Peta Resiko Gempa Pulau Jawa

Berdasarkan data yang telah diperoleh seperti pada gambar 2 bahwa pusat gempa daerah Jawa dan sekitarnya cenderung berada di wilayah laut selatan Jawa. Hal tersebut diakibatkan karena adanya zona subduksi, yakni wilayah pertemuan antara lempeng Indo-Australia dan lempeng Eurasia. Adapun pada daratan pusat gempa terdistribusi sebagian besar di daerah Jawa Barat dikarenakan pada wilayah tersebut terdapat tiga sesar aktif diantaranya Sesar Baribis, Sesar Cimandri, dan Sesar Lembang.

Sesar Baribis memanjang mulai dari Majalengka sampai Subang. Tercatat sejumlah kegempaan terjadi akibat adanya aktifitas dari sesar Baribis yang termasuk gempa besar di Jawa Barat sejak tahun 1842 dan yang terbaru adalah gempa yang terjadi di Kuningan. Selain

itu terdapat sesar Cimandri yang membentuk gawir sepanjang 100km mulai dari arah Padalarang hingga Pelabuhan Ratu dimana di wilayah ini pernah terjadi gempa dengan skala 5-5,4 magnitudo yang terjadi pada 1882 dan 2000. Sedangkan sesar Lembang merupakan terusan dari ujung utara sesar Cimandri yang memiliki panjang 29km. Adapun dari ketiga sesar di atas, sesar Cimandri diperhitungkan memiliki potensi gempabumi lebih besar karena posisinya yang lebih dekat dengan tumbukan lempeng tektonik di zona subduksi di selatan pulau Jawa.

Wilayah Jawa Tengah memiliki sesar Semarang yang diketahui masih aktif. Tercatat sesar Semarang pernah mengakibatkan kegempaan dengan kekuatan 7-9 magnitudo yang merusakkan bangunan pada 19 Januari 1856. Sejumlah penelitian menunjukkan masih adanya pergeseran tanah di sepanjang Kali Garang. Selain itu ada pula Sesar Krendeng ini berlokasi di zona yang memanjang mengarah dari barat timur Provinsi Jawa tengah. Sesar ini terdiri dari kumpulan sesar naik dan lipatan yang menyambung ke dalam sistem sesar Semarang dan sesar Baribis. Beberapa tahun terakhir tercatat gempa-gempa dangkal berukuran sedang dengan magnitudo 4-5 masih sering terjadi. Adapun lokasi sesar ini banyak di daerah teras-teras sungai. Hasil penelitian terakhir menunjukkan bahwa sesar Semarang juga masuk di zona Krendeng, Jawa Timur.

Daerah Yogyakarta memiliki Sesar Opak yang hingga kini menjadi pusat perhatian setelah adanya gempa di Yogyakarta pada 2006 silam karena gempa tersebut disinyalir terbentuk disepanjang sesar ini. Zona sesar Opak sendiri membentuk gawir (tebing curang) yang memanjang dari barat daya ke timur laut yang kemudian membelok ke arah timur naik ke sistem sesar batur Agung yang sudah tidak aktif lagi. Di Jawa Timur terdapat Sesar Pasuruan bila dilihat dari topografi memiliki gawir yang memanjang dari arah barat timur sepanjang 13 km. Gawir sesar ini juga memotong batuan endapan vulkanik. Studi paleoseismologi telah dilakukan dalam sesar Pasuruan dan menghasilkan indikasi masih adanya pergerakan aktif sebanyak 6 kali dalam waktu empat ribu tahun terakhir.

Berdasarkan tabel 2 daerah dengan potensi gempa tinggi berada pada Provinsi DIY, Provinsi DKI, Provinsi Jawa Tengah dan Provinsi Jawa Barat. Provinsi DIY dan DKI memiliki harga IBSRR yang tinggi dikarenakan IBSRR hanya menghitung luasan satu provinsi. Provinsi DIY dan Provinsi DKI memiliki luas wilayah yang sempit dibandingkan dengan provinsi lain, hal ini yang menyebabkan Provinsi DIY dan Provinsi DKI hanya memiliki grid yang sedikit, dimana grid merupakan nilai pembagi dalam rumus mencari IBSRR. Sedangkan daerah dengan potensi gempa rendah berada pada wilayah Jawa Timur dan Banten.

Gambar 3 menunjukkan Provinsi DIY, Provinsi DKI, Provinsi Jawa Barat, dan Provinsi Jawa Tengah berwarna merah. Sedangkan Provinsi Banten dan Provinsi Jawa Timur memiliki warna hijau yang menunjukkan nilai seismisitas rendah. Warna-warna tersebut didapatkan setelah harga IBSRR dikelaskan. Harga IBSRR dikelaskan hanya berdasarkan harga IBSRR di Pulau Jawa saja dengan menggunakan perbandingan tiap provinsi sehingga hal tersebut yang menyebabkan pada gambar 3 peta resiko di Provinsi Jawa Timur berwarna hijau sedangkan seharusnya berwarna kuning dengan tingkat kegempaan yang sedang.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Daerah dengan harga IBSRR yang besar merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi pada gambar 3 menunjukkan Provinsi DIY, Provinsi DKI, Provinsi Jawa Barat, dan Provinsi Jawa Tengah berwarna merah, sedangkan Provinsi Banten dan Provinsi Jawa Timur memiliki warna hijau yang menunjukkan nilai seismisitas rendah.

Berdasarkan gambar 2 yang diperoleh dapat diketahui bahwa gempabumi berpusat pada wilayah laut selatan Jawa. Hal ini diakibatkan adanya zona subduksi di wilayah tersebut

dimana terdapat pertemuan lempeng antara lempeng Indo-Australi dan Eurasia. Adapun pada daratan, pusat gempa terdistribusi sebagian besar di daerah Jawa Barat dikarenakan pada wilayah tersebut terdapat tiga sesar aktif diantaranya Sesar Baribis, Sesar Cimandri, dan Sesar Lembang.

Saran

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah sebagai berikut :

1. Guna mengantisipasi gempabumi yang belum dapat dipastikan dalam kurun waktu dan tempat terjadinya maka dihimbau bagi masyarakat untuk selalu bersiap diri akan bencana yang sewaktu-waktu datang.
2. Daerah Jawa Barat yang terletak diatas tiga sesar aktif tiga sesar aktif diantaranya Sesar Baribis, Sesar Cimandri, dan Sesar Lembang, yang sangat berpotensi terjadi gempabumi tektonik dengan gempa dangkal (gempa yang terjadi di daratan) sehingga dapat mengakibatkan kerusakan yang sangat fatal maka dibutuhkan tinjauan khusus serta pelatihan simulasi penanganan bencana bagi masyarakat guna meminimalisir korban.
3. Dengan mengetahui besarnya bahaya disuatu tempat maka, untuk perencanaan pembuatan bangunan dapat lebih menyesuaikan kekuatan bangunan terhadap resiko gempabumi yang dapat terjadi pada daerah tersebut.

Ucapan Terimakasih

Penulis ucapkan terimakasih kepada :

Kedua orangtua yang selalu memberikan dukungan serta doa-doanya kepada penulis, kepada dosen pengampu bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama. S.Si., M.Si yang telah bersedia memberikan pengarahan dan ilmunya beserta seluruh dosen pengajar Geofisika dan Fisika di UIN Sunan Kalijaga serta seluruh teman-teman yang ikut membantu dan mendukung penulis untuk menyelesaikan tulisannya.

Daftar Rujukan

- [1] Edwiza D, "Kajian Terhadap Indek Bahaya Seismik Regional Rata-Rata Sumatera Barat", No. 29 Vol.1 Thn. XV, April. 2008.
- [2] Hartuti. Rine Evi, Buku Pintar Gempa, Yogyakarta: DIVA Press, 2009, pp. 15-48.
- [3] Sunarjo, M. Taufik Gunawan. Sugeng Pribad., Gempabumi Indonesia Edisi Populer, Jakarta: Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika, 2012, pp. 1-24.
- [4] Sulistiyani, "Kajian Terhadap Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik di Pulau Jawa dari Tahun 1900-2006", *Indonesian Journal of Applied Physics*, Vol.3 No.1 halaman 21, April. 2013.

Aplikasi Metode *Self Potential* (SP) Untuk Menentukan Persebaran Zona Alterasi di Kompleks Candi Gedong Songo, Ungaran – Jawa Tengah

**Badrun^{1*}, Sri Handayani¹, Nanda Nur Aini¹, Azha Amalia Pusvitasari¹, Muhammad
Faizal Zakaria²**

¹ Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia

*E-mail: badrun2494@gmail.com

INTISARI

Penelitian geofisika dengan metode *Self Potential* di area sistem geotermal telah dilakukan pada 18 – 20 November 2017 yang terletak di kompleks Candi Gedong Songo, Kabupaten Semarang. Target dari penelitian ini adalah menentukan persebaran zona alterasi hidrotermal berdasarkan nilai potensial alami dengan menggunakan metode *Self Potential*. Berdasarkan hasil dari pemetaan zona alterasi hidrotermal didapatkan dua zona alterasi yaitu disebelah utara kompleks candi empat dan disebelah barat kompleks candi lima. Zona alterasi hidrotermal di kompleks Candi Gedong Songo memiliki nilai -130 mV sampai -3 mV. Zona alterasi memiliki nilai potensial alami lebih rendah dibandingkan dengan area yang tidak teralterasi. Nilai rendah dipengaruhi oleh adanya mineral lempung akibat proses alterasi oleh intrusi air panas di kompleks sistem geotermal Candi Gedong Songo, Kabupaten Semarang.

Kata Kunci : *Self potential*, Alterasi, Hidrotermal

ABSTRACT

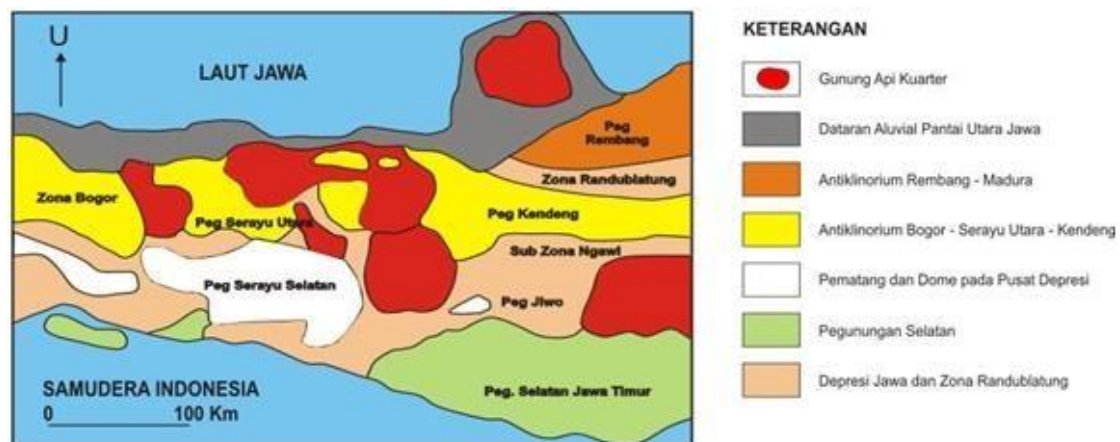
Geophysical research using the *Self Potential* method in the area of the geothermal system was conducted on 18th – 20th November 2017 in the Gedong Songo Temples area, Semarang Regency. The target of this study is to determine the distribution of hydrothermal alteration zones based on natural potential values using the *Self Potential* method. Based on the results of the mapping of hydrothermal alteration zones, there are two alteration zones, which are to the north of the temple complex four and to the west of the temple complex five. The hydrothermal alteration zone in the Gedong Songo Temple complex has values of -130 mV to -3 mV. The alteration zone has a lower natural potential value compared to the unaltered area. Low value is influenced by the presence of clay minerals due to alteration by hot water intrusion in the geothermal system complex of Gedong Songo Temple, Semarang Regency.

Keywords : *Self Potential*, Alteration, Hydrothermal

Pendahuluan

Penelitian ini merupakan bagian dari Kuliah Lapangan Geofisika 2017 yang dilaksanakan pada 18 – 20 November 2017 di kompleks Candi Gedong Songo lereng Gunung Ungaran, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. Gunung Ungaran termasuk zona serayu utara merupakan gunung api kuarter yang menjadi bagian paling timur dari Pegunungan Serayu Utara (Gambar 1). Daerah Gunung Ungaran ini di sebelah utara berbatasan dengan dataran aluvial Jawa bagian utara, di bagian selatan merupakan jalur gunung api Kuarter (Sindoro, Sumbing, Telomoyo, Merbabu), sedangkan pada bagian timur berbatasan dengan Pegunungan Kendeng, bagian utara Pulau Jawa ini merupakan geosinklin yang memanjang dari barat ke timur [1].

Stratigrafi Satuan Endapan Vulkanik Ungaran Muda oleh Van Bammelen diberi nama *Young Ungaran* yang merupakan hasil endapan aktifitas Gunungapi Ungaran Muda, generasi ketiga dari pertumbuhan Gunung Ungaran, dimana pemunculannya berhubungan erat dengan proses *gravitational collapse*. Luas penyebaran Endapan Vulkanik Ungaran Muda secara umum meliputi sekitar pusat erupsi Gunung Ungaran yang membentuk kerucut Gunung Ungaran sampai lereng bawah, yang dibatasi oleh sesar melingkar (*ring fault*). Umur dari satuan batuan ini berdasarkan pertumbuhan dari Gunungapi Ungaran Muda berumur Kala Pliosen Atas-Holosen [1]. Gunungapi Ungaran Muda, seperti Gunungapi lainnya membentuk busur magmatik Jawa, merupakan gunungapi *sub-aerial*, yang terbentuk di atas busur kepulauan. Endapan-endapan yang dihasilkannya, seperti breksi laharik atau batupasir vulkanik diendapkan di darat. Ciri litologi dari satuan endapan vulkanik muda yaitu terdapat Breksi laharik berwarna abu, Batupasir vulkanik abu-abu keputihan, breksi piroklastik kelabu, dan tuff keabu-abuan.



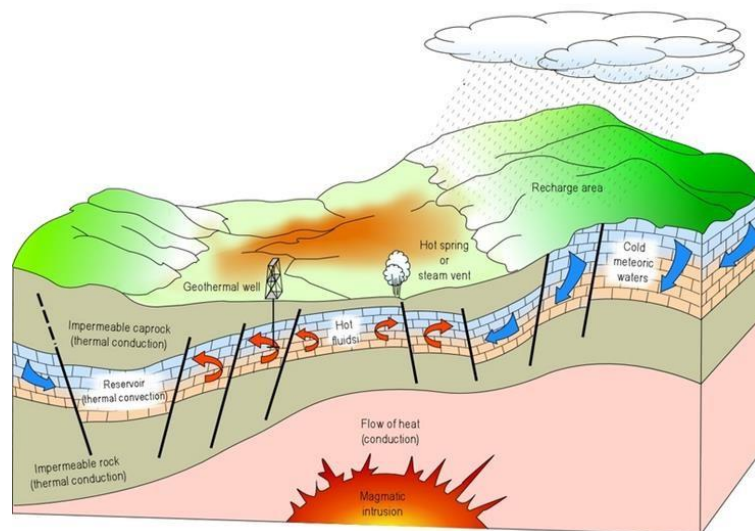
Gambar 1. Sketsa fisiografi Pulau Jawa bagian tengah [1]

Kecamatan Bandungan terkenal dengan prospek wisata alamnya seperti Candi Gedong Songo juga terdapat prospek geotermal. Seperti diketahui bahwa geotermal dapat dimanfaatkan sebagai energi pembangkit listrik tenaga panas bumi. Manifestasi panas bumi di kompleks Candi Gedong Songo ditandai dengan adanya sumber air panas yang dimanfaatkan sebagai pemandian kolam air panas. Selain itu terdapat juga manifestasi berupa zona alterasi hidrotermal yaitu zona dimana batuan disekitar sumber panas akan terubahkan menjadi mineral lempung. Munculnya mata air panas dan zona alterasi diikuti juga dengan adanya fumarol atau lubang didalam kerak bumi. Fumarol sering terdapat disekitar gunung berapi yang mengeluarkan uap dan gas seperti CO_2 , SO_2 , HSO_2 . Penyelidikan mengenai persebaran zona alterasi hidrotermal dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Self Potential* yang memanfaatkan potensial alami sebagai parameter utama pada metode ini. Indriana (2007) telah melakukan penyelidikan menggunakan metode *Self Potential* (SP) pada manifestasi panas bumi berupa *mudpool* Bleduk Kuwu, metode SP terbukti dapat memetakan arah persebaran lumpur dari *mudpool* tersebut [2]. Pada penelitian

ini diharapkan metode SP dapat digunakan untuk memetakan persebaran zona alterasi hidrotermal di kompleks Candi Gedongsongo berdasarkan anomali persebaran nilai potensial alami.

Sistem Geotermal

Panas bumi secara umum dapat diartikan sebagai jumlah kandungan panas yang tersimpan dalam bumi dan membentuk sistem panas bumi yang telah ada sejak bumi terbentuk. Sistem panas bumi tersebut mencakup sistem hidrotermal yang merupakan sistem tata air, proses pemanasan dan kondisi sistem dimana air yang terpanasi terkumpul sehingga sistem panas bumi mempunyai persyaratan seperti harus tersedianya air, batuan pemanas, batuan sarang, dan batuan penutup [3]. Pada sistem hidrotermal panas dapat berpindah secara konduksi dan konveksi. Gambaran umum sistem panas bumi seperti pada gambar 2.



Gambar 2. Skema Sebuah Sistem Geotermal yang Ideal [4]

Proses transfer panas dari sumber panas bumi biasanya dikendalikan oleh adanya rekahan batuan alami yang berada di atas sumber panas. Air di dalam reservoir yang berasal dari permukaan kemudian bersentuhan dengan aliran panas sehingga akan naik kembali ke permukaan melalui celah-celah batuan menjadi uap panas atau mata air panas. Adanya aliran fluida panas dari reservoir ke permukaan mengakibatkan terjadinya manifestasi panas bumi. Djoko Santoso (1995) mengemukakan bahwa panas bumi di permukaan bisa berbentuk seperti *warm ground*, *steaming ground*, kolam lumpur panas, kolam air panas, fumarol, sumber air panas, rembesan, geyser, dan daerah alterasi hidrotermal selalu dikaitkan dengan proses geologi dan model sistem panas bumi [5].

Metode Self Potential (SP)

Metode *Self Potential* (SP) merupakan salah satu metode geofisika yang prinsip kerjanya adalah mengukur tegangan statis alam (*static natural voltage*) pada titik-titik di permukaan tanah [6]. Potensial diri umumnya berhubungan dengan pelapukan tubuh mineral sulfida (*weathering of sulphide mineral body*), perubahan dalam sifat-sifat batuan (kandungan mineral) pada daerah kontak - kontak geologi, aktifitas bioelektrik dari material organik, korosi, perbedaan suhu dan tekanan dalam fluida di bawah permukaan dan fenomena-fenomena alam lainnya [7]. Aktivitas elektrokimia dan mekanik adalah penyebab dari *Self Potential* di permukaan bumi. Faktor pengontrol dari semua kejadian ini adalah air tanah. Potensial ini juga berhubungan erat dengan pelapukan yang terjadi pada tubuh mineral, variasi sifat batuan (kandungan mineral), aktivitas biolistrik dari bahan organik, karatan (proses korosi), gradien

tekanan, panas dalam permukaan cairan, serta fenomena lain dari alam yang proses kejadiannya mirip.

Prinsip mekanisme yang menghasilkan potensial diri ini adalah proses mekanik serta proses elektrokimia (lihat tabel 1). Pertama adalah proses mekanik yang menghasilkan potensial elektrokinetik atau disebut dengan *streaming potential*. Sedang yang lainnya adalah proses elektrokimia, proses ini menghasilkan potensial *liquid junction*, potensial serpih dan potensial mineralisasi [7].

Tabel 1. Jenis-jenis Potensial alami

Jenis Potensial	Proses mekanisme SP	Respon terhadap waktu
Elektrokinetik	Mekanik	
○ Elektrofiltrasi		
○ Elektromekanik		
○ Aliran (<i>Streaming</i>)		
Potensial Difusi		Berubah terhadap waktu
○ <i>Liquid junction</i>		
Potensial Nerst		
○ Serpihan batu (<i>Shale</i>)	Elektrokimia	
Potensial Mineral		
Potensial Termoelektrik		Konstan

Beda potensial alami yang dihasilkan oleh suatu material geologi di suatu daerah survei diukur diantara dua titik elektroda di permukaan tanah. Beda potensial yang terukur mulai dari beberapa milivolt hingga lebih dari satu volt. Positif dan negatif harga beda potensial adalah faktor yang penting di dalam interpretasi anomali Potensial Diri. Tabel 2 merupakan perkiraan rentang nilai anomali SP berdasarkan sumber penyebabnya.

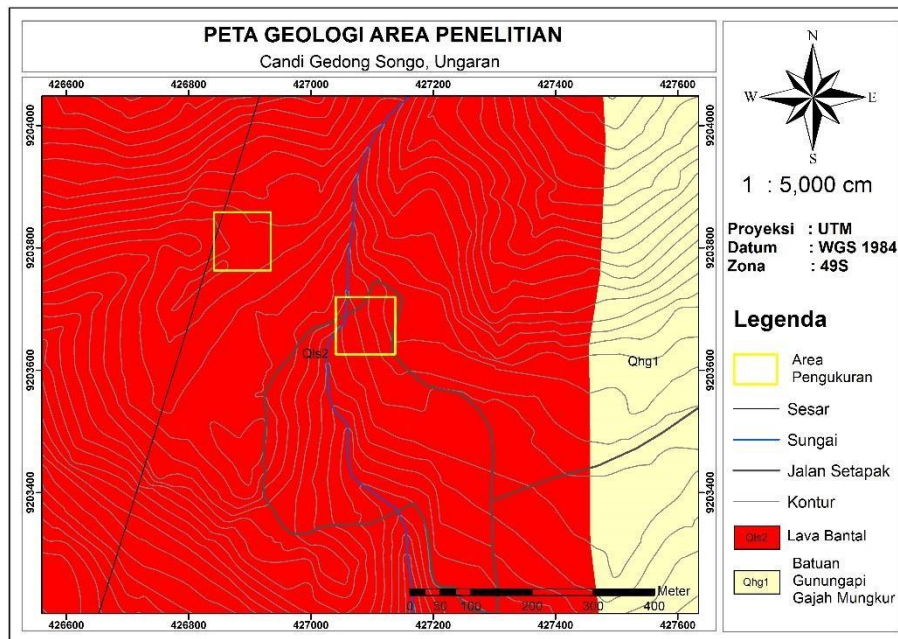
Tabel 2. Jenis dari anomali SP dan sumber geologinya [8]

Sumber	Jenis Anomali
Sulfida-bijih besi	
Grafit-bijih besi	Negatif ~ ratusan mV
Magnetit, batu bara, mangan	
Lapisan Kuarsa	Positif ~ puluhan mV
Pegmatites	
Aliran fluida, reaksi geokimia, dll	Positif +/- negatif ≤ 100 mV
Bioelektrik (tumbuh-tumbuhan)	Negatif, ≤ 300 mV
Perpindahan air tanah	+/- ~ ratusan mV
Topografi	Negatif hingga 2 V

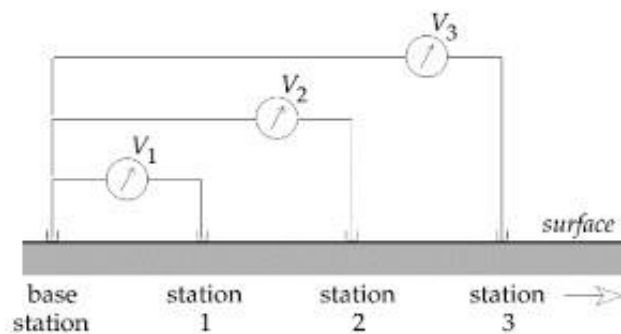
Metode Penelitian

Akuisisi data metode SP dilakukan di dua area sampel yaitu area A dengan luas 3.600 m² dan area B dengan luas 6.000 m², desain survei seperti pada gambar 3. Jarak antar elektroda porouspot 10 m dan bentuk pengambilan datanya berupa lintasan yang kontinu dan waktu pengambilan data setiap 3 menit untuk *base*, serta 3 kali pengambilan data dalam satu titik untuk *rover*. Peralatan yang digunakan meliputi 4 elektroda *porouspot* lengkap dengan cairan CuSO₄, 2 buah kabel dengan panjang 10 m, 2 buah multimeter digital dan GPS sebagai alat untuk plotting titik pengukuran. Proses pengambilan data dibagi menjadi *base* dan *rover*, *base* sebagai data untuk koreksi variasi harian dan *rover* sebagai data pada area yang akan diukur. Pada pengambilan data *rover* menggunakan konfigurasi *Leap frog*, dengan kutub positif selaku

di belakang dan kutub negatif di depan dan perpindahannya seperti loncat katak seperti ilustrasi pada gambar 4.



Gambar 3. Desain Survei akusisi data SP



Gambar 4. Ilustrasi konfigurasi Leap frog [9]

Proses pengolahan data dilakukan dengan perhitungan di Ms Excel. Data dan waktu *base* di input dan diolah untuk mendapatkan variasi harian. Waktu pengambilan data *base* dan nilai variasi harian kemudian di plot ke dalam grafik untuk mendapatkan *trend* data tersebut, data variasi harian yang baik apabila membentuk pola parabola menghadap ke bawah. Persamaan grafik tersebut akan menghasilkan persamaan seperti berikut:

$$y = ax^2 + bx + c \quad (1)$$

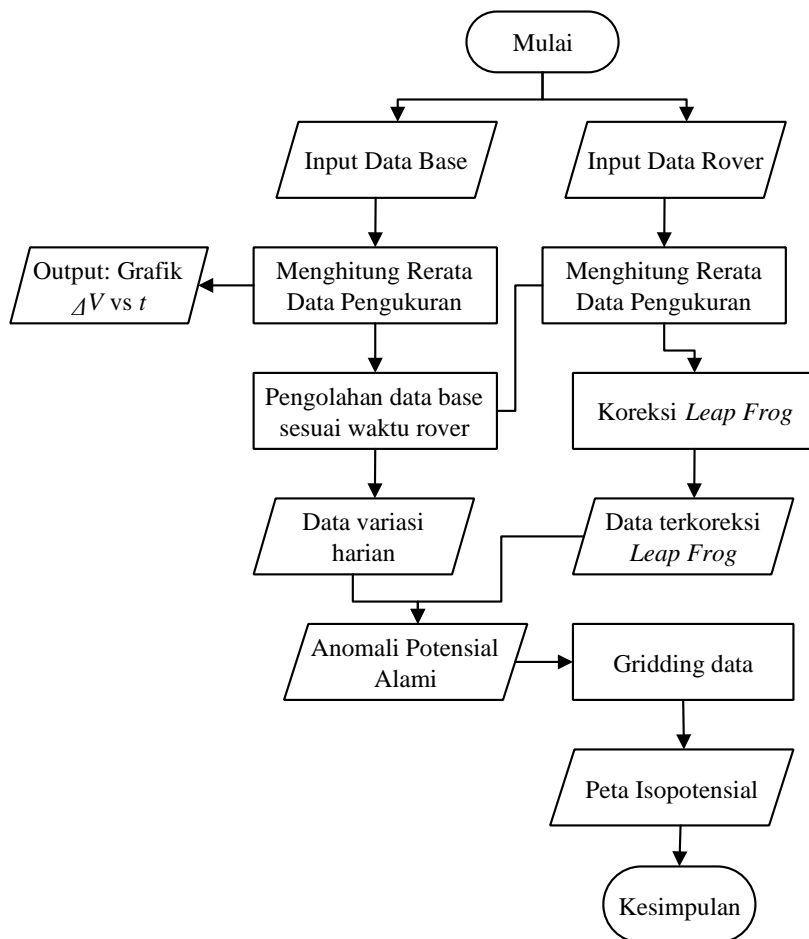
dengan memasukkan nilai x sebagai waktu *rover* maka akan diperoleh nilai y sebagai nilai koreksi variasi harian.

Pada data *rover* diolah dengan menghitung rata-rata nilai pengukuran. Nilai potensial pada data *rover* merupakan nilai akibat dari perbedaan antar elektroda porouspot konfigurasi *Leap frog*, bukan nilai potensial dari *base station* terhadap setiap titik pengukuran. Untuk melakukan koreksi dari efek tersebut, kemudian dilakukan proses koreksi *Leap frog* untuk memperoleh nilai potensial alami yang sesungguhnya di setiap titik pengukuran terhadap *base station* pengukuran data *rover*. Koreksi *Leap frog* dapat dihitung dengan menganggap nilai *base station* adalah nol dan menambahkan nilai potensial setiap titik pengukuran. Anomali nilai SP dapat

diperoleh dengan mengurangi nilai potensial yang sudah terkoreksi *Leap frog* dengan nilai koreksi variasi harian, atau dapat ditulis seperti persamaan berikut:

$$\text{Anomali SP} = \Delta V_{\text{terkoreksi Leap frog}} - \text{Nilai variasi harian} \quad (2)$$

Anomali SP yang telah diperoleh kemudian dilakukan *gridding* dengan aplikasi *Surfer v.15* untuk memperoleh peta isopotensial anomali *Self Potential*. Diagram alir proses penelitian dan pengolahan data metode SP seperti yang diperlihatkan pada gambar 5. Proses interpretasi hanya menggunakan peta isopotensial anomali SP dengan korelasi berdasarkan kondisi di lapangan.



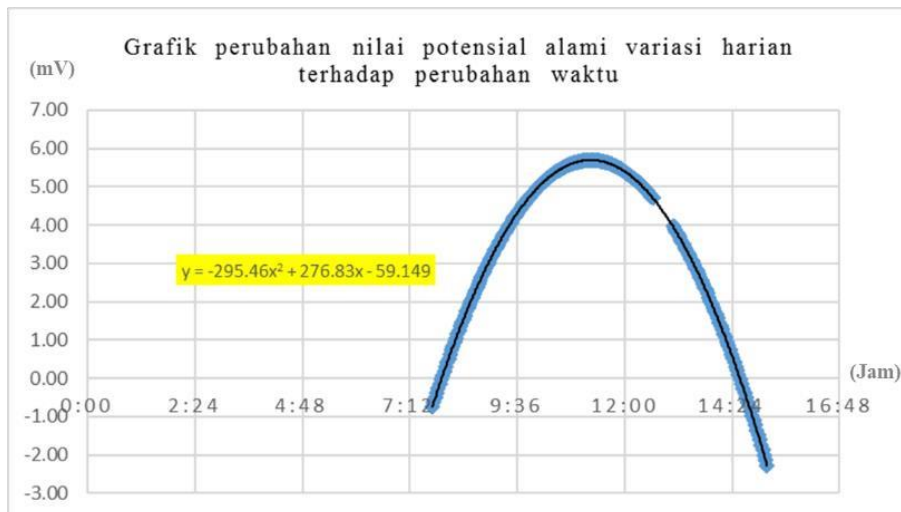
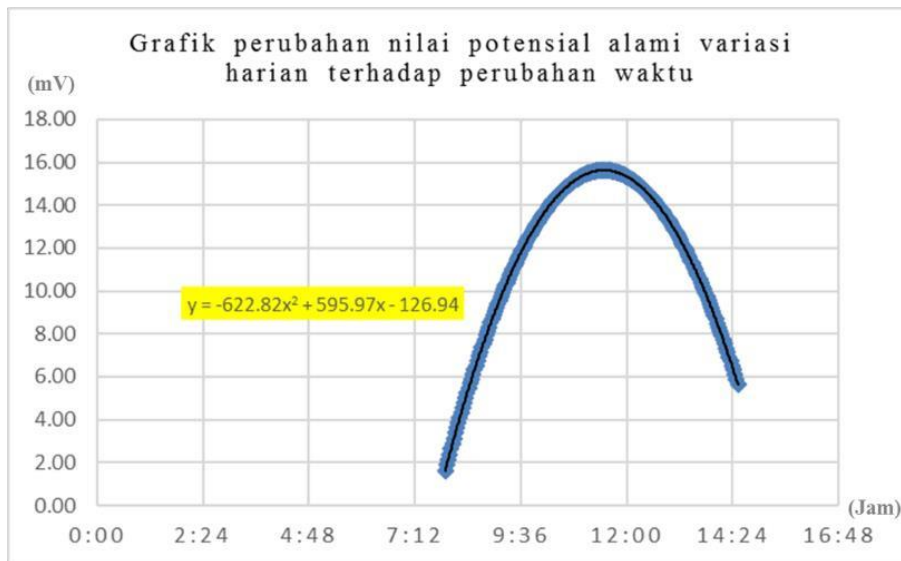
Gambar 5. Diagram Alir pengolahan metode Self Potential (SP)

Hasil dan Pembahasan

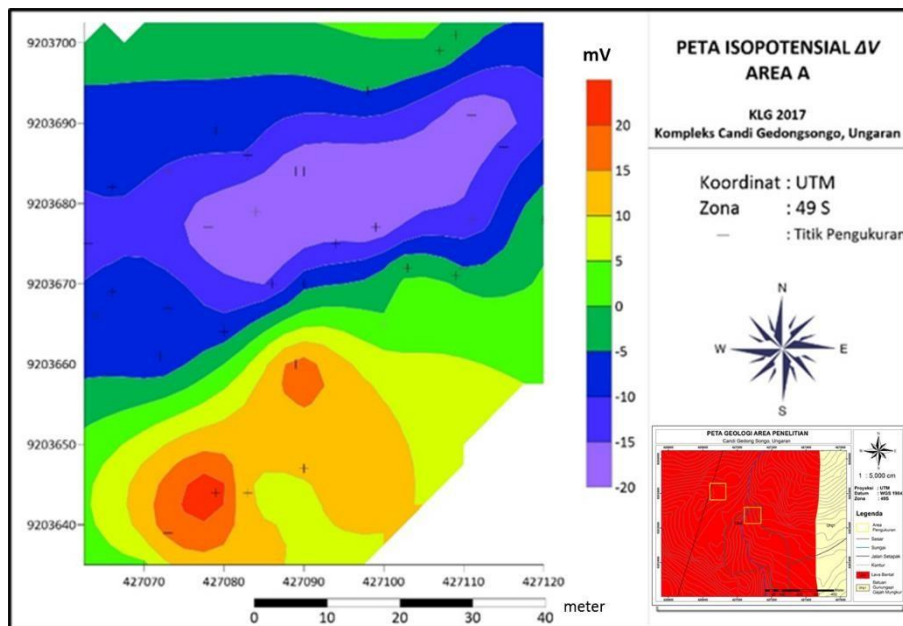
Metode SP adalah salah satu metode geoelektrik pasif yang memanfaatkan nilai potensial alami atau potensial diri dari dua elektroda berporos. Nilai potensial alami sangat bergantung pada aliran fluida di dalam tanah dan suhu di udara sekitar penelitian serta waktu pengambilan data. Hasil dari data lapangan berupa waktu dan nilai potensial dari data *base* sebagai koreksi harian dan waktu dan data potensial pada pengukuran *rover* di area target. Gambar 6 adalah grafik *trend* data dari pengukuran pada *base* yang akan digunakan untuk proses koreksi variasi harian. Berdasarkan grafik tersebut jika pengambilan nilai *base* dilakukan dari pagi hingga sore hari terlihat *trend* grafik yang membentuk parabola dengan nilai puncaknya sekitar 16 mV pada waktu sekitar jam 11.00 hingga 12.00 siang hari, hal ini terjadi karena kelembaban tanah cenderung berkurang dari pagi hingga siang hari kemudian kelembaban tanah kembali rendah di sore hari. Untuk menghindari pengaruh perubahan kelembaban tanah tersebut maka

dilakukan proses variasi harian. Di lain sisi data *rover* juga dilakukan koreksi *Leap frog* untuk mendapatkan nilai potensial yang sesungguhnya.

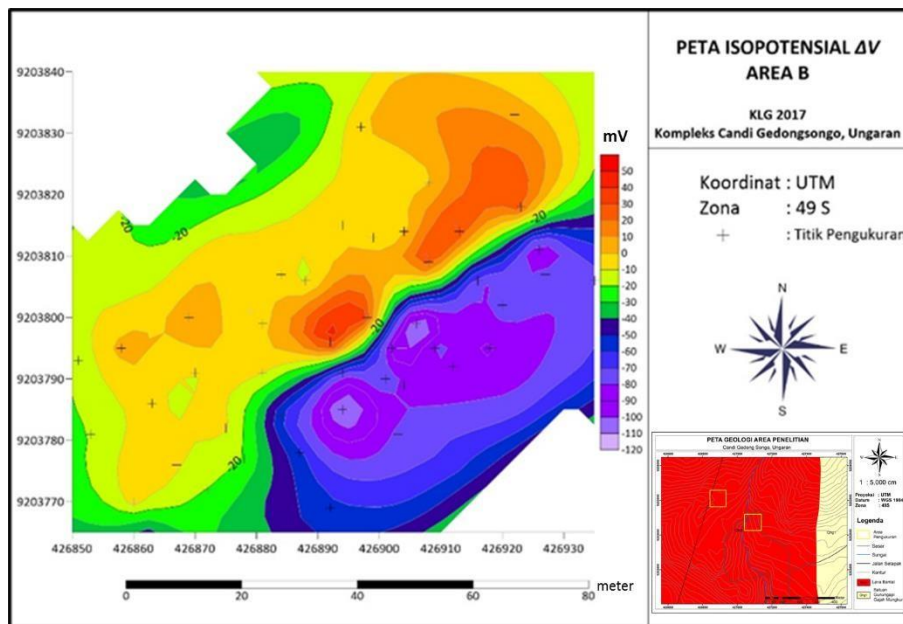
Data rover yang sudah terkoreksi *Leap frog* kemudian di reduksi dengan data variasi harian sehingga diperoleh nilai anomali SP. Peta isopotensial dapat dibuat berdasarkan persebaran nilai anomali SP. Gambar 3 menunjukkan peta potensial alami di Area A dengan rentang nilai anomali -20 mV sampai dengan 20 mV dan peta isopotensial alami area B dengan rentang nilai antara -130 mV sampai dengan 50 mV. Keadaan cuaca pada saat melakukan pengukuran adalah cerah dari pagi hingga sore hari. Berdasarkan nilainya, peta isopotensial dapat dibedakan menjadi dua anomali yaitu anomali rendah dari -5 mV sampai dengan -130 mV yang ditandai dengan warna biru hingga ungu dan anomali tinggi bernilai lebih dari -5 mV sampai dengan 50 mV yang ditandai dengan warna hijau hingga merah.



Gambar 6. Grafik waktu terhadap nilai variasi harian (a) Grafik area A (b) Grafik area B



(a)

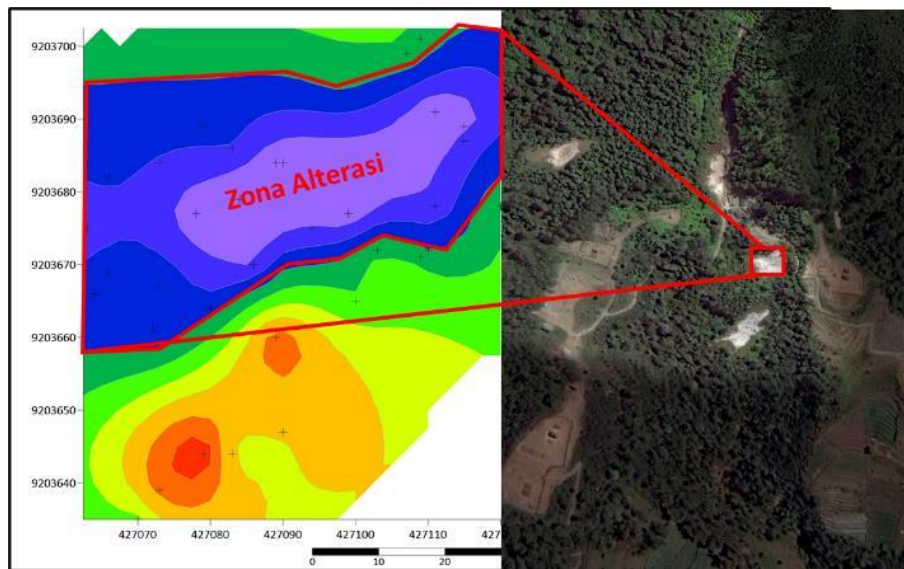


(b)

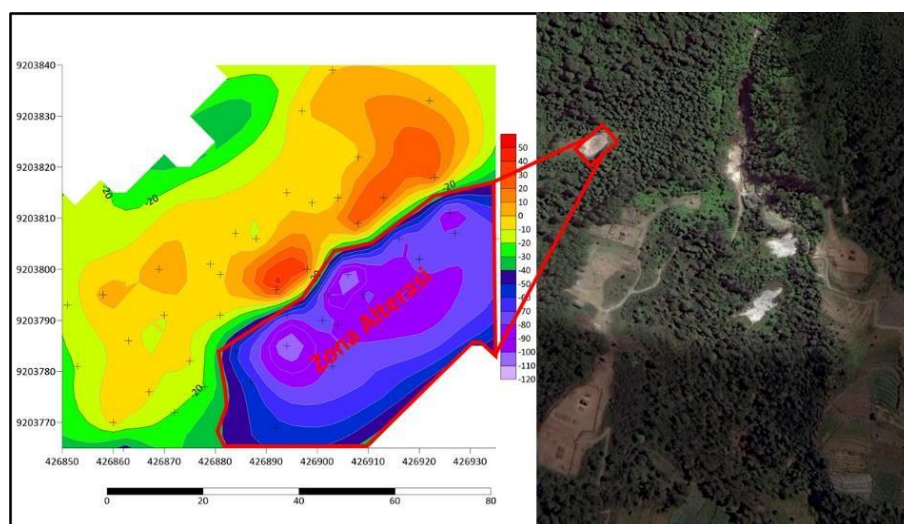
Gambar 3. (a) Peta Isopotensial, anomali area A (b) Peta Isopotensial, anomali area A

Apabila dilihat dari sumber nilai potensial alaminya, nilai anomali rendah diduga berasosiasi dengan adanya proses mineralisasi lempung dan aliran *hot spring*. Berdasarkan kondisi lapangan (gambar 7) nilai anomali rendah berkorelasi dengan adanya zona alterasi dan *hot spring* atau mata air panas. Zona alterasi adalah zona dimana batuan di area tersebut terubahkan menjadi mineral lempung yang mengandung sulfur akibat dari proses geokimia karena adanya aliran panas dari dalam bumi sebagai manifestasi yang sering muncul apabila terdapat sistem geothermal yang berkembang di area tersebut. Zona alterasi atau ubahan ditandai dengan adanya perubahan warna permukaan tanah menjadi lebih terang akibat dari batuan yang terubahkan menjadi mineral lempung. Tidak adanya vegetasi yang tumbuh pada area hidrotermal juga menjadi tanda adanya zona alterasi. Pemetaan pada daerah mineralisasi lempung akibat aliran fluida panas dengan menggunakan metode SP akan memberikan respon

nilai anomali negatif dibandingkan dengan daerah yang tidak terkena proses mineralisasi lempung.



(a)



(b)

Gambar 7. Korelasi respon anomali terhadap kondisi lapangan (a) Korelasi Anomali area A dengan citra satelit (b) Korelasi Anomali area B dengan citra satelit

Kesimpulan dan Saran

Metode *Self Potential* (SP) dapat digunakan untuk memetakan persebaran zona alterasi. Berdasarkan pemetaan di permukaan menggunakan metode SP telah diperoleh peta isopotensial dengan rentang nilai $-0,5$ mV sampai dengan -130 mV, nilai potensial tersebut diperkirakan sebagai akibat dari adanya sisipan mineral lempung dan sulfur pada zona alterasi. Zona alterasi merupakan manifestasi yang sangat penting dari adanya sistem hidrotermal di area geothermal Gunung Ungaran. Pemetaan persebaran zona alterasi dengan menggunakan metode SP dapat menjadi rujukan awal untuk penelitian yang berkaitan dengan manifestasi panasbumi, namun dibutuhkan waktu yang lama untuk area yang lebih luas. Untuk analisis mengenai kedalaman sumber anomali dibutuhkan metode dan pemodelan yang lebih *advance*.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih yang kami persembahkan kepada Dosen Lapangan dan Asisten serta pihak prodi Fisika yang telah memberi izin kuliah lapangan di kompleks Candi Gedongsongo, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang. Kami juga sangat berterima kepada Dinas Kebudayaan situs pengelola Candi Gedongsongo yang telah memberikan izin dan jaminan keamanan pada saat penelitian

Daftar Rujukan

- [1] Bemmelen, R.W. *The Geology of Indonesia: vol. I-A General Geology. The Hague Netherland: Government Print*, 1949.
- [2] Indriana, D. Rina, et all, "Interpretasi Bawah Permukaan Dengan Metode *Self Potential* Daerah Bledug Kuwu Kradenan Grobogan", *J. Berkala Fisika*, Vol 10 No. 3, pp. 155-167, Jul, 2007.
- [3] Alzwar, M., Samodra H., dan Tarigan, J. *Pengantar Dasar Ilmu Gunung api*. Bandung: Penerbit Nova, 1987.
- [4] Dickson, Mary H dan Mario, Fanelli. *What is Geothermal Energy?*. www.iga.igg.cnr.it, diakses pada 7 Oktober 2018
- [5] Santoso, Djoko. *Catatan Kuliah "Eksplorasi Energi Geothermal"*. Bandung: ITB, 2004.
- [6] Sharma, P.V. *Environmental and Geophysics*. London: Cambridge University Press: London, 1997
- [7] Telford, W, M, Geldart, L, P, Sheriff, R, E, & Keys, D, A.. *Applied Geophysics*. London: Cambridge University Press, 1990.
- [8] Reynolds, J.M. *An Introduction to Applied and Environmental Geophysics*. England: John Wiley and Sons Inc., 1997.
- [9] Wirmas, Marleni dan Mustopa, E.J, "Analisis kuantitatif pemodelan anomali self-potential: metode gradien numerik dan metode least-square", *Proc. SKF 2016*, 2016, pp. 262-270.

Kajian Terhadap Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik Pulau Sumatera Pada Tahun 1900-2006

Putri Ayu Lestari^{1*}, Funky Fianingrum¹, Moh. Faqim Ilymy¹, Dini Wahyuni¹, Nugroho Budi Wibowo²

¹ Program Studi Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto 519739, Indonesia

² Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Yogyakarta, Jl. Wates Km. 8, Dusun Jitengan, Kel. Balecat, Kec. Gamping, Pereng Kembang, Balecat, Sleman, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55294

*E-mail: ayulestari.p7727@gmail.com

INTISARI

Indonesia termasuk negara yang memiliki tingkat kegempaan relatif tinggi. Hal tersebut karena Indonesia sendiri terletak diantara 3 lempeng tektonik. Sehingga tiap harinya bencana semakin meningkat. Khususnya Pulau Sumatera dimana pada tahun 1900 hingga 2006 tercatat mencapai 7461 gempabumi dengan magnitudo lebih dari 3. Kajian ini dilakukan dengan menghitung harga Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR) pada Pulau Sumatera. IBSRR ini merupakan indeks yang menunjukkan kerentanan bencana seismik di suatu daerah. Telah dilakukan penelitian IBSRR menggunakan data seismik dari tahun 1900-2006. Dihasilkan bahwa pada provinsi DI. Aceh, Sumatera Utara, Bengkulu, Sumatera Selatan dan Lampung memiliki harga IBSRR yang tinggi artinya resiko bencana seismik tinggi. Sedangkan pada provinsi Sumatera Barat dan Jambi memiliki harga IBSRR yang sedang artinya resiko bencana seismik sedang. Untuk provinsi Riau dan Bangka Belitung memiliki harga IBSRR rendah artinya resiko bencana pun rendah. Nilai IBSRR tertinggi yaitu pada provinsi Bengkulu sebesar 0,206095 dan nilai IBSRR terendah pada provinsi Bangka Belitung yaitu 0. Nilai standar deviasi menunjukkan nilai IBSRR bergerak setiap daerah. Hal tersebut diperoleh dari olahan data menggunakan metode statistika dan diolah dengan software Qgis. Analisis ini nantinya dapat digunakan untuk perencanaan pekerjaan sipil.

Kata Kunci : IBSK, IBSRR, Seismik

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries that have relatively high seismicity. That is because Indonesia is located between 3 tectonic plates. So that every day the disaster increases. Specifically, the Sumatra Island where from 1900 to 2006 recorded an earthquake of 7461 with magnitudes of more than 3. This study was carried out by calculating the value of the Regional Average Seismic Disaster Index (IBSRR) on the island of Sumatera. IBSRR is an index that shows the vulnerability of seismic disasters in an area. IBSRR research has been carried out using seismic data from 1900-2006 which resulted in the province DI. Aceh, North Sumatra, Bengkulu, South Sumatra and Lampung have high IBSRR value, meaning high seismic disaster risk. Whereas in the provinces of West Sumatra and Jambi, IBSRR value mean moderate risk of seismic disasters. For Riau and Bangka Belitung provinces, the IBSRR price is low, meaning that the risk of disaster is also low. The highest IBSRR value is in Bengkulu province of 0,206095 and the lowest IBSRR value in Bangka Belitung province is 0. The standard deviation value indicates the IBSRR value for each region. This was obtained from the processed data using statistical methods and processed with Qgis software. This analysis can later be used for civil works planning.

Kata Kunci : IBSK, IBSRR, Seismic

Pendahuluan

Indonesia termasuk pada wilayah yang memiliki zona dengan tingkat kegempaan cukup tinggi. Hal tersebut dikarenakan Indonesia terletak pada pertemuan 3 lempeng tektonik yang bergerak satu sama lainnya yaitu lempeng Indo-Australia yang bergeser ke utara, lempeng Pasifik yang bergeser ke utara, lempeng Asia Tenggara yang relative bergeser keselatan. Lokasi aktif gempa terletak pada perbatasan antar lempeng tersebut, namun efek yang dirasakan pada jarak tertentu tergantung pada energy kuantitasnya. Penelitian mengenai energy gempa bumi sudah banyak dilakukan dengan berbagai macam metode yang berbeda. IBSR merupakan gambaran seismisitas yang dihitung berdasarkan frekuensi dan energy yang dikeluarkan oleh gempa bumi.

IBSR tersebut merupakan cara yang sederhana untuk memperkirakan bahaya seismic pada daerah tertentu. Besarnya IBSR di suatu daerah dapat langsung diinterpretasikan dengan besaran yang sama dengan skala intensitas Modified Mercally Intensity (MMI), ketidakpastian dari taksiran dinyatakan oleh nilai deviasi standar. Jadi diperlukan ukuran seismisitas dari tempat tersebut sebelum perencanaan bangunan. Oleh karena itu dilakukan sebuah penelitian tentang pembagian daerah gempa berdasarkan Indeks Bahaya Seismik Regional (IBSR) di pulau Sumatera. Berdasarkan nilai IBSR tersebut diharapkan dapat memberikan gambaran langsung maupun tidak langsung terhadap dampak dari setiap gempa bumi di suatu lokasi.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui Indeks Bahaya Kumulatif dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata. Berdasarkan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata ini dilakukan pembagian daerah gempa di pulau Sumatera, sehingga dapat diketahui daerah-daerah rawan gempa di pulau Sumatera.

Metode Penelitian

Metode Pengolahan Data

Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameterparameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1900 sampai dengan 2006 sebanyak 7461 data gempa di daerah Sumatera dan sekitarnya yang terletak pada koordinat $0^{\circ}50' \text{ LS} - 4^{\circ}40' \text{ LU}$ dan $96^{\circ}40' - 100^{\circ}50'$.

Software QGIS digunakan untuk analisa dan pengolahan data data seismisitas. Digunakan untuk melakukan pemetaan daerah rawan gempa berdasarkan kedalaman magnitudo, dan akumulasi energi Pulau Sumatera dan sekitarnya.

Penelitian ini dilakukan dengan empat tahap, yaitu:

1. Pengumpulan data gempa. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameterparameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1900 sampai dengan 2006 sebanyak 7461 data gempa di Pulau Sumatera.
2. Pengolahan data gempa. Tahap-tahap pengolahan data gempa adalah sebagai berikut:
 - a. Menentukan daerah penelitian dengan cara membatasi data gempa yang episenternya terletak pada bujur dan lintang daerah Sumatera.
 - b. Mengumpulkan data gempa dengan magnitudo $M \geq 4 \text{ SR}$.

Metode Analisis Data

Pada paper ini menggunakan beberapa alat dan bahan antara lain: perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras yang digunakan yaitu Personal Computer dengan system operasi Windows 2007, perangkat lunak yang digunakan yaitu ArcView Gis 3.8.2, dan Microsoft Excel 2010. Data gempa bumi yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari data base Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG)

Wates berupa data parameter-parameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa, magnitudo gempa, latitude, dan longitude, yang tercatat dari tahun 1900 sampai dengan 2006 di Pulau Sumatera. Dalam penelitian ini, daerah yang dijadikan objek penelitian adalah Pulau Sumatera. Area penelitian terletak pada koordinat $0^{\circ}50'$ LS - $4^{\circ}40'$ LU dan $96^{\circ}40'$ - $100^{\circ}50'$ BT.

Indeks Bahaya Seismik Komulatif (IBSK)

IBSK adalah logaritma dari jumlah energi seismik yang pernah terjadi disuatu tempat atau daerah. Secara matematika dapat dituliskan sebagai berikut:

$$IBSK = \log \sum_{n=1}^N E_n \quad (1)$$

Dengan E_n = energi dari suatu gempa bumi

Indeks Bahaya Seismik Regional (IBSR)

IBSR merupakan gambaran seismisitas yang dihitung berdasarkan frekuensi dan energi yang dikeluarkan oleh gempa bumi. IBSR merupakan cara yang simple untuk memperkirakan bahaya seismik pada suatu daerah tertentu. Besarnya IBSR disuatu daerah dapat diinterpretasikan dengan besar yang sama dengan suatu skala intensitas MMI, ketidak tepatan dari taksiran range dinyatakan oleh harga deviasi standarya.

Perhiungan nilai IBSR adalah nilai dari IBSK di suatu daerah dalam selang pengamatan tertentu. Dengan persamaan:

$$IBSRR = \frac{1}{A} \sum_a \frac{IBSK_a}{T} \quad (2)$$

Dengan

- A : Jumlah IBSK didaerah
- IBSK_a : Harga IBSK ditempat ke-a
- T : Interval waktu pengamatan

Untuk mendapatkan gambaran kegiatan seismik yang baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang sesuai dengan periode ulang gempa. Harga IBSRR ini berhubungan dengan keadaan tanah setempat, karena perhitungannya berdasarkan kerusakan yang dialami ditempat tersebut.

Hasil dan Pembahasan

Hasil

Daerah yang akan ditentukan nilai IBSK dan IBSR adalah Pulau Sumatera yang terletak terletak pada koordinat $0^{\circ}50'$ LS - $4^{\circ}40'$ LU dan $96^{\circ}40'$ - $100^{\circ}50'$ BT. Berdasarkan penelitian, diperoleh datadata koordinat episenter Pulau Sumatera, kedalaman sumber gempa dan magnitudo. Dari data-data tersebut dapat ditentukan nilai IBSK dan IBSR. Perhitungan IBSK dan IBSR dihitung menurut batasanbatasan wilayah per- geologi unit Provinsi. Nilai IBSK dan IBSR tersebut kemudian dikelompokkan dengan menggunakan perhitungan Gutenberg-Richter maupun Bath dengan metode statistika dan diolah dengan menggunakan software ArcView GIS 3.8.2 untuk dipetakan.

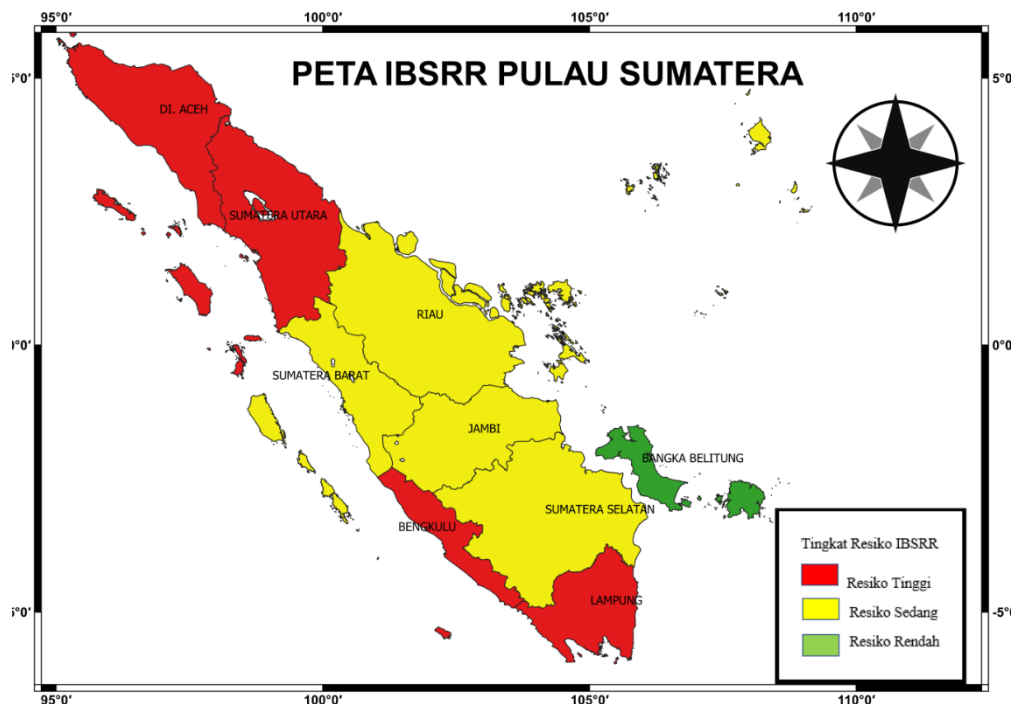
Tabel 1. Harga IBSK di Pulau Sumatera

No	Daerah	Jumlah IBSK	Terdiri dari Blok	Σ IBSK
1	Aceh	34	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,24,25,26,30,31,36,37,38,39,40,41,42,47,48	619,3350376
2	Sumut	45	21,26,27,28,29,31,32,33,34,35,41,42,43,44,45,46,48,49,50,51,52,56,57,58,59,60,65,65a,66,67,68,69,81,81a,81b,82,83,84,97,98,99,110,111	644,0592843
3	Riau	64	46,52,53,54,55,60,61,62,63,64,69,70,71,72,73,74,75,76,77,78,80,84,85,86,87,88,89,90,91,92,93,94,95,96,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109,114,115,116,117,118,119,120,121,122,127,128,129,130,131,132,133,134,141,142,146	225,9344826
4	Sumbar	35	83,84,98,99,100,101,114,112,113,114,124,125,126,127,128,129,130,131,132,135,136,137,138,139,140,147,148,149,150,151,161,162,163,176,177,193	235,9458025
5	Jambi	27	124,125,126,127,128,129,130,131,132,140,141,142,143,144,145,150,151,152,153,154,155,156,163,164,165,166,167,168,179,180,181	282,611282
6	Bengkulu	15	154,155,156,157,166,167,168,169,170,171,172,180,181,182,183,184,185,186,187,197,198,199,200,201,201,202,203,204,210,211,212,213,214,215,216,219,220,221,222,223,224,226,227	327,6918285
7	Sumsel	43	163,164,178,179,180,195,196,197,209,210,217,217a,218,219,225,226	439,8088704
8	Lampung	20	215,216,221,222,223,224,226,227,228,229,230,232,233,234,235,236,237,240	343,7991645
9	Bangka Belitung	19	158,160,171,172,173,174,175,187,188,189,190,191,192,204,205,206,207,208	0

Tabel 2. Harga IBSRR di Pulau Sumatera

NO	Daerah	IBSRR	Standar Deviasi
1	Aceh	0,17184657	0,16336272
2	Sumut	0,135022911	0,16336272
3	Riau	0,033304022	0,16336272
4	Sumbar	0,063597251	0,16336272
5	Jambi	0,09874608	0,16336272
6	Bengkulu	0,20609549	0,16336272
7	Sumsel	0,096491635	0,16336272
8	Lampung	0,162169417	0,16336272
9	Bangka Belitung	0	0,16336272

Selanjutnya didapatkan peta IBSRR dan pembagian daerah gempa bumi berdasarkan harga IBSRR di pulau Sumatera sebagai berikut:

**Gambar 2.** Peta tingkat resiko berdasarkan IBSRR di Pulau Sumatera.

Dikatakan rawan karena termasuk gempa dangkal dengan kedalaman sekitar <math><60\text{ km}</math>, dangkalnya sumber gempa terbukti dari daya rusak yang tinggi di permukaan bumi dan memicu terjadinya patahan ataupun mengaktifkan patahan-patahan yang lain. Hal ini berkaitan dengan sifat aktifitas seismik atau gempa yang bersumber dari palung Jawa bagian selatan. Dikatakan termasuk kawasan kurang rawan karena termasuk gempa menengah dengan kedalaman sekitar 60-300 km, kedalaman sumber gempa terbukti dari daya rusak yang ringan dan adanya getaran yang terasa di permukaan bumi. Dan dikatakan termasuk

kawasan rawan karena termasuk gempa dalam dengan kedalaman sekitar 300 km, sehingga tidak terlalu berbahaya.

Sehingga hasil peta IBSK dan IBSR dalam persamaan Gutenberg-Richte maupun Bath besarnya nilai IBSK dan IBSR dengan metode statistik, memiliki kontur nilai IBSK dan IBSR membentuk suatu pola menyebar per-Provinsi tertentu yang memiliki nilai IBSK dan IBSR yang tinggi. Hal ini dikarekana pada persamaan Gutenberg-Richter maupun Bath besarnya nilai IBSK dan IBSR dipengaruhi oleh kedalaman parameter geologi, magnitudo, energi gempa bumi dan adanya sesar aktif.

Pembahasan

Dari data kegiatan gempa bumi tahun 1900 sampai dengan tahun 2006 diperoleh gambaran untuk menunjukkan seismisitas di pulau Sumatera berdasarkan IBSRR pembagian daerah gempa tersebut adalah:

1. Provinsi Aceh dengan nilai IBSRR 0,17184657
2. Provinsi Sumatera Utara dengan nilai IBSRR 0,135022911
3. Provinsi Riau dengan nilai IBSRR 0,033304022
4. Provinsi Sumatera Barat dengan nilai IBSRR 0,063597251
5. Provinsi Jambi dengan nilai IBSRR 0,09874608
6. Provinsi Sumatera Selatan dengan nilai IBSRR 0,096491635
7. Provinsi Bengkulu dengan nilai IBSRR 0,20609549
8. Provinsi Lampung dengan nilai IBSRR 0,162169417
9. Provinsi Bangka Belitung dengan nilai IBSRR 0

Dari data yang diperoleh dapat diketahui bahwa provinsi yang memiliki nilai IBSRR paling tinggi maka provinsi atau daerah tersebut memiliki resiko seismic yang relative tinggi, dan begitupun sebaliknya. Dapat diketahui bahwa pulau Sumatera terletak di area seismic yang tinggi, karena berada dalam jalur aktif patahan Eurasia dan Indo-Australia. Selain adanya zona subduksi, Sumatera juga mempunyai sesar strike-slip yang besar biasanya disebut dengan Sesar Sumatera yang menggerakkan sepanjang pulau. Sebagaimana di zona subduksi bidang patahan pada pulau Sumatera ini mencapai kedalaman 10-20 km sehingga dapat terjadi akumulasi tekanan. Pusat gempa yang terjadi di patahan Sumatera umumnya dangkal dan dekat dengan permukiman. Dampak energy yang dilepas dirasakan sangat keras dan biasanya merusak. Apalagi gempa bumi di zona patahan selalu disertai gerakan horizontal yang menyebabkan retaknya tanah yang akan merobohkan bangunan diatasnya.

Berdasarkan peta seismik daerah Sumatera, dilakukan beberapa analisa dan terlihat bahwa pusat-pusat gempa terdistribusi sebagian besar di lautan walaupun di darat juga terkonsentrasi pada daerah-daerah tertentu.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Harga IBSRR terbesar yang berada di daerah pulau Sumatera dan persebarannya adalah di provinsi Bengkulu dengan nilai IBSRR sebesar $\pm 0,206$, dan nilai IBSRR terendah di daerah pulau Sumatera berada di provinsi Bangka Belitung dengan nilai IBSRR sebesar 0. Dimana nilai IBSRR semakin tinggi maka tingkat rawan gempanya pun akan semakin besar. Jadi dapat disimpulkan bahwa daerah dipulau Sumatera yang mempunyai tingkat kegempaan yang paling tinggi adalah di provinsi Bengkulu dan paling rendah provinsi Bangka Belitung.

Saran

Kami sebagai penulis menyadari bahwa tulisan ini masih terdapat kekurangan adapun beberapa saran dari penulis diantaranya:

1. Untuk warga sekitar daerah terdampak dapat belajar dari pengalaman bahwa gempa bumi sebagian besar terjadi dengan skala menengah, oleh karena itu apabila akan mendirikan suatu bangunan maka harus memperhatikan kontruksinya.
2. Perlu diadakannya sosialisai preventif mengenai tanda-tanda

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Bpk. Nugroho Budi Wibowo atas bimbingannya selama penulis menyelesaikan karya tulis ini.

Daftar Rujukan

- [1] A.Wirms dkk. 2012. Analisisi Rekahan Gempa Bumi & Gempa Bumi Susulan dengan Menggunakan Metode OMORI. *Jurnal Sains & Pendidikan Fisika*, Desember 2012. - 8: Vol. III.
- [2] Bindar Abdul Mubdi Teori Tektonik Lempeng (*Plate Tectonic Theories*). Diakses pada Oktober 7, 2019. - https://www.academia.edu/6464227/Tektonik_Lempeng.
- [3] Edwiza Daz. Kajian Terhadap Indeks Bahaya Seismik Rata-rata Sumatera Barat [Journal] // Lab. GeofisikaJurusan Teknik Sipil Unand. - Sumatera Barat: [s.n.], April 2008. - 29: Vol. 1.
- [4] Gempa Bumi Tamu Misterius [Online]. - File.Upi,edu.
- [5] Riau Repository University. Struktur Bumi. Diakses pada tanggal Oktober 6, 2019. - <https://Repository.unri.ac.id>.
- [6] Sulistiyani dkk Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik Pulau Jawa Tahun 1900-2006. Pen-Jurusan Fisika, FMIPA UMY. - Yogyakarta: Indonesia Journal, April 2013. - 1 : Vol. 3.
- [7] Sunarjo dkk. Gempa Bumi edisi Populer [Buku]. - Jakarta: BMKG, 2012.

Pendugaan Mineral Mangan Menggunakan Metode *Induced Polarization* Konfigurasi Wenner di Jurang Gandol, Tegalombo, Pacitan

Hendri Rahayu^{1*} Ahmad Ribowo¹, Firasti Herniaswati Karlina¹

*Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia.*

*E-mail: hendryr34@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi mineral mangan di Desa Kasihan, Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Metode yang digunakan yaitu *Induced Polarization* (IP) dengan konfigurasi Wenner. Pengukuran dilakukan pada tiga lintasan, dengan panjang lintasan yaitu 200 m dan 190 m. Hasil pengukuran dari tiga lintasan menunjukkan nilai yang cukup bervariasi. Nilai *chargeability* 0 s.d 24 msec diduga sebagai lapisan batuan non logam, sedangkan lapisan batuan yang mempunyai nilai *chargeability* lebih dari 25 msec diduga sebagai lapisan logam (mangan). Keberadaan mineral mangan berkorelasi dengan batuan yang ada di daerah penelitian dan membentuk singkapan-singkapan.

Kata kunci : Polarisasi Terinduksi, Resistivitas, Chargeabilitas, Mangan

ABSTRACT

This study aims to identify manganese minerals in Kasihan Village, Tegalombo District, Pacitan Regency, East Java. The method used is *Induced Polarization* (IP) with Wenner configuration. Measurements were made on three lines, with lengths of 200 m and 190 m. The measurement results of the three trajectories show quite varied values. A *chargeability* value of 0 to 24 msec is assumed to be a non-metallic rock layer, while a rock layer that has a *chargeability* value of more than 25 msec is thought to be a metal layer (manganese). The presence of manganese minerals is correlated with the rocks in the study area and forms outcrops.

Keywords : Induced Polarization, Resistivity, Chargeability, Manganese

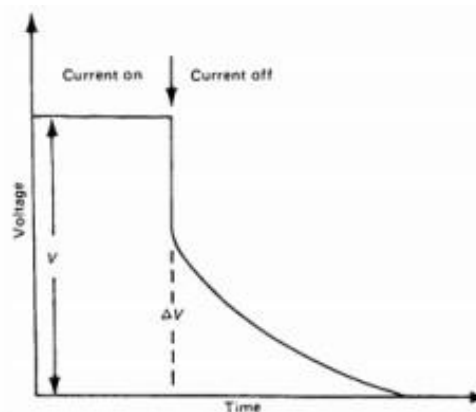
Pendahuluan

Mangan merupakan unsur kimia yang berupa logam transisi yang berwarna perak metalik. Mangan digunakan dalam penggunaan pembuatan batu baterai, dan merupakan campran utama dalam pembuatan baja, keramik, besi, dan berbagai material lainnya. Mangan bersifat reaktif ketika murni, sebagai bubuk akan terbakar dalam oksigen, bereaksi dengan air dan larut dalam asam encer. Biji utama adalah Pirolusit dan Psilomelan, selain itu bisa berupa Manganit, Braunit, dan Rhodokrosit^[1].

Tegalombo merupakan salah satu daerah di Pacitan yang memiliki potensi Mangan. Hal ini dapat ditemukan singkapan mangan di area jurang gandum. Dalam penelitian geologi Desa Tegalombo memiliki deposit mineral mangan, namun belum dapat dijelaskan sebaran mineral mangan dan sumber daya mineral mangan. Potensi keberadaan mangan dapat diketahui menggunakan salah satu metode geofisika yaitu *Induced Polarization* (IP) dengan menggunakan konfigurasi Wenner.

1. Metode Polarisasi Terinduksi

Prinsip metode IP adalah mengalirkan arus listrik kedalam bumi dan mengamati beda potensial yang terjadi setelah arus listrik dihentikan. Pada saat arus diinjeksikan, ion-ion dalam pori-pori batuan akan terdistribusi dari posisi stabil menjadi tidak stabil. Ketika arus diputus, seharusnya beda potensial langsung menjadi nol, akan tetapi pada medium-medium tertentu beda potensial tidak langsung menjadi nol dikarenakan medium bersifat seperti kapasitor (menyimpan energi listrik). Energi listrik masih tersimpan dalam bentuk energi elektrokimia pada fluida elektrolit maupun mineral konduktif pada pori-pori batuan. Jadi setelah arus diputus, ion-ion yang sebelumnya mengalami pengkutuban berangsur-angsur kembali ke keadaan seimbang dengan kata lain masih terdapat beda tegangan yang akan meluruh terhadap waktu sampai nilainya menjadi nol.



Gambar 1. Peluruhan arus pada batuan yang mengandung mineral logam atau clay

Pengukuran IP dalam time domain dilakukan dengan cara menginjeksikan arus listrik dan kemudian mengukur beda potensial setelah arus dimatikan. Pengukuran nilai beda potensial dilakukan hingga tegangan mencapai nilai nol. Parameter yang diukur adalah tegangan primer (V_p) yaitu tegangan ketika arus belum dimatikan dan tegangan sekunder (V_s) yaitu tegangan yang terukur selama waktu peluruhan. Untuk menghitung nilai *apparent chargeability* (M_a) dilakukan dengan cara membandingkan nilai V_p dengan nilai rata-rata V_s yang diperoleh dengan cara mengintegrasikan V_s terhadap sampel waktu peluruhan

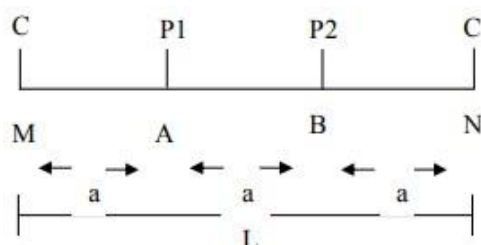
$$M_a = \frac{1}{V} \int_{t_1}^{t_2} V(t) dt \quad (1)$$

Terdapat dua sumber penyebab polarisasi pada batuan. Sumber pertama adalah membrane polarization. Faktor yang mengakibatkan adanya polarisasi pada membrane polarization adalah

adanya penyempitan pori-pori pada batuan dan adanya clay. Penyempitan pori-pori akan menyebabkan terhambatnya ion-ion pada batuan sehingga arus akan dapat tersimpan dalam beberapa waktu tertentu. Sedangkan adanya clay menyebabkan terkumpulnya ion-ion positif, hal ini dikarenakan sifat clay yang berupa ion negatif. Sumber kedua adalah polarisasi elektroda. Polarisasi elektroda terjadi karena adanya mineral logam dalam pori-pori batuan. Hal ini akan mengakibatkan tertahannya arus listrik ketika melalui pori-pori tersebut.

2. Konfigurasi Wenner

Metode ini diperkenalkan oleh Wenner (1915). Konfigurasi Wenner merupakan salah satu konfigurasi yang sering digunakan dalam eksplorasi geolistrik dengan susunan jarak spasi sama panjang ($r_1 = r_4 = a$ dan $r_2 = r_3 = 2a$). Jarak antara elektroda arus adalah tiga kali jarak elektroda potensial, jarak potensial dengan titik sounding-nya adalah $a/2$, maka jarak masing elektroda arus dengan titik soundingnya adalah $3a/2$. Target kedalaman yang mampu dicapai pada metode ini adalah $a/2$. Dalam akuisisi data lapangan susunan elektroda arus dan potensial diletakkan simetri dengan titik sounding. Pada konfigurasi Wenner jarak antara elektroda arus dan elektroda potensial adalah sama. Seperti yang tertera pada gambar 2.



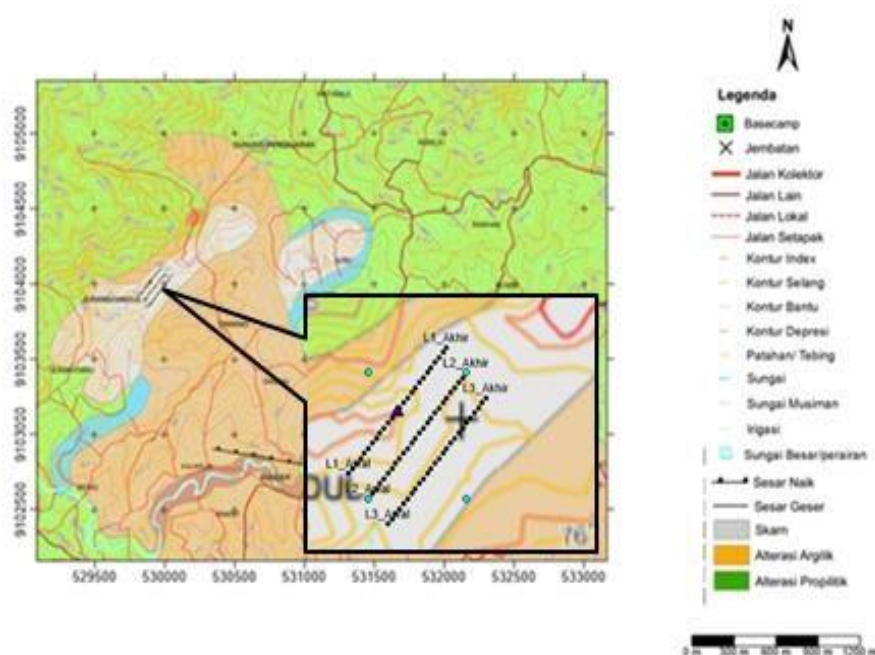
Gambar 2. Elektroda arus dan potensial pada konfigurasi Wenner.

Dari gambar diatas terlihat bahwa jarak $AM = NB = a$ dan jarak $AN = MB = 2a$, sehingga faktor geometri untuk konfigurasi Wenner adalah:

$$K = 2\pi a \quad (2)$$

Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan tanggal 8 s.d 10 Mei 2017 di Desa Kasihan, Kecamatan Tegalombo, Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Berikut desain survei peta lokasi penelitian seperti pada (Gambar 3).



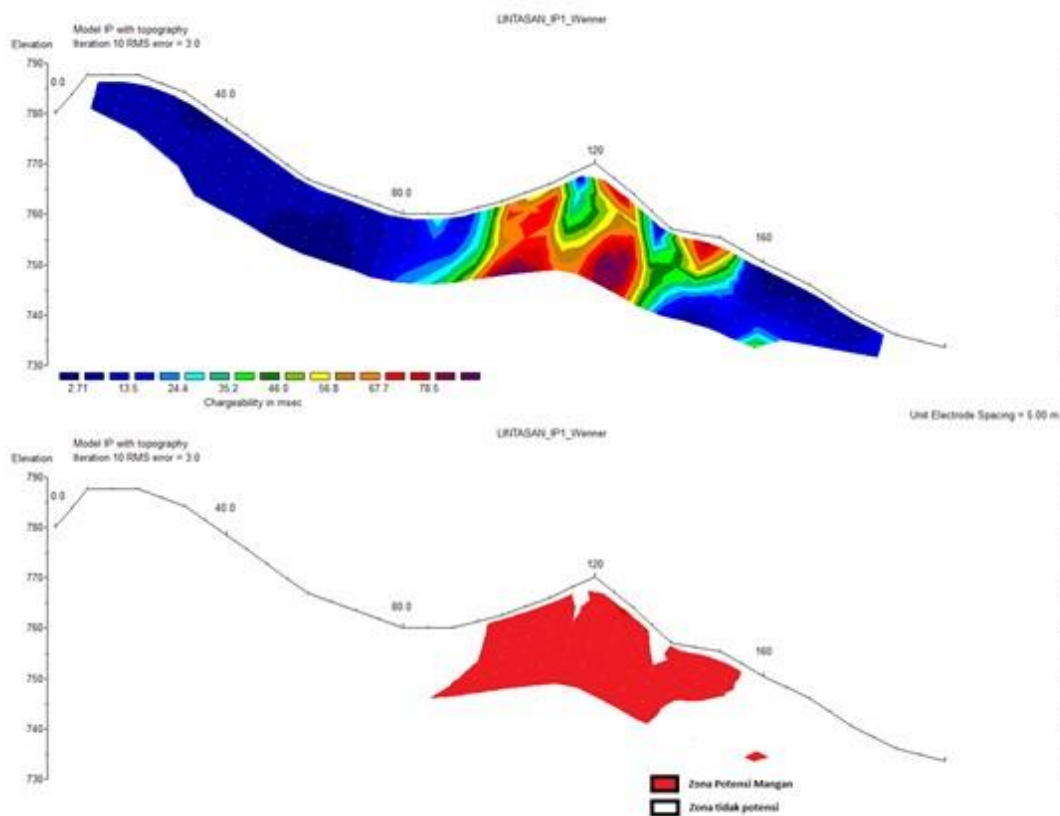
Gambar 3. Lokasi pengukuran IP

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah Syscal Jr, porous pot, *Global Positioning System (GPS)*, HT, kabel dan peralatan yang di gunakan untuk pengolahan data yaitu Software Microsoft Excel, Software Notepad, *Software RES2DINV*.

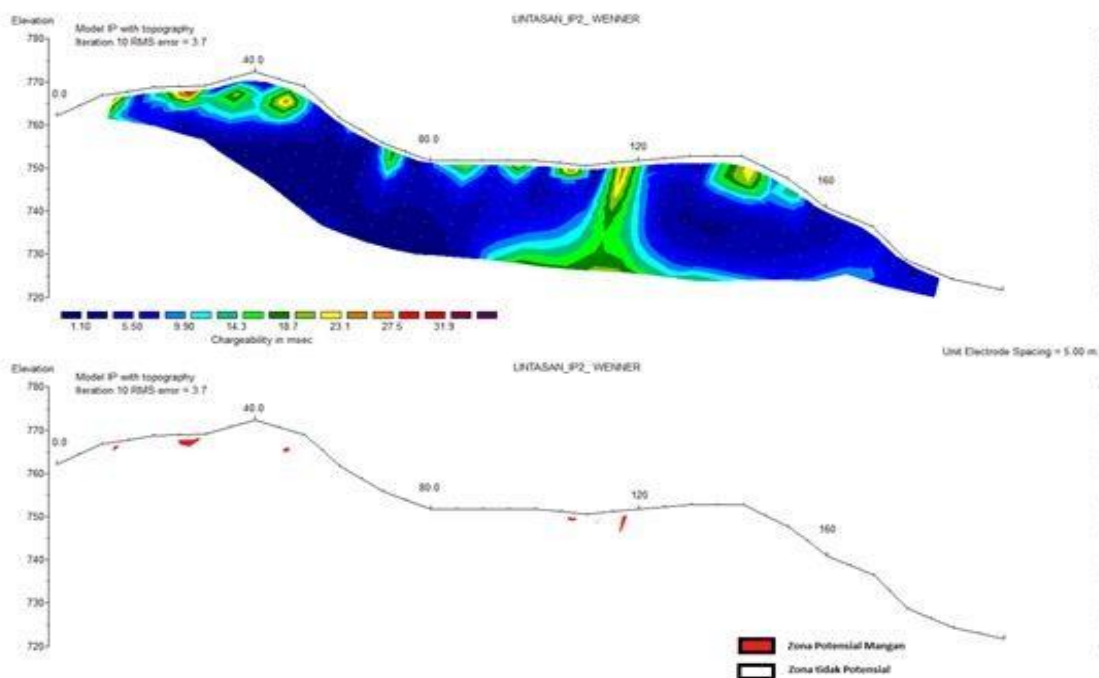
Metodologi penelitian dari penelitian ini adalah dengan melakukan pengukuran geolistrik metode *Induced Polarization* konfigurasi Wenner. Pengukuran yang dilakukan pada penelitian ini adalah kawasan waktu dengan menginjeksikan arus listrik melalui sepasang elektroda arus, kemudian diukur beda potensial yang muncul pada kedua elektroda setelah kedua arus dimatikan. Perbandingan antara potensial saat arus diinjeksikan dengan potensial saat arus dimatikan disebut dengan chargeabilitas (M).

Tahapan dalam penelitian ini antara lain, tahap persiapan pra lapangan, tahap pengambilan data, dan tahap interpretasi data lapangan. Pengukuran dilakukan pada tiga lintasan, dengan panjang lintasan yaitu 200 m dan 190 m. Hasil penampang 2D metode *induced polarization* akan dibandingkan dengan metode *resistivity*.

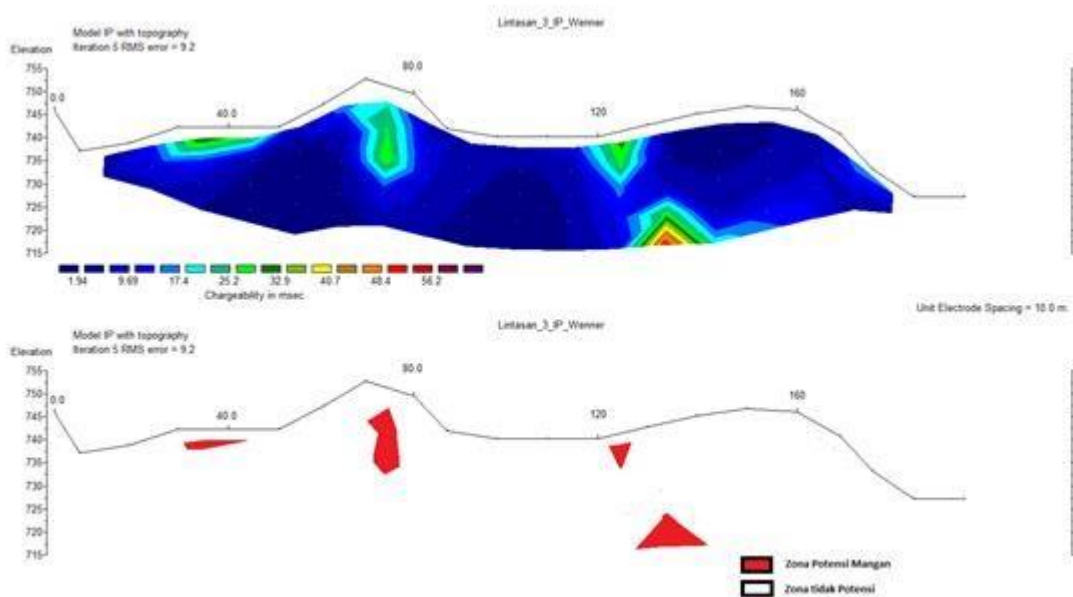
Hasil dan Pembahasan



Gambar 4. Penampang 2D lintasan 1.



Gambar 5. Penampang 2D lintasan 2



Gambar 6. Penampang 2D lintasan 3

Chargeability diukur menggunakan metode polarisasi terinduksi dalam domain waktu karena berupa waktu sesaat saja. Efek polarisasi yang ditimbulkan akibat dari adanya efek elektrokimia menyebabkan timbulnya potensial ekstrak (*over voltage*). Nilai *over voltage* berbanding terbalik dengan frekuensi arus yang diinjeksikan. Semakin besar nilai *over voltage*, maka frekuensi arus yang diinjeksikan semakin rendah atau mendekati arus searah. Ketika arus yang diinjeksikan berhenti maka potensial polarisasi yang terdeteksi akan turun secara perlahan (meluruh) yang disebut sebagai *decay potensial*. *Decay potensial* merupakan indikator besarnya polarisasi. Semakin besar polarisasi maka nilai *chargeability* akan semakin membesar.

Hasil pengukuran dari ketiga lintasan menunjukkan nilai yang cukup bervariasi. Nilai *chargeability* 0 s.d 24 msec diduga sebagai lapisan batuan non logam, sedangkan lapisan batuan yang mempunyai nilai *chargeability* lebih dari 25 msec diduga sebagai lapisan logam (mangan). Pada penampang 2D lintasan 1 memperlihatkan bahwa mineral yang diduga sebagai mangan terdapat pada meter 185 s.d meter 155 dengan ketebalan mangan sekitar 25 meter. Lintasan 2 menunjukkan bahwa pada lintasan yang dilewati tidak banyak terdapat mineral mangan, mineral mangan pada lintasan ini berupa singkapan-singkapan yang berkolerasi dengan lapisan batuan yang ada geologi daerah penelitian. Penampang 2D lintasan 3 menunjukkan mineral mangan menyebar dalam jumlah yang relatif besar, menyebar dari meter 30 sampai meter 140 dengan ketebalan yang bervariasi.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa mineral mangan mempunyai nilai *chargeability* diatas 25 msec dan tersebar secara tidak merata, mineral mangan berkolerasi dengan batuan yang ada didaerah penelitian dan membentuk singkapan-singkapan.

Penelitian ini bersifat pendugaan, alangkah baiknya jika penelitian ini didukung oleh data bor dan dilakukan penelitian lebih lanjut mengguakan metode geofisika lain untuk dibandingkan hasilnya.

Ucapan Terimakasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada:
Orang-orang yang membantu dan terlibat dengan penelitian ini sehingga penelitian ini dapat berjalan dengan lancar, dosen fisika UIN Sunan Kalijaga yang selalu memberi suport kepada penulis, teman-teman geofisika yang selalu menyemangati dalam penelitian ini.

Daftar Rujukan

- [1] Winarti dan Ansori, C. *Studi Induced Polarization (IP) Untuk Eksplorasi Mineral Mangan Di Daerah Sрати, Kecamatan Ayah, Kabupaten Kebumen, Jawa Tengah*. Seminar Nasional ke-4 : Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi, 181-187, 2002.
- [2] Aryaseta, B., Warnana, D. D., dan Widodo, A. *Aplikasi Metode Induced Polarization untuk Mengidentifikasi Akifer di Daerah Sutorejo, Surabaya*. JURNAL TEKNIK ITS (2017) **Vol. 6 No. 1**: 84-86, 2017.
- [3] Telford, W. M. *Applied Geophysics Second Edition*. Melbourne: Cambridge University Press, 1990.

Dampak Gempa Regional di Pulau Bali, NTB dan NTT

Ivanna Dewi Putri Dharyuuni^{1*}, Dian Octavianin Nurlatifah¹, Erwinda Ayu Septi Ani¹,
Mu'adz Azaki¹, Novita Permata Sari¹, Panji Wibowo¹, Nugroho Budi Wibowo²

¹ Program studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia

² Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Yogyakarta, Jl. Wates Km. 8, Dusun
Jitengan, Kel. Balecat, Kec. Gamping, Pereng Kembang, Balecat, Sleman, Kabupaten
Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta 55294

*Email: ivannadewipd1614@gmail.com

INTISARI

Indonesia merupakan negara kepulauan, dengan tingkat kegempaan paling tinggi, karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik, yaitu lempeng Indo-Australia, lempeng Pasifik, dan lempeng Eurasia. Kondisi lingkungan alam ini membuat Indonesia sering dilanda bencana gempa bumi yang semakin meningkat. Analisis ini dilakukan untuk mengetahui sebaran tingkat resiko gempa bumi berdasarkan kedalaman dan magnitudo gempa bumi menggunakan EXCEL sehingga dapat diketahui nilai indeks seismisitas. Tahapan yang dilakukan pada metode ini adalah menggabungkan data magnitudo dan kedalaman. Selanjutnya menentukan zona kerentanannya menggunakan aplikasi QGIS. Tahap yang terakhir yaitu menghitung nilai IBSRR. Berdasarkan nilai IBSRR ini diharapkan dapat memberikan gambaran langsung maupun tidak langsung terhadap dampak dari setiap gempa bumi di suatu lokasi, disertai dengan peta IBSRR / resiko tinggi rendahnya seismisitas dengan indeks warna di daerah tersebut sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan pemukiman maupun industri.

Kata kunci : Gempa bumi, IBSRR, QGIS

ABSTRACT

Indonesia is an archipelagic country, with the highest level of seismicity, because it lies at the confluence of three tectonic plates. These are the Indo-Australian plate, the Pacific plate, and the Eurasian plate. The condition of this natural environment makes Indonesia often hit by earthquakes that are increasing every day. This analysis was conducted to determine the distribution of earthquake risk levels based on the depth and magnitude of the earthquake so that the seismicity index value can be determined. The steps taken in this method are to combine the magnitude and depth data. Next determine the vulnerability zone using in the QGIS application. The last step is calculating the value of IBSRR. Based on the IBSRR value, it is expected to provide a direct or indirect picture of the impact of each earthquake in a location, so that it can be used as a material for consideration in the planning and development of settlements and industry.

Keywords : earthquake, IBSRR, QGIS

Pendahuluan

Indonesia sebagai negara kepulauan yang secara geografis memiliki tingkat kegempaan yang sangat tinggi. Wilayah Indonesia sendiri sangat sempurna dan lengkap guna mempelajari gejala-gejala tektonik yang dimana masih banyak sekali teka teki mengenai teori tektonik lempeng, pergerakan lempeng, dan interaksi antar lempengnya. Situasi inilah yang menjadikan Indonesia memiliki tingkat seismisitas yang sangat tinggi.

Letak daerah geologi Indonesia sendiri tepat berada pada pertemuan tiga lempeng bumi yaitu Eurasia, Samudra Pasifik, dan Indo-Australia yang dimana ketiga lempeng tersebut merupakan lempeng gerak aktif. Pergerakan dengan kecepatan dan arah yang berbeda ini menimbulkan pergeseran lempeng tektonik pada batas lempeng yang berada di Pulau bagian selatan Jawa, khususnya daerah Bali dan Nusa Tenggara. Daerah tersebut sangat rawan dan beresiko terjadinya gempa karena letaknya berada langsung pada lempeng benua, yaitu Eurasia dan Indo-Australia yang seringkali menimbulkan gempa.

Indonesia dengan batas bujur 94° - 141° BT dan 6° LU- 11° LS ini memiliki karakteristik gempabumi yang beruntun, dimulai dengan gempa pendahuluan, gempa utama dan selanjutnya diikuti oleh gempa-gempa susulan (Sulaiman, dkk., 2002).

Indonesia termasuk daerah kegempaan aktif dimana selama tahun 1976-2006 sudah terjadi 3.486 gempabumi dengan magnitudo lebih dari 6,0 SR. Penelitian Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) sejak tahun 1991-2009 (19 tahun) telah terjadi 27 kali gempabumi merusak dan 13 kali gempabumi menimbulkan tsunami. Kalau dirataratakan dan pembulatan, Indonesia mengalami kejadian gempabumi sebanyak 2 kali dan tsunami 1 kali setiap tahunnya (Daz Edwiza, 2008).

Dari fenomena yang terjadi diatas, penulis ingin kajian geologis tentang dampak gempa bumi regional pada daerah Bali, Nusa Tenggara dan sekitarnya.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan Indeks Bahaya Seismik Kumulatif dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata. Berdasarkan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata ini diadakan pembagian daerah gempa di Bali, Nusa Tenggara dan sekitarnya, sehingga dapat diketahui daerah-daerah rawan gempa di daerah Nusa Tenggara Barat dan Sekitarnya.

Metode Penelitian

Data Dan Metode Pengolahan

Data yang digunakan yaitu data sekunder berupa data parameter-parameter gempa yaitu episenter yang diperoleh dari stasiun BMKG (Badan Meteorologi klimatologi dan Geofisika). Kedalaman dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1911 Sampai 2006 Sebanyak 3844 Data gempa dibagian Indonesia bagian timur. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu:

1. Pengumpulan Data Gempa
2. Pengolahan Data Gempa
 - Tahap tahap pengolahan data gempa adalah:
 - a. Menentukan daerah dengan cara membatasi data gempa yang episenternya terletak pada bujur dan lintang daerah Indonesia bagian timur dan sekitarnya.
 - b. Mengumpulkan data gempa dengan magnitudo ≥ 3
 - c. Input data ke QGIS
 - d. Penentuan Parameter
3. Perhitungan
4. Pembuatan PETA
 - a. Penentuan IBSK
 - b. Penentuan IBSRR

Metode Analisis Data

Data yang digunakan dalam tugas ini adalah data katalog gempa. Gempa yang dikaji pada tugas ini terbatas pada data gempa dangkal ($h < 60$ km) dan menengah ($60 - 300$ km) yang terjadi wilayah Indonesia bagian timur, dengan magnitudo 3 sampai 8. Data dari katalog gempa berupa posisi episenter, kedalaman dan magnitudo gempa untuk daerah Indonesia bagian timur.

Data katalog gempa diperoleh dari katalog BMKG dalam kurun waktu dari tahun 1911 sampai tahun 2006. Energi kumulatif gempa yang diperoleh merupakan hasil akumulasi energi seluruh kejadian gempa yang tercatat dalam periode pengamatan 95 tahun dengan magnitudo ≥ 3 dan kedalaman ≥ 60 km. Hubungan antara energi gempa difokuskan dengan besarnya magnitudo gempa dihitung menggunakan rumus Bath (1958)

$$\log E = 5,78 + 2,48 M_b \quad (1)$$

Dengan memakai rumus tersebut dihitung besarnya energi total yang telah dilepaskan dalam daerah setiap luas dalam Erg.

Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK)

Indeks bahaya seismik kumulatif adalah logaritma dari jumlah energi seismik yang pernah terjadi disuatu tempat. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$IBSK = \log \sum_{n=1}^N E_n \quad (2)$$

Dengan E_n = Energi dari suatu gempa bumi. Harga IBSK dihitung untuk tiap bujur sangkar $0,5^\circ \times 0,5^\circ$ dengan menggunakan data gempa bumi yang terjadi dari tahun 1911 Sampai tahun 2006. Untuk satu gempa bumi, maka harga IBSK pada suatu tempat sama dengan harga intensitas MMI di tempat tersebut.

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR)

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR) adalah harga rata-rata dari IBSK disuatu daerah dalam selang pengamatan tertentu:

$$IBSRR = \frac{1}{A} \sum \frac{IBSK_a}{T} \quad (3)$$

Dengan

A : Jumlah IBSK di daerah tersebut

$IBSK_a$: Harga IBSK ditempat a

T : Interval waktu pengamatan

Untuk mendapatkan gambaran kegiatan seismik yang baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang sesuai dengan periode ulang gempa. Harga IBSRR ini berhubungan dengan keadaan tanah setempat, karena perhitungannya berdasarkan kerusakan yang dialami ditempat tersebut.

Hasil Dan Pembahasan

Hasil

Berdasarkan data-data yang kita peroleh gempa bumi ini terjadi di Provinsi Bali, Nusa Tenggara, dan sebagian wilayah. Berdasarkan data yang kita peroleh kita dapat menentukan Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) dan Indeks Bahaya Seismik Rata-rata (IBSRR) dimana daerah ini berada pada posisi -2 LU sampai -17 LS 113 BT sampai 130 BT.

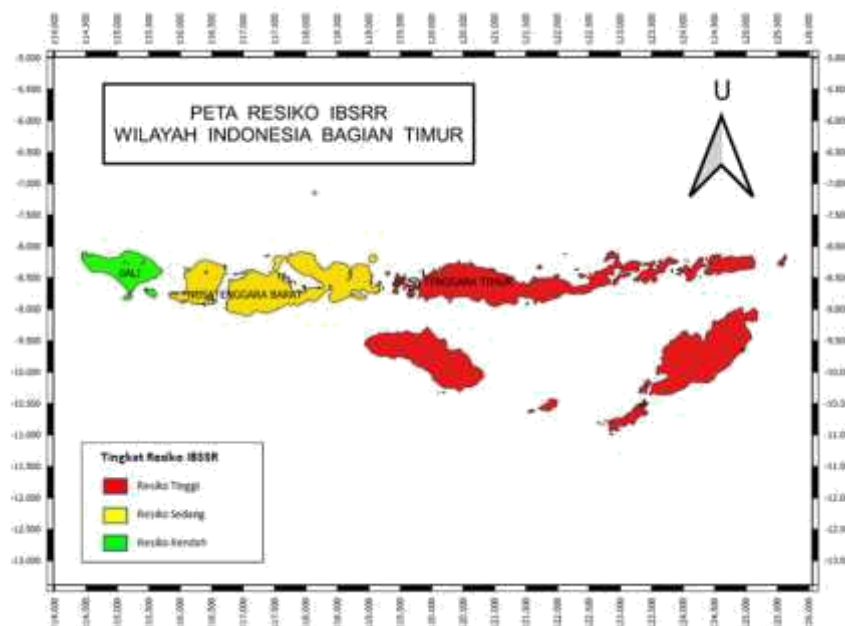
Tabel 4.1.1 Harga IBSK di Bali, Nusa Tenggara dan Sekitarnya

NO	PROVINSI	Jumlah IBSK	Terdiri dari Blok	Σ IBSK
1	Bali	6	0, 1, 1A, 2, 3, 4	81,55516207
2	NTB	17	4, 5, 6, 7, 8, 8A, 9, 10, 10A, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18	340,881380137411
3	NTT	46	16A, 17, 18, 19, 20, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 40A, 41, 43, 44, 47, 48, 52, 53, 54, 55, 51A, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70	811,036375

Tabel 4.1.2 Harga IBSRR di Bali, Nusa Tenggara dan Sekitarnya

NO	PROVINSI	IBSRR	Standar Deviasi
1	Bali	0,143079232	0,028713876
2	NTB	0,224264066	0,028713876
3	NTT	0,185591848	0,028713876

Selanjutnya didapatkan peta IBSRR dan pembagian wilayah gempa berdasarkan harga IBSRR di daerah Bali, Nusa Tenggara dan sekitarnya



Gambar 4.1.1 Peta IBSRR di daerah Bali, Nusa Tenggara dan sekitarnya

Pembahasan

Di Indonesia bagian timur terdapat pulau-pulau kecil. Pulau-pulau ini merupakan batuan sedimen yang terangkat akibat peristiwa tektonik serta subduksi (tumbukan) lempeng India-Australia dengan Eurasia. Karena pulau-pulau ini dekat dengan sumber gempa, sehingga gempa-gempa yang bersumber di dekat pulau-pulau ini biasanya kedalamannya sangat dangkal. Jadi risiko kerusakan akibat gempa sangatlah besar. Ditambah dengan adanya patahan/patahan/ sesar naik (thrust) dibawah pulau sampai kebatas lempeng, yaitu palung (trench).

Data gempa bumi ini terjadi kisaran tahun 1911 sampai dengan 2006. Berdasarkan data tersebut dapat kita ketahui peta data persebaran terjadinya gempa di daerah Bali dan Nusa Tenggara. Frekuensi gempa bumi disekitar wilayah Indonesia bagian timur tergolong cukup tinggi, dalam kurun waktu 95 tahun terakhir yaitu periode tahun 1911 sampai dengan 2006 tercatat sebanyak 3844 kejadian dengan kekuatan 3M sampai dengan 8M dapat dilihat pada gambar diatas. Dari data gempa bumi antara tahun 1911 sampai dengan tahun 2006 diperoleh gambaran mengenai peta persebaran gempa bumi atau seismisitas di Provinsi Bali, NTT, NTB berdasarkan IBSRR. Persebaran daerah gempa tersebut antara lain:

1. Provinsi Bali (IBSRR= $0,143079232 \pm 0,028713876$) gempa bumi yang terjadi di Provinsi Bali sebagian besar terjadi di laut pada permukaan dangkal dan gempabumi yang terjadi di Provinsi Bali memiliki harga IBSRR yang rendah dan disimbolkan dengan warna hijau akan tetapi pada Provinsi Bali memiliki resiko kerusakan yang lumayan tinggi apalagi jika kita lihat adanya aktivitas gunung berapi yang juga dapat menyebabkan tingkat seismisitas.
2. Provinsi Nusa Tenggara Barat (IBSRR= $0,224264066 \pm 0,028713876$). Pada Provinsi Nusa Tenggara Barat terjadi gempabumi dengan intensitas yang tinggi dan terjadi pada area perairan laut dangkal oleh sebab itu mengakibatkan resiko kerusakan yang tinggi. Jika dibandingkan dengan provinsi lain pada data ini Nusa Tenggara Barat memiliki nilai IBSRR yang paling tinggi dan memiliki resiko kerusakan yang tinggi.
3. Provinsi Nusa Tenggara Timur (IBSRR $0,185591848 \pm 0,028713876$). Pada Provinsi Nusa Tenggara Timur terjadi gempabumi dengan intensitas yang menengah dan sebagian besar gempabuminya terjadi di area laut dengan permukaan dangkal.

Gempa yang telah terjadi di beberapa provinsi tersebut selain diakibatkan oleh pergeseran lapisan bumi (tektonik) juga dapat terjadi karena pergerakan magma yang keluar dari letusan gunung berapi (vulkanik). Berdasarkan data dapat kita ketahui bahwa nilai IBSK tertinggi terjadi pada Provinsi Nusa Tenggara Barat dan terendah terjadi di Provinsi Bali sedangkan nilai IBSRR yang telah kita peroleh dapat kita ketahui bahwa IBSRR tertinggi terjadi pada Provinsi Nusa Tenggara Barat sedangkan IBSRR terendah terjadi pada Provinsi Bali. Berdasarkan nilai IBSK dan IBSRR yang kita peroleh dari analisis data dapat kita ketahui bahwa seismisitas yang paling tinggi terjadi pada Provinsi Nusa Tenggara Timur.

Kesimpulan Dan Saran

Kesimpulan

Berdasarkan data-data yang kita peroleh dan analisis data yang telah kita lakukan dapat ditarik kesimpulan bahwa :

1. Harga IBSK tertinggi terjadi di Provinsi Nusa Tenggara Timur sedangkan IBSK terendah terjadi di Provinsi Bali.
2. Harga IBSRR tertinggi terjadi di Provinsi Nusa Tenggara Barat sedangkan IBSRR terendah terjadi pada Provinsi Bali. Berdasarkan data IBSRR yang kita peroleh dapat diketahui bahwa daerah yang mempunyai seismisitas tertinggi yaitu Provinsi Nusa Tenggara Barat.
3. Berdasarkan peta persebaran seismisitas yang kita analisis dapat disimpulkan bahwa gempabumi sebagian besar terjadi di area laut dengan permukaan dangkal dimana gempa yang terjadi di perairan dengan kedalaman yang dangkal sehingga mempunyai resiko kerusakan yang tinggi.

Saran

Kami sebagai penulis menyadari bahwa tulisan ini masih terdapat kekurangan adapun beberapa saran dari penulis diantaranya:

1. Untuk warga di sekitar daerah terdampak setelah mengetahui bahaya seismik di area tersebut maka dapat menyesuaikan kekuatan konstruksinya dengan besarnya nilai seismik di area tersebut.
2. Perlu diadakannya sosialisasi preventif mengenai bahaya dan resiko gempabumi guna mengurangi korban dan kerugian.

Daftar Rujukan

- [1] Alzwar, M., Samodra, H., & Tarigan, J.J., 1987, *Pengantar Ilmu Gunungapi*, Penerbit Nova, 226 hal.
- [2] Bath, M., *Introduction to Seismology*, Willey & Sons, Inc., ISBN 13:9780470991282, 1978.
- [3] Budiarta. 2006. *Analisis Resiko Gempa Untuk Mitigasi Bencana Daerah Bali*, Skripsi, Universitas Indonesia, Jakarta, 2006.
- [4] Christopher, J. O., Becker, J. J., Sandwell, D. T. (2006). *SRTM15_PLUS: Data fusion of Shuttle Radar Topography Mission (SRMT) land topography with measured and estimated seafloor topography (NCEI Accession 015037). Version 1.1. NOAA National Centers for Environment Information. Dataset.*
- [5] Hamilton, W., 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. Geol. Surv. Proff. Paper 1078, US Government. Printing Office, Washington, p.114-156
- [6] Shiddiqi, H. A., Widianoro, S., Nugraha, A. D., Ramadhan, M., Wandono, Sutyono, & Nugroho, H. (2015, April). *Preliminari result of Teleseismic Double-Difference Relocation of Eartquakes in The Molucca Collicsion zone with a 3D velocity model*. In *AIP Coference Proceedings (vol. 1658, No. 1,p.030011)*. AIP Publishing.
- [7] Sunarjo, dkk. 2012. *GEMPABUMI EDISI POPULER*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika : Jakarta
- [8] Tim Pusat Studi Gempa Nasional. 2017. *PETA SUMBER DAN BAHYA GEMPA INDONESIA TAHUN 2017*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perumahan dan Pemukiman Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat : Bandung

Kajian Indeks Bahaya Seismik Regional Menggunakan Data Seismik Pulau Sulawesi Tahun 1905-2005

Izaghi Imam Alfiansyah^{1*}, Bella Rahmadhaniyah¹, Nur Khikmah¹, Fani
Rohmiasih¹, Walhasbi Praditiya¹

*Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia*

**E-mail: izaghi99@gmail.com*

INTISARI

Kajian terhadap kegempaan suatu wilayah sangat diperlukan terutama di daerah rawan gempa seperti di Pulau Sulawesi. Untuk itu telah dilakukan penelitian mengenai bahaya gempa pada wilayah pulau Sulawesi dan sekitarnya. Penelitian ini dilakukan menggunakan 3449 data gempa yang tercatat dari tahun 1905 sampai dengan 2005 di daerah Sulawesi dan sekitarnya. Data gempa yang digunakan merupakan data dengan magnitudo ≥ 5 serta kedalaman ≤ 65 km, yang pengolahannya menggunakan rumus Bath. Harga deviasi standar menunjukkan pergeseran harga Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR) di setiap daerah. Daerah dengan harga IBSRR yang tinggi yaitu 0,196174127 terdapat di daerah Sulawesi Tengah, merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi. Sedangkan daerah dengan harga IBSRR yang rendah yaitu 0,146877344 terdapat di daerah Sulawesi Selatan, merupakan daerah yang mempunyai seismisitas rendah.

Kata Kunci : Gempa bumi, IBSRR, seismisitas

ABSTRACT

The study of seismicity of an area is needed especially in earthquake prone areas such as in Sulawesi island. So, this research has been conducted on earthquake hazards in the Sulawesi islands surrounding. This research was conducted using 3449 earthquake data recorded from 1905 to 2005 in the Sulawesi and surrounding areas. Earthquake data used are data with a magnitude of ≥ 5 and a depth of ≤ 65 km, which are processed using the Bath formula. The standard deviation value indicate a shift in IBSRR value in each region. Regions with a high IBSRR price of 0,196174127 are found in Central Sulawesi, an area that has a high level of seismicity. While regions with low IBSRR prices, namely 0,146877344, are found in the area of South Sulawesi, which has low seismicity.

Keywords : earthquake, IBSRR, seismicity

Pendahuluan

Gempabumi adalah getaran atau guncangan yang terjadi dan dirasakan dipermukaan bumi yang berasal dari dalam struktur bumi. Pergeseran tersebut terjadi sebagai akibat adanya peristiwa pelepasan energi gelombang seismik secara tiba-tiba yang diakibatkan atas adanya deformasi lempeng tektonik yang terjadi pada kerak bumi (Joko Christanto, 2011).

Gempabumi merupakan salah satu bencana alam yang paling sering terjadi di Indonesia. Indonesia terletak pada 94° - 141° BT dan 6° LU- 11° LS merupakan negara kepulauan dengan tingkat kegempaan tinggi karena terletak pada pertemuan tiga lempeng tektonik yang bergerak satu sama lainnya. Sebagian besar pulau di Indonesia berpotensi terjadi gempa bumi salah satunya Pulau Sulawesi. Sulawesi terletak pada pertemuan 3 lempeng besar, yang menyebabkan kondisi tektoniknya sangat kompleks, dimana kumpulan batuan dari busur kepulauan, batuan bancuh, ofiolit, dan bongkah dari mikrokontinen terbawa bersama proses penunjangan, tubrukan, serta proses tektonik lainnya. Ketiga lempeng besar tersebut yakni lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat, lempeng Eurasia yang bergerak ke arah selatan-tenggara, dan lempeng yang lebih kecil yaitu lempeng Filipina. Hal ini menyebabkan Pulau Sulawesi memiliki empat buah lengan dengan proses tektonik yang berbeda-beda dan membentuk satu kesatuan mosaik geologi.

Indeks Bahaya Seismik Regional (IBSR) merupakan gambaran seismisitas yang dihitung berdasarkan frekuensi dan energi yang dikeluarkan oleh gempa bumi. Pada umumnya setiap tempat mempunyai kekuatan gempa yang tidak sama, jadi diperlukan ukuran seismisitas dari tempat tersebut sebelum dilakukan perencanaan bangunan. Oleh karena itu dilakukan penelitian tentang pembagian daerah gempa berdasarkan IBSR di Pulau Sulawesi. Berdasarkan harga IBSR ini diharapkan dapat memberikan gambaran langsung maupun tidak langsung terhadap dampak dari setiap gempa bumi di suatu lokasi, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam perencanaan dan pengembangan pemukiman maupun industri, juga dalam menentukan jalur evakuasi dan penanggulangan bencana alam khususnya gempa bumi.

Tujuan dalam penelitian ini untuk menentukan nilai Indeks Bahaya Seismik Kumulatif dan Indeks Bahaya Seismik Rata-Rata Regional.

Metode Penelitian

Data dan metode penelitian

Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter-parameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1905 sampai dengan 2005 sebanyak 3449 data gempa di daerah Sulawesi dan sekitarnya pada posisi $2^{\circ}08'$ LU dan $170^{\circ}17'$ BT.

Digunakan untuk melakukan pemetaan daerah rawan gempa berdasarkan sebaran episenter, magnitudo, dan akumulasi energi daerah Sulawesi dan sekitarnya.

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahap, yaitu :

1. Pengumpulan data gempa. Data yang digunakan adalah data sekunder berupa data parameter-parameter gempa yaitu lokasi episenter, kedalaman gempa dan magnitudo gempa yang tercatat dari tahun 1905 sampai dengan 2005 sebanyak 3449 data gempa di daerah Sulawesi dan sekitarnya pada posisi $2^{\circ}08'$ LU dan $170^{\circ}17'$ BT. Data ini diperoleh dari hasil rekaman *broadband* seismograf.

2. Pengolahan data gempa.

Tahap-tahap pengolahan data gempa adalah sebagai berikut:

- a) Menentukan daerah penelitian dengan cara membatasi data gempa yang episenternya terletak pada bujur dan lintang di Pulau Sulawesi.
 - b) Mengumpulkan data gempa dengan magnitudo $M \geq 5$ SR.
3. Pada penelitian ini menggunakan beberapa alat dan bahan antara lain: perangkat keras (hardware) dan perangkat lunak (software). Perangkat keras yang digunakan yaitu Personal Computer dengan sistem operasi Windows 10. Perangkat lunak yang digunakan yaitu ArcView Gis 3.3, Google Earth dan Microsoft Office Excel 2007.

Penelitian tentang indeks bahaya seismik regional juga pernah dilakukan di pulau Jawa (Sulistiyani, *et al*, 2013). Oleh karena nya penelitian ini akan sangat berguna bagi masyarakat pulau Sulawesi dan sekitarnya. Terlebih belum ada penelitian tentang indeks bahaya seismik regional pulau Sulawesi. Terutama untuk mitigasi bencana dan pembangunan infrastruktur bagi masyarakat Sulawesi.

Metode Analisis Data

Data yang digunakan adalah data seismisitas gempabumi Pulau Sulawesi tahun 1905-2005. Gempa - gempa yang dikaji merupakan gempa-gempa dangkal ($h < 60$ km) dan menengah (60- 300km) yang terjadi di Pulau Sulawesi. Data dari katalog gempa berupa posisi episenter, kedalaman dan magnitudo gempa untuk daerah Sulawesi dan sekitarnya. Data katalog gempa diperoleh dalam kurun waktu dari 1955- 2005, untuk daerah pada koordinat $2^{\circ}08'$ LU dan $170^{\circ}17'$ BT

Energi kumulatif gempa yang diperoleh merupakan hasil akumulasi energi seluruh kejadian gempa yang tercatat dalam periode pengamatan 100 tahun dengan magnitudo ≥ 5 serta kedalaman ≤ 65 km. Dari data ini akan terlihat kecenderungan kejadian gempa dalam kurun waktu tertentu. Hubungan antara energi gempa di fokusnya dengan besarnya magnitudo gempa dihitung dengan rumus Bath (1958):

$$\log E = 12,24 + 1,44 M \quad (E \text{ dalam erg}) \quad (1)$$

Dengan memakai rumus tersebut dihitung besarnya energi total yang telah dilepaskan dalam daerah setiap luas $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ dalam Erg.

Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK)

Indeks bahaya seismik kumulatif adalah logaritma dari jumlah energi seismik yang pernah terjadi di suatu tempat. Secara matematis dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$IBSK = \log \sum^n E_n \quad (2)$$

Dengan E_n = energi dari suatu gempa bumi

Harga IBSK dihitung untuk tiap bujur sangkar $0,5^{\circ} \times 0,5^{\circ}$ dengan menggunakan data gempa bumi yang terjadi dari tahun 1965 sampai tahun 2005. Untuk satu gempa bumi, maka harga IBSK pada suatu tempat sama dengan harga intensitas MMI di tempat tersebut.

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR)

Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-Rata (IBSRR) adalah harga rata-rata dari IBSK di suatu daerah dalam selang pengamatan tertentu.

$$IBSRR = \log \frac{1}{A} \sum^A \frac{IBSK_a}{T} \quad (3)$$

Dengan A : jumlah IBSK di daerah tersebut

$IBSK_a$: harga IBSK ditempat ke a
 T : interval waktu pengamatan

Untuk mendapatkan gambaran kegiatan seismik yang baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang sesuai dengan periode ulang gempa. Harga IBSRR ini berhubungan dengan keadaan tanah setempat, karena perhitungannya berdasarkan kerusakan yang dialami ditempat tersebut.

Dapat dilihat hasil perhitungan harga IBSRR dan deviasi standarnya untuk tiap daerah gempa. panjang garis merupakan dua kali harga deviasi standar, yang merupakan pergeseran dari harga IBSRR untuk tiap daerah tersebut. Berdasarkan harga IBSRR ini lalu diadakan pembagian daerah gempa di wilayah Pulau Sulawesi, kemudian membandingkan harga IBSRR pada tiap-tiap daerah. Daerah dengan harga IBSRR yang besar, merupakan daerah yang mempunyai tingkat seismisitas yang tinggi. Karakteristik dari IBSRR memungkinkan untuk memperkirakan bahaya seismik secara langsung karena dibuat dengan pengambilan harga rata-rata dari jumlah energi seismik, dan besarnya dinyatakan dengan satuan yang sama dengan intensitas (MMI).

Hasil dan Pembahasan

Daerah yang akan ditentukan nilai Indeks Bahaya Seismik Kumulatif (IBSK) dan Indeks Bahaya Seismik Regional Rata-rata (IBSRR) adalah Pulau Sulawesi yang terletak pada $2^{\circ}08'$ LU dan $170^{\circ}17'$ BT. Berdasarkan penelitian, diperoleh data-data koordinat episenter Pulau Sulawesi, kedalaman sumber gempa (h), magnitudo (Mag) dan magnitudo permukaan (Ms). Data-data tersebut dapat ditentukan harga IBSK dan IBSRR seperti yang terdapat dalam tabel berikut ini:

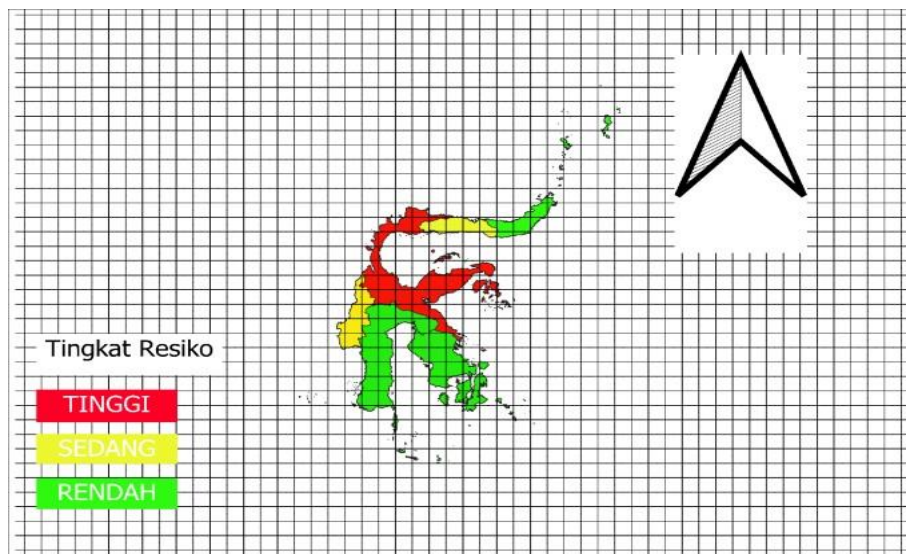
Tabel 1. Harga IBSK di Pulau Sulawesi

PROVINSI	IBSK
SULSEL	381,8810952
SULTRA	407,7084377
SULBAR	236,879165
SULUT	312,9257517
GORONTALO	128,0771592
SULTENG	1000,488047

Tabel 2. Harga IBSRR di Pulau Sulawesi

No	Provinsi	Nilai IBSRR
1	Sulawesi Selatan	0,146877344
2	Sulawesi Tenggara	0,151003125
3	Sulawesi Barat	0,18221474
4	Sulawesi Utara	0,156462876
5	Gorontalo	0,18296737
6	Sulawesi Tengah	0,196174127
	Rata-rata IBSRR	0,169283264

Didapatkan peta IBSRR dan pembagian daerah gempa berdasarkan harga IBSRR di Pulau Sulawesi, sebagai berikut.



Gambar 1. Peta lokasi pusat gempa dan IBSSR Pulau Sulawesi dan sekitarnya

Data gempa bumi tahun 1905 sampai dengan tahun 2005 yang diperoleh digunakan untuk menunjukkan seismisitas di Pulau Sulawesi berdasarkan IBSSR. Pembagian daerah gempa tersebut adalah :

1. Provinsi Sulawesi Selatan (IBSRR = $0,146877344 \pm 0,010020232$)
Gempa Bumi di kawasan Sulawesi Selatan masuk kedalam kategori resiko rendah. Harga IBSSR pada Sulsel termasuk yang paling terendah pada Pulau Sulawesi.
2. Provinsi Sulawesi Tenggara (IBSRR = $0,151003125 \pm 0,008175127$)
Harga IBSSR pada Provinsi Sulawesi Tenggara termasuk resiko rendah.
3. Provinsi Sulawesi Barat (IBSRR= $0,18221474 \pm 0,00578313$)
Pada Provinsi Sulawesi Barat sumber gempa berasal dari darat dan termasuk ke dalam resiko sedang.
4. Provinsi Sulawesi Utara (IBSRR= $0,156462876 \pm 0,005733452$)
Propinsi Sulawesi Utara termasuk kedalam resiko rendah.
5. Provinsi Gorontalo (IBSRR= $0,18296737 \pm 0,006119718$)
Pada peta IBSSR Propinsi Gorontalo berwarna kuning yang mana termasuk kedalam kategori sedang tetapi tetap harus diwaspadai.
6. Provinsi Sulawesi Tengah (IBSRR= $0,196174127 \pm 0,012025959$)
Provinsi dengan resiko gempa paling tinggi disebabkan karena sumber gempa dilewati oleh zona subduksi menyebabkan kedalaman yang cukup besar pada gempa nya.

Berdasarkan peta seismik Pulau Sulawesi, dilakukan beberapa analisa dan terlihat bahwa pusat-pusat gempa sebagian besar ditunjukkan oleh daerah yang berwarna merah pada peta IBSSR yaitu daerah Sulawesi Tengah, daerah tersebut memiliki tingkat resiko gempa yang tinggi sedangkan pada daerah yang berwarna kuning memiliki resiko yang sedang yaitu Sulawesi Barat dan Gorontalo dan terakhir daerah yang memiliki resiko rendah ditunjukkan oleh warna hijau yaitu daerah Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara.

Secara garis besar gempa yang ada di sekitar pulau Sulawesi terjadi karena pergeseran lempeng tektonik, memang ada gunung berapi tetapi lebih sering terjadi karena pergeseran lempeng tektonik.

Kesimpulan Dan Saran

Berdasarkan data-data yang sudah di olah, dapat disimpulkan bahwa berdasarkan nilai IBSK dan IBSRR yang diperoleh menyatakan hampir seluruh pulau Sulawesi bagian tengah menuju utara yaitu Provinsi Sulawesi Tengah merupakan daerah yang rawan gempa, karena memiliki nilai IBSK yang tinggi yaitu 1000,488047 dan juga nilai resiko IBSRR yang tinggi yaitu 0,146877344. Provinsi Gorontalo termasuk kedalam resiko sedang, tetapi pada Prov. Gorontalo meskipun harga IBSRR lebih rendah dari Sulawesi Tengah tetap harus diwaspadai akan rawan gempa. Sedangkan daerah yang cukup rendah resiko IBSRR nya adalah Sulawesi Utara, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tenggara.

Adapun saran yang dapat penulis sampaikan adalah dengan mengetahui besarnya bahaya seismik di suatu tempat, maka bagi perencana bangunan dapat lebih menyesuaikan kekuatan bangunan yang akan dibangun terhadap kekuatan gempa bumi yang terjadi di daerah tersebut. Untuk mendapatkan gambaran kegiatan seismik yang lebih baik, idealnya diperlukan interval waktu pengamatan yang lebih besar.

Daftar Rujukan

- [1] Andrew Newman. 2006. *Characteristic and Uncharacteristic of Earthquake a Possible Artifacts*. Wabash : Madrid.
- [2] Bath M. 1973. *Introduction to Seismology John Willey & Sons*. New York.
- [3] Christanto, Joko. 2011. *Gempa Bumi Kerusakan Lingkungan, Kebijakan dan Strategi Pengelolaan*. Yogyakarta: Liberty Yogyakarta
- [4] Edwiza D. 1998. *Studi Mikroseismik dan Parameter Seismotektonik Gempa Regional Sumbar, Laporan Penelitian dan Lembaga Penelitian*. Universitas Andalas: Padang
- [5] Gunawan Ibrahim, DR dkk. 2000. *Pengantar Seismologi*. BMG Pusat: Jakarta. Suhardjo, Pengantar Seismologi (2004)

Penyusunan Tabel dan Penentuan Indeks K Geomagnet Lokal Menggunakan Data Medan Magnet Biak

Nanda Nur Aini^{*}, Thaqibul Fikri Niyartama¹, La Ode Muhammad Musafar²

¹Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga,

²Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN) Bandung

*E-mail: Aininanda20@gmail.com

INTISARI

Gangguan medan magnet yang terukur pada permukaan Bumi atau sering disebut aktivitas geomagnet dapat dikuantisasi menggunakan indeks geomagnet seperti indeks Kp (K-Planetari) dan indeks K. Indeks Kp mempresentasikan gangguan magnetik global, sedangkan indeks K merepresentasikan tingkat gangguan geomagnet lokal pada komponen horizontal medan magnet Bumi untuk tiap interval waktu tiga jam. Indeks K berupa bilangan bulat pada rentang 0-9. Untuk menentukan indeks K, dalam penelitian ini digunakan data stasiun pengamatan geomagnet di Biak (koordinat geomagnet (-9,73°; 208,39°) dalam rentang waktu sekitar 1-siklus Matahari (1992-2004). Hasil yang diperoleh juga dibandingkan dengan hasil perhitungan menggunakan data stasiun Kakioka (koordinat geomagnet -26°; 209,4°) dalam rentang waktu yang sama. Informasi hari tenang geomagnet internasional sebagai hari tenang geomagnet digunakan untuk menurunkan indeks K. Medan Sq didekomposisi menggunakan analisis deret Fourier hingga harmonik ke-4 pada masing-masing komponen \vec{H} dan \vec{D} . Perata-rataan medan Sq pada hari tenang geomagnet tersebut digunakan sebagai acuan dalam menghitung gangguan geomagnet. Gangguan geomagnet didefinisikan sebagai besar deviasi nilai hasil pengukuran terhadap medan Sq rata-rata dalam suatu bulan tertentu. Berdasarkan penelitian ini didapatkan hasil tabel konversi indeks K dengan korelasi 99,3%, dimana K0 memiliki rentang konversi medan gangguan lebih kecil dari 4,4 nT dan nilai K9 memiliki rentang konversi medan gangguan lebih besar dari 342,6 nT. Hasil pengujian indeks K yang dihitung menggunakan data Biak menunjukkan pola yang serupa dengan indeks K di Kakioka. Sehingga hasil indeks K yang dilakukan pada penelitian ini dapat digunakan untuk stasiun-stasiun di Indonesia dalam memberikan informasi gangguan magnetik lokal untuk mendukung pelayanan data terkait cuaca Antariksa di LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional).

Kata Kunci: indeks K, indeks Kp, medan magnet Bumi

ABSTRACT

Magnetic field disturbance measured or some time is called as geomagnetic activity can be quantified by geomagnetic indices such as the Kp (K-Planetary) index and the K index. The Kp index represents global magnetic disturbance, whereas the K index stand for local geomagnetic disturbance. Conventionally, these indices derived from a horizontal component of the magnetic field for each time interval of three hours. K-Index as well as Kp-Index are an integer in the range of 0-9. Determining the K index, the geomagnetic observation station data in Biak (geomagnetic coordinates -9,73 °; 208,39 °) has been used for data range about one solar cycle (1992-2004). The obtained results were also compared with the results that derived from Kakioka data (geomagnetic coordinates -26 °; 209,4 °) for the same time range. The baseline or Sq field was decompsed by applying Fourier series analysis up to the 4th harmonic to \vec{H} and \vec{D} components of magnetic field. The average Sq field on the geomagnetic quietest days was used as a baseline to deduce magnetic disturbance from the magnetic variation. In this study, five days of the international geomagnetic quietest has been used. The Geomagnetic disturbance is defined as the deviation of the measured magnetic field to the average Sq field. A comparison and analyses of local magnetic disturbance and Kp-Index has been performed to determine the K-index conversion table. The largest correlation of 99,3% has been found where lowest limit magnetic disturbance for K=0 was found less than 4,4 nT and for K= 9 for disturbance greater than 342,6 nT. The K index test results calculated using Biak data show a similar pattern to the K index in Kakioka. So the results of the K index conducted in this study can be used for stations in Indonesia in providing information on local magnetic disturbances to support data services related to space weather in LAPAN (Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional).

Keywords: Earth's magnetic field, K index, Kp index

Pendahuluan

Bencana dalam perspektif Islam merupakan suatu gangguan serius yang disebabkan oleh faktor alam maupun faktor manusia yang bisa melumpuhkan fungsi-fungsi masyarakat yang dibangun untuk menopang keberlangsungan hidup, melindungi aset-aset, kelestarian lingkungan dan menjamin martabatnya sebagai manusia, sebagai bagian dari perintah agama. Lumpuhnya fungsi tersebut karena terjadinya kerugian dari sisi manusia, materi, ekonomi, atau lingkungan yang meluas yang melampaui kemampuan komunitas atau masyarakat yang terkena dampak untuk mengatasi dan menggunakan sumber daya mereka sendiri (Majelis Tarjih Tajdid dan Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2018).

Persiapan sebelum terjadinya bencana atau mitigasi bencana bertujuan untuk meminimalkan dampak yang ditimbulkan oleh bencana. Mitigasi bencana mencakup perencanaan dan pelaksanaan tindakan-tindakan untuk mengurangi resiko bencana baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana (Majelis Tarjih Tajdid dan Pimpinan Pusat Muhammadiyah, 2018).

Seperti penelitian yang dilakukan ini sebagai bentuk mitigasi bencana, agar tidak terjadi hal yang merugikan seperti pada peristiwa besar yang terjadi pada tahun 1859 atau dikenal dengan Carrington Event. Peristiwa Carrington Event dimulai pada 28 Agustus 1859 dengan terdeteksinya bitnik Matahari. Pada 1 September 1859 terjadi badai magnet yang berakibat fenomena alam yang menyerupai pancaran cahaya yang menyala-nyala pada lapisan ionofer (Aurora) yang biasanya hanya bisa diamati di lintang tinggi saat itu bahkan bisa diamati sampai di equator. Selama masa badai tersebut banyak terjadi kerusakan pada sistem telekomunikasi saat itu yang masih menggunakan telegraf. Arus yang sangat kuat menginduksi Atmosfer dan permukaan Bumi mengakibatkan terputusnya komunikasi dan kebakaran pada mesin telegraf akibat kelebihan di beberapa daerah Amerika Utara (Nuraeni, 2015)

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian suatu indeks geomagnet yang dapat memberikan informasi tingkat aktivitas geomagnet sebagai salah satu bentuk mitigasi bencana untuk meminimalisir dampak yang merugikan bagi manusia dan juga teknologi yang berkembang saat ini akibat kondisi cuaca antariksa. Indeks geomagnet. beberapa diantaranya ialah indeks *Ae* (*Auroral electrojet*), indeks *Dst* (*Disturbance Strom Time*), indeks *Kp* (*K-Planetari*) yang mempresentasikan gangguan geomagnet global, dan indeks *K* yang mempresentasikan gangguan geomagnet lokal. Gangguan geomagnet disebabkan oleh masuknya energi ke magnetosfer (lapisan medan magnet yang menyelubungi Bumi) (Menvielle dan Berthelier, 1991).

Pada wilayah Indonesia sangat dibutuhkan indeks *K* sebagai parameter yang digunakan untuk menganalisis kondisi cuaca antariksa sehingga dilakukan penentuan tabel konversi indeks *K* menggunakan data medan magnet Biak (koordinat geomagnet $-9,73^{\circ}$, $208,39^{\circ}$) dari tahun 1992 hingga 2004 (selama 1 siklus Matahari). Pemilihan data Biak dikarenakan pada daerah tersebut memiliki kualitas yang lebih baik dari pada stasiun lainnya yang tersebar di wilayah Indonesia. Penelitian mengenai penentuan indeks *K* untuk wilayah Indonesia ini telah dilakukan pada tahun 2015 oleh Juangsih, dimana penurunan tabel konversi indeks *K* dilakukan dengan menggunakan pola medan *Solar quite* (hari tenang) dengan menerapkan sifat simetri medan *Solar quite* (*Sq*). Sedangkan penelitian ini menggunakan metode konvensional dengan menerapkan perhitungan medan *Sq* analisis deret Fourier hingga harmonik ke-4 yang nantinya akan dibandingkan dengan data indeks *K* pada stasiun Kakioka (koordinat geomagnet 26° , $209,4^{\circ}$) dengan tahun yang sama.

Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menyusun tabel konversi indeks K geomagnet dan menentukan indeks K geomagnet untuk daerah Indonesia. dilakukan dalam beberapa tahapan, yaitu sebagai berikut:

1. Pengumpulan Data Variasi Geomagnet

Tahapan pengumpulan data variasi geomagnet ini bertujuan untuk mendapatkan data dari stasiun lintang menengah dan lintang rendah secara geografis dengan target didapatkannya data stasiun Biak (koordinat geomagnet $-9,73^\circ$, $208,39^\circ$) dan data dari stasiun Kakioka (koordinat geomagnet 26° , $209,4^\circ$) selama satu siklus Matahari (tahun 1992 sampai 2004). Cara memperoleh data tersebut ialah dari hasil pengukuran menggunakan alat magnetometer yang berada pada Kakioka (Jepang) dan Biak (Indonesia). Data yang terekam pada stasiun Biak merupakan data yang tidak mengandung medan magnet utama Bumi sedang pada stasiun Kakioka masih mengandung medan magnet utama Bumi.

2. Observasi Pada Data dengan Resolusi Data 1 menit

Observasi data bertujuan untuk mendapatkan data yang memiliki kualitas baik. Hal ini perlu dilakukan karena magnetometer dalam pengambilan data sangat sensitif, sehingga pada data terdapat *noise*. Data variasi harian geomagnet yang mengandung *noise* sangat berpengaruh pada hasil pengolahan data geomagnet karena menghasilkan informasi indeks K yang kurang tepat. Salah satu *noise* adalah data *spike* (data yang tiba-tiba melonjak). Cara yang dilakukan pada tahapan ini ialah dengan melakukan *plotting* data menggunakan MATLAB, dimana *noise* yang ada pada data dilakukan perbaikan atau penghapusan dengan target didapatkannya data dengan grafik yang *signifikan* (tanpa adanya *noise*).

3. Koreksi Efek *Dst* dengan Resolusi Data 1 Jam

Koreksi *Dst* pada data dengan resolusi waktu 1 jam bertujuan untuk menentukan garis dasar malam hari. Hal ini dilakukan dengan cara menyesuaikan indeks *Dst* dan tren linier dengan data malam hari dari \vec{H} pada waktu tertentu dua jam paling dekat dengan tengah malam lokal (22.00 hingga 02.00), melalui persamaan dalam bentuk matriks:

$$\mathbf{d} = A\mathbf{M} \quad (1)$$

dengan

$$\mathbf{d}^n = \begin{pmatrix} H_1^n \\ H_2^n \\ H_3^n \\ \vdots \\ H_k^n \end{pmatrix} \quad A^n = \begin{pmatrix} 1 & T_1^n & Dst_1^n \\ 1 & T_2^n & Dst_2^n \\ 1 & T_3^n & Dst_3^n \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & T_k^n & Dst_k^n \end{pmatrix} \quad M = \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{pmatrix}$$

Solusi untuk matriks M dalam persamaan (3.1) dapat dipecahkan melalui metode kuadrat terkecil yang memiliki bentuk

$$M = \{(A^n)^T A^n\}^{-1} \{(A^n)^T \mathbf{d}^n\} \quad (2)$$

dengan

\mathbf{d}^n	= data komponen \vec{H}
T	= waktu dalam <i>Julian Days</i>
Dst	= data indeks <i>Dst</i>
n	= lima jam pada malam hari stasiun lokal
k	= jumlah nilai data pada malam hari
α, β, γ	= koefisien

Target dari koreksi Dst ini akan diperoleh kualitas data yang lebih baik sehingga bermanfaat untuk perhitungan variasi Sq dengan menggunakan deret Fourier.

4. Perhitungan Varasi Sq dengan Deret Fourier

Perhitungan variasi Sq bertujuan untuk memisahkan antara variasi medan magnet yang bersumber dari perubahan medan listrik ionosfer dan juga variasi medan magnet utama. Perhitungan ini diperoleh dengan menggunakan cara deret Fourier hingga harmonik ke-4 yang dapat dituliskan persamaannya sebagai berikut:

$$S_q = a_0 + \sum_{m=1}^4 \left\{ a_m \cos \left(2\pi \frac{mt}{24} \right) + b_m \sin \left(2\pi \frac{mt}{24} \right) \right\} \quad (3)$$

Persamaan 3.4 dapat dituliskan dalam persamaan matriks yaitu:

$$d_F = A_F M_F \quad (4)$$

dengan matriks M_F merupakan matriks koefisien Fourier yang diberikan oleh

$$M_F = \begin{pmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \end{pmatrix} \quad \text{dan} \quad d_F = \begin{pmatrix} \Delta V_0 \\ \Delta V_1 \\ \vdots \\ \Delta V_{23} \end{pmatrix}$$

$$A_F = \begin{bmatrix} 1 & \cos \left(2\pi \frac{1 \cdot 0}{24} \right) & \cdots & \cos \left(2\pi \frac{4 \cdot 0}{24} \right) & \sin \left(2\pi \frac{1 \cdot 0}{24} \right) & \cdots & \sin \left(2\pi \frac{4 \cdot 0}{24} \right) \\ 1 & \cos \left(2\pi \frac{1 \cdot 1}{24} \right) & \cdots & \cos \left(2\pi \frac{4 \cdot 1}{24} \right) & \sin \left(2\pi \frac{1 \cdot 1}{24} \right) & \cdots & \sin \left(2\pi \frac{4 \cdot 1}{24} \right) \\ 1 & \cos \left(2\pi \frac{1 \cdot 2}{24} \right) & \cdots & \cos \left(2\pi \frac{4 \cdot 2}{24} \right) & \sin \left(2\pi \frac{1 \cdot 2}{24} \right) & \cdots & \sin \left(2\pi \frac{4 \cdot 2}{24} \right) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & \cos \left(2\pi \frac{1 \cdot 23}{24} \right) & \cdots & \cos \left(2\pi \frac{4 \cdot 23}{24} \right) & \sin \left(2\pi \frac{1 \cdot 23}{24} \right) & \cdots & \sin \left(2\pi \frac{4 \cdot 23}{24} \right) \end{bmatrix}$$

Target dari tahapan ini ialah didapatkan variasi harian komponen medan magnet \vec{H} atau \vec{D} pada hari tenang geomagnet yang bermanfaat untuk perhitungan rata-rata Sq .

5. Perhitungan Rata-rata Sq dalam 5 Hari

Perhitungan rata-rata Sq dalam 5 hari selama satu bulan bertujuan untuk menentukan kuat medan geomagnet saat hari tenang ($Sq(t)$). Perhitungan ini dilakukan dengan cara berdasarkan aturan internasional, yang dapat diakses melalui web <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/qddays/index.html>

$$Sq(t) = \frac{1}{5} [q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5] \quad (5)$$

dengan

$$\begin{aligned} Sq(t) &= \text{kuat medan geomagnet saat hari tenang} \\ q_n &= \text{data hari tenang} \end{aligned}$$

Target yang didapat dari tahapan ini ialah data yang memiliki kondisi sangat tenang dimana bersifat antisimetri terhadap siang hari waktu lokal. Manfaat dari perhitungan rata-rata Sq ialah digunakan untuk indeks K secara *real time*.

6. Perhitungan Gangguan Geomagnet

Perhitungan gangguan geomagnet bertujuan untuk mendapatkan data gangguan rata-rata 1 jam dan 3 jam dengan cara mengurangi data medan magnet pada stasiun tersebut dengan medan S_q . Target dari perhitungan gangguan geomagnet didapatkan data gangguan geomagnet dengan rata-rata 1 jam dan 3 jam pada setiap bulannya selama satu siklus Matahari. Sehingga dapat bermanfaat untuk membandingkan nilai gangguan pada komponen \vec{H} dan komponen \vec{D} . Salah satu nilai komponen yang lebih besar akan digunakan untuk proses perhitungan tabel konversi.

7. Melakukan Distribusi antara Indeks K Pada Masing-masing Stasiun dengan Indeks Kp

Distribusi antara indeks K dan Kp ini bertujuan untuk mencocokkan hasil dari indeks K pada masing-masing stasiun dengan indeks Kp. Target dari tahapan ini didapatkan nilai korelasi tertinggi antara indeks K masing-masing stasiun dan indeks Kp dengan tahun yang sama. Pada tahapan ini dilakukan cara mencocokkan indeks K masing-masing stasiun dan indeks Kp dengan panjang rentang nilai 28, yaitu: 0, 0+, 1-, 1, 1+, 2-, 2, 2+, 3-, 3, 3+, 4-, 4, 4+, 5-, 5, 5+, 6-, 6, 6+, 7-, 7, 7+, 8-, 8, 8+, 9-, 9+. Manfaat pada tahapan ini ialah diperoleh data yang dapat digunakan untuk menentukan tabel konversi.

8. Penentuan Tabel Konversi

Penentuan tabel konversi ini bertujuan untuk mendapatkan indeks K dari perhitungan data selama satu siklus Matahari yang disajikan dalam tabel. Data konversi indeks K yang disusun mengikuti pola indeks Kp (indeks geomagnet global) yang memiliki selang waktu sama dengan indeks K, yaitu 3 jam. Panjang rentang nilai 28. Distribusi indeks Kp dari tahun 1992 hingga 2004 merupakan kurva logaritmik, sehingga tabel konversi dikonstruksi secara logaritmik dengan panjang rentang 28 dan dicari nilai korelasi tertinggi terhadap distribusi gangguan Biak. Data gangguan 3 jam Biak dari tahun 1992 hingga 2004 dicocokkan dengan data indeks Kp ditahun yang sama. Oleh karena indeks Kp memiliki 28 selang interval maka untuk awal tabel konversi dibagi ke dalam 28 selang interval.

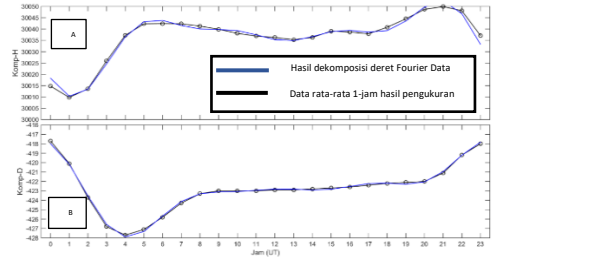
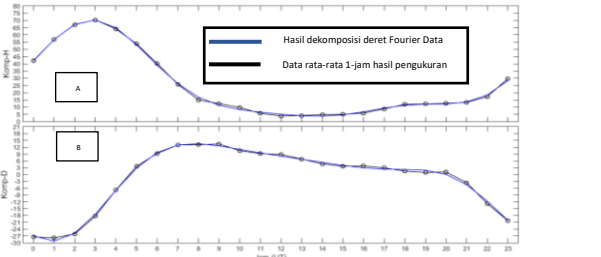
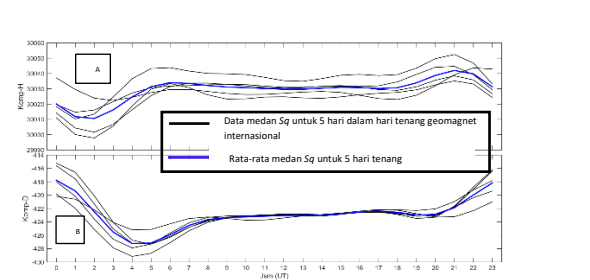
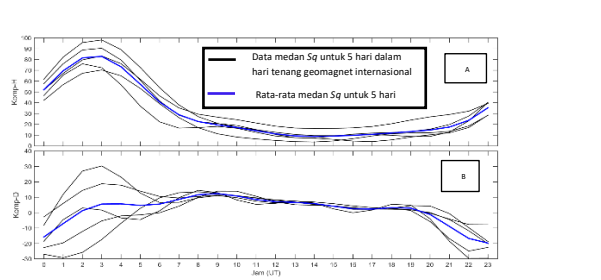
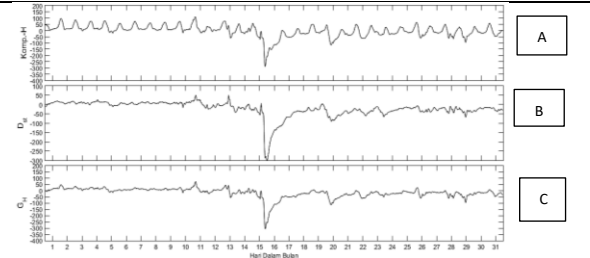
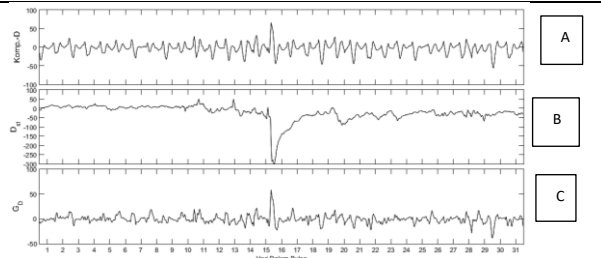
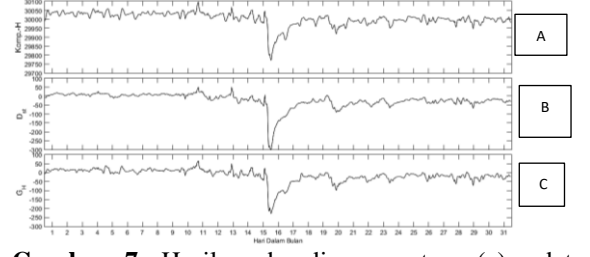
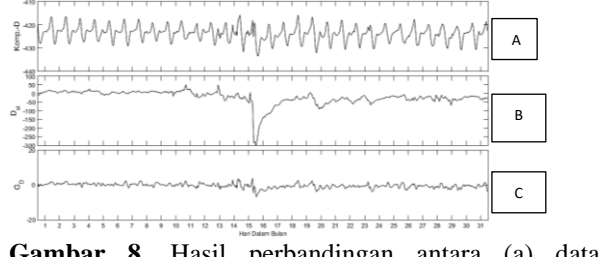
Target dari tahap ini didapatkan tabel indeks K untuk 10 selang interval. Indeks K ini dapat digunakan untuk memberikan informasi gangguan magnetik untuk mendukung pelayanan data terkait cuaca Antariksa.

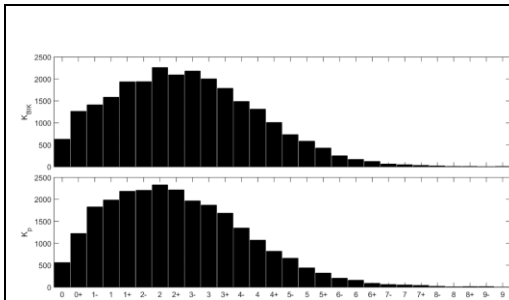
9. Pengujian Indeks K Biak dengan indeks K Kakioka

Pengujian indeks K ini merupakan metode konvensional dengan tujuan untuk melakukan perbandingan, dimana secara magnetik keduanya berada pada lintang rendah. Pengujian ini dilakukan dengan cara melakukan *plotting* dan perhitungan nilai korelasi data indeks K pada stasiun Kakioka dan indeks K pada stasiun Biak setiap bulannya selama satu siklus Matahari. Target pada tahap ini didapatkan nilai korelasi. Manfaat dilakukan pengujian ialah untuk mengetahui kecocokan indeks K pada stasiun Biak dengan stasiun Kakioka sehingga nantinya indeks K dari data medan magnet stasiun Biak ini dapat digunakan untuk wilayah Indonesia.

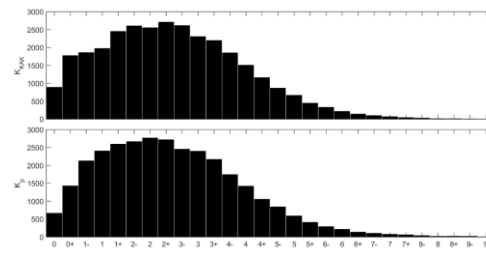
Hasil dan Pembahasan

Tabel 1.1. Hasil dari Penelitian

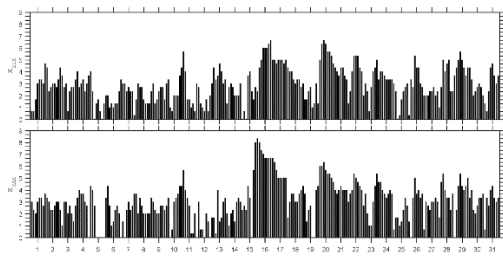
 <p>Gambar 1. (a) Hasil dekomposisi Fourier pada komponen \vec{H} (b) Hasil dekomposisi Fourier pada komponen \vec{D} untuk data stasiun Kakioka pada 15 Maret 2000</p>	 <p>Gambar 2. (a) Hasil dekomposisi Fourier pada komponen \vec{H} (b) Hasil dekomposisi Fourier pada komponen \vec{D} untuk data stasiun Biak pada 15 Maret 2000</p>
 <p>Gambar 3. (a) Pola hari tenang geomagnet komponen \vec{H} (b) Pola hari tenang geomagnet komponen stasiun \vec{D} untuk stasiun Kakioka pada 15 Maret 2000</p>	 <p>Gambar 4. (a) Pola hari tenang geomagnet komponen \vec{H} (b) Pola hari tenang geomagnet komponen stasiun \vec{D} untuk stasiun BIK pada 15 Maret 2000</p>
 <p>Gambar 5. Hasil perbandingan antara (a) data komponen \vec{H} (b) data Dst (c) hasil perhitungan gangguan untuk stasiun Biak pada Juli 2000</p>	 <p>Gambar 6. Hasil perbandingan antara (a) data komponen \vec{D} (b) data Dst (c) hasil perhitungan gangguan untuk stasiun Biak pada Juli 2000</p>
 <p>Gambar 7. Hasil perbandingan antara (a) data komponen \vec{H} (b) data Dst (c) hasil perhitungan gangguan untuk stasiun Kakioka pada Juli 2000</p>	 <p>Gambar 8. Hasil perbandingan antara (a) data komponen \vec{D} (b) data Dst (c) hasil perhitungan gangguan untuk stasiun Kakioka pada Juli 2000</p>



Gambar 9. Distribusi indeks Kp dan indeks K dari stasiun Biak pada tahun 1992 sampai 2004



Gambar 10. Distribusi indeks Kp dan indeks K dari Stasiun Kakioka pada tahun 1992 sampai 2004



Gambar 11. Contoh perbandingan indeks K stasiun pengamatan BIK (Biak) dan KAK (Kakioka) pada Juli 2000

Tabel 1. 2. Konversi indeks K geomagnet untuk wilayah Indonesia

Indeks K	Rentang Konversi Medan Gangguan (nT)
0	4,4
0+	5,1
1-	6,1
1	7,2
1+	8,5
2-	10,1
2	11,9
2+	14,1
3-	16,7
3	19,7
3+	23,3
4-	27,6
4	32,6
4+	38,6
5-	45,7
5	54,0
5+	63,9
6-	75,6
6	89,4
6+	105,7
7-	125,1
7	147,9
7+	175,0
8-	207,0
8	244,8
8+	289,6
9-	342,6
9	>342,6



Tabel 1.3. Indeks K geomagnet untuk wilayah Indonesia

Indeks K	Rentang Konversi Medan Gangguan (nT)
0	5,1
1	8,5
2	14,1
3	23,3
4	38,6
5	63,9
6	105,7
7	175,0
8	289,6
9	342,6

Pembahasan

Sebagaimana yang telah ditunjukkan oleh Tabel 1.3 yang merupakan hasil penurunan dari Tabel 1.2 didapatkan informasi indeks K sebagai hasil akhir penelitian ini dengan menggunakan data Biak pada tahun 1992 hingga 2004. Penentuan indeks K ini didasarkan pada indeks Kp dengan tahun yang sama. Dimana hasil korelasi dari distribusi indeks Kp dan indeks K ialah sebesar 99,3%.

Salah satu contoh hasil dari pengolahan data dekomposisi Fourier hingga harmonik ke-4 pada stasiun Kakioka (KAK) dapat ditampilkan pada Gambar 1 dan stasiun Biak (BIK) terdapat pada Gambar 2. Perbedaan antara keduanya ialah nilai medan magnet pada sumbu y. Hal ini dikarenakan data yang didapatkan medan magnet pada stasiun KAK masih mengandung medan magnet utama Bumi dan perhitungan pada medan Sq juga masih mengandung medan utama Bumi, sehingga nilai pada komponen \vec{H} mencapai 30045nT dan komponen \vec{D} mencapai -428nT. Berbeda dengan stasiun BIK yang nilainya hanya mencapai 70nT pada komponen \vec{H} dan -30nT pada komponen \vec{D} karena magnetometranya mengukur tanpa medan magnet utama Bumi.

Contoh hasil perhitungan pola hari tenang pada Maret 2000 untuk stasiun KAK diberikan dalam Gambar 3. Kurva berwarna hitam adalah data medan Sq pada 5 hari pertama dalam hari tenang geomagnet internasional, sedangkan kurva berwarna biru adalah rata-rata dari medan Sq untuk 5 hari tenang tersebut. Pada Gambar 3 menampilkan pola Sq pada komponen \vec{H} dimulai dengan penurunan grafik dan terjadi puncak pada jam 5 dalam standar waktu *universal*. Hal ini berbeda pada stasiun BIK yang ditampilkan dalam Gambar 4, dimana komponen \vec{H} dimulai dengan kenaikan yang memiliki puncak pada jam 3 dalam standar waktu *universal*. Apabila dalam waktu lokal puncak tersebut terjadi pada jam 12 siang, hal ini dikarenakan pada daerah equator elektron bergerak dari malam ke siang sehingga nilai medan magnet pada siang hari lebih besar dari pada waktu lainnya.

Selanjutnya contoh data hasil stasiun BIK ditampilkan Gambar 5, dimana menampilkan komponen \vec{H} , koreksi Dst , dan gangguan pada komponen \vec{H} . Sedangkan pada Gambar 6 menampilkan komponen \vec{D} , koreksi Dst , dan gangguan pada komponen \vec{D} . Pada Gambar 5 dapat terlihat dengan jelas bahwa terjadi badai pada tanggal 15 sedangkan pada Gambar 6 memiliki grafik yang stabil. Sehingga pada stasiun BIK aliran arus didominasi oleh komponen \vec{H} . Hal tersebut dikarenakan BIK terdapat pada garis equator dengan aliran arus dari Barat ke Timur atau dari malam menuju siang dimana searah dengan arah putaran jarum jam. Menurut gaya Lorentz (kaidah tangan kanan) apabila arah arus sejajar karena perkalian antara besar muatan dan kecepatan. Sedangkan arah medan magnet tegak lurus terhadap arah arus. Pada stasiun BIK arus menuju Timur dan arah medan magnet menuju Utara sehingga komponen \vec{H} (arah magnetik horizontal Utara-Selatan) lebih besar dibandingkan komponen \vec{D} (sudut deklinasi).

Sedangkan contoh data hasil stasiun KAK ditampilkan pada Gambar 7, dimana terdapat plot data komponen \vec{H} , koreksi Dst , gangguan pada komponen \vec{H} dan pada Gambar 8 terdapat plot data komponen \vec{D} , koreksi Dst , gangguan pada komponen \vec{D} . Pada Gambar 7 dapat terlihat dengan jelas bahwa terjadi badai pada tanggal 15 sedangkan pada Gambar 8 memiliki grafik yang stabil. Sehingga pada stasiun KAK aliran arus didominasi oleh komponen \vec{H} . Namun tidak jarang pula stasiun KAK didominasi oleh komponen \vec{D} . Hal tersebut karena KAK terdapat pada lintang menengah dengan aliran arus dari Timur menuju Utara kemudian ke Barat hal ini terjadi karena ada pembelokan, dimana arah arus berlawanan dengan arah putaran jarum jam. Menurut gaya Lorentz (kaidah tangan kanan) apabila arah arus sejajar karena perkalian antara besar muatan dan kecepatan. Sedangkan arah medan magnet tegak lurus terhadap arah arus. Pada stasiun KAK arus menuju Timur dan arah medan magnet menuju Utara sehingga komponen \vec{H}

(arah magnetik horizontal Utara-Selatan) lebih besar dibandingkan komponen \vec{D} (sudut deklinasi). Namun tidak jarang pula pada stasiun KAK arus menuju Utara dan arah medan magnet menuju Timur sehingga komponen \vec{H} (arah magnetik horizontal Utara-Selatan) lebih kecil dibandingkan komponen \vec{D} (sudut deklinasi).

Selanjutnya dilakukan tahap distribusi antara indeks Kp dengan indeks K pada stasiun BIK dan KAK dengan masing-masing Gambar 9 dan Gambar 10. Hasil distribusi indeks K stasiun BIK dan indeks Kp memiliki nilai korelasi yaitu 99,3%, dimana nilai tersebut juga sama dengan nilai korelasi antara distribusi indeks K stasiun KAK dan indeks Kp. Sehingga didapatkan penyusunan indeks K stasiun BIK dengan 28 interval yang dapat disajikan dalam Tabel 1.2. Setelah dari penyusunan indeks K dengan 28 interval maka akan didapatkan tabel konversi indeks K untuk geomagnet lokal pada Tabel 1.3. Nilai K0 ialah 4,4 nT dengan batas nilai K9 ialah 342,57 nT.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dari “Penyusunan Tabel dan Penentuan Indeks K Geomagnet Lokal Menggunakan Data Medan Magnet Biak” pada tahun 1992-2004 (satu siklus) didapat kesimpulan bahwa penyusunan tabel konversi indeks K geomagnet untuk wilayah Indonesia ditunjukkan pada Tabel 1.2 dan nilai indeks K yang dapat ditampilkan pada Tabel 1.3 dengan nilai korelasi sebesar 99,3%.

Saran untuk penelitian selanjutnya ialah perlu dilakukan analisis lebih detail mengenai sumber-sumber lokal penyebab perbedaan antara hasil yang diperoleh dalam makalah ini dengan hasil yang diperoleh dengan Juangsih (2015), kemungkinan perbedaan yang terletak pada kekuatan medan S_q yang menjadi garis dasar perhitungan gangguannya. Hal ini disebabkan karena metode penentuan garis dasar yang digunakan adalah berbeda. Saran terakhir perlu dilakukan analisis lebih detail terkait efek perbedaan lintang atau sumber lokal yang menyebabkan adanya perbedaan rentang indeks K antara stasiun Biak (BIK) dan stasiun Kakioka (KAK).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Allah SWT, kedua orang tua saya, Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, S.Si, M.Si dosen Program Studi Fisika Fakultas Sains dan Teknologi UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, dan Bapak La Ode Muhammad Musafar K., M.Sc dari LAPAN Bandung yang telah membimbing penulis hingga terselesaikannya penulisan ini.

Daftar Rujukan

- [1] Chapman, S., dan Bartels, J. 1940. *Geomagnetism* (Vol. I). Clarendon Press. Oxford.
- [2] Juangsih, M. 2015. *Penentuan Indeks K Geomagnet untuk Daerah Indonesia*. (Tesis), Jurusan Sains Kebumihan, FITK, ITB, Bandung
- [3] Nuraeni, F. 2015. Peristiwa Super Storm. *Buletin Cuaca Antariksa*, ISSN:2303-2707, Vol.4 No.2 April-Juni 2015 : 6-8
- [4] Majelis Tarjih Tajdid dan Pimpinan Pusat Muhammadiyah. 2018. Himpunan Putusan Tarjih Muhammadiyah 3. Penerbit Suara Muhammadiyah: Yogyakarta

Studi *Site Effect* (Tapak Lokal) Berdasarkan Pengukuran Mikrotremor di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah

Sri Handayani^{1*}, Thaqibul Fikri Niyartama¹, Nugroho Budi Wibowo²

¹ Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga,

² BMKG Kelas I Yogyakarta

*Email: yanihandayani115@gmail.com

INTISARI

Telah dilakukan penelitian di Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah berdasarkan pengukuran mikrotremor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0). Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui potensi daerah rawan bencana gempa bumi berdasarkan studi *site effect* (tapak lokal) dikaji dengan parameter percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration*, *PGA*), indeks kerentanan seismik (*Kg*), *ground shear strain* (*GSS*) dan ketebalan lapisan sedimen (*h*) yang bermanfaat untuk perencanaan, pengembangan, dan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempa bumi sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempa bumi terjadi. Pengambilan data dilakukan dengan menggunakan seismometer tipe TDS-303 pada 41 titik pengukuran dengan jarak antar titik 1000 meter. Data tersebut diolah menggunakan perangkat lunak *Sesarry Geopsy* dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (*HVSR*) untuk mendapatkan frekuensi dominan dan amplifikasi tanah. Perhitungan nilai *PGA* menggunakan persamaan Kanai dan model gempa bumi skenario yang digunakan adalah gempa bumi dengan sumber sesar lokal (sesar progo) dengan magnitudo 5 dan 6. Nilai *PGA* yang dihasilkan pada magnitudo 5 yaitu 24,94 s.d 126,50 gal sedangkan untuk magnitudo 6 berkisar 101,60 s.d 515,35 gal. Sebaran nilai indeks kerentanan seismik antara 0,87 s.d 58,27. Sebaran nilai *ground shear strain* antara $0,08 \times 10^{-3}$ s.d $1,53 \times 10^{-3}$ untuk magnitudo 5 sedangkan untuk magnitudo 6 berkisar $0,35 \times 10^{-3}$ s.d $6,26 \times 10^{-3}$. Ketebalan lapisan sedimen (*h*) antara 7,12 s.d 151,74 meter. Nilai *PGA*, *Kg*, *GSS* dan *h* terbesar berada di Desa Pakunden dan Banjarharjo yang diperkirakan memiliki tingkat resiko besar terhadap bencana gempa bumi. Nilai indikator tingkat kerawanan terhadap dampak gempa bumi sangat dipengaruhi oleh faktor *site effect* atau kondisi geologi setempat dari suatu daerah sehingga tidak cukup dengan mengukur satu parameter saja.

Kata Kunci: Mikrotremor, *HVSR*, *Site Effect*, Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang

ABSTRACT

Research has been carried out in Ngluwar District, Magelang Regency, Central Java based on microtremor measurements. This study aims to determine the value of dominant frequency (f_0) and soil amplification (A_0). This study also aims to determine the potential for earthquake-prone areas based on site effect studies assessed with parameters of peak ground acceleration (PGA), seismic vulnerability index (Kg), ground shear strain (GSS) and layer thickness sediments (h) that are useful for planning, developing, and building that are resistant to earthquake vibrations so can minimize the risk when an earthquake disaster occurs. Data was collected using a seismometer type TDS-303 at 41 measurement points with a distance between points of 1000 meters. The data is processed using *Sesarry Geopsy* software using the *Horizontal to Vertical Spectral Ratio* (*HVSR*) method to obtain (f_0) and (A_0). The calculation of PGA values using the Kanai equation and scenario earthquake model used is earthquake with a local fault source (fault progo) with magnitudes 5 and 6. The PGA values generated at magnitude 5 are 24,9 to 126,50 gal while for magnitude 6 from 101,60 to 515,35 gal. Distribution of Kg values between 0,87 to 58,27. The distribution of GSS values is between $0,08 \times 10^{-3}$ to $1,54 \times 10^{-3}$ for magnitude 5 while for magnitude 6 ranges from $0,34 \times 10^{-3}$ to $6,26 \times 10^{-3}$. The (h) values ranged from 7,12 to 151,74 meters. The largest PGA, Kg, GSS and h values are in the villages of Pakunden and Banjarharjo which estimated have a high level of risk from earthquake disasters. The value of indicator level of vulnerability to the impact of an earthquake is strongly influenced by site effect factors or the local geological conditions of an area so it is not enough to measure just one parameter.

Keywords: Microtremor, *HVSR*, *Site Effect*, Ngluwar District, Magelang Regency

Pendahuluan

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam [1]. Indonesia negara yang memiliki potensi bencana yang sangat besar. Bencana ini terjadi karena berbagai sebab antara lain karena wilayah Indonesia berada diantara tiga lempeng besar dunia yaitu Lempeng Eurasia, Lempeng IndoAustralia dan Lempeng Pasifik. Pergerakan lempeng samudera dan benua dalam bentuk tumbukan dan gesekan menimbulkan beberapa zona subduksi dan patahan permukaan. Pergerakan ini membebaskan sejumlah energi yang telah terkumpul sekian lama secara tiba-tiba dimana proses pelepasan tersebut menimbulkan getaran gempa bumi dengan nilai yang beragam [2], peristiwa ini disebut dengan gempa bumi tektonik. Berbagai wilayah di Indonesia pernah mengalami gempa bumi tektonik secara historis di Jawa Tengah pernah terjadi gempa bumi signifikan yang menyebabkan beberapa kerusakan, antara lain yaitu pada tahun 2011 terjadi gempa bumi dengan magnitudo 7,1 dengan pusat gempa di laut 293 km barat daya Cilacap Jawa Tengah. Selain itu pada tahun 2013 juga terjadi gempa bumi dengan magnitudo 4,8 dengan pusat gempa di darat 11 km barat laut Wonosobo yang mengakibatkan 2 orang mengalami luka-luka dan banyak rumah warga yang rusak sedangkan pada tahun 2014 terjadi gempa bumi dengan magnitudo 6,5 dengan pusat gempa di laut 199 km tenggara Cilacap yang mengakibatkan rusaknya rumah-rumah warga namun tidak ada korban jiwa dan masih banyak lagi data gempa bumi yang terjadi di Jawa Tengah [3]. Hal ini menunjukkan wilayah Jawa Tengah memiliki potensi resiko bahaya gempa bumi sehingga menyebabkan kerusakan struktur bangunan akibat getaran yang ditimbulkannya.

Hal yang berkaitan dengan penelitian ini dijelaskan didalam Al-Qur'an pada surat Al-Ankabut ayat 37 yang berbunyi :

فَكَذَّبُوهُ فَأَخَذَتْهُمُ الرَّجْفَةُ فَأَصْبَحُوا فِي دَارِهِمْ جَاثِمِينَ

Artinya :

“Mereka mendustakannya (Syu'aib), maka mereka ditimpa gempa yang dahsyat, lalu jadilah mereka mayat-mayat yang bergelimpangan di tempat-tempat tinggal mereka” [4]

Ayat ini menjelaskan sebagaimana halnya kaum Nabi Lut, Umat Nabi Syuaib pun durhaka dan tidak mau menerima nasihat Nabi Syuaib. Mereka malah mendustakannya. Oleh karena itu, berlakulah sunnah Allah. Ketika mereka dengan terang-terangan mendustai Syuaib setelah diberi peringatan berulang-ulang, maka tibalah waktunya Allah mengazab mereka. Bumi tempat kediaman mereka diguncangkan oleh gempa yang menggetarkan dan menghancurkan tanah kediaman mereka. Mereka mati jungkir balik dan ditelan bumi, tanpa bergerak lagi. Cerita lebih lengkap tentang nabi Syuaib telah disebutkan pula oleh Allah dalam ayat - ayat lain yaitu surat Al-ar'af ayat 88 s.d 93 surat Hud ayat 87 sd 94 dan surat Asy-syu'ara ayat 176 s.d 190 (Tafsir Indonesia, DEPAG).

Efek tapak lokal merupakan bahasan tentang adanya pengaruh kondisi geologi lokal daerah sekitar terhadap getaran tanah yang terjadi akibat gempa bumi sehingga suatu wilayah dengan kondisi geologi yang sama dapat mempunyai respon yang berbeda terhadap efek getaran tanah tergantung pada sifat serta karakteristik penyusun litologi pada formasi tersebut fenomena ini disebut *site effect* atau *site amplification* [5]. Berdasarkan peta geologi lembar Yogyakarta [6], secara umum Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah dibentuk oleh Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) dan Formasi Tmok (Formasi Kebobutak). Menurut data gempa bumi signifikan di Jawa Tengah khususnya di Kecamatan Ngluwar belum pernah mengalami kerusakan yang parah saat terjadi gempa bumi. Namun, lokasi penelitian ini berada dekat dengan jalur sesar lokal (Sesar Progo) yang belum teridentifikasi keaktifannya sehingga sangat memungkinkan terjadinya gempa yang bersumber dari sesar tersebut [6].

Untuk itu, penting untuk memperkirakan bahaya seismik yang mungkin terjadi oleh gempa bumi untuk mengurangi potensi kerusakan yang diakibatkan oleh gempa bumi. Melalui penelitian ini masyarakat dapat mempersiapkan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempa bumi dan memilih lokasi yang tepat sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempa bumi terjadi.

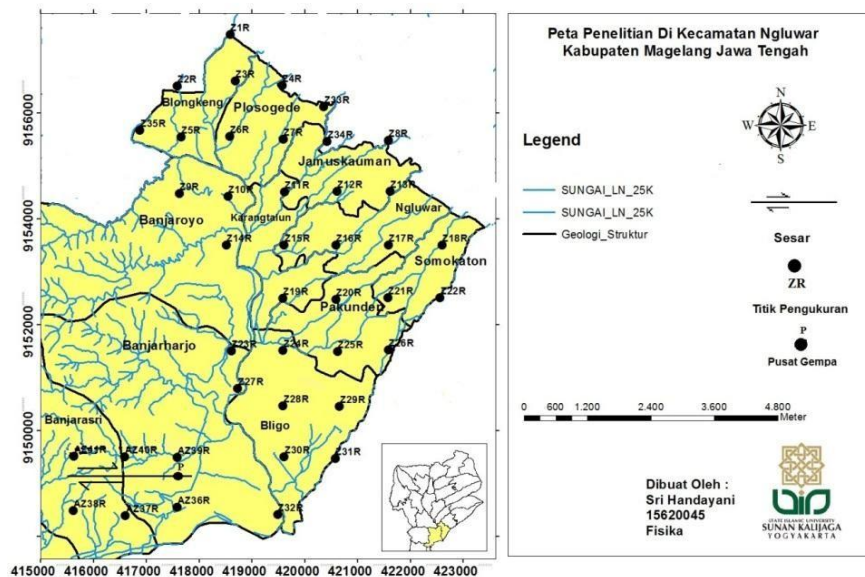
Salah satu upaya mitigasi yang dilakukan adalah pengukuran mikrotremor menggunakan metode *HVSR* melalui studi mikroseismik yang merupakan metode geofisika yang banyak berperan dalam berbagai bidang, seperti eksplorasi minyak bumi dan gas bumi, eksplorasi panas bumi, studi kegunung apian, pembelajaran struktur dalam bumi dan kegeomaan. Penggunaan studi mikroseismik ini bertujuan untuk mendeteksi getaran atau pergerakan tanah pada area survei. Getaran atau pergerakan tersebut kemudian akan dijadikan acuan untuk analisis bencana alam yang akan diolah menggunakan metode *HVSR*. Analisis data mikrotremor dapat dilakukan dengan menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectrum Ratio (HVSR)*. Dalam mitigasi bencana gempa bumi, analisis mikrotremor dapat memberikan informasi nilai f_0 (frekuensi dominan) pada suatu tempat yang dapat digunakan untuk perencanaan bangunan tahan gempa sedangkan A_0 (amplifikasi) merupakan proses alami yang terjadi pada gelombang seismik yang dilepaskan dari gempa bumi yang mengalami penguatan (amplifikasi) berdasarkan kondisi batuan yang menyusun suatu daerah [7]. Peristiwa ini dipengaruhi oleh kondisi geologi lokal atau disebut juga *site effect*. Indeks kerentanan seismik (K_g) yang dapat menggambarkan tingkat kerentanan lapisan tanah permukaan terhadap deformasi saat terjadi gempa bumi [5]. Percepatan getaran tanah maksimum (*PGA*) digunakan untuk mengetahui tingkat bahaya dan resiko pada saat terjadi gempa bumi. Nilai dari parameter indeks kerentanan seismik dan *PGA* batuan dasar (*bedrock*) disebut sebagai nilai ground shear strain. Analisis *ground shear strain* (γ) dilakukan untuk mengetahui kemampuan meregang atau bergeser yang dialami oleh suatu material lapisan tanah ketika terjadi gempa bumi di daerah penelitian.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai frekuensi dominan (f_0) dan amplifikasi tanah (A_0) di Kecamatan Ngluwar dan mengetahui potensi daerah rawan bencana gempa bumi berdasarkan studi tapak lokal dikaji dengan parameter percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*), indeks kerentanan seismik (K_g), *ground shear strain (GSS)* dan ketebalan lapisan sedimen (h) di Kecamatan Ngluwar. Batasan masalah dari penelitian ini adalah area penelitian adalah kawasan Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah dengan titik koordinat grid UTM adalah X antara 418585,4216 mT sampai 416880 mT dan Y antara 9157482,98 mU sampai 9155669 mU. Alat yang digunakan adalah Seismometer tipe *Seismograph portable (TDS-303)* dan olah data menggunakan metode *Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSR)*. Adapun manfaat yang diharapkan dari penelitian ini untuk dunia pendidikan bertambahnya ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan bencana gempa bumi pada daerah tempat dilakukannya penelitian dan dapat memberikan informasi kepada peneliti lainnya mengenai kajian penelitian yang dilakukan dengan harapan peneliti lain dapat mengembangkan penelitian ini ke arah yang lebih baik sedangkan manfaat bagi pemerintah dan masyarakat dapat menambah wawasan masyarakat dan pemerintah dalam hal mempersiapkan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempa bumi sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempa bumi terjadi.

Metode Penelitian

Tempat penelitian di Stasiun Pengamatan Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) Kelas I Yogyakarta Jalan Wates KM 8 Jitengan Balecatur, Gamping, Sleman. Kegiatan pengukuran data mikrotremor ini dilaksanakan dari bulan Maret 2019 sampai bulan

Juli 2019 di daerah Kecamatan Ngluwar, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Peta desain survei pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar dibawah ini



Gambar 1. Peta lokasi penelitian

Metode analisa data pada penelitian ini yang bertujuan untuk mengetahui potensi daerah rawan bencana gempabumi berdasarkan studi tapak lokal dikaji dengan parameter percepatan getaran tanah maksimum (*Peak Ground Acceleration, PGA*), indeks kerentanan seismik (K_g), *ground shear strain (GSS)* dan ketebalan lapisan sedimen (h) di Kecamatan Ngluwar, harus melalui tahap pengolahan data seperti berikut :

Data dalam format MSD diolah menggunakan *software geopsy* dengan metode *Horizontal to Vertical Spectral Rasio (HVSJR)*. Hasil data yang diperoleh dari *software geopsy* dengan menggunakan metode *HVSJR* yaitu nilai frekuensi dominan (f_0) dan faktor amplifikasi (A_0). Dari parameter tersebut dimasukkan ke dalam persamaan (1) untuk menghitung nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan persamaan (2) untuk memperoleh nilai periode dominan (T_0).

$$K_g = \frac{A_0^2}{f_0} \quad (1)$$

K_g adalah Indeks kerentanan seismik (s^2/cm), A_0 adalah faktor amplifikasi tanah, f_0 adalah frekuensi dominan tanah (Hz)

$$T = \frac{1}{f} \quad (2)$$

T adalah periode (s), dan f adalah frekuensi (Hz)

Dari nilai periode dominan (T_0), maka dapat pula dihitung nilai percepatan getaran tanah (PGA) dengan persamaan (3) dan menggunakan magnitudo sumber gempabumi buatan di daerah sesar lokal. Menghitung nilai *ground shear strain (GSS)* menggunakan persamaan (4).

$$a_g = \frac{5}{\sqrt{T_0}} 10^{(0,61M) - \left(1,66 + \frac{3,60}{R}\right) \log R + 0,167 - \frac{1,83}{R}} \quad (3)$$

a_g adalah nilai percepatan tanah maksimum (gal atau cm/s^2), T_0 adalah periode dominan tanah titik pengukuran (s), M adalah magnitudo gempabumi, R adalah jarak hiposenter (km).

$$\gamma = K_g \times a_g \times 10^{-6} \quad (4)$$

γ adalah *ground shear strain*, a_g adalah percepatan tanah maksimum (gal atau cm/s^2), K_g adalah indeks kerentanan seismik (s^2/cm), 10^{-6} adalah merupakan ketetapan untuk memperkirakan nilai strain pada lapisan tanah permukaan

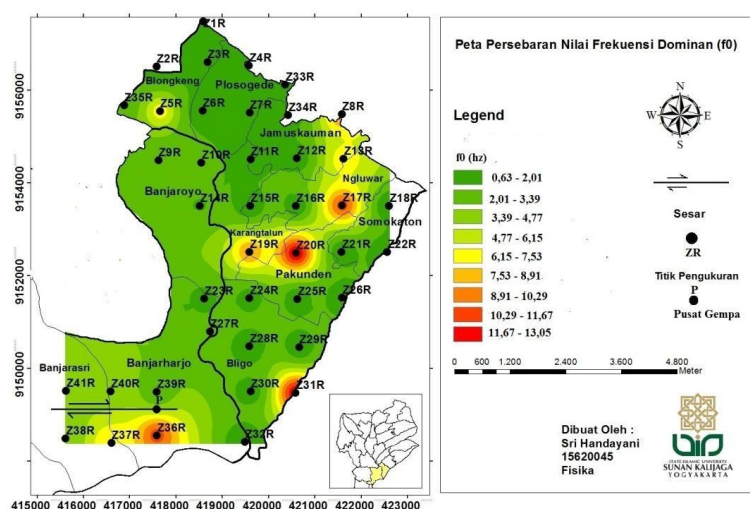
Menghitung nilai ketebalan sedimen tanah dengan menggunakan data Vs30 yang diperoleh dari situs USGS Global Vs30 dengan cara digitasi. Selanjutnya membuat peta kontur sebaran nilai dari frekuensi dominan (f_0), faktor amplifikasi (A_0), indeks kerentanan seismik (K_g), nilai percepatan getaran tanah (PGA) dan nilai *Ground Shear strain* (GSS) dengan menggunakan *software surfer* 12. Menginterpretasi sebaran nilai dari setiap parameter dengan mencocokkan dari kondisi tanah dan kondisi geologi daerah sekitar titik pengukuran.

Hasil dan Pembahasan

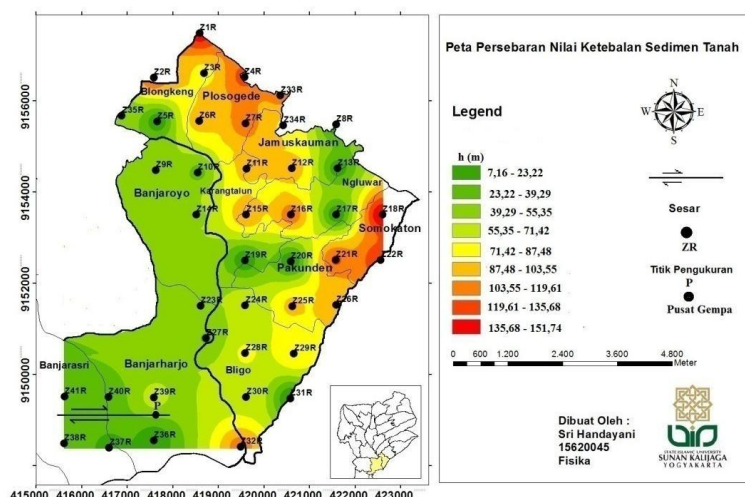
Mikrotremor merupakan getaran lingkungan (*ambient vibration*) yang berasal dari dua sumber utama, yaitu aktivitas manusia dan alam [8]. Getaran mikrotremor terjadi karena akibat orang berjalan, getaran mobil, getaran mesin-mesin pabrik, getaran angin, gelombang laut atau getaran alamiah dari tanah [9]. Melalui penelitian ini masyarakat dapat mempersiapkan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempa bumi, memberikan informasi awal kepada masyarakat tentang bahaya aktivitas seismik yang dapat menyebabkan bencana alam serta memberikan informasi mengenai peta sebaran zonasi daerah rentan bahaya seismik sehingga dapat meminimalisir resiko bencana gempa bumi yang akan terjadi. Kurva *HVSR* dari mikrotremor untuk karakterisasi geologi lokal dipengaruhi parameter-parameter bawah permukaan. Parameter tersebut mempengaruhi nilai frekuensi dominan tanah (f_0) dan nilai puncak kurva *HVSR* atau faktor amplifikasi spektrum tanah (A_0) yang dihasilkan. Pola kurva *HVSR* hasil pengukuran di lokasi penelitian antara lain yaitu kriteria *clear peak* ditemukan di lokasi titik pengukuran yang jauh dari kegiatan industri yang menghasilkan sinyal *ambient*, yang terdapat di Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisahkan. Formasi tersebut tersusun atas material lepas dengan material yang berbutir lempung hingga krakal. Kriteria *double peak* ditemukan di lokasi titik pengukuran yang dekat dengan aktivitas industri sehingga salah satu *peak* nya merupakan pengaruh dari aktivitas industri [10]. Kurva seperti ini disebabkan oleh keadaan geologi di suatu daerah penelitian yang berupa sedimen misalnya breksi, aglomerat yang terdapat di Formasi Qmi. Kriteria *broad peak or multiple peaks* ini ditemukan di lokasi titik pengukuran yang berada di lembah [10]. Kriteria *Flat H/V Ratio Curves [on sediments]* terdapat pada karakteristik tanah yang kaku (endapan pasir kasar) terletak di atas suatu *bedrock* yang tidak diketahui kedalamannya dengan Formasi Tmps (Formasi Sentolo) yang terdiri dari batu gamping dan batu pasir napala dengan ketebalan sedimen yang tipis.

Berdasarkan nilai frekuensi natural yang diperoleh pada tiap titik pengukuran kemudian dibuat peta persebaran nilai frekuensi dominan dan peta persebaran nilai ketebalan sedimen. Korelasi antara nilai frekuensi dominan dan nilai ketebalan sedimen saling berbanding terbalik artinya suatu daerah dengan nilai frekuensi rendah maka akan memiliki nilai ketebalan sedimen yang tinggi dan sebaliknya. Daerah yang memiliki nilai frekuensi rendah dengan ketebalan sedimen yang tinggi dicontohkan pada Desa Plosogede, Blongkeng, Somokaton dan selanjutnya dapat dilihat pada gambar 2 dan 3. Daerah dengan nilai frekuensi dominan kecil memiliki struktur batuan penyusunnya lunak hingga sangat lunak dengan ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal yaitu >30 meter. Hal ini juga menunjukkan hampir seluruh daerah penelitian tersebut memiliki resiko yang besar (rawan) terhadap bencana gempa bumi. Menurut peta geologi daerah penelitian dengan nilai frekuensi yang rendah berada pada

Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisahkan. Formasi tersebut tersusun atas material lepas dengan material yang berbutir lempung hingga krakal. Daerah penelitian yang dianggap memiliki tingkat resiko yang kecil terhadap bencana gempabumi terletak pada Desa Ngluwar bagian timur, Pakunden bagian utara, Bligo bagian timur dan Banjarharjo bagian selatan dengan memiliki nilai frekuensi dominan yang tinggi dapat dilihat pada gambar 2 dan memiliki nilai ketebalan sedimen permukaannya sangat tipis (rendah) dapat dilihat pada gambar 3 yang didominasi oleh batuan keras. Menurut peta geologi daerah dengan nilai frekuensi dominan yang tinggi juga berada pada Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisahkan namun pada titik Z36R berada pada Formasi Tmps (Formasi Sentolo) yang terdiri dari batu gamping dan batu pasir. Berikut peta persebaran nilai frekuensi dominan dan peta persebaran nilai ketebalan sedimen ditunjukkan seperti pada gambar dibawah ini



Gambar 2. Peta persebaran nilai frekuensi dominan di Kecamatan Ngluwar



Gambar 3. Peta persebaran nilai ketebalan sedimen di Kecamatan Ngluwar

Faktor amplifikasi merupakan perbesaran gelombang seismik yang terjadi akibat adanya perbedaan yang signifikan antar lapisan, dengan kata lain gelombang seismik akan mengalami perbesaran, jika merambat pada suatu medium ke medium lain yang lebih lunak dibandingkan dengan medium awal yang dilaluinya. Semakin besar perbedaan itu, maka perbesaran yang dialami gelombang tersebut akan semakin besar. Pada penelitian ini nilai amplifikasi pada lokasi penelitian didominasi dengan kategori sedang dan tinggi. Menurut peta geologi titiktitik

pengukuran tersebut terletak pada Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisah. Formasi tersebut tersusun atas material lepas dengan material yang berbutir lempung hingga krakal sedangkan menurut area penelitian titik pengukuran tersebut berada di area persawahan dengan tanah yang lunak dan berada dekat dengan aliran air. Area penelitian pada titik pengukuran yang memiliki nilai amplifikasi dalam kategori sedang dan tinggi memiliki tanah yang lunak sehingga memiliki resiko (rawan) terjadi gempa bumi yang tinggi. Hal ini disebabkan karena sedimen lunak yang memperlambat durasi gelombang yang menjalar di daerah tersebut sehingga terjadi guncangan terhadap bangunan. Nilai amplifikasi tanah pada tingkat terendah terletak pada Desa Banjaroyo bagian selatan, Bligo bagian selatan, dan Desa Banjarasri dengan formasi yang sama yaitu Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) namun material penyusunnya lebih keras dibandingkan dengan titik pengukuran yang memiliki nilai amplifikasi yang tinggi. Berdasarkan pada penelitian ini mayoritas di Kecamatan Ngluwar memiliki nilai amplifikasi dengan kategori sedang sampai dengan kategori tinggi dengan jenis batuan yang lunak sampai dengan sangat lunak sehingga memiliki tingkat resiko yang besar (rawan) terhadap bencana gempa bumi.

Indeks kerentanan seismik merupakan parameter yang menggambarkan bagaimana tingkat kerentanan suatu daerah jika terjadi bencana gempa bumi. Nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi, maka akan memiliki tingkat resiko gempa bumi yang tinggi sedangkan suatu daerah memiliki nilai indeks kerentanan seismik yang rendah maka tingkat resiko saat terjadi gempa bumi juga rendah. Nilai indeks kerentanan seismik (K_g) di Kecamatan Ngluwar berkisar antara 0,87 sampai 58,22 s^2/cm . Kondisi geologi suatu daerah ini diasosiasikan dengan nilai periode dominan daerah tersebut dapat diketahui. Apabila periode dominan bernilai kecil maka indeks kerentanan seismik akan bernilai kecil, begitupun sebaliknya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai periode dominan tinggi lebih mendominasi dan merata di semua Kecamatan Ngluwar. Artinya mayoritas Kecamatan Ngluwar tersusun oleh batuan yang lunak dengan Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) hal ini bersesuaian dengan nilai indeks kerentanan seismik yang tinggi.

Nilai percepatan getaran tanah maksimum dihitung berdasarkan magnitudo gempa bumi yang pernah terjadi dan jarak sumber gempa bumi terhadap titik pengukuran, serta nilai periode dominan tanah di daerah tersebut. Model gempa bumi skenario yang digunakan adalah gempa bumi dengan sumber sesar lokal (sesar progo) dengan dua skenario, yaitu skenario pertama membuat gempa buatan dengan magnitudo 5 dan skenario kedua membuat gempa buatan dengan magnitudo 6 dan masing-masing kedalaman 15 km dengan lokasi episenter 110,25 BT dan -7,69 LS. Model gempa bumi skenario ini didasarkan pada tingkat kerusakan fisik yang ditimbulkannya sudah cukup parah apabila dilihat dari nilai percepatan getaran tanahnya sedangkan model gempa bumi kurang dari 5 dampak yang ditimbulkan belum cukup parah. Model gempa bumi ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kerusakan yang berpengaruh pada daerah penelitian dengan menggunakan Skala Intensitas Gempa (MMI) dan sebagai langkah - langkah mitigasi agar masyarakat dapat mempersiapkan pembangunan yang tahan terhadap getaran gempa bumi sehingga dapat meminimalisir resiko saat bencana gempa bumi terjadi. Nilai percepatan tanah yang kecil maka menggambarkan bahwa resiko bahaya gempa bumi kecil sedangkan nilai percepatan getaran tanah yang tinggi menggambarkan bahwa resiko bahaya gempa bumi besar. Nilai PGA di daerah penelitian dengan magnitudo 5 berada pada resiko sangat kecil dengan skala MMI III sampai dengan VI yang menggambarkan fenomena getaran gempa dapat dirasakan oleh hampir semua orang, jendela dan pintu bergetar, orang-orang kesulitan berjalan dan terjadi kerusakan ringan pada bangunan yang tidak kokoh. Nilai PGA dengan magnitudo 6 berada pada resiko kecil berasosiasi dengan skala MMI VI sampai dengan VII yang menggambarkan fenomena gempa dapat dirasakan oleh hampir semua orang, benda-benda jatuh dari tempatnya, semak-semak bergoyang, orang-orang kesulitan

berdiri, terasa oleh orang yang berkendara. Resiko sedang dua berasosiasi dengan skala MMI VII sampai dengan VIII yang menggambarkan fenomena gempa dapat dirasakan oleh orang yang berkendara, struktur tinggi (termasuk menara dan cerobong asap) runtuh, retak muncul di tanah yang lunak, ketinggian air sumur mengalami perubahan ketinggian dan terjadi kerusakan cukup parah pada bangunan yang tidak kokoh.

Menurut Skala MMI resiko paling besar berada pada Desa Banjarharjo dengan Formasi Tmps (Formasi Sentolo) yang terdiri dari batu gamping dan batu pasir, Desa pakunden, Desa Bligo, dan Desa Ngluwar pada Formasi Qmi (Formasi Endapan gunungapi merapi muda) yang terdiri dari tuf, abu, breksi, aglomerat, dan leleran lava tak terpisah. Desa Banjarharjo merupakan desa dengan salah satu memiliki nilai *PGA* yang tinggi karena pada desa tersebut berada didekat titik sumber gempabumi buatan yang terletak di sesar proggo.

GSS (ground shear strain) merupakan kemampuan suatu material untuk menggeser atau meregang pada saat terjadi gempabumi. Nilai *GSS* dipengaruhi oleh nilai indeks kerentanan seismik (K_g) dan nilai percepatan tanah maksimum (*PGA*). Nilai *GSS* mempengaruhi kemungkinan suatu wilayah mengalami kerusakan saat terjadi gempabumi. Semakin besar nilai *GSS* menyebabkan lapisan tanah mengalami deformasi seperti likuifaksi, rekahan tanah, dan longsor. Berdasarkan hasil penelitian nilai *ground shear strain (GSS)* di Kecamatan Ngluwar saat magnitudo 5 memiliki nilai antara $0,99 \times 10^{-3}$ sampai dengan $1,53 \times 10^{-3}$ gal. Hal ini menunjukkan bahwa daerah tersebut mengalami gelombang getaran hingga fenomena rekahan dan penurunan tanah sedangkan nilai *ground shear strain (GSS)* pada saat magnitudo 6 memiliki nilai antara $0,35 \times 10^{-3}$ sampai dengan $6,25 \times 10^{-3}$. Pada magnitudo 6 semua area penelitian dapat mengalami fenomena rekahan dan penurunan tanah dengan dampak risikonya lebih tinggi apabila dilihat dari nilai percepatan getaran tanahnya (*PGA*) dibandingkan dengan magnitudo 5. Dari hasil penelitian ini hampir seluruh Kecamatan Ngluwar memiliki nilai *GSS* yang tinggi, hal ini disebabkan karena seluruh area penelitian ini juga memiliki nilai percepatan getaran tanah dan indeks kerentanan seismik yang tinggi. Ketiga parameter ini saling berbanding lurus. Perhitungan nilai *Ground shear strain* menunjukkan bahwa pendekatan fenomena yang dapat terjadi pada saat gempabumi dengan magnitudo 5 dan 6 dengan kedalaman gempa 15 km di Kecamatan Ngluwar dapat mengalami fenomena berupa rekahan dan penurunan tanah.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Kecamatan Ngluwar Kabupaten Magelang Jawa Tengah memiliki resiko yang tinggi (rawan) terhadap gempabumi. Hal ini dikarenakan pada lokasi penelitian memiliki nilai ketebalan sedimen yang lunak. Endapan lunak akan memperkecil frekuensi getaran tanah dan memperpanjang durasinya sehingga akan menambah efek kerusakan yang ditimbulkannya. Penelitian ini berupaya untuk meminimalisir resiko yang terjadi akibat gempabumi sebagaimana dalam QS. An-Nahl ayat 15 yang berbunyi :

وَأَلْقَى فِي الْأَرْضِ رَوَاسِيَ أَنْ تَمِيدَ بِكُمْ وَأَنْهَارًا وَسُبُلًا لَعَلَّكُمْ تَهْتَدُونَ

Artinya : “Dan Dia menancapkan gunung di bumi agar bumi itu tidak goncang bersama kamu, (dan Dia menciptakan) sungai-sungai dan jalan-jalan agar kamu mendapat petunjuk”

Penyebab terjadinya gempabumi salah satunya karena banyaknya gunung-gunung berapi yang masih aktif seperti di Pulau Sumatera dan Jawa. Bukti sains menunjukkan bahwa lapisan bumi mengandung 20 padatan, yaitu lapisan Litosfir (kedalaman sekira 100 km), lapisan kerak dan selubung (ketebalan 500 hingga 1.000 km), dan 80 persen sisanya adalah air dan magma yang panas. Lapisan padat teratas pada bumi bagaikan lempengan tipis yang terapung di atas lapisan magma sehingga lempeng ini akan selalu bergerak dan mengalami berbagai tekanan

yang menghasilkan tabrakan, patahan, getaran maupun guncangan yang menyebabkan gempa bumi. Meskipun patahan hanya beberapa sentimeter saja, akan tetapi dapat menghasilkan getaran yang hebat di permukaan bumi. Walaupun pada dasarnya bencana itu datangnya dari Allah SWT sebagaimana firman-Nya dalam QS. Al-Ankabut ayat 37 namun tugas kita sebagai orang mukmin dalam menghadapi bencana ini adalah dengan berusaha menghindari bencana tersebut sambil bertawakal kepada Allah SWT.

Salah satu dampak yang terjadi di permukaan bumi akibat guncangan gempa bumi ini yaitu menyebabkan kerusakan pada struktur bangunan yang berada di permukaan bumi dengan tingkat kerusakan yang berbeda-beda sesuai dengan lapisan tanah, besar kecilnya magnitudo dan jarak sumber gempa bumi terhadap suatu daerah tersebut. Tingkat kerusakan akibat guncangan gempa bumi dapat diketahui melalui nilai percepatan getaran tanah dan untuk mengetahui karakteristik tanah suatu daerah sehingga dapat mengetahui tingkat resiko akibat gempa bumi melalui *studi site effect* dengan indikator nilai frekuensi dominan, amplifikasi, indeks kerentanan seismik, ketebalan sedimen, percepatan getaran tanah dan nilai *ground shear strain*. Penelitian ini merupakan upaya mitigasi untuk meminimalisir dampak yang ditimbulkan akibat bencana gempa bumi melalui kegiatan pengkajian karakteristik kebencanaan disuatu wilayah melalui studi *site effect* atau tapak lokal yang nantinya diaplikasikan dalam kebijakan penanganan resiko bencana.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dapat diambil kesimpulan bahwa lokasi penelitian mempunyai nilai frekuensi dominan yang rendah dan ketebalan sedimen permukaannya sangatlah tebal yaitu >30 meter dengan nilai frekuensi dominan 0,63 sampai dengan 2,19 Hz sedangkan nilai amplifikasi pada lokasi penelitian berada pada kategori sedang dengan nilai amplifikasi 3,03 sampai dengan 5,97 sehingga mempunyai resiko gempa bumi tinggi (rawan) terhadap gempa bumi. Daerah yang berpotensi tinggi (rawan) terhadap bencana gempa bumi berdasarkan studi tapak lokal yang dikaji dengan parameter frekuensi dominan (f_0), amplifikasi tanah (A_0), (PGA), (K_g), (GSS) dan (h) terdapat pada hampir seluruh lokasi penelitian di Kecamatan Ngluwar. Resiko kerusakan paling tinggi terhadap bencana gempa bumi terdapat pada daerah Banjarharjo. Hal ini disebabkan karena memiliki jarak terdekat dengan sumber gempa bumi. Saran yang diberikan pada peneliti selanjutnya yaitu menggunakan konversi nilai V_s agar nilainya lebih valid dan pada proses pengambilan data dilakukan pada daerah-daerah yang jauh dari banyaknya aktifitas di jalan maupun aktifitas warga setempat untuk menghindari tingginya jumlah *noise* yang akan mengurangi tingkat reliable data.

Ucapan Terimakasih

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

- Kedua Orang tua saya Bapak Wagino dan Ibu Siti Fatimah yang telah membantu dalam pendanaan dan pendukung penelitian penulis.
- Bapak Dr. Thaqibul Fikri Niyartama, M.Si. dan Bapak Nugroho Budi Wibowo, M.Si. yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun serta dukungan dan nasihat yang berarti.
- Tim sukses Badrun, Hendri, Umar, Mujib yang telah membantu dalam pengambilan data penelitian ini

Daftar Rujukan

- [1] Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB). 2010. *Peta Zonasi Ancaman Gempa Bumi di Indonesia*.
- [2] Kertapati, E. K. 2004. *Aktivitas Gempabumi di Indonesia: Perspektif Regional pada Karakteristik Gempabumi Merusak, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi*. Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral.
- [3] BMKG. 2018. *Katalog Gempabumi Signifikan dan Merusak 1821-2018*. Pusat gempabumi dan tsunami BMKG. Jakarta.
- [4] Al-Jumanatul'Ali. 2004. *Al-Qur'an dan Terjemahnya*. CV Penerbit J-ART Departemen Agama RI. Bandung.
- [5] Nakamura, Y. 1996. Real Time Information Systems for Seismic Hazards Mitigation. *Railway Technical Research Institute, Quarterly Reports, Vol. 37 No. 3 1996* : 112-127.
- [6] Raharjo. W, Sukandar. R, dan Rosidi H. 1995. *Peta Geologi Lembar Yogyakarta, Jawa*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi. Bandung
- [7] Destegul, U., 2004. *Sensitivity Analysis of Soil Site Response Modelling in Seismic Microzonation for Lalitpur Nepal*. Enschede. Netherlands
- [8] Nakamura, Y. 2000. *Clear Identification of Fundamental Idea of Nakamura's Technique and its Applications*. In: Proceedings of 12th World Conference on Earthquake Engineering, New Zealand.
- [9] Ibrahim, Gunawan, dan Subardjo. 2005. *Pengetahuan seismologi*. Badan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta.
- [10] SESAME. 2004. *European research project WP12: Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibrations: measurements, processing and interpretation*

Variasi Panjang Gelombang Cahaya Pada Simulasi Pola Difraksi Fraunhofer Untuk Celah Lingkaran

Ahmad Zubair Al Kahfi^{1*}, Cecilia Yanuarief¹

¹Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl. Marsda Adisucipto
519739, Indonesia

*E-mail: ahmadalkah12@gmail.com

INTISARI

Dalam penelitian ini, fungsi integral intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran dihitung menggunakan metode numerik integrasi kuadratur Gauss-Legendre 4 titik. Intensitas tersebut dapat digunakan untuk menampilkan distribusi intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran dalam bentuk visual. Intensitas pola difraksi ditentukan oleh beberapa variabel. Visualisasi tersebut dibuat dalam bentuk simulasi menggunakan perangkat lunak komputer MATLAB. Simulasi dibuat menggunakan fasilitas GUI (*Graphycal User Interface*) untuk memudahkan pengguna mengoperasikan simulasi tersebut. Simulasi yang sudah dibuat dapat menampilkan pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berupa grafik 2 dimensi dan 3 dimensi. Grafik 3 dimensi tersebut dapat menampilkan pola yang sesuai dengan pola yang dihasilkan pada eksperimen. Simulasi yang sudah dibuat dapat menampilkan pola difraksi pada panjang gelombang berapa saja dalam rentang spektrum cahaya tampak. Pola difraksi juga dapat ditampilkan pada jari-jari celah, jarak layar ke celah, dan intensitas awal berapa saja. Distribusi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yang ditampilkan simulasi tersebut dianalisis dan dibahas berdasarkan perbedaan setiap variabel. Hasil simulasi menunjukkan panjang gelombang menentukan warna pusat lingkaran dan cincin-cincin di sekeliling pusat lingkaran pada pola difraksi. Hasil simulasi juga menunjukkan jari-jari celah lingkaran dan jarak celah ke layar menentukan ukuran pusat lingkaran dan cincin-cincin di sekitar pusat lingkaran pada pola difraksi. Selain itu, Intensitas awal dan jarak celah ke layar menentukan besar intensitas pola difraksi. Simulasi ini dapat meningkatkan pembelajaran tentang difraksi Fraunhofer celah lingkaran.

Kata Kunci: difraksi Fraunhofer celah lingkaran, integrasi Kuadratur Gauss-Legendre 4 titik, MATLAB, simulasi komputer.

ABSTRACT

In this study, the integral function of the intensity of the Fraunhofer diffraction of circle aperture is calculated using the numerical method of the 4-point Gauss-Legendre quadratic integration. This intensity can be used to display the intensity distribution of the Fraunhofer diffraction pattern of circle aperture in a visual form. The intensity of diffraction patterns is determined by several variables. The visualization was made in the form of simulation using MATLAB computer software. The simulation is made using the GUI (*Graphycal User Interface*) facility to facilitate the user to operate the simulation. The simulation that has been made can display the Fraunhofer diffraction pattern of circle aperture in the form of 2-dimensional and 3-dimensional graphics. The 3-dimensional graph can display patterns that correspond to the patterns produced in the experiment. Simulations that have been made can display diffraction patterns at any wavelength in the range of visible light spectrum. The diffraction pattern can also be displayed on any circular aperture radius, distance of aperture to screen, and initial intensity. The distribution of the Fraunhofer diffraction pattern of circular aperture displayed in the simulation is analyzed and discussed based on differences of each variable. The simulation results show that the wavelength determines the color of the center of the circle and the rings around the center of the circle in the diffraction pattern. The simulation results also show the radius of the circle aperture and the distance of the aperture to the screen determine the size of the center of the circle and the rings around the center of the circle in the diffraction pattern. In addition, the initial intensity and the distance of to the aperture to the screen determine the intensity of the diffraction pattern. This simulation can improve learning about the Fraunhofer diffraction for circular aperture.

Keywords: computer simulation, Fraunhofer diffraction for circular aperture, Gauss-Legendre 4-point quadratic integration, computer simulation, MATLAB.

Pendahuluan

Difraksi cahaya merupakan salah satu fenomena optis. Difraksi cahaya merupakan pembelokkan atau penyebaran cahaya pada saat cahaya tersebut melewati suatu rintangan atau celah. Difraksi cahaya dapat diamati melalui layar yang ditempatkan di depan celah atau rintangan yang dilewati cahaya. Bayangan yang terbentuk pada layar tersebut dinamakan pola difraksi [1][2][3]. Intensitas pola difraksi Fraunhofer dapat diekspresikan dalam bentuk matematis [4]. Persamaan intensitas difraksi Fraunhofer celah lingkaran dapat dijadikan sebagai dasar dalam visualisasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi intensitas tersebut. Persamaan tersebut memiliki bentuk matematis yang rumit untuk diselesaikan secara analitik. Metode analitik adalah metode yang penyelesaian model matematikanya menggunakan rumus-rumus aljabar yang sudah lazim dan baku [5]. Salah satu cara untuk menyelesaikan bentuk matematika yang rumit ialah menggunakan metode numerik. Metode numerik adalah teknik yang digunakan untuk memformulasikan persoalan matematik sehingga dapat dipecahkan dengan operasi perhitungan/aritmatik biasa (tambah, kurang, kali, dan bagi) [5]. Selain itu, metode numerik juga membuat suatu model matematis dapat dihitung melalui komputer karena komputer hanya bisa melakukan perhitungan aritmatik biasa saja (tambah, kurang, kali, dan bagi). Metode kuadratur Gauss-Legendre dinilai lebih baik dalam menyelesaikan persoalan model matematik berbentuk integral karena mempunyai akurasi yang tinggi [5][6].

Eksperimen difraksi Fraunhofer celah lingkaran dapat dilakukan di laboratorium, tetapi dalam penyiapannya dibutuhkan waktu, tenaga, dan uang. Selain itu, eksperimen yang dilakukan dengan cara yang salah mengakibatkan eksperimen tersebut memberikan hasil tidak sesuai dengan apa yang diharapkan. Maka dari itu, diperlukan suatu simulasi tentang eksperimen tersebut berdasarkan teori-teori yang sudah ada. Simulasi biasanya dibuat menggunakan bantuan komputer. Salah satu perangkat lunak komputer yang bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan matematis ialah MATLAB. Aplikasi MATLAB memungkinkan pengguna untuk memanipulasi matriks, memplot fungsi dan data, mengimplementasi algoritma, dan membuat antarmuka pengguna. Aplikasi matlab sudah banyak digunakan untuk membuat simulasi yang berkaitan dengan hal-hal fisis [7].

Sebelumnya, penelitian mengenai simulasi difraksi Fraunhofer sudah pernah dilakukan oleh I Gusti Agung Widagda pada tahun 2015. Penelitian tersebut berisi tentang penyelesaian model matematik intensitas cahaya pola difraksi Fraunhofer untuk celah lingkaran menggunakan metode integrasi Simpson dan pembuatan simulasinya. Penelitian mengenai simulasi difraksi Fraunhofer juga sudah pernah dilakukan oleh Cecilia Yanuarief pada tahun 2016. Penelitian tersebut berisi tentang penyelesaian model matematik intensitas cahaya pola difraksi Fraunhofer dengan cara memodifikasi fungsi Bessel yang ada pada persamaan tersebut dan pembuatan simulasinya [4][8].

Penelitian simulasi difraksi Fraunhofer celah lingkaran menggunakan metode integrasi Kuadratur Gauss Legendre 4 titik perlu dilakukan karena belum pernah ada penelitian mengenai pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yang menggunakan metode ini. Padahal metode ini mempunyai kelebihan daripada metode lainnya. Selain itu, masih banyak hal yang masih kurang pada simulasi yang sudah dibuat penelitian sebelumnya, yaitu masih ada beberapa variabel yang diabaikan yang menentukan pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran. Proses perhitungan numerik pada penelitian ini bermanfaat pada pembelajaran fenomena difraksi sehingga dalam pembelajaran tersebut dapat membuat kemajuan bagi ilmu pengetahuan.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a. Menyelesaikan model matematika intensitas cahaya pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran menggunakan metode numerik integrasi kuadratur Gauss Legendre 4 titik.
- b. Membuat simulasi pola gelap dan terang difraksi Fraunhofer celah lingkaran menggunakan program komputer berbasis GUI MATLAB.

- c. Mengetahui pengaruh panjang gelombang, jari-jari celah, jarak celah ke layar dan intensitas awal terhadap pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran.

Landasan Teori

Difraksi Fraunhofer Celah Lingkaran

Pola difraksi berbentuk pusat terang dengan garis-garis gelap-terang di sekelilingnya. Daerah terang pada pola difraksi terjadi karena adanya superposisi gelombang cahaya yang mempunyai fase sama. Sedangkan daerah gelap pada pola difraksi terjadi karena adanya superposisi gelombang cahaya yang mempunyai fase yang berlainan. Terdapat dua jenis difraksi, yaitu difraksi Fresnel dan Fraunhofer. Difraksi Fresnel terjadi ketika celah dan layar memiliki jarak yang terbatas (*finite*), sedangkan difraksi Fraunhofer terjadi ketika celah dan layar memiliki jarak yang tidak terbatas (*infinite*). Difraksi Fraunhofer memiliki pola difraksi yang lebih terstruktur dan lebih mudah diamati dibandingkan dengan difraksi Fresnel. Hal tersebut dikarenakan jarak yang jauh memungkinkan cahaya yang jatuh pada layar bisa jatuh secara paralel [2]. Berdasarkan bentuk celahnya, difraksi Fraunhofer celah berbentuk lingkaran memiliki efek yang signifikan dalam perkembangan instrument optis seperti pengaturan resolusi pada teleskop [3].

Pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran bergantung pada distribusi intensitasnya. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yaitu: panjang gelombang cahaya, jari-jari celah lingkaran, jarak celah ke layar, dan intensitas awal cahaya. Berikut merupakan persamaan intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran:

$$I = I_0 \left[\frac{2J_1\left(\frac{kaq}{R}\right)}{\frac{kaq}{R}} \right]^2 \quad (1)$$

Keterangan:

- a : jari-jari celah lingkaran (m)
- q : posisi jatuhnya sinar hasil difraksi (m)
- R : jarak celah ke layar
- I_0 : intensitas awal cahaya
- I : intensitas akhir pola difraksi
- J_1 : fungsi Bessel tingkat 1

Fungsi Bessel tingkat 1 pada persamaan tersebut dapat diekspresikan dalam bentuk matematis berupa:

$$J_1 = \int_0^\pi f(\theta) d\theta = \int_0^\pi \cos\left(\theta - \frac{kaq}{R}\right) d\theta \quad (2)$$

Metode Numerik Integrasi Kuadratur Gauss-Legendre 4 Titik

Secara garis besar terdapat 3 pendekatan metode numerik yang digunakan untuk menyelesaikan fungsi integral, yaitu metode pias, Newton-Cotes, dan kuadratur-Gauss [5]. Metode kuadratur Gauss mempunyai keakuratan yang lebih tinggi dibanding metode lainnya karena mempunyai kecepatan yang tinggi. Hal ini ditunjukkan dengan jumlah pembagiannya yang kecil dan mempunyai galat yang lebih kecil dibandingkan dua metode lainnya [6]. Pada metode kuadratur Gauss, perhitungan nilai integral dilakukan dengan cara mengambil nilai fungsi di beberapa titik tertentu (*fixed point*) yang disebut dengan titik evaluasi dan mengalikan dengan fungsi pembobot integrasi [5].

Fungsi Integral yang akan dihitung menggunakan integrasi kuadratur Gauss-Legendre dapat didefinisikan:

$$J = \int_a^b f(x) dx \quad (3)$$

Interval (a,b) ditransformasi ke bentuk umum kuadratur Gauss, yaitu (-1,1) [5]. Variabel x juga ditransformasi menjadi variabel t dengan melakukan perbandingan garis sehingga persamaan (3) menjadi

$$J = \int_{-1}^1 f\left(\frac{(a+b)+(b-a)t}{2}\right) \frac{(b-a)}{2} dt = \int_{-1}^1 f(t) dt \quad (4)$$

Kemudian persamaan (4) dapat diekspansi dalam bentuk diskrit. Integrasi kuadratur Gauss-Legendre 4 titik memiliki 4 titik evaluasi, sehingga persamaannya integrasi kuadratur gauss-legendre 4 titik ialah [4]:

$$\int_{-1}^1 f(t) dt = 0,3478f(-0,8611) + 0,6521f(-0,3400) + 0,6521f(0,3400) + 0,3478f(0,8611) \quad (5)$$

Metode Penelitian

Objek Penelitian

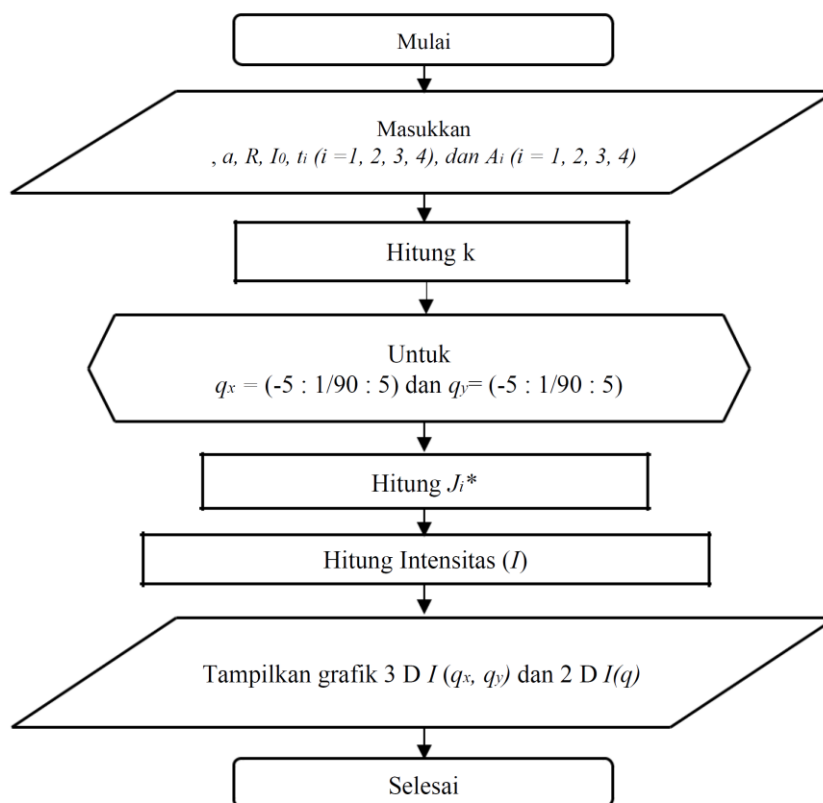
Objek persamaan yang akan diekspresikan dalam bentuk visual pada penelitian ini ialah persamaan (1), yaitu model matematika intensitas pola difraksi Fraunhofer untuk celah lingkaran. Objek persamaan yang akan dihitung menggunakan metode numerik integrasi kuadratur Gauss-Legendre 4 titik ialah persamaan (2), yaitu fungsi Bessel tingkat 1 pada model matematika difraksi Fraunhofer celah lingkaran.

Algoritma

Algoritma untuk menghitung distribusi intensitas cahaya pola difraksi Fraunhofer untuk celah lingkaran sebagai berikut:

1. Tahapan pengerjaan komputasi dimulai dengan pemanggilan data-data berupa:
 - a. Panjang gelombang (λ) (nm).
 - b. Jari-jari celah (a) (mm).
 - c. Jarak celah ke layar (R) (m).
 - d. Intensitas awal (I_0) (kW/m^2)
2. Hitung bilangan gelombang (k).
3. Untuk radius axis $qx = -5$ sampai 5 (lebar axis) dan radius ordinat $qy = -5$ sampai 5 (lebar ordinat) dengan interval 1/90, hitung:
 - a. Radius q
 - b. Fungsi integral pada intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran dalam bentuk numerik.
 - c. Intensitas cahaya pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran
4. Grafik 3 dimensi I (kW/m^2) terhadap qx (mm) dan qy (mm) diplot
5. Grafik 2 dimensi I (kW/m^2) terhadap q (mm) diplot.

Adapun diagram alir pengerjaan komputasi yaitu:

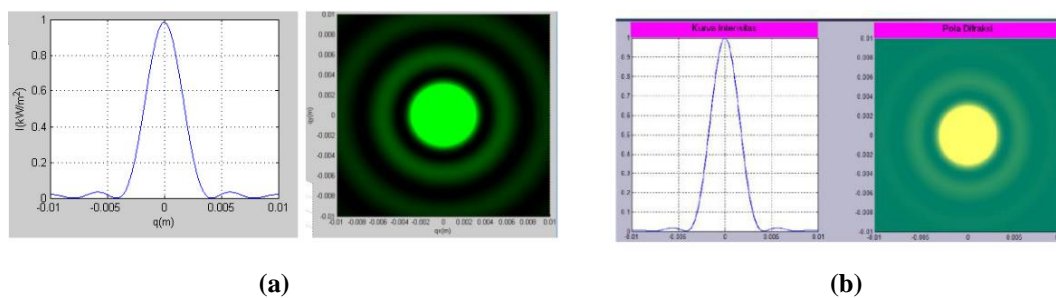


Gambar 1. Diagram alir tahap pengerjaan komputasi

Hasil dan Pembahasan

Perbandingan visualisasi distribusi intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran dengan visualisasi penelitian Yanuarief (2016)

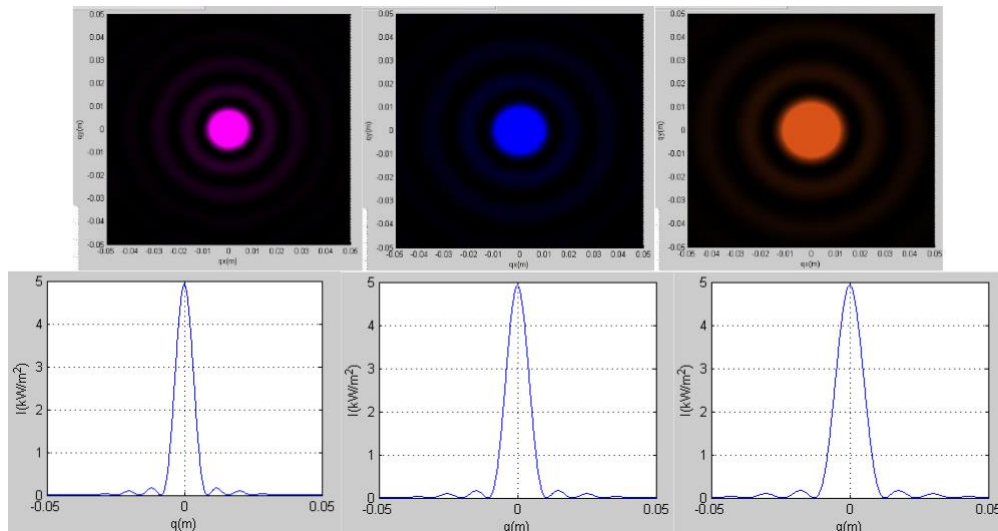
Hasil simulasi dengan panjang gelombang = 550 nm, jari-jari celah lingkaran = 0,08 mm, jarak celah ke layar = 1 m.



Gambar 2. Hasil simulasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran (a) penelitian ini (b) penelitian Yanuarief (2016)

Hasil simulasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan panjang gelombang

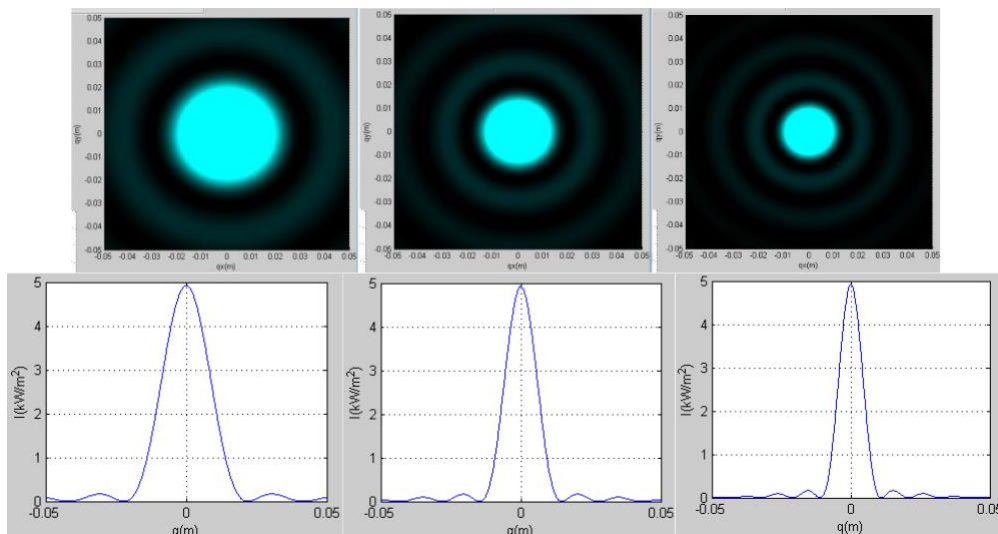
Berikut simulasi dengan menggunakan aplikasi MATLAB untuk pengaruh perubahan panjang gelombang terhadap pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran ($a = 0,04$ mm, $R = 2$ m, $I_0 = 2$ kW/m²):



Gambar 3. Pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan panjang gelombang (dari kiri ke kanan: 400, 500, dan 600 nm)

Hasil simulasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan jari-jari celah lingkaran (a)

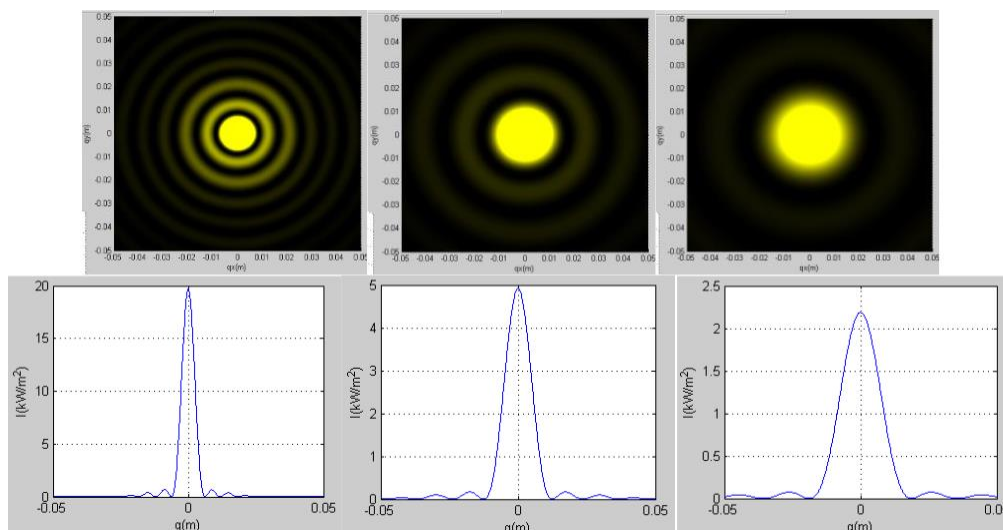
Berikut simulasi dengan menggunakan aplikasi MATLAB untuk pengaruh perubahan jari-jari celah lingkaran terhadap pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran ($\lambda = 520$ nm, $R = 2$ m, $I_0 = 2$ kW/m²):



Gambar 4. Pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan jari-jari celah lingkaran (dari kiri ke kanan: 0,02; 0,03; dan 0,04 nm)

Hasil simulasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan jarak celah ke layar (R)

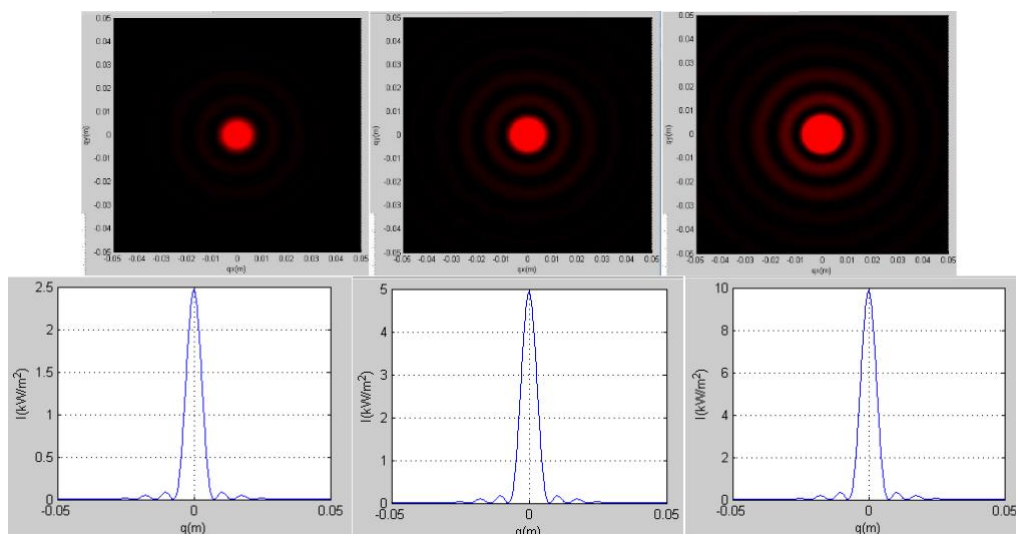
Berikut simulasi dengan menggunakan aplikasi MATLAB untuk pengaruh perubahan jarak celah ke layar terhadap pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran ($a = 0,08$ mm, $\lambda = 590$ nm, $I_0 = 2$ kW/m²):



Gambar 5. Pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan jarak celah ke layar (dari kiri ke kanan: 1, 2 dan 3 m)

Hasil simulasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan intensitas awal (I_0)

Berikut simulasi dengan menggunakan aplikasi MATLAB untuk pengaruh perubahan intensitas awal terhadap pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran ($a = 0,04$ mm, $R = 2$ m, $\lambda = 700$ kW/m²):



Gambar 6. Dimensi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran berdasarkan perbedaan intensitas awal (dari atas ke bawah: 1, 2 dan 4 kW/m²)

Hasil dan Pembahasan

Simulasi pola difraksi Fraunhofer untuk celah lingkaran menggunakan aplikasi MATLAB menggunakan Metode Numerik Integrasi Kuadratur Gauss-Legendre 4 Titik

Dilihat dari visualisasi yang dihasilkan oleh simulasi yang sudah dibuat pada penelitian ini, yaitu pada gambar 3, perhitungan intensitas titik cahaya yang jatuh ke layar menghasilkan distribusi intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yang sesuai dengan pola yang sebenarnya. Hal itu menunjukkan bahwa metode integrasi kuadratur Gauss-Legendre 4 titik dapat digunakan dalam perhitungan fungsi integral intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran. Hasil visualisasi yang dihasilkan dari perhitungan menggunakan metode ini (gambar

2a) mempunyai kemiripan dengan hasil simulasi pada penelitian Yanuarief (2016) (gambar 2b) pada panjang gelombang, jari-jari celah lingkaran dan jarak celah ke layar yang sama.

Pada simulasi yang telah dibuat, pola tersebut terdapat daerah yang mempunyai intensitas paling tinggi yang terletak di pusat pola berupa lingkaran terang yang dinamakan *Airy Disc* dan cincin-cincin terang. Intensitas yang paling tinggi tersebut terjadi karena adanya interferensi beberapa gelombang yang memiliki fase yang sama sehingga interferensi yang terjadi saling menguatkan. Selain itu terdapat daerah yang mempunyai intensitas paling rendah berupa cincin-cincin gelap, Intensitas yang paling rendah tersebut terjadi karena adanya interferensi beberapa gelombang yang memiliki fase yang berlainan sehingga interferensi yang terjadi saling melemahkan. Cincin-cincin terang pada pola tersebut intensitasnya akan semakin rendah atau redup jika radiusnya semakin jauh dari pusat pola. Hal tersebut disebabkan jumlah gelombang titik cahaya yang memenuhi layar lebih banyak pada daerah pusat pola dibandingkan dengan daerah yang jauh dari pusat pola.

Pengaruh panjang gelombang, jari-jari celah, jarak celah ke layar, intensitas awal terhadap pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran

Gambar 3 menunjukkan bahwa perbedaan panjang gelombang hanya mempengaruhi distribusi intensitas pola difraksi. Panjang gelombang yang lebih besar menghasilkan distribusi intensitas difraksi yang lebih besar dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin gelap terang yang semakin besar sedangkan panjang gelombang yang lebih kecil menghasilkan distribusi intensitas difraksi yang lebih kecil dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin gelap terang yang semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan oleh perbandingan antara panjang gelombang dengan lebar celah yang lebih besar. Semakin besar perbandingan panjang gelombang dengan lebar celah semakin luas persebaran distribusi intensitas pola difraksi. Panjang gelombang yang lebih besar menyebabkan sudut pembelokkan gelombang titik cahaya yang melewati celah semakin besar. Selain itu perbedaan panjang gelombang menghasilkan warna pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yang berbeda sesuai spektrum gelombang cahaya tampak.

Gambar 4 menunjukkan bahwa perbedaan jari-jari celah lingkaran hanya mempengaruhi distribusi pola intensitas difraksi. Jari-jari celah lingkaran yang lebih besar menghasilkan distribusi intensitas difraksi yang lebih kecil dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin gelap terang yang semakin kecil sedangkan jari-jari celah lingkaran yang lebih kecil menghasilkan distribusi intensitas difraksi yang lebih besar dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin gelap terang yang semakin besar. Hal tersebut dikarenakan jari-jari yang nilainya lebih kecil pada panjang gelombang yang sama menyebabkan distribusi intensitas pola difraksi menyebar lebih luas. Semakin kecil celah tersebut sudut pembelokkan gelombang titik cahaya yang melewati celah tersebut akan semakin besar sehingga pola difraksi menyebar lebih luas.

Gambar 5 menunjukkan bahwa jarak celah ke layar mempengaruhi distribusi pola intensitas difraksi. Jarak celah ke layar yang lebih jauh menghasilkan distribusi intensitas difraksi yang lebih besar dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin gelap terang yang semakin besar sedangkan jarak celah ke layar yang lebih dekat menghasilkan distribusi intensitas difraksi yang lebih kecil dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin gelap terang yang semakin kecil. Hal tersebut dikarenakan semakin jauh jarak celah ke layar, sudut antara pusat layar dengan radius posisi intensitas (q) menjadi semakin besar, sehingga pola difraksinya akan menyebar semakin luas. Selain itu, jarak celah ke layar juga mempengaruhi nilai puncak intensitas. Jarak celah ke layar yang lebih jauh menghasilkan intensitas pola difraksi yang lebih rendah dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin terang yang semakin redup. Sedangkan jarak celah ke layar yang lebih dekat menghasilkan intensitas pola difraksi yang lebih tinggi dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin terang yang semakin terang. Hal tersebut dikarenakan semakin jauh jarak celah ke layar membuat distribusi intensitas pola difraksi semakin luas, sehingga total intensitas hasil difraksi juga terbagi lebih banyak.

Gambar 6 menunjukkan bahwa perbedaan intensitas awal hanya mempengaruhi nilai puncak intensitas. Intensitas awal yang lebih besar menghasilkan intensitas pola difraksi yang lebih tinggi dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin terang yang semakin terang sedangkan intensitas awal yang lebih kecil menghasilkan intensitas pola difraksi yang lebih rendah dilihat dari pusat lingkaran dan cincin-cincin terang yang semakin redup.

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Metode numerik integrasi kuadratur Gauss-Legendre 4 titik dapat digunakan untuk menghitung persamaan integral intensitas titik cahaya hasil difraksi yang jatuh ke layar dimana intensitas tersebut dapat digunakan untuk menampilkan distribusi intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran dalam bentuk visual.

Simulasi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yang dibuat menggunakan GUI MATLAB yang dihitung menggunakan metode numerik integrasi kuadratur Gauss-Legendre 4 titik dapat digunakan untuk menampilkan distribusi intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran secara 2 dimensi dan 3 dimensi berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhinya.

Pusat lingkaran (*Airy Disc*) dan cincin-cincin gelap terang pada pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran menjadi lebih besar jika panjang gelombangnya lebih besar dan menjadi lebih kecil jika panjang gelombangnya lebih kecil. Selain itu perbedaan panjang gelombang menghasilkan warna pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran yang berbeda sesuai dengan spektrum cahaya tampak. Pusat lingkaran (*Airy Disc*) dan cincin-cincin gelap terang pada pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran menjadi lebih besar jika jari-jari celah lingkaran tersebut kecil dan menjadi lebih kecil jika jari-jari celah lingkaran tersebut besar. Intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran menjadi lebih rendah jika jarak celah ke layar jauh dan menjadi lebih tinggi jika jarak layar ke celah pendek. Selain itu pusat lingkaran (*Airy Disc*) dan cincin-cincin gelap terang pada pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran menjadi lebih kecil jika jarak celah ke layar jauh dan menjadi lebih besar jika jarak celah ke layar pendek. Intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran menjadi lebih rendah jika intensitas awalnya rendah dan menjadi lebih tinggi jika intensitas awalnya tinggi

Saran

Diharapkan metode kuadratur gauss-legendre 4 titik tidak hanya dilakukan untuk menghitung persamaan integral intensitas pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran saja, tetapi juga digunakan untuk menghitung persamaan fisika lainnya yang menggunakan integral. Diharapkan juga perhitungan integral intensitas difraksi pola difraksi Fraunhofer celah lingkaran tidak hanya dilakukan dengan metode kuadratur gauss-legendre 4 titik saja, tetapi juga dilakukan dengan titik yang lebih banyak.

Daftar Rujukan

- [1] E. Hecht, "*Optics*", 4th ed., Canada: Addison-Wesley Publishing Company, 2002.
- [2] A. Jenkins dan E. White, "*Fundamentals of Optics*", 4th ed., Tokyo: McGraw-Hill International Book Company, 2001.
- [3] P. Tipler dan G. Mosca, "*Physic for Scientist and Engineers*", 5th ed., New York: W.H, Freeman and Company, 2004.
- [4] I. Widagda, "Simulasi Intensitas Difraksi Pada Celah Lingkaran (Circular Aperture) dengan Metode Simpson", *Jurnal Universitas Udayana*, 2015.
- [5] R. Munir, "*Metode Numerik*", Bandung: Informatika Bandung, 2010.
- [6] K. Firausi, Sutini, dan W. Setiabudi, "Difraksi Fraunhofer Sebagai Metode Alternatif Sederhana Spektrum", *Berkala Fisika*, 2003
- [7] Z. Zhang, H. Bai, G. Yang, F. Jiang, Y. Ren, J. Li, K. Yang, dan H. Yang, "Computer Simulation of Fraunhofer Diffraction Based on MATLAB". *Optik*, vol. 124, pp. 4449-4451, Jan., 2013.

-
- [8] C. Yanuarief, "Simulasi Pola Difraksi Fraunhofer untuk Celah Lingkaran dengan Modifikasi Fungsi Bessel", *Jurnal Integrated Lab UIN Sunan Kalijaga*, vol. 4, 2016

Kajian Kombinasi Python Pada Simulator Neuron Untuk Penelitian di Bidang Komputasi Neurosains

Aprilia Dewi Ardiyanti^{1*}, Anis Yuniati¹

^{1,2}Program Studi Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga, Jl Marsda Adisucipto
519739, Indonesia

E-mail: apriadi379@gmail.com

INTISARI

Simulator NEURON merupakan salah satu simulator yang digunakan dalam pemodelan sel maupun jaringan saraf dalam skala masif. Simulator NEURON dalam perkembangannya dapat ditulis dengan bahasa pemrograman python, baik berdiri sendiri atau dikombinasikan dengan bahasa awal NEURON yaitu *hoc* (high order calculator) dan NMODL. Penulisan python dalam NEURON memberikan akses lebih pada NEURON agar lebih fleksibel dalam penggunaannya. Selain itu, dengan masuknya python dalam simulator NEURON menunjukkan bahwa simulator ini berkembang sesuai dengan bahasa pemrograman yang kelasnya lebih tinggi, lebih mudah dipahami dan lebih banyak digunakan oleh *programmer* pada saat ini.

Kata kunci: Komputasi Neurosains, Python, Simulator NEURON

Abstract

The NEURON simulator is one of the simulators used in modeling cells and neural networks on a massive scale. NEURON Simulator in its development can be written with the Python programming language, either stand alone or combined with the initial NEURON language namely *hoc* (high order calculator) and NMODL. Python writing in NEURON gives NEURON more access to make it more flexible in its use. In addition, the inclusion of python in the NEURON simulator shows that this simulator is developing in accordance with a programming language that is higher class, easier to understand and more widely used by programmers at this time.

Keyword: Computational Neurosains, NEURON Simulator, Python

Pendahuluan

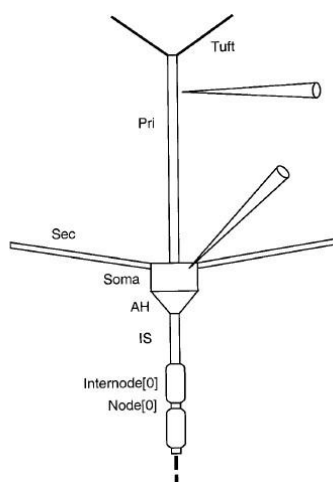
Neurosains merupakan cabang ilmu pengetahuan yang spesifik membahas mengenai sel neuron baik dari segi geometri, struktur maupun transfer informasi yang terjadi antara satu neuron dengan neuron yang lain. Neurosains dalam perkembangan penelitiannya menggunakan dua pendekatan yaitu dengan eksperimen dan permodelan komputasi. Komputasi neurosains berkembang sejak tercetusnya model matematika dari potensial aksi akson cumi-cumi oleh Alan L. Hodgkin dan Andrew F. Huxley. Model neuron tersebut yang dikenal sebagai model Hodgkin-Huxley[1].

Perkembangan komputasi memunculkan software-software untuk mempermudah permodelan, salah satunya adalah simulator NEURON. Simulator NEURON telah dikembangkan sejak 1984 dengan menyediakan pendekatan komputasi yang efisien untuk merekonstruksi, mengatur dan menempatkan model berdasarkan metode numerik yang telah tersedia[2]. Simulator NEURON terintegrasi dengan persamaan-persamaan yang mampu menampilkan mekanisme yang terjadi dalam sel saraf, seperti presinapsis maupun postsinapsis. Kelebihan dari simulator NEURON adalah kecepatan dalam mengeksekusi program yang telah dibuat serta fleksibel untuk pemodelan sel maupun jaringan saraf. Oleh karena itu, simulator ini menjadi simulator yang banyak digunakan dalam bidang komputasi neurosains[3].

Terdapat dua bahasa pemrograman bawaan dari NEURON yaitu *hoc* dan NMODL. Pemrograman dengan *hoc* digunakan untuk membuat model neuron yang terkait dengan morfologi neuron, sifat membran, simulasi maupun perintah untuk menampilkan hasil keluaran data. Simulator NEURON selain menggunakan bahasa pemrograman utama *hoc* juga menggunakan bahasa kedua, yaitu NMODL (*Neuron Model Language*). NMODL adalah bahasa yang digunakan oleh simulator NEURON untuk mendeskripsikan mekanisme reaksi kinetik dalam persamaan differensial maupun aljabar linier. File NMODL yang awalnya mempunyai ekstensi *.mod* akan di *extract* menjadi file dengan ekstensi *.c* dan *.o* agar mampu dikenali oleh simulator NEURON[2].

Bahasa pemrograman *hoc* dan NMODL pada dasarnya telah mampu membuat pemodelan dengan baik, namun diperlukan pengembangan bahasa pemrograman yang lebih fleksibel dan mudah. Bahasa pemrograman python menjadi salah satu alternatif *intrepreter* bagi simulator NEURON. Bahasa pemrograman modern python dipilih dikarenakan beberapa faktor pendukung diantaranya python menyediakan sintaksis yang lebih ekspresif dan fleksibel, mempunyai kapabilitas tinggi dalam debugging, termodulasi, terdapat fasilitas untuk menulis pemrograman yang kompleks, serta mampu terkoneksi dengan GUI lain[4].

Penelitian ini memodelkan dua sel yaitu sel mitral dan sel purkinje. Sel mitral dipilih pada penelitian ini sebagai sel yang dimodelkan dikarenakan data morfologi dan geometri telah berhasil diteliti secara eksperimen. Sel mitral memiliki karakter morfologi tersendiri yaitu, badan sel memiliki satu dendrit primer dan beberapa dendrit sekunder. Dendrit primer panjang dan tidak bercabang. Terdapat dendrit cabang yaitu tuft yang berfungsi untuk menerima masukan sinapsis. Tuft dendrit terdiri dari dua cabang, dan dendrit sekunder juga terdiri dari dua cabang. Selain itu terdapat akson hillock dan akson inisial segmen. Akson tersebut diselubungi oleh lima nodus ranvier dan lima selubung myelin. Morfologi tersebut dapat digambarkan sebagaimana **Gambar 1** dibawah ini[5]



Gambar 1. Morfologi Sel Mitral[5]

Sel purkinje merupakan sel yang terletak di bagian *cerrebelum* atau otak kecil, sel ini merupakan salah satu sel yang paling kompleks yang terdapat di otak. Fungsi dari sel purkinje adalah sebagai koordinasi motorik[6]. Sel purkinje memiliki karakteristik dendrit yang sangat banyak yang menyebabkan topologinya berbentuk seperti kipas planar. Dendrit yang terdiri dari kurang lebih 1087 tersebut mengisi hampir seluruh ruang dan terlihat tumpang tindih[7]. **Gambar 2** menggambarkan geometri sel purkinje secara penampang melintang



Gambar 2. Morfologi sel purkinje[8]

Metode Penelitian

Eksperimen menunjukkan bahwa sel mitral maupun sel purkinje telah tervisualisasi dengan menggunakan mikroskop infrared Differential Interference Contras (DIC). Sel mitral mempunyai spesifikasi seperti dalam **Tabel 1** dibawah ini

Tabel 1. Bagian-Bagian Sel Mitral

	Soma	Pri	Tuft	Sec	Hillok	Inisial Segmen	Nodus Ranvier	Myelin
Diameter (μm)	20	3.5	0.51	3.4	20:1.5	1.5	1	1.5
Panjang (μm)	25	370	180	500	5	20	1	1000

Sel purkinje mempunyai spesifikasi sebagaimana dalam **Tabel 2** dibawah ini

Tabel 1. Bagian-Bagian Sel Purkinje

	Soma	Smoothdend	Spinydend
Diameter (μm)	22	Bervariasi antara 1-6	Bervariasi antara 1, 1.4 dan 2
Panjang (μm)	22	Bervariasi antara 2-44	Bervariasi antara 1-40

Data eksperimen geometri tersebut digunakan untuk menulis pemodelan sel mitral dan sel purkinje. Penulisan pertama dengan menggunakan sintaksis *hoc*. Permodelan yang telah berhasil dimodelkan dengan *hoc* tersebut kemudian dikonversi dalam bentuk lain yaitu bahasa pemrograman python. Penulisan pada python juga menyesuaikan data hasil eksperimen, hanya terdapat perubahan pada sintaksisnya.

Kedua permodelan bisa berjalan dengan baik dan menghasilkan bentuk morfologi maupun geometri sel yang sama, maka dapat diketahui bahwa konversi yang dilakukan dari bahasa pemrogram *hoc* ke python telah dilakukan dengan benar. Tahap selanjutnya adalah menganalisa hasil rekontruksi yang telah dibuat dengan membandingkan perbedaan kedua sintaksis.

Hasil dan Pembahasan

Sel mitral dengan karakteristik geometri sebagaimana eksperimen berhasil dimodelkan dengan menggunakan dua bahasa pemrograman yaitu bahasa pemrograman *hoc* dan bahasa pemrograman python. Hasil keduanya menunjukkan kesamaan dan kemiripan, sebagaimana terlihat pada **Gambar 3** dibawah ini

a.

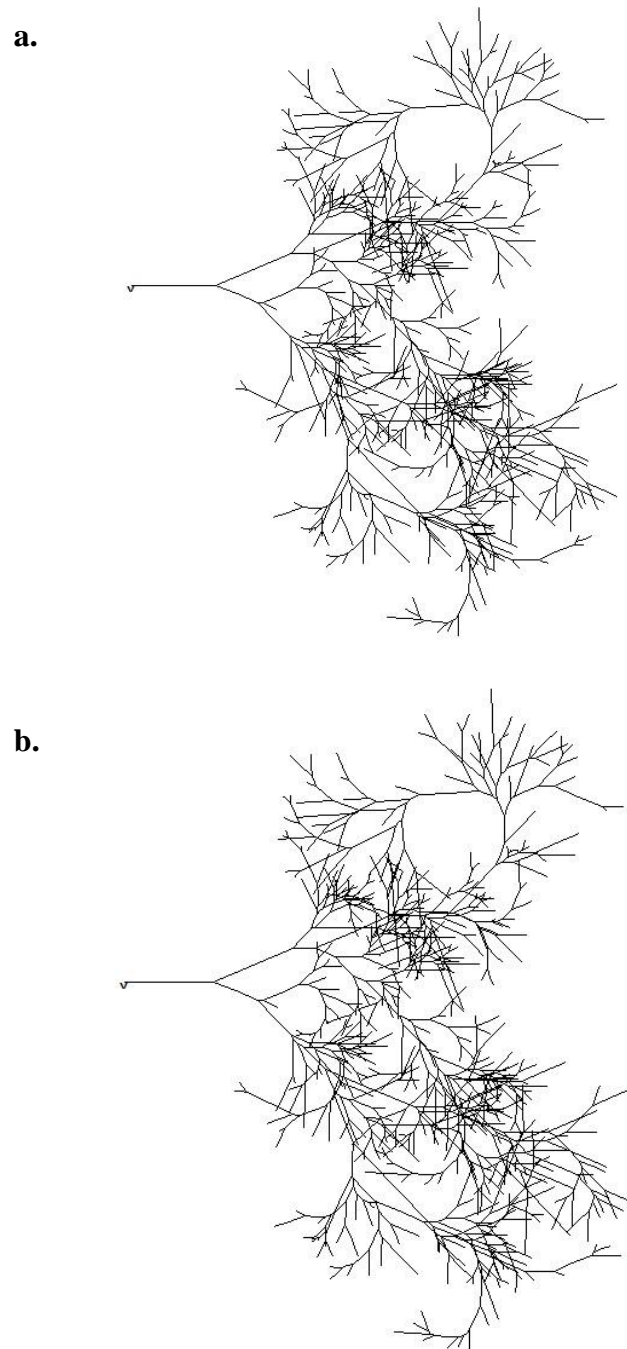


b.



Gambar 3. (a) Gambar Pemodelan Sel Mitral dengan Menggunakan bahasa *hoc*, (b) Gambar Pemodelan Sel Mitral dengan Menggunakan bahasa pemrograman Python

Sel purkinje dengan karakteristik geometri sebagaimana eksperimen juga berhasil dimodelkan dengan menggunakan kedua bahasa. Hasil permodelan sebagaimana **Gambar 4** dibawah ini



Gambar 4. (a) Gambar Pemodelan Sel Purkinje dengan Menggunakan bahasa *hoc*, (b) Gambar Pemodelan Sel Purkinje dengan Menggunakan bahasa pemrograman Python.

Penulisan kedua pemodelan pada dasarnya hampir sama, hanya terdapat beberapa tambahan dan sintaksis yang berbeda. Simulator NEURON dapat dibuka dengan atau tanpa *Graphical User Interface* (GUI), GUI menunjukkan tampilan grafik yaitu akan ada tampilan jendela main menu NEURON ketika program ini dijalankan. Dalam python untuk memulai NEURON dengan import modul h. Modul h menunjukkan HocObject, sehingga memungkinkan python untuk memasukkan list program model *hoc* didalamnya. Pada *hoc* untuk memulai pemrograman menggunakan perintah

```
load_file("nrngui.hoc")
```

sedangkan untuk memulai program pada python menggunakan perintah sebagai berikut

```
from neuron import h, gui
```

Selanjutnya pada setiap awal list program dari python diawali dengan huruf h yang menunjukkan bagian dari objek hoc interpreter.

Pemodelan sel mitral maupun sel purkinje mempunyai tahap awal yaitu membuat bagianbagian sel tersebut seperti soma, akson, nodus ranvier, myelin dan dendrit. Pada *hoc* untuk membuat bagian sel dapat dilakukan dengan singkat yaitu

```
create soma
```

jika bagian sel yang dibuat lebih dari satu maka dapat menuliskan jumlah sel yang hendak dibuat setelahnya

```
create spinydend[1002]
```

sintaksis tersebut menunjukkan bahwa dendrit dengan nama spinydend telah dibuat dengan jumlah 1002. Sedangkan penulisan dalam python dapat dituliskan sebagai berikut

```
soma = h.Section()
```

jika bagian sel yang dibuat lebih dari satu

```
spinydend = [h.Section(name='spinydend[%d]' % i) for i in range(1002)]
```

Tahapan selanjutnya ketika bagian-bagian sel telah dibuat adalah menghubungkan atau membuat tipologi sel. Tipologi sel ini dapat dilakukan dengan menghubungkan antar bagian sel, sehingga terbentuk sel yang sesuai dengan eksperimen dan data. Pada *hoc* untuk membuat tipologi dapat dilakukan dengan menuliskan perintah berikut

```
connect sec dend(0), soma(1)
```

Perintah ini mempunyai makna bahwa soma sebagai induk atau batang sedangkan sec dend sebagai anak atau cabang. Angka 0 dan 1 menunjukkan bagian segmen dari soma dan sec dend yang digabungkan. Pada python untuk membuat tipologi dapat dilakukan dengan menuliskan perintah sebagai berikut

```
sec dend.connect(soma, 1, 0)
```

berbeda dengan *hoc* pada python perintah connect dituliskan ditengah antara anak dan induk.

Geometri dari setiap bagian sel seperti panjang (L), diameter (diam) dan segmen (nseg) dapat dituliskan lebih detail. Pada *hoc* dapat dituliskan dalam perintah

```
Soma {
    nseg=1
    L=22
    diam=22
}
```

Sedangkan pada python dapat ditulis sebagai berikut

```
soma.nseg = 1
soma.L = 22
soma.diam = 22
```

tahapan-tahapan diatas merupakan perbedaan penulisan sintaksis ketika membuat permodelan sel antara menggunakan bahasa pemrograman *hoc* pada NEURON dan bahasa pemrograman python. Perbedaan sintaksis tersebut mengeluarkan hasil pemodelan sel yang sama, sehingga dari penelitian ini dapat diketahui bahwa bahasa pemrograman python dapat dikombinasikan dengan simulator NEURON untuk penelitian neurosains dalam pendekatan komputasi.

Kesimpulan dan Saran

Pemodelan sel mitral dan sel purkinje berhasil dilakukan dengan menggunakan kombinasi antara simulator NEURON dan bahasa pemrograman Python. Pada pemodelan terdapat beberapa sintaksis yang berbeda antara bahasa *hoc* dan bahasa Python. Hasil Pemodelan menunjukkan geometri dan morfologi yang sama. Hasil pemodelan ini dapat digunakan sebagai rujukan penelitian neurosains yang dalam kajian komputasi, khususnya menggunakan kombinasi simulator NEURON dan Python.

Daftar Rujukan

- [1] E. De Schutter, "Why Are Computational Neuroscience and Systems Biology So Separate?," *PLoS Computational Biology*, vol. 4, p. e1000078, 2008.
- [2] M. L. Hines and N. T. Carnevale, "The NEURON Simulation Environment," *Neural Computation*, vol. 9, pp. 1179-1209, 1997/08/01 1997.
- [3] M. Migliore, C. Cannia, W. W. Lytton, H. Markram, and M. L. Hines, "Parallel network simulations with NEURON," *Journal of Computational Neuroscience*, vol. 21, p. 119, 2006/05/26 2006.
- [4] T. Oliphant, *Python for Scientific Computing* vol. 9, 2007.
- [5] G. Y. Shen, W. R. Chen, J. Midtgaard, G. M. Shepherd, and M. L. Hines, "Computational Analysis of Action Potential Initiation in Mitral Cell Soma and Dendrites Based on Dual Patch Recordings," *Journal of Neurophysiology*, vol. 82, pp. 3006-3020, 1999/12/01 1999.
- [6] S. Masoli, S. Solinas, and E. D'Angelo, "Action potential processing in a detailed Purkinje cell model reveals a critical role for axonal compartmentalization," *Frontiers in Cellular Neuroscience*, vol. 9, 2015-February-24 2015.
- [7] T. Hirano, "Purkinje Neurons: Development, Morphology, and Function," *The Cerebellum*, vol. 17, pp. 699-700, 2018/12/01 2018.
- [8] S. Gasparini and M. Migliore, "Action Potential Backpropagation," in *Encyclopedia of Computational Neuroscience*, D. Jaeger and R. Jung, Eds., ed New York, NY: Springer New York, 2015, pp. 1-6.

Pengembangan Buku Panduan Praktikum Fisika Berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) Untuk Peserta Didik Kelas X Semester Gasal Di SMAN 1 Banguntapan

Mirta Nuziani^{1*}, Widayanti²

¹*Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga
Jalan Marsda Adisucipto, Yogyakarta, Indonesia*

**Email: mirtanuzi@gmail.com*

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan buku panduan, mengetahui kualitas dan mengetahui respon peserta didik serta keterlaksanaan terhadap buku panduan praktikum fisika berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*). Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) yang mengacu pada model prosedural 4-D, yakni *define, design, develop, dan disseminate*. Penelitian ini dilakukan sampai tahap *develop* yang dibatasi pada uji luas dan keterlaksanaan. Instrumen penelitian berupa lembar validasi, lembar penilaian, lembar respon peserta didik, dan lembar observasi keterlaksanaan. Penilaian kualitas produk menggunakan skala *Likert* dengan 4 skala dan penilaian respon peserta didik menggunakan skala *Guttman* yang dibuat dalam bentuk *checklist*. Sedangkan keterlaksanaan buku panduan praktikum fisika berbasis POE menggunakan analisis deskriptif. Hasil penelitian berupa buku panduan praktikum fisika berbasis POE untuk peserta didik kelas X semester Gasal di SMAN 1 Banguntapan. Kualitas buku panduan praktikum fisika berbasis POE yang dikembangkan menurut ahli materi, ahli grafika, dan guru fisika adalah Sangat Baik (SB) dengan rerata skor masing-masing sebesar 3,74; 3,67; dan 3,69. Respon peserta didik pada uji terbatas dan uji luas adalah Setuju (S) dengan rerata skor 0,94 dan 0,99. Hasil uji keterlaksanaan buku panduan praktikum fisika berbasis POE berdasarkan pengamatan observer secara keseluruhan telah terlaksana dengan baik.

Kata kunci : Buku Panduan Praktikum Fisika, Kelas X Semester Gasal, POE (*Predict, Observe, Explain*).

ABSTRACT

This study aims to produce a handbook, find out the quality and know the responses of students and the implementation of the physics practice manual based on POE (Predict, Observe, Explain). This research is a Research and Development (R&D) research that refers to a 4-D procedural model, namely define, design, develop, and disseminate. This research was carried out to the develop stage which was limited to extensive testing and feasibility. The research instruments were validation sheets, assesment sheets, student response sheet, and implementation observation sheets. Assessment of product quality using a Likert scale with 4 scales and assesment of students' responses using the Guttman scale made in the form of a checklist. While the implementation of the physics practice manual based on POE uses descriptive analysis. Research results Physics Experiments Handbook Based on POE for grade X students 1st semester in SMAN 1 Banguntapan. The quality of Physics Experiments Handbook Based on POE developed according to material experts, graphic experts, and physics teachers is Very Good (SB) with an average score of each 3,74; 3,67; and 3,69. Student responses to the limited test and broad test are Agree (S) with a mean score 0,94 and 0,99. The results of the test of implementation physics experiments handbook based on POE according to the observations as a whole have been carried out well.

Keyword : Grade 10 students, Physics Experiments Handbook, POE (*predict, observe, explain*).

Pendahuluan

Pembelajaran merupakan upaya yang dilakukan pendidik untuk membantu peserta didik agar dapat menerima pengetahuan yang diberikan dan membantu memudahkan pencapaian tujuan pembelajaran [1]. Pembelajaran fisika merupakan proses membelajarkan fisika kepada peserta didik, keberhasilan pembelajaran fisika dapat dilihat apabila peserta didik aktif belajar di kelas dan bukan tidak mungkin juga aktif belajar fisika di luar kelas. Pembelajaran fisika dalam kurikulum 2013 adalah pembelajaran yang mengharuskan peserta didik untuk kritis, aktif, inovatif, dan kreatif. Oleh karena itu, pendidik seharusnya menerapkan model-model pembelajaran yang berkesesuaian dengan hakikat fisika di dalamnya [2].

Pembelajaran fisika perlu melakukan kegiatan praktikum agar peserta didik dapat meningkatkan kemampuannya dalam aspek pengetahuan, sikap, dan keterampilan. Praktikum merupakan metode yang mengajak peserta didik untuk lebih aktif dan terlibat secara langsung dalam proses memahami teori fisika dengan cara mencoba dan mempraktikkan serta menguji kebenaran suatu teori fisika. Menurut Subiantoro [3] kegiatan praktikum sangat dimungkinkan adanya penerapan beragam keterampilan proses sains sekaligus pengembangan sikap ilmiah yang mendukung proses perolehan pengetahuan dalam diri peserta didik.

Kegiatan praktikum memerlukan panduan praktikum agar dapat mencapai tujuan, dimana di dalam panduan praktikum tersebut peserta didik diharuskan melakukan kegiatan praktikum dengan mandiri. Berdasarkan hasil wawancara kepada salah satu guru fisika menyatakan bahwa kegiatan yang dilakukan saat praktikum yaitu, peserta didik duduk berkelompok, melakukan praktikum dengan mengikuti langkah kerja, menuliskan hasil pengamatan dan kesimpulan. Selain itu, guru belum mengimplementasikan model pembelajaran pada kegiatan praktikum.

Berdasarkan observasi laboratorium fisika, alat dan bahan praktikum fisika sudah memadai. Akan tetapi, panduan praktikum yang digunakan oleh guru saat ini hanya berupa lembaran kertas sehingga belum terdokumentasi dengan baik. Langkah-langkah kegiatan praktikum masih disusun secara ringkas, sehingga peserta didik mengalami kendala dalam kegiatan praktikum.

Hasil penyebaran angket kepada peserta didik didapatkan bahwa 55% peserta didik lebih senang belajar fisika menggunakan metode praktikum. Hal ini dikarenakan peserta didik dapat membuktikan teori-teori fisika secara nyata, juga memperpanjang daya ingatnya tentang materi yang dipraktikkan. Peserta didik antusias saat pelaksanaan praktikum akan tetapi mayoritas peserta didik mengalami kendala dalam menganalisis data dan memahami langkah-langkah panduan praktikum yang dibuat guru secara ringkas. Peserta didik hanya mengamati dan menuliskan hasil pengamatannya di lembar kertas panduan praktikum sekaligus dijadikan sebagai laporan praktikum sementara.

Berdasarkan hasil wawancara guru, materi gerak lurus merupakan materi yang sulit di semester gasal, sehingga perlu dilakukan praktikum. Akan tetapi buku panduan praktikum pada materi gerak lurus belum tersedia. Sedangkan pada materi besaran satuan, praktikum yang dilakukan hanya pengukuran panjang dan massa. Selain itu, guru kurang memvariasikan berbagai alat ukur contohnya pada pengukuran suhu dan arus listrik. Oleh karena itu, peneliti memilih materi besaran satuan dan gerak lurus.

Panduan praktikum diperlukan sebagai acuan dalam melaksanakan praktikum. Panduan praktikum yang diharapkan adalah buku panduan yang dapat menjadikan peserta didik memahami konsep, dapat memfasilitasi peserta didik untuk dapat lebih aktif, kreatif, dan menambah pengalaman peserta didik untuk menemukan pengetahuannya sendiri. Oleh karena itu, perlu adanya buku panduan praktikum yang dapat mengimplementasikan model pembelajaran dalam kegiatan praktikum.

Model yang dipilih adalah model pembelajaran POE (*Predict, Observe, Explain*). Karena model POE merupakan salah satu model berorientasi konstruktivisme yang menekankan pada cara peserta didik membangun atau menemukan pengetahuan sendiri [4]. Model POE

merupakan suatu model pembelajaran yang menggunakan tiga langkah utama dari metode ilmiah yaitu *predict* (membuat prediksi), membuat dugaan terhadap suatu peristiwa fisika; *observe* (melakukan penelitian), menguji dugaan dengan melakukan pengamatan; *explain* yaitu memberi penjelasan tentang kesesuaian antara dugaan dengan yang sungguh terjadi [5]. White dan Gustone dalam Muna [6] menyatakan bahwa model POE merupakan model yang efektif untuk memperoleh dan meningkatkan konsep sains peserta didik. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yunita [7] menyatakan bahwa model pembelajaran POE mampu meningkatkan keterampilan proses sains dan pemahaman konsep peserta didik serta melatih kemampuan eksplanasi peserta didik dalam mengemukakan kesimpulan dan hasil diskusi kelompoknya.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) dengan model prosedural yang mengadaptasi dari prosedur penelitian pengembangan menggunakan 4D (*four D model*) yang dikemukakan oleh Thiagarajan, Shivasailam dkk yaitu model yang bersifat deskriptif dan menggariskan langkah-langkah yang diikuti untuk menghasilkan suatu produk. Model ini terdiri dari empat tahap pengembangan, yaitu *Define*, *Design*, *Develop*, dan *Disseminate*. Langkah-langkah penelitian ini dibatasi pada tahap *Develop*, karena penelitian ini bertujuan untuk mendesain produk, mengetahui kualitas produk, respon peserta didik, dan keterlaksanaan produk yang dikembangkan.

Tahap pertama yang dilakukan dalam pengembangan buku panduan praktikum fisika ialah tahap pendefinisian (*define*). Tahap *define* bertujuan untuk menetapkan dan mendefinisikan syarat-syarat pembelajaran dengan melakukan analisis kebutuhan terkait dengan produk yang akan dikembangkan [8]. Analisis kebutuhan ini berdasarkan dari analisis peserta didik dan analisis materi. Analisis peserta didik dilakukan dengan menyebarkan angket kepada peserta didik kelas X MIPA 3 dan X MIPA 4, sedangkan analisis materi didapatkan melakukan wawancara kepada salah satu guru fisika dan melakukan observasi laboratorium.

Tahap kedua adalah tahap perancangan (*design*). Pada tahap ini peneliti melakukan pemilihan format dan merancang desain awal buku panduan praktikum. Format buku panduan praktikum terdiri dari tiga bagian yaitu, bagian pendahuluan, inti, dan penutup. Sedangkan perancangan desain awal terdiri dari pengumpulan referensi materi, desain, dan konten buku panduan praktikum.

Tahap ketiga adalah tahap pengembangan (*develop*). Pada tahap ini peneliti melakukan validasi produk, penilaian produk, dan uji coba produk kepada peserta didik. Validasi bertujuan untuk mengetahui kelayakan terhadap buku panduan praktikum berbasis POE. Penilaian dilakukan untuk mengetahui kualitas buku panduan praktikum berbasis POE, sedangkan uji coba produk dilakukan untuk mengetahui respon peserta didik dan keterlaksanaan buku panduan praktikum berbasis POE.

Penelitian ini dilakukan pada tanggal 31 Juli sampai dengan 1 Agustus 2019 di SMAN 1 Banguntapan. Responden penelitian ini ialah 10 peserta didik kelas X MIPA 1 untuk uji coba terbatas dan 25 peserta didik kelas X MIPA 4 untuk uji coba luas. Validasi instrumen dilakukan oleh 1 dosen ahli instrumen. Validasi produk dilakukan oleh 5 validator (3 ahli materi dan 2 ahli grafika). Penilaian dilakukan oleh 8 penilai (3 ahli materi, 3 ahli grafika, dan 2 guru fisika SMA/MA). Instrumen yang digunakan pada penelitian ini adalah lembar validasi produk, lembar angket penilaian kualitas, lembar angket respon peserta didik, dan lembar observasi keterlaksanaan produk.

Teknik analisis data dalam penelitian ini menggunakan analisis deskriptif yang dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1. Analisis Data Kualitas Produk

- a. Hasil penilaian para ahli dari data kualitatif diubah menjadi data kuantitatif dengan ketentuan sebagai berikut:

Tabel 1. Aturan Pemberian Skor [9]

Kriteria	Skor
SB (Sangat Baik)	4
B (Baik)	3
TB (Tidak Baik)	2
STB (Sangat Tidak Baik)	1

- b. Skor rata-rata dari setiap aspek dihitung menggunakan persamaan:

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{Nn} \quad (1)$$

Keterangan:

\bar{X} : skor rata-rata penilaian

$\sum X$: jumlah skor penilaian

N : Jumlah butir pernyataan

n : Jumlah penilai

- c. Skor rata-rata yang diubah ke dalam bentuk kualitatif berdasar Tabel 1., sehingga diperoleh kriteria penilaian produk seperti Tabel 2. berikut:

Tabel 2. Kriteria Kategori Penilaian Ideal [9]

Rata-Rata Penilaian	Kriteria Kualitatif
$3,25 < \leq 4$	Sangat Baik (SB)
$2,50 < \leq 3,25$	Baik (B)
$1,75 < \leq 2,50$	Tidak Baik (TB)
$1,00 < \leq 1,75$	Sangat Tidak Baik (STB)

2. Analisis Data Respon Peserta Didik

Prosedur analisis respon data peserta didik yaitu dengan cara mengubah hasil respon peserta didik yang masih berupa data kualitatif, menjadi skor dengan skala *Guttman*. Skala pengukuran ini akan mendapatkan jawaban yang tegas. Pemberian skor pada lembar respon peserta didik dapat dilihat pada Tabel 3. berikut:

Tabel 3. Skor Respon Berdasarkan Skala *Guttman*

Pernyataan	Skor	
	Setuju	Setuju
Positif	1	0
Negatif	1	0

Data yang diperoleh kemudian dianalisis dengan mengikuti langkah-langkah berikut:

- Menghitung skor rata-rata setiap aspek yang dinilai dengan persamaan (1)
- Mengubah skor rata-rata yang diperoleh ke dalam bentuk kualitatif berdasar Tabel 3., sehingga diperoleh kriteria penilaian produk seperti Tabel 4. berikut:

Tabel 4. Kriteria Kategori Respon Peserta Didik Ideal

Skor rata-rata	Kriteria Kualitatif
$0,5 < \leq 1$	Setuju
$0 < \leq 0,5$	Tidak Setuju

Hasil dan Pembahasan

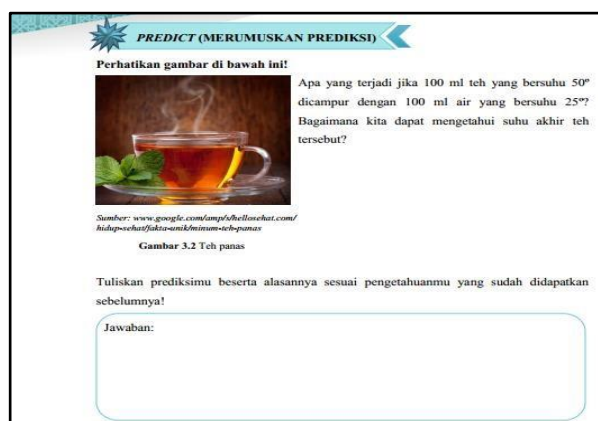
Hasil akhir dari penelitian pengembangan ini berupa buku panduan praktikum berbasis POE (*predict, observe, explain*) untuk peserta didik kelas X semester gasal di SMAN 1 Banguntapan. Buku panduan praktikum ini terdiri dari 5 judul percobaan yaitu, pengukuran panjang dan massa, pengukuran arus listrik, pengukuran suhu, gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan. Buku panduan praktikum berbasis POE terdiri dari beberapa komponen seperti sampul, kata pengantar, petunjuk penggunaan buku, tata tertib laboratorium, sasaran kompetensi, daftar isi, pengenalan alat dan bahan, tujuan percobaan, materi, *predict, observe, explain*, sistematika laporan praktikum, dan daftar pustaka.

Buku panduan praktikum yang dikembangkan disusun menggunakan dua aplikasi yaitu *CorelDRAW X8* dan *Microsoft Word 2013*. Penggunaan *CorelDRAW X8* dalam penyusunan buku panduan praktikum antara lain digunakan untuk membuat desain sampul, desain *template* halaman, gambar skema alat, ilustrasi-ilustrasi dan gambar-gambar yang mendukung dalam buku panduan praktikum. Sedangkan penggunaan *Microsoft Word 2013* dalam penyusunan buku panduan praktikum antara lain digunakan untuk *layout editing*, penulisan naskah dan persamaan.

Berikut pengembangan buku panduan praktikum fisika berbasis POE yang terdiri dari tiga tahapan:

1) *Predict*

Predict adalah memprediksikan suatu persoalan berupa fenomena/kejadian sehari-hari yang disajikan dalam bentuk gambar, narasi, dan pertanyaan-pertanyaan serta disediakan kolom *predict* yang digunakan peserta didik dalam memprediksi. Tahap ini mengajak peserta didik untuk memprediksi dari apa yang mereka lihat, sehingga peserta didik dapat membangun pengetahuannya sendiri. Berikut contoh *predict* dalam buku panduan praktikum fisika berbasis POE dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tahap *Predict* pada Pengukuran Suhu

Gambar 1 menunjukkan tahap *predict* pada materi pengukuran suhu. Pada tahap ini disajikan gambar teh panas dalam gelas, kemudian peserta didik diminta untuk memprediksikan apa yang terjadi jika teh yang panas dicampur dengan air dingin dan bagaimana suhu akhir teh dapat diketahui. Peserta didik diminta menuliskan prediksi beserta alasannya pada kolom yang sudah disediakan.

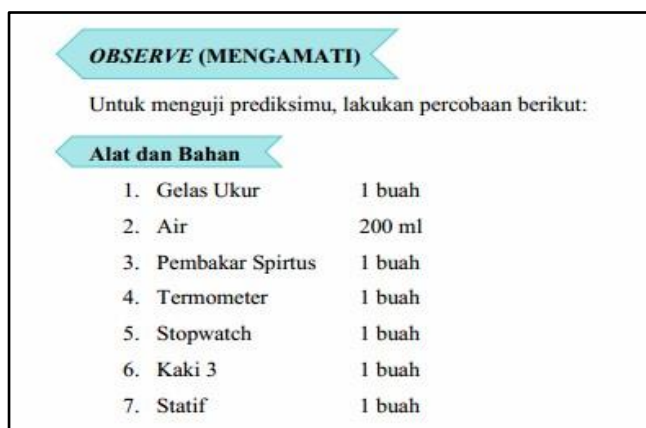
2) *Observe*

Observe adalah kegiatan melakukan percobaan untuk membuktikan kebenaran prediksi yang telah dibuat. Tahap ini mengajak peserta didik untuk lebih aktif dan terlibat langsung dalam

penyelidikan, sehingga melatih keterampilan sains peserta didik. Kegiatan observasi ini terdiri dari alat dan bahan, langkah kerja, tabel pengamatan, dan analisa data.

A) Alat dan bahan

Alat dan bahan yang ada pada buku panduan praktikum berisi alat dan bahan beserta jumlahnya sesuai dengan judul praktikum. Berikut contoh alat dan bahan pada buku panduan praktikum:



OBSERVE (MENGAMATI)	
Untuk menguji prediksimu, lakukan percobaan berikut:	
Alat dan Bahan	
1. Gelas Ukur	1 buah
2. Air	200 ml
3. Pembakar Spirtus	1 buah
4. Termometer	1 buah
5. Stopwatch	1 buah
6. Kaki 3	1 buah
7. Statif	1 buah

Gambar 2. Alat dan Bahan pada Pengukuran Suhu

Gambar 2 menunjukkan alat dan bahan yang digunakan pada pengukuran suhu. Peserta didik diminta memahami alat dan bahan yang ada pada buku panduan praktikum kemudian disesuaikan dengan alat dan bahan yang sudah tersedia.


B) Langkah kerja

Langkah kerja berisi langkah-langkah percobaan yang akan dilakukan dan dilengkapi dengan gambar/skema percobaan. Berikut contoh langkah kerja pada buku panduan praktikum:

Langkah Kerja

1. Mulailah dengan membaca doa terlebih dahulu.
2. Siapkan peralatan yang akan digunakan.
3. Masukkan 100 ml air ke dalam gelas ukur.
4. Letakkan gelas ukur tersebut di atas kaki 3.
5. Gantungkan termometer pada statif, kemudian posisikan termometer hingga menyentuh air seperti pada gambar di bawah ini.

WARNING!!
Hati-hatilah dalam Menggunakan alat dan bahan

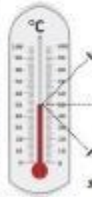


Sumber: database peneliti

Gambar 3.3 Rangkaian Percobaan

6. Catatlah suhu air yang terbaca pada termometer sebagai suhu awal.
7. Nyalakan pembakar spiritus kemudian letakkan dibawah kaki 3 bersamaan dengan menekan *stopwatch*.
8. Amatilah perubahan suhu yang terjadi pada termometer setiap tiga menit kemudian catat suhu yang terbaca.
9. Matikan pembakar spiritus ketika *stopwatch* menunjukkan waktu 12 menit, kemudian campurkan dengan air keran sebanyak 100 ml dan catat perubahan suhunya.

INGAT!



Sumber: database peneliti

Gambar 3.4 Kedudukan mata saat pengukuran

10. Catatlah perubahan suhu yang terjadi pada air untuk waktu yang telah ditentukan pada Tabel 3.2.

Gambar 3. Langkah Kerja pada Pengukuran Suhu

Gambar 3 menunjukkan langkah kerja pada pengukuran suhu. Peserta didik diminta menguji prediksinya dengan melakukan praktikum sesuai dengan langkah kerja pada buku panduan praktikum. Pada praktikum ini, peserta didik menggunakan termometer dan *stopwatch* secara bersamaan, sehingga perlu adanya kerjasama dalam kelompok.

C) Tabel Pengamatan

Tabel pengamatan disediakan dalam bentuk tabel sesuai dengan masing-masing percobaan yang akan dilakukan. Berikut contoh tabel pengamatan pada buku panduan praktikum:

Tabel pengamatan

Tabel 3.2 Hasil pengukuran suhu air

Suhu awal air :

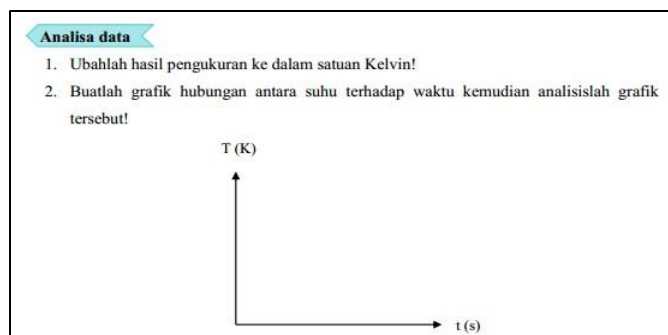
No	Waktu	Suhu (°C)
1	3 menit	
2	6 menit	
3	9 menit	
4	12 menit	
Setelah dicampur dengan air keran		
6	15 menit	
8	18 menit	
9	21 menit	

Gambar 4. Tabel Pengamatan pada Pengukuran Suhu

Gambar 4 menunjukkan tabel pengamatan pada pengukuran suhu. Ketika peserta didik melakukan praktikum dengan mengikuti langkah kerja, maka hasil yang diperoleh ditulis dalam tabel pengamatan yang sudah disediakan. Data yang dituliskan berupa suhu yang terbaca pada termometer skala *celcius*.

D) Analisa Data

Analisa data berisi pertanyaan maupun perintah untuk menganalisa data yang ada pada tabel pengamatan serta perintah untuk membuat grafik. Berikut contoh analisa data pada buku panduan praktikum:

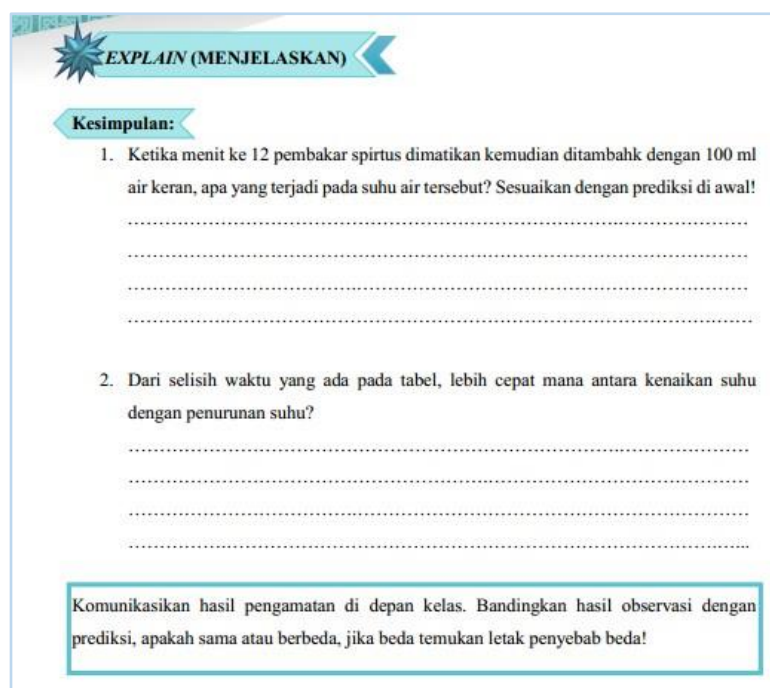


Gambar 5. Analisa Data pada Pengukuran Suhu

Gambar 5 menunjukkan analisa data pada pengukuran suhu. Setelah mendapatkan data, peserta didik diminta menganalisis data dengan mengubah hasil pengukuran dari skala *celcius* ke satuan kelvin. Kemudian peserta didik membuat grafik hubungan antara suhu terhadap waktu.

3) Explain

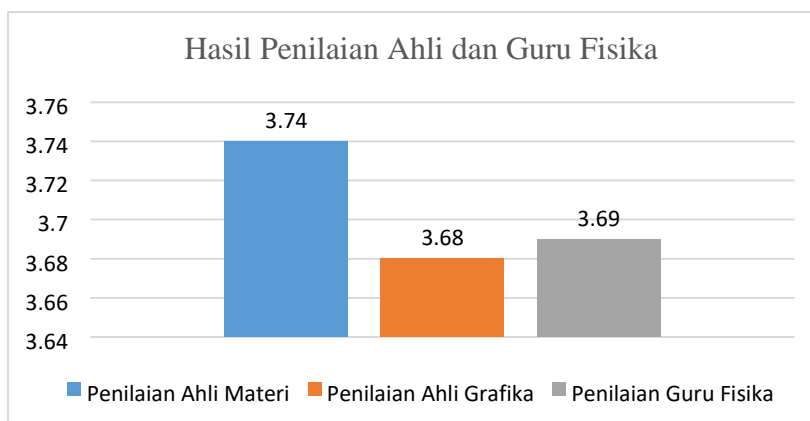
Explain adalah kegiatan menjelaskan hasil observasi yang dilakukan peserta didik dengan mengaitkan prediksi yang telah dilakukan. Pada tahap ini juga disediakan kolom penyimpulan serta perintah untuk mempresentasikan hasil percobaan. Contoh tahap *explain* dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tahap Explain pada Pengukuran Suhu

Gambar 6 menunjukkan tahap *explain* pada pengukuran suhu. Peserta didik diminta menyimpulkan hasil percobaan yang dilakukan dengan menjawab beberapa pertanyaan. Kemudian peserta didik diminta mengkomunikasikan hasil pengamatannya dengan membandingkan hasil observasi dengan prediksi di awal.

Berdasarkan hasil analisis kualitas buku panduan praktikum berbasis POE yang telah dinilai oleh para ahli materi, ahli grafika, dan guru fisika menunjukkan bahwa buku panduan praktikum yang dikembangkan tergolong dalam kategori sangat baik dengan masing-masing perolehan rerata skor sebesar 3,74; 3,68; dan 3,69. Hasil kualitas buku panduan pratikum dapat dilihat pada Gambar 7. berikut:



Gambar 7. Diagram Hasil Penilaian Ahli dan Guru Fisika

Gambar 7. menunjukkan perbandingan hasil penilaian antara ahli materi, ahli grafika, dan guru fisika yang menyatakan bahwa penilaian tertinggi adalah penilaian ahli materi. Sedangkan penilaian terendah adalah penilaian dari ahli grafika. Meskipun hasil penilaian ahli grafika terendah, namun secara keseluruhan hasil penilaian menunjukkan kategori sangat baik (SB) dengan skor di atas 3,25. Berikut penjelasan setiap aspek penilaian ahli materi, ahli grafika, dan guru fisika:

Aspek yang dinilai oleh ahli materi yaitu aspek cakupan materi, aspek komponen POE, aspek praktikum, aspek gambar alat praktikum, dan aspek konsistensi. Aspek cakupan materi memperoleh rerata skor sebesar 3,58. Aspek komponen POE memperoleh rerata skor sebesar 3,89. Aspek praktikum memperoleh rerata skor sebesar 3,89. Aspek penyajian gambar alat praktikum memperoleh rerata skor sebesar 3,67. Aspek konsistensi memperoleh rerata skor sebesar 3,67. Skor terendah didapatkan pada aspek cakupan materi dikarenakan kekeliruan peneliti dalam menuliskan keterangan notasi pada materi GLB.

Aspek yang dinilai oleh ahli grafika yaitu aspek penampilan fisik, aspek ilustrasi/gambar, dan aspek konsistensi. Aspek penampilan fisik memperoleh rerata skor sebesar 3,83. Aspek ilustrasi/gambar memperoleh rerata skor sebesar 3,67. Aspek konsistensi memperoleh rerata skor sebesar 3,55. Meskipun hasil penilaian dinyatakan sangat baik, namun pada aspek konsistensi menunjukkan rerata skor terendah. Rerata skor yang didapatkan pada aspek konsistensi dipengaruhi oleh ketidakkonsistenan letak halaman pada produk.

Aspek yang dinilai oleh guru fisika yaitu aspek pendahuluan, aspek komponen POE, aspek praktikum, aspek cakupan materi, aspek penampilan fisik, aspek ilustrasi/gambar, aspek bahasa, dan aspek konsistensi. Aspek pendahuluan memperoleh rerata skor sebesar 3,83. Aspek komponen POE memperoleh rerata skor sebesar 3,50. Aspek praktikum memperoleh rerata skor sebesar 3,50. Aspek penampilan fisik memperoleh rerata skor sebesar 4,00. Aspek ilustrasi/gambar memperoleh rerata skor sebesar 4,00. Aspek bahasa memperoleh rerata skor sebesar 3,50. Aspek konsistensi memperoleh rerata skor sebesar 3,67.

Berdasarkan hasil uji coba terbatas dan uji coba luas kepada peserta didik menunjukkan bahwa buku panduan praktikum yang dikembangkan tergolong dalam kategori setuju dengan masing-masing perolehan rerata skor sebesar 0,94 dan 0,99 seperti ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Respon Peserta Didik terhadap Buku Panduan Praktikum

Gambar 8 menunjukkan perbandingan hasil respon peserta didik uji coba terbatas dan uji coba luas yang menyatakan bahwa respon pada uji coba luas lebih besar daripada uji coba terbatas. Aspek-aspek yang digunakan dalam uji coba terbatas meliputi aspek penyajian, aspek isi, aspek bahasa, dan aspek penggunaan. Aspek penyajian memperoleh rerata skor sebesar 0,92. Aspek isi memperoleh rerata skor sebesar 0,98. Aspek bahasa memperoleh rerata skor sebesar 1,00. Aspek penggunaan memperoleh rerata skor sebesar 0,88. Meskipun respon peserta didik menunjukkan kategori setuju namun, aspek penggunaan mendapatkan skor terendah. Hal ini disebabkan oleh 2 peserta didik yang kesulitan dalam memahami isi buku panduan praktikum dan 1 peserta didik tidak tertarik untuk membaca dan mempelajari buku panduan praktikum.

Aspek-aspek yang digunakan dalam uji coba luas meliputi aspek penyajian, aspek isi, dan aspek penggunaan. Aspek penyajian memperoleh rerata skor sebesar 0,98. Aspek isi memperoleh rerata skor sebesar 1,00. Aspek penggunaan memperoleh rerata skor sebesar 0,99. Meskipun respon peserta didik menunjukkan kategori setuju namun, aspek penyajian mendapatkan skor yang rendah yaitu 0,98. Hal ini disebabkan oleh 2 peserta didik yang menyatakan bahwa tampilan buku panduan praktikum dan sampul buku panduan praktikum tidak menarik.

Uji coba terbatas dilakukan pada hari Rabu, 31 Juli 2019. Waktu yang digunakan untuk melakukan uji coba terbatas \pm 1 jam pelajaran. Peneliti memberikan lembar angket respon peserta didik kepada 8 peserta didik kelas XI MIPA 1. Selanjutnya, peneliti membagikan satu buku panduan praktikum kepada masing-masing peserta didik, kemudian peneliti mengarahkan kepada peserta didik untuk membaca secara runtut dan memahami buku panduan praktikum. Peneliti memberikan ruang bagi peserta didik untuk bertanya jika masih ada yang dibingungkan dari buku panduan praktikum tersebut. Selanjutnya, peserta didik mengisi lembar angket yang sudah dibagikan di awal.

Uji coba luas dilakukan pada hari Kamis, 1 Agustus 2019 dengan diikuti oleh 25 peserta didik kelas XI MIPA 4. Pada uji coba luas ini disertai dengan keterlaksanaan buku panduan praktikum yang dikembangkan. Untuk mengamati pelaksanaan uji coba luas ini peneliti dibantu oleh 4 orang *observer*. Pada saat uji coba luas, peserta didik diminta menuliskan prediksi dari fenomena/kejadian sehari-hari yang disajikan dalam bentuk gambar. Kemudian peserta didik

menjawab beberapa pertanyaan dan dituliskan pada kolom prediksi. Pada tahap ini peserta didik diberikan kebebasan seluas-luasnya untuk menyusun prediksi dengan alasannya. Setelah peserta didik memprediksi, tahap selanjutnya ialah membuktikan prediksinya melalui kegiatan praktikum. Dari kegiatan praktikum peserta didik mendapatkan data yang ditulis pada tabel pengamatan. Setelah mendapatkan data, peserta didik menganalisa data dengan menjawab beberapa pertanyaan. Tahap akhir, peserta didik diminta menjelaskan tentang kesesuaian antara prediksi dengan hasil praktikum. Pada tahap ini, peserta didik terlebih dahulu membuat kesimpulan dengan menjawab beberapa pertanyaan. Kemudian perwakilan kelompok diminta memberikan penjelasannya di depan kelas.

Berdasarkan hasil penelitian, buku panduan praktikum fisika berbasis POE yang dikembangkan dapat memandu peserta didik dalam melakukan kegiatan praktikum. Peserta didik diajak untuk memprediksi suatu fenomena. Hal ini dapat melatih kemampuan berfikir peserta didik. Kemudian peserta didik diajak untuk membuktikan suatu prediksinya melalui kegiatan observasi. Di mana kegiatan observasi yang dilakukan dapat melatih kerjasama, kreatifitas dan saling menghargai dalam satu kelompok. Selanjutnya peserta didik melakukan kegiatan penarikan kesimpulan dengan mengisi kolom kesimpulan serta mempresentasikan hasil yang didapat dengan mengaitkan prediksi dengan hasil observasi. Hal ini dapat melatih peserta didik dalam mengkomunikasikan baik secara tulisan maupun lisan.

Kesimpulan

Berdasarkan tujuan penelitian dan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan:

1. Penelitian ini menghasilkan buku panduan praktikum fisika berbasis POE (*Predict, Observe, Explain*) yang dikembangkan berdasarkan hasil analisis kebutuhan yang meliputi analisis peserta didik dan analisis materi kelas X di SMAN 1 Banguntapan.
2. Kualitas buku panduan praktikum fisika berbasis POE berdasarkan penilaian ahli materi, ahli grafika, dan guru fisika memiliki kategori Sangat Baik (SB). Rerata skor yang diperoleh sebesar 3,74; 3,67; dan 3,69.
3. Respon peserta didik terhadap buku panduan praktikum fisika berbasis POE adalah Setuju (S). Rerata skor yang didapatkan pada uji coba terbatas adalah 0,94 dan rerata uji coba luas adalah 0,99. Berdasarkan keterlaksanaan buku panduan praktikum fisika secara keseluruhan terlaksana dengan baik. Buku panduan praktikum fisika yang dikembangkan dapat digunakan oleh peserta didik sebagai pemandu kegiatan praktikum fisika kelas X di SMAN 1 Banguntapan.

Saran

1. Pengembangan Buku Panduan Praktikum Berbasis POE
Buku panduan praktikum fisika berbasis POE memiliki 3 tahapan, pada setiap tahapan memiliki kesulitan tersendiri bagi peneliti. Agar peneliti lain tidak mengalami kesulitan, maka peneliti menyarankan:
 - a. Pada tahap *Predict*, disarankan peneliti lain lebih kreatif dalam menyusun narasi beserta gambar yang berhubungan dengan materi. Hal ini dilakukan agar peserta didik lebih mudah dalam memprediksi jawaban atas pertanyaan yang disajikan.
 - b. Pada Tahap *Observe*, disarankan peneliti selanjutnya lebih banyak mencari referensi lain untuk memperlengkap percobaan yang akan dilakukan, sehingga ada hal baru yang didapatkan oleh peserta didik.
 - c. Pada tahap *Explain*, disarankan peneliti lebih kreatif dalam membuat pertanyaan yang dapat mendorong peserta didik untuk menarik kesimpulan melalui pertanyaan tersebut. Sehingga pada saat mengkomunikasikan di depan kelas, peserta didik dapat

membandingkan hasil prediksi di awal dengan hasil observasi yang diperoleh pada saat praktikum.

2. Pemanfaatan Buku Panduan Praktikum Berbasis POE

- a. Bagi peserta didik, diharapkan dapat digunakan untuk memfasilitasi peserta didik dalam melaksanakan kegiatan praktikum dan melatih peserta didik untuk membangun pemahamannya sendiri.
- b. Bagi guru, diharapkan dapat menjadi fasilitator yang baik agar kegiatan praktikum dapat berjalan dengan lancar, dapat mengondisikan peserta didik terlebih dahulu, dan dapat memanfaatkan waktu dengan sebaik-baiknya.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada bapak Tri Giharto, S.Pd. selaku kepala sekolah dan kepada ibu Dra. Sukensri, Sundari, S.Pd., selaku guru fisika serta bapak Jito selaku laboran SMAN 1 Banguntapan.

Daftar Rujukan

- [1] Suprihatiningrum, J. (2013). *Strategi Pembelajaran Teori dan Aplikasi*. Yogyakarta: AR-RUZZ MEDIA.
- [2] Sutrisno. (2006). *Fisika dan Pembelajarannya*. Bandung: UPI.
- [3] Subiantoro, A.W. (2010). *Pentingnya Praktikum dalam Pembelajaran IPA*. Yogyakarta: UNY.
- [4] Widyaningrum, dkk. (2013). Pengembangan Modul Berorientasi POE (Predict, Observe, Explain) Berwawasan Lingkungan Pada Materi Pencemaran untuk Meningkatkan Hasil Belajar Siswa. *Jurnal Bioedukasi*, Vol 6, No. 1, hlm. 100-117.
- [5] Suparno, P. (2007). *Metodologi Pembelajaran Fisika: Konstruktivistik dan Menyenangkan*. Yogyakarta: Universitas Sanata Dharma.
- [6] Muna, I.A. (2017). Model Pembelajaran POE (Predict-Observe-Explain) Dalam Meningkatkan Pemahaman Konsep Dan Keterampilan Proses IPA. *Jurnal Studi Agama*, Vol 5, No. 1, hlm. 73-91.
- [7] Yunita. (2014). Model Pembelajaran Prediksi, Observasi, Eksplanasi pada Pembelajaran Konsep Sel Volta. *Jurnal Pengajaran MIPA*, Vol 19, No. 2.
- [8] Trianto. (2011). *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta: Bumi Aksara.
- [9] Widoyoko, E.P. (2012). *Teknik Penyusunan Instrumen Penelitian*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar. Trianto. (2011). *Model Pembelajaran Terpadu*. Jakarta: Bumi Aksara.

Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis *GameMaker: Studio* Berbantu Permainan Ular Tangga pada Materi Dinamika Rotasi dan Keseimbangan Benda Tegar

Aida Fatmawati^{1*}, Tri Isti Hartini¹, Sugianto Arjo¹

¹ *Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jl. Tanah Merdeka, Kp.Rambutan, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13830, Indonesia*

**E-mail: aidafatmawati7@gmail.com*

INTISARI

Penelitian ini dilakukan karena terbatasnya jumlah media pembelajaran fisika berbasis teknologi di SMA. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan media pembelajaran fisika dalam bentuk aplikasi *GameMaker: Studio* pada materi dinamika rotasi dan keseimbangan benda tegar. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model ADDIE. Pada tahap analisis, dilakukan kegiatan analisis masalah dan analisis kebutuhan. Pada tahap desain, desain media pembelajaran dibuat kemudian divalidasi oleh ahli materi dan ahli media. Pada tahap implementasi, media pembelajaran diuji cobakan pada kelompok kecil dengan responden 15, dan uji kelompok besar dengan responden 72. Tahap evaluasi dilakukan dengan menganalisis data validasi ahli, uji kelompok kecil dan uji kelompok besar. Data yang diperoleh melalui metode observasi dianalisis secara deskriptif kualitatif. Sedangkan data validasi dianalisis secara deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Nilai rata-rata ahli 94,67% (Sangat Baik), uji kelompok kecil 76,33% (Baik) dan uji kelompok besar 83,28% (Good). Sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi ini layak digunakan untuk pembelajaran fisika.

Kata Kunci : Aplikasi GameMaker: Studio, Media Pembelajaran, Permainan Ular Tangga Fisika

ABSTRACT

This research was conducted because of the limited number of technology-based physics learning media in high schools. The purpose of this research is to develop physics learning media in the form of Game Maker Studio application on the material of rotational dynamics and rigid body equilibrium. This research is a development research using ADDIE model. In the analysis phase, the problem analysis and needs analysis activities are carried out. At the design stage, the design of instructional media is created and then validated by material experts and media experts. At the implementation stage, the learning media were tested on a small group with 15 respondents, and a large group test with 72 respondents. The evaluation phase was carried out by analyzing expert validation data, small group testing and large group testing. Data obtained through the observation method were analyzed descriptively qualitatively. While the validation data were analyzed descriptively qualitatively and quantitatively. The average score of experts was 94.67% (Very Good), small group test was 76.33% (Good) and large group test was 83.28% (Good). So it can be concluded that this application is suitable for use in learning physics.

Keywords : Game Maker Studio Application, Learning Media, Physics Ladder Snake Game

Pendahuluan

Pengetahuan merupakan salah satu unsur yang bernilai penting dalam kehidupan. Pengetahuan tentang dunia alamiah meliputi tiga bidang ilmu dasar, yaitu Biologi, Fisika dan Kimia. Ketiga bidang ilmu tersebut termasuk kedalam cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA). Fisika merupakan salah satu cabang Ilmu Pengetahuan Alam (IPA) yang mendasari perkembangan teknologi maju dan konsep hidup harmonis dengan alam. Pada tingkat SMA/MA, fisika dipandang penting untuk diajarkan sebagai mata pelajaran tersendiri. Dikarenakan mata pelajaran fisika merupakan mata pelajaran yang dapat menumbuhkan kemampuan berpikir peserta didik yang berguna untuk memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari. Fisika juga merupakan mata pelajaran yang mempelajari fenomena dan gejala alam secara empiris, logis, sistematis, dan rasional yang melibatkan proses dan sikap ilmiah peserta didik. Oleh karena itu, Seorang guru fisika seharusnya tahu apa yang dapat diserap dan dipahami oleh peserta didik. Dengan kata lain, guru harus menguasai bahan atau materi fisika sekaligus menguasai pendekatan, strategi, metode, media yang digunakan ataupun model pembelajaran yang relevan yang dapat membangkitkan minat belajar peserta didik [1]. Mata pelajaran fisika dapat menjadi sesuatu hal yang menyenangkan atau membosankan bagi peserta didik tergantung bagaimana guru menciptakan kegiatan pembelajaran bagi peserta didiknya. Dalam hal ini, kemampuan profesional guru sangat dituntut agar kreatif dalam menyajikan pelajaran yang dapat merangsang dan menantang serta dapat menumbuhkan motivasi belajar peserta didik [2].

Berdasarkan hasil observasi, diperoleh hasil bahwa guru dalam kegiatan pembelajaran kurang memanfaatkan media pembelajaran berbasis teknologi. Guru hanya memanfaatkan buku pelajaran sebagai media dan sumber belajar peserta didik. Proses pembelajaran masih didominasi oleh guru yang mengakibatkan peserta didik menjadi lebih pasif. Berdasarkan hasil analisis masalah tersebut, peneliti berusaha memberikan solusi yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Sehingga, peneliti melakukan observasi kembali dengan menyebar angket analisis kebutuhan di kelas XI dan memperoleh jawaban mengenai kebutuhan peserta didik dalam proses pembelajaran. Analisis kebutuhan tersebut mendapatkan hasil bahwa peserta didik membutuhkan sebuah media pembelajaran berbasis teknologi melalui sebuah permainan agar dapat membuat peserta didik lebih termotivasi untuk aktif dan giat dalam belajar fisika.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Nomor 19 Tahun 2007 tentang Standar Pengelolaan Pendidikan, maka dibutuhkan suatu alat bantu atau media dalam kegiatan pembelajaran sebagai sarana pendukung dalam proses belajar mengajar di dalam kelas [3]. Penggunaan media yang digunakan guru dalam melaksanakan proses pembelajaran sangat penting karena pada saat ini keadaan peserta didik sangat heterogen, ada peserta didik yang tipenya *auditif*, *visual*, dan *kinestetik*. Keheterogenan peserta didik ini dapat dijumpai bila guru menggunakan multimedia dari berbagai sumber. Keberadaan media pembelajaran dalam kegiatan belajar mengajar dapat menumbuhkan motivasi belajar, tidak membuat peserta didik bosan saat kegiatan pembelajaran berlangsung, serta dapat meningkatkan pemahaman konsep peserta didik terhadap materi tersebut [4]. Menurut hasil riset BAVA (*British Audio Visual Aids*), memaparkan bahwa hasil pembelajaran yang tidak menggunakan media hanya terserap 13% dari keseluruhan materi yang telah diberikan. Sebaliknya jika menggunakan media pembelajaran, hasil pembelajaran yang terserap meningkat menjadi 86% dari keseluruhan materi. Itu berarti penggunaan media pembelajaran sangat berpengaruh terhadap peningkatan hasil belajar peserta didik [5].

Salah satu upaya menciptakan situasi belajar yang menyenangkan, hidup, dan santai dalam proses belajar peserta didik adalah dengan bermain sambil belajar. Kegiatan tersebut membuat peserta didik memperoleh pengalaman belajar yang menyenangkan. Dalam permainan memungkinkan adanya partisipasi aktif dari peserta didik untuk belajar. Dalam kegiatan belajar yang menggunakan permainan, peranan guru atau tutor tidak terlalu kelihatan sedangkan

interaksi antar peserta didik menjadi lebih menonjol. Disini setiap peserta didik menjadi sumber belajar bagi sesamanya. Pembelajaran fisika dengan banyak alat bantu dapat menimbulkan antara lain: keterlibatan sebagian indera peserta didik, seperti kemampuan pandang dan dengar, peningkatan motivasi belajar peserta didik menjadi lebih baik, dan pembelajaran tidak membosankan karena ditunjang dengan alat bantu dalam pembelajarannya [6].

Penggunaan media dalam proses pembelajaran sangat dianjurkan untuk mempertinggi kualitas pembelajaran. Media pembelajaran tidak hanya berbentuk alat atau bahan tetapi juga bisa berbentuk suatu permainan yang dapat membuat peserta didik lebih tertarik dan antusias dalam kegiatan pembelajaran. Salah satu media pembelajaran berupa permainan yang dapat digunakan dalam pembelajaran, yaitu: permainan ular tangga. Permainan ular tangga dapat dijadikan sebagai media pembelajaran yang menyenangkan bagi peserta didik. Peserta didik akan cenderung tertarik dan terlihat antusias ketika melakukan kegiatan pembelajaran yang melibatkan keaktifan peserta didik. Dalam permainan ular tangga, seluruh peserta didik pasti sudah memahami cara memainkannya. Akan tetapi jika permainan ular tangga ini dimainkan dalam pembelajaran, maka akan terdapat soal-soal materi yang bisa dimasukkan kedalamnya serta fleksibel. Didalam permainan ini peserta didik diwajibkan untuk menjawab setiap soal agar dapat menjalankan setiap pion dari kotak satu ke kotak berikutnya sampai permainan selesai dan mengetahui pemenang dari permainan tersebut [4]. Keterlibatan peserta didik dalam aktivitas pembelajaran mampu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi yang diajarkan oleh guru, sehingga membuat hasil belajar peserta didik akan meningkat.

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan di atas, peneliti bertujuan untuk melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis *GameMaker: Studio* Berbantu Permainan Ular Tangga Pada Materi Dinamika Rotasi dan Kesetimbangan Benda Tegar” sebagai media pembelajaran yang dapat membantu peserta didik dalam memahami materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini untuk mengembangkan media pembelajaran fisika adalah metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Model penelitian dan pengembangan yang digunakan adalah Model ADDIE. Model ADDIE pada pengembangan untuk tujuan pembelajaran, salah satunya adalah media pembelajaran. Media Pembelajaran Fisika yang dikembangkan dalam penelitian ini adalah media permainan ular tangga fisika. Media permainan ular tangga fisika yang telah peneliti buat berbasis teknologi dengan menggunakan aplikasi *GameMaker:Studio*. Media permainan ular tangga fisika merupakan salah satu media pembelajaran berbentuk permainan (game) ular tangga yang digunakan oleh guru sebagai penunjang dalam kegiatan pembelajaran. Media permainan ular tangga fisika ini berisi tentang soal-soal fisika dengan level kognitif dari C1 – C4. Permainan ular tangga fisika ini dibuat dengan tujuan agar pemain (peserta didik) dapat bermain sambil mengasah pengetahuan tentang materi fisika dengan menyelesaikan soal yang muncul pada setiap pion setelah selesai melangkah pada setiap kotaknya.

Untuk tempat penelitian dilaksanakan di sekolah SMAN 55 Jakarta, yang beralamat di Jalan Minyak Raya, Kelurahan Duren Tiga, Kecamatan Pancoran, Jakarta Selatan. Sedangkan untuk waktu penelitian dilaksanakan pada semester ganjil tahun ajaran 2019/2020 dari bulan Mei sampai September 2019. Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan (*Research and Development*) dengan model pengembangan ADDIE yang terdiri dari lima tahapan, yaitu tahapan Analisis (*Analysis*), Desain (*Design*), Pengembangan (*Development*), Implementasi (*Implementation*), dan Evaluasi (*Evaluation*).

Berikut penjelasan mengenai langkah-langkah penelitian model ADDIE, yaitu: Pertama

Analysis (Analisis): Sebelum tahap analisis, seorang pengembang media terlebih dahulu melakukan studi pendahuluan untuk mengumpulkan data terkait permasalahan yang dihadapi dalam kegiatan pembelajaran fisika serta kebutuhan guru dan peserta didik terhadap media pembelajaran. Data tentang permasalahan dan kebutuhan tersebut diantaranya dapat diperoleh dari hal-hal berikut ini: Observasi, Studi pustaka, Angket dan sebagainya disesuaikan dengan kebutuhan pengembang media. Setelah diperoleh studi pendahuluan, kemudian melakukan tahapan analisis untuk mendeskripsikan penyebab timbulnya kesenjangan antara kondisi yang diharapkan dengan kondisi kenyataan dalam pembelajaran fisika. Secara umum, terdapat tiga kategori utama penyebab adanya kesenjangan kinerja, yang dalam hal ini adalah kesenjangan antara kenyataan hasil belajar fisika peserta didik yang masih rendah dan harapan bahwa hasil belajar fisika peserta didik dapat meningkat dan mencapai kelulusan secara maksimal. Tiga kategori utama tersebut, yaitu: keterbatasan sumber daya, kurangnya motivasi, dan kurangnya pengetahuan. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa rendahnya hasil belajar peserta didik dipengaruhi oleh 3 kategori tersebut sehingga dikembangkan suatu media yang digunakan dalam pembelajaran untuk meningkatkan hasil belajar peserta didik.

Setelah melakukan analisis, kemudian dilanjutkan pada tahap kedua, yaitu tahap desain (*Design*). Tahap ini dilakukan untuk mendesain media pembelajaran, yaitu membuat rancangan awal untuk media pembelajaran fisika. Rancangan awal media pembelajaran dibuat terlebih dahulu melalui *flowchart* berbentuk konsep permainan atau alur dari permainan yang ingin disampaikan melalui soal-soal yang terdapat dalam media permainan ular tangga untuk dapat membuat peserta didik lebih bisa memecahkan soal fisika terutama pada soal materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar. Kemudian membuat rancangan bentuk media yang akan dikembangkan dengan menggunakan *storyboard*.

Selanjutnya, melakukan tahapan Pengembangan (*Development*). Prosedur yang dilakukan pada tahap pengembangan penelitian ini adalah sebagai berikut: a) Produk awal aplikasi game: Media Pembelajaran yang akan digunakan dalam penelitian berupa Media permainan ular tangga fisika berbasis teknologi dengan menggunakan aplikasi *GameMaker: Studio*. Produk media permainan ular tangga fisika ini dibuat sesuai dengan desain yang telah dibuat sebelumnya. b) Menyusun instrumen validasi: Instrumen media pembelajaran harus dilakukan validasi oleh ahli terlebih dahulu sebelum uji coba ke lapangan. Oleh sebab itu, kita harus menyusun instrumen validasi seperti lembar validasi untuk seluruh media pembelajaran. c) Melakukan Validasi Ahli: Validasi ahli merupakan tahapan dimana seorang peneliti meminta bantuan ahli untuk menilai produk awal berdasarkan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya. Validasi ahli suatu media dapat melibatkan 2 orang ahli materi dan 1 orang ahli media masing-masing dari guru fisika dan dosen fisika. Dari pelaksanaan validasi oleh ahli ini akan diketahui apakah instrumen yang kita telah buat sudah layak untuk uji coba atau belum. Jika belum kita harus melakukan revisi sesuai dengan saran dari ahli, dan sebaliknya jika sudah dapat kita uji coba produk tersebut. d) Uji Coba Produk: Produk yang telah di validasi oleh ahli dan telah direvisi jika ada kekurangan atau apapun sesuai saran dari ahli dapat kita uji cobakan produk tersebut. Uji coba tersebut dilakukan agar dapat mengetahui apakah produk yang dihasilkan dapat digunakan dalam pembelajaran atau tidak. Jika dapat digunakan, maka produk tersebut siap diimplementasikan.

Untuk tahapan Implementasi (*Implementation*): Implementasi dari media pembelajaran permainan ular tangga yang dikembangkan, yaitu: dapat digunakan sebagai media pembelajaran untuk menunjang kegiatan pembelajaran agar peserta didik lebih aktif, tertarik, dan bisa paham serta dapat memecahkan soal-soal fisika yang kompleks khususnya materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Tahapan terakhir, yaitu tahapan *Evaluation* (Evaluasi): Evaluasi adalah suatu proses yang dilakukan secara berkelanjutan. Artinya dalam pelaksanaannya tahap evaluasi bisa saja tidak cukup dilakukan satu kali, apabila dalam proyek pengembangan yang dilakukan terdapat

berbagai hal yang belum memenuhi kebutuhan peserta didik. Dengan demikian, dapat dilakukan langkah-langkah ADDIE selanjutnya sehingga tujuan yang diinginkan dapat tercapai.

Hasil dan Pembahasan

Pengembangan Media Pembelajaran Fisika Berbasis *GameMaker:Studio* Berbantu Permainan Ular Tangga Pada Materi Dinamika Rotasi Dan Kesetimbangan Benda Tegar mengacu pada prosedur penelitian dan pengembangan model ADDIE (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*). Berikut hasil mengenai proses penelitian dan pengembangan media pembelajaran yang dikembangkan dengan menggunakan model ADDIE, yaitu: Tahap Analisis (*Analysis*): Berdasarkan hasil observasi yang dilakukan dikelas X MIPA B dan X MIPA C di SMAN 55 Jakarta diperoleh hasil bahwa guru dalam kegiatan pembelajaran kurang memanfaatkan media pembelajaran berbasis teknologi. Guru hanya memanfaatkan buku pelajaran sebagai media dan sumber belajar peserta didik. Proses pembelajaran masih didominasi oleh guru yang mengakibatkan peserta didik menjadi lebih pasif. Berdasarkan hasil analisis masalah tersebut, peneliti berusaha memberikan solusi yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik. Sehingga, peneliti melakukan observasi kembali dengan menyebar angket analisis kebutuhan di kelas XI MIPA A dan XI MIPA D di SMAN 55 Jakarta dan memperoleh jawaban mengenai kebutuhan peserta didik dalam proses pembelajaran. Berdasarkan analisis kebutuhan tersebut didapatkan hasil bahwa peserta didik membutuhkan sebuah media pembelajaran berbasis teknologi melalui sebuah permainan agar dapat membuat peserta didik lebih termotivasi untuk aktif dan giat dalam belajar fisika.

Tahap Perencanaan: Pada tahap ini, peneliti terlebih dahulu mengidentifikasi tujuan pembuatan media pembelajaran dan menentukan tujuan yang harus dikuasai oleh peserta didik setelah memanfaatkan media pembelajaran yang dikembangkan. Setelah mengidentifikasi dua tujuan tersebut, langkah selanjutnya adalah membuat soal dan menyusun konsep permainan. Kedua hal tersebut harus saling menunjang demi menghasilkan media pembelajaran yang baik dan berkualitas sesuai dengan tujuan yang diharapkan oleh peneliti. Adapun konsep permainan yang dipilih adalah permainan ular tangga fisika. Konsep permainan tersebut dipilih didasarkan atas pertimbangan hasil angket analisis kebutuhan. Setelah diperoleh konsep permainan yang cocok untuk peneliti kembangkan, peneliti mulai menyusun desain media dengan menggunakan *flowchart*. *Flowchart* sebagai bahan alur memberikan gambaran mengenai proses kerja dari media yang akan dikembangkan, mulai dari tahap masuk aplikasi hingga tahap keluar aplikasi. Kemudian peneliti membuat rancangan bentuk media pada setiap menunya dengan menggunakan *storyboard*. Selanjutnya peneliti mulai mengumpulkan asset yang diperlukan dalam media pembelajaran yang akan dikembangkan. Asset tersebut berupa sound, background, icon, gambar, soal-soal dan konsep permainan lainnya yang dapat menunjang pembuatan game. Peneliti juga mulai menyusun instrumen penelitian untuk ahli materi, ahli media, serta uji kelompok kecil dan kelompok besar. Proses penyusunan instrumen tersebut dilakukan dengan mengkaji berbagai teori yang terdapat dalam buku ataupun jurnal yang kemudian dianalisis dan disesuaikan dengan kebutuhan penelitian. Untuk Instrumen validasi disusun sebagai media penilaian yang berisi lembar penilaian kelayakan media, kritik dan saran. Sedangkan untuk instrumen perangkat pembelajaran disusun sebagai penunjang dalam kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan pada penelitian ini. Instrumen inilah yang kemudian akan menjadi dasar terbentuknya data kualitatif dan kuantitatif penelitian.

Tahap Pengembangan: Tahap perencanaan media menjadi panduan dalam mengembangkan media pembelajaran. Dalam tahap ini, peneliti mulai membuat media pembelajaran yang sesuai dengan kebutuhan peserta didik dan konsep media yang telah ditentukan. Media dibuat dengan menggunakan aplikasi *GameMaker: Studio*. Adapun konsep permainan ular tangga fisika yang

terdapat dalam media pembelajaran ini berisi soal-soal fisika berkaitan dengan materi dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar. Untuk total keseluruhan soal-soal fisika pada media permainan ular tangga fisika berjumlah 300 soal yang dibagi kedalam 3 materi, yaitu dinamika rotasi, kesetimbangan benda tegar dan titik berat. Tampilan awal aplikasi dari media permainan ular tangga fisika yang telah dikembangkan dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Menu Utama dalam Media Permainan Ular Tangga Fisika

Tahap Implementasi: Setelah melakukan proses pengembangan media pembelajaran fisika, maka langkah selanjutnya, yaitu: mengimplementasikan media pembelajaran yang telah dikembangkan. Namun, sebelum diimplementasikan, peneliti terlebih dahulu melakukan *judgment* terhadap ahli media dan ahli materi. Dalam memilih ahli tidak bisa asal pilih tetapi harus didasarkan atas bidang keahliannya. *Judgment* ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kelebihan dan kekurangan dari media permainan ular tangga fisika yang telah dibuat oleh peneliti. Penilaian dari ahli materi dan ahli media melalui pengisian angket yang telah disiapkan oleh peneliti dapat dijadikan sebagai dasar pertimbangan dalam melakukan perbaikan media permainan ular tangga fisika. Hasil penilaian untuk media permainan ular tangga fisika dapat dilihat pada Tabel 1:

Tabel 1. Hasil Penilaian Data Kuantitatif Media

Aspek	p (%)	Kategori
Keterbacaan Teks	100 %	Sangat Baik
Pemilihan Background	100 %	Sangat Baik
Kualitas Gambar	96 %	Sangat Baik
Kemudahan Pengguna	100 %	Sangat Baik
Pengelolaan Program	88%	Sangat Baik

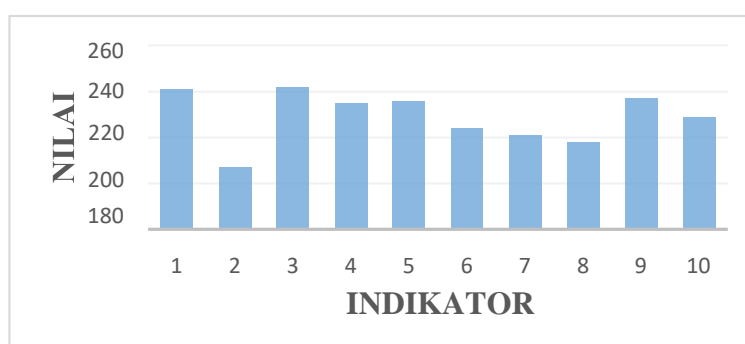
Penilaian data kuantitatif media diperoleh hasil bahwa terdapat 3 aspek penilaian termasuk dalam kategori sangat baik dengan presentase sempurna, yaitu 100% sedangkan untuk 2 aspek penilaian yang lain juga termasuk dalam kategori sangat baik hanya saja presentase yang didapatkan 96% dan 88%. Kategori sangat baik berada pada rentang nilai 81%-100%. Selain penilaian data kuantitatif diperoleh juga data kualitatif seperti yang disajikan pada Tabel 2:

Tabel 2. Hasil Penilaian Data Kualitatif Ahli Media

No	Kritik dan Saran	Kesimpulan
1.	Gambar Pion harus sepadan antara satu dengan yang lain.	Layak uji coba lapangan dengan revisi sesuai aturan.
2.	Tambahkan menu about pada game	
3.	Semua item/ properti dalam game, harap dicantumkan pada menu about.	
4.	Soal dalam game harap diperiksa kembali agar tidak terjadi lagi kesalahan dalam penulisan.	

5. Pada aturan main ditambahkan bahasa inggris karena seluruh menu dalam game menggunakan bahasa inggris.

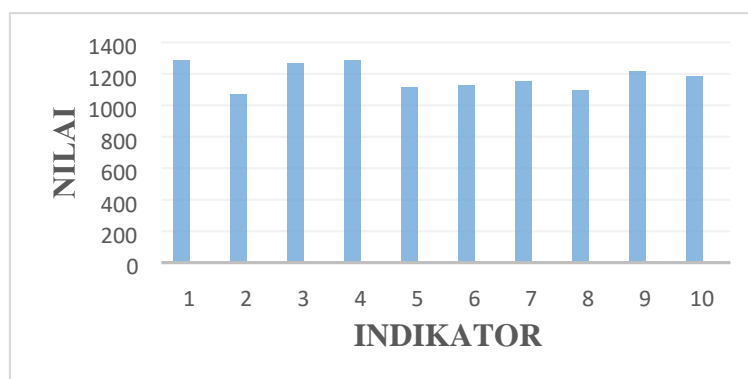
Setelah dilakukan perbaikan, media permainan ular tangga fisika ini dapat diimplementasikan dalam uji kelompok kecil. Dalam hal ini, peneliti melakukan uji kelompok kecil di SMAN 55 Jakarta pada kelas XII MIPA C dengan mengambil responden peserta didik 15 orang. Proses uji kelompok kecil dilakukan dengan cara peserta didik bermain terlebih dahulu menggunakan media permainan ular tangga fisika kemudian peneliti memberikan dua buah angket penilaian, yaitu angket terhadap soal yang terdapat media permainan ular tangga fisika dan angket terhadap media permainan ular tangga fisika, angket tersebut telah disiapkan oleh peneliti sebelumnya. Peserta didik harus mengisi angket tersebut dengan jujur dikarenakan hasil angket tersebut yang dijadikan dasar sebagai perbaikan lanjutan media permainan ular tangga fisika. Berikut hasil penilaian data kuantitatif media pada uji kelompok kecil yang disajikan dalam bentuk grafik pada Gambar 2:



Gambar 2. Grafik Histogram Penilaian Media Uji Kelompok Kecil

Selain penilaian data kuantitatif, diperoleh pula penilaian data kualitatif yang dapat disimpulkan bahwa dalam media permainan ular tangga fisika memiliki waktu yang cukup lama dalam menjawab soal hal itu menyebabkan peserta didik yang tidak kebagian menjawab soal menjadi bosan menunggu temannya menjawab soal. Sehingga peneliti mendapatkan saran untuk memperbaiki media dengan merubah waktu menjawab soal dari 2 menit menjadi 1 menit 30 detik dikarenakan peserta didik berpikiran bahwa 30 detik pertama digunakan peserta didik memikirkan rumus untuk menjawab soal, 30 detik kedua digunakan peserta didik untuk menghitung agar mendapatkan jawaban, 30 detik ketiga digunakan peserta didik untuk memastikan jawaban yang ia anggap paling benar.

Hasil perbaikan dari kelompok kecil akan menghasilkan produk media yang lebih baik sehingga peneliti melakukan uji coba kembali tetapi pada kelompok yang lebih besar. Uji coba kelompok besar ini mengambil 72 responden peserta didik dan dilakukan di sekolah yang sama, yaitu SMAN 55 Jakarta hanya saja pada uji coba kelompok besar ini berasal dari kelas yang berbeda-beda, yaitu XII MIPA A dan XI MIPA D. Pada uji coba kelompok besar ini peneliti kembali memberikan dua buah angket yang harus diisi oleh peserta didik dengan jujur setelah menggunakan media permainan ular tangga fisika. Hasil penilaian dalam uji kelompok besar menjadi pertimbangan dalam proses perbaikan media pembelajaran yang pada akhirnya akan menghasilkan produk akhir dari media pembelajaran ini. Untuk hasil penilaian media pada uji kelompok besar disajikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada Gambar 3:



Gambar 3. Grafik Penilaian Media Uji Kelompok Besar

Tahap Evaluasi: Tahap evaluasi merupakan tahap akhir dalam proses penelitian dan pengembangan media pembelajaran. Dalam tahapan ini, peneliti menelaah hasil judgment yang telah dilakukan oleh ahli materi dan ahli media, menelaah hasil uji validitas pada uji kelompok kecil dan uji kelompok besar. Hasil dari implementasi tersebut menghasilkan data penelitian yang kemudian dilakukan pengolahan data. Data yang diperoleh tersebut dapat dijadikan sebagai dasar evaluasi dalam menentukan kelayakan dan kualitas media permainan ular tangga fisika ini.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa dalam penelitian ini mengembangkan sebuah media pembelajaran, yaitu media permainan ular tangga fisika yang dibuat dengan menggunakan sebuah aplikasi *Gamemaker:Studio* bertujuan untuk membuat peserta didik lebih aktif dan semangat dalam kegiatan pembelajaran. Produk yang dihasilkan dalam penelitian ini adalah sebuah aplikasi permainan ular tangga fisika yang bisa digunakan/dimainkan dengan menggunakan laptop/komputer yang disambungkan dengan menggunakan proyektor.

Penelitian ini dilakukan di SMAN 55 Jakarta, untuk uji kelompok kecil dilakukan di kelas XII MIPA C dengan mengambil 15 responden saja. Sedangkan untuk uji kelompok besar dilakukan dikelas XII MIPA A dan XI MIPA D dengan mengambil 72 responden. Uji kelompok kecil dan uji kelompok besar ini dilakukan untuk mengetahui respon dari peserta didik terhadap soal yang terdapat didalam media permainan ular tangga fisika dan respon terhadap media permainan ular tangga fisika. Dengan cara peserta didik bermain terlebih dahulu menggunakan media permainan ular tangga fisika kemudian peneliti memberikan dua buah angket yang harus diisi oleh peserta didik dengan jujur. Hasil yang didapatkan untuk angket respon peserta didik terhadap soal Alhamdulillah baik dikarenakan untuk seluruh pertanyaan mendapatkan persentase diatas 70% itu berarti soal yang dibuat oleh peneliti termasuk dalam kategori baik dan bisa dikerjakan oleh peserta didik. Walaupun banyak peserta didik yang tidak menyukai soal berbentuk perhitungan dan lebih suka dengan soal berbentuk konsep fisika. Sedangkan untuk hasil angket respon peserta didik terhadap media pembelajaran fisika didapatkan hasil untuk seluruh indikator mendapatkan persentase diatas 75% hal itu berarti bahwa media permainan ular tangga dikatakan layak dan bisa digunakan untuk kegiatan pembelajaran fisika.

Berdasarkan simpulan yang diperoleh dari penelitian ini, maka saran yang dapat disampaikan, yaitu: bagi peneliti selanjutnya yang tertarik untuk melakukan penelitian serupa, diharapkan dapat mengembangkan media permainan ular tangga fisika dengan membuat soal pada materi lain selain dinamika rotasi dan kesetimbangan benda tegar.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan ucapan terimakasih dan penghargaan sedalam-dalamnya kepada: Allah SWT yang telah memberikan Ananda kesempatan untuk melanjutkan pendidikan hingga Perguruan Tinggi. Kedua orangtua ananda karena berkat doa, motivasi, kasih dan sayang, perhatian dan bantuan yang diberikan kepada Ananda, sehingga Ananda dapat menyelesaikannya dengan baik. Keluarga besar Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UHAMKA yang telah memberikan ilmu dan pengalaman berharga selama perkuliahan. Keluarga Besar SMAN 55 Jakarta yang telah memberikan izin kepada ananda untuk melakukan penelitian disekolah. Serta semua pihak-pihak lain yang tidak dapat ananda sebutkan satu per satu.

Daftar Rujukan

- [1] S. Aulia Sulistyningrum, Trapsilo Prihandono, "Penerapan Model Pembelajaran Jurisprudensial Inquiry Disertai Media Audio Visual Pada Pembelajaran Fisika di SMA," *Pendidik. Fis.*, vol. 4, 2015.
- [2] C. K. dan B. Sutjipto, *Media Pembelajaran Manual dan Digital*. Bogor: Ghalia Indonesia, 2011.
- [3] A. F. Frilisa Dliyaul Haya, Soetadi Waskito, "Pengembangan Media Pembelajaran Gasik (Game Fisika Asik) Untuk Siswa Kelas VIII Sekolah Menengah Pertama," *Pendidik. Fis.*, vol. 2, 2014.
- [4] P. D. A. P. Indah Kurnia Nur Pratiwi Guterres, Sudarti, Maryani, "Pengembangan Media Pembelajaran Ular Tangga Berbasis Android Pada Pokok Bahasan Gejala Pemanasan Global Untuk Pembelajaran Fisika di SMA," *Pembelajaran Fis.*, 2018.
- [5] Rusman, *Pembelajaran Berbasis Teknologi Informasi dan Komunikasi Mengembangkan Profesionalitas Guru*. Jakarta: Rajawali Pers, 2011.
- [6] A. H. Daryl Hanna, Surtarto, "Model Pembelajaran Tema Konsep Disertai Media Gambar Pada Pembelajaran Fisika di SMA," *Pendidik. Fis.*, vol. 5, 2016.

Analisis Sarana Prasarana dan Intensitas Penggunaan Laboratorium Fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung

Sintia Nur 'Aini¹, Ika Kartika², Widayanti²

¹*Program Studi Pendidikan Fisika*

² *Dosen Program Studi Pendidikan Fisika UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Jl.Marshda
Adisucipto 519739, Indonesia*

E-mail: sintianuraini27@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dan mendeskripsikan kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika, mengetahui intensitas penggunaan laboratorium fisika pada kegiatan praktikum fisika dan mengetahui kendala dalam melaksanakan kegiatan praktikum fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung. Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan metode survei. Populasi dalam penelitian ini meliputi seluruh SMA dan MA di Kabupaten Temanggung dan sampel penelitian ini yaitu SMA N 1 Temanggung, SMA N 2 Temanggung, SMA N 3 Temanggung, SMA N 1 Pringsurat, SMA N 1 Candiroto dan MAN Temanggung. Teknik sampling yang digunakan adalah *purposive sampling* karena sampel yang digunakan hanya sekolah yang berstatus negeri dan memiliki laboratorium fisika. Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah observasi, wawancara, kuisioner atau angket dan dokumentasi. Teknik analisis yang digunakan adalah statistik deskriptif untuk menganalisis data hasil observasi kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika, intensitas kegiatan praktikum, dan angket siswa. Teknik analisis data hasil wawancara dengan menggunakan teknik analisis deskriptif model Miller dan Hubberman. Kelengkapan dan kondisi sarana laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung termasuk dalam kategori lengkap dan baik. Persentase dari kelengkapan dan kondisi sarana laboratorium fisika adalah 75,38 % dan 79,42 %. Persentase kelengkapan dan kondisi prasarana laboratorium fisika adalah 72,22 % dan 72,72 %. Intensitas kegiatan praktikum fisika pada kategori baik. Berdasarkan wawancara guru dan angket respon siswa menyatakan bahwa kegiatan praktikum mampu mendukung proses pembelajaran fisika. Kendala yang dihadapi guru fisika dan laboran dalam melaksanakan kegiatan praktikum tiap sekolah berbeda-beda. Guru fisika SMA N 1 Temanggung, SMA N 1 Pringsurat dan MAN Temanggung menyatakan bahwa kendala dalam melaksanakan kegiatan praktikum adalah keterbatasan waktu jam pelajaran mata pelajaran fisika. MAN Temanggung mengalami kendala pada persiapan kegiatan praktikum karena tidak memiliki laboran.

Kata Kunci : Intensitas kegiatan praktikum fisika, Kendala dalam pelaksanaan kegiatan praktikum, Laboratorium Fisika

ABSTRACT

This research aims to analyze the completeness and condition of infrastructure facilities in the physics laboratory of SMA / MA Negeri in Temanggung, describing and analyzing the intensity of laboratory use in physics practicum activities to support the physics learning process of SMA / MA Negeri in Temanggung Regency, and obtaining information about the obstacles encountered in carrying out practicum activities in the laboratory physics. This research is a descriptive study using methods of surveys. The technique of data collection is by observing, interviews and questionnaire. The data analysis technique used is quantitative descriptive analysis for analyze the completeness and condition of infrastructure facilities in physics laboratory and student questionnaire and also use Data analysis techniques using the miller and hubberman models to analyze data from the interviews of teachers and laboratory assistants. Sampling techniques in this study used purposive sampling techniques with the object of this research is SMA N 1 Temanggung, SMA N 2 Temanggung, SMA N 3 Temanggung, SMA N 1 Pringsurat, SMA N 1 Candiroto and MAN Temanggung. The results showed that the completeness and condition of laboratory facilities of SMA/MA state in Temanggung district belongs to the full category and good. The percentage of the completeness and condition of physical laboratory facilities is 75.38% and 79.42%. The percentage of completeness and physical laboratory infrastructure conditions are 72.22% and 72.72%. The intensity of practicum

of physics activities in good category. Based on teacher interviews and student response polls, the students said that practicum activities were able to support the physics learning process. The obstacles faced by physicist and laboratory teachers in carrying out practicum activities of each school are different. Physics teacher at SMA N 1 Temanggung, SMA N 1 Pringsurat and MAN Temanggung had problem in carrying out practicum activities due to lack of time. MAN Temanggung have problems in preparing for practical activities because there is no laboran.

Keywords: Constraints in the implementation of practical activities, Intensity of practicum activities of physics, Physics Laboratory,

Pendahuluan

Laboratorium fisika merupakan salah satu sumber pembelajaran fisika yang diperlukan untuk memberikan pengalaman nyata kepada siswa. Penggunaan laboratorium fisika sebagai tempat kegiatan praktikum dalam pembelajaran memberikan pengalaman langsung untuk mengembangkan kompetensi siswa agar mampu menjelajahi dan memahami alam sekitar secara ilmiah. Selain itu, kegiatan laboratorium memberikan pengalaman siswa untuk dapat mengajukan dan menguji hipotesis, merancang dan merakit instrumen, mengumpulkan dan mengolah data, serta menyusun laporan dan mengomunikasikan hasil percobaan secara lisan maupun tulisan [1]. Keberadaan laboratorium sangat penting dalam kegiatan praktikum yang dilakukan karena laboratorium berfungsi sebagai tempat berlangsungnya kegiatan pembelajaran dalam menemukan fakta, konsep dan proses belajar ilmiah [2]. Oleh karena itu, pemerintah telah membuat undang-undang yang tertuang dalam Permendiknas No. 24 Tahun 2007 tentang standar sarana dan prasarana untuk Sekolah Menengah Atas/Madrasah Aliyah (SMA/MA) salah satunya adalah laboratorium fisika. Badan Standar Nasional Pendidikan (BSNP, 2006) menyatakan bahwa sekolah harus memiliki sarana dan prasarana laboratorium berupa perabot dan peralatan pendidikan lainnya. Keberadaan peralatan dan bahan laboratorium dalam pembelajaran fisika merupakan sarana yang harus diupayakan guna meningkatkan mutu pembelajaran fisika di sekolah. Oleh karena itu untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas, laboratorium harus dikelola dan dimanfaatkan dengan sebaik-baiknya [3]. Salah satu pengelolaan laboratorium adalah mengelola kelengkapan dan kondisi fasilitas atau sarana prasarana laboratorium fisika.

Kabupaten Temanggung memiliki 16 SMA dan 17 MA dengan 6 diantaranya adalah SMA Negeri dan 1 MA Negeri. Dalam laman web resmi kementerian pendidikan dan kebudayaan (kemendikbud) Republik Indonesia yaitu *sekolah.data.kemendikbud.go.id* diketahui bahwa tidak semua SMA memiliki laboratorium fisika. Sekolah yang memiliki laboratorium fisika adalah SMA N 1 Temanggung, SMA N 2 Temanggung, SMA N 3 Temanggung, SMAN 1 Pringsurat, SMA N 1 Candiroto, SMA N 1 Parakan, SMA PGRI dan SMA Shekinah sedangkan MA atau Madrasah Aliyah yang memiliki laboratorium fisika hanya MAN Temanggung. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan di SMA dan MA yang berstatus negeri yang memiliki laboratorium fisika kecuali SMA N 1 Parakan.

Sebelum peneliti melakukan penelitian di sekolah-sekolah tersebut, peneliti terlebih dahulu melakukan studi pendahuluan atau pra-penelitian untuk mengetahui gambaran umum tentang manajemen laboratorium fisika di SMA dan MA tersebut dengan mewawacrai guru fisika. Berdasarkan pra-penelitian atau studi pendahuluan diketahui bahwa ada sekolah yang tidak memiliki laboran fisika sehingga dalam melaksanakan kegiatan praktikum dinilai kurang efektif dan efisien. Ada sekolah yang laboratorium fisiknya digunakan untuk kegiatan belajar mengajar dan dijadikan kelas sehingga apabila akan melaksanakan kegiatan praktikum tidak bisa dilaksanakan di laboratorium fisika melainkan melaksanakan kegiatan praktikum di kelas. Ada beberapa guru yang menyatakan bahwa sarana prasarana laboratorium fisika cukup memadai akan tetapi pemanfaatan pada kegiatan praktikum kurang karena keterbatasan waktu mata pelajaran fisika.

Berdasarkan latar belakang serta penelitian sebelumnya, tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis sarana prasarana laboratorium fisika dan intensitas penggunaan laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung. Penelitian tentang analisis sarana prasarana laboratorium fisika pernah dilakukan oleh [4] tentang analisis sarana dan intensitas penggunaan laboratorium fisika serta kontribusinya terhadap hasil belajar siswa SMA Negeri di Kabupaten Jember, penelitian serupa juga dilakukan oleh [5] tentang analisis sarana prasarana laboratorium fisika dan intensitas kegiatan praktikum fisika dalam mendukung pelaksanaan pembelajaran fisika SMA Negeri di Kabupaten Jember. Penelitian lain dilakukan

oleh [2] tentang analisis sarana prasarana dan pemanfaatan laboratorium fisika SMA Negeri di Kota Medan.

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan menggunakan metode survei. Penelitian deksriptif adalah penelitian yang dimaksudkan menyelidiki keadaan, kondisi, atau hal-hal lain yang hasilnya dipaparkan dalam bentuk laporan penelitian [6]. Karakteristik dalam penelitian survei adalah objek yang diteliti banyak atau sangat banyak tetapi aspek yang diteliti sangat terbatas.

Objek penelitian ini adalah SMA N 1 Temanggung, SMA N 2 Temanggung, SMA N 3 Temanggung, SMA N 1 Pringsurat, SMA N 1 Candiroto dan MAN Temanggung. Objek penelitian dipilih dengan menggunakan teknik *purposive sampling*. Teknik *purposive sampling* adalah teknik pengambilan data dengan pertimbangan atau tujuan tertentu. Penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling* karena objek penelitian yang dipilih hanya sekolah yang memiliki laboratorium fisika. Teknik pengumpulan data yang digunakan adalah observasi, wawancara dan angket. Observasi dilakukan di laboratorium fisika untuk mengetahui kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung. Observasi kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika berdasarkan Permendiknas No. 24 Tahun 2007. Peneliti melakukan wawancara terhadap guru dan laboran. Wawancara guru dilakukan untuk mengetahui intensitas kegiatan praktikum fisika dalam mendukung proses pembelajaran fisika serta kendala yang dihadapi dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Wawancara laboran dilakukan untuk mengetahui kelengkapan sarana prasarana laboratorium fisika serta kendala yang dihadapi laboran dalam melaksanakan kegiatan praktikum. Penyebaran angket respon siswa bertujuan untuk mengetahui intensitas kegiatan praktikum dalam mendukung proses pembelajaran fisika. Hasil data wawancara dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif model Miller dan Hubberman yaitu reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan.

Hasil dan Pembahasan

Kelengkapan dan Kondisi Sarana Prasarana Laboratorium Fisika berdasarkan Permendiknas No. 24 Tahun 2007

Hasil observasi kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung berdasarkan Permendiknas No. 24 Tahun 2007, data yang diperoleh tertuang dalam Tabel 1 dan Tabel 2 berikut:

Tabel 1. Hasil Analisis Kelengkapan dan Kondisi Sarana Lab.Fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung

Nama Sekolah	Kelengkapan	Sarana		
		Kategori	Kondisi	Kategori
SMA N 1 Temanggung	86,49 %	Lengkap	91,89 %	Baik
SMA N 2 Temanggung	85,59 %	Lengkap	82,89 %	Baik
SMA N 3 Temanggung	75,68 %	Lengkap	81,08 %	Baik
SMA N 1 Pringsurat	72,97 %	Lengkap	77,48 %	Baik
SMA N 1 Candiroto	63,96 %	Kurang lengkap	67,57 %	Baik
MAN Temanggung	67,57 %	Lengkap	75,58 %	Baik
Rata-rata	75,38 %	Lengkap	79,42 %	Baik

Tabel 2. Hasil Analisis Kelengkapan dan Kondisi Prasarana Lab.Fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung

Nama Sekolah	Kelengkapan	Prasarana		
		Kategori	Kondisi	Kategori
SMA N 1 Temanggung	100 %	Lengkap	100 %	baik
SMA N 2 Temanggung	100 %	Lengkap	97,92 %	Baik
SMA N 3 Temanggung	43,75 %	Kurang lengkap	43,75 %	Kurang baik
SMA N 1 Pringsurat	31,25 %	Tidak lengkap	31,25 %	Tidak baik
SMA N 1 Candiroto	93,75 %	Lengkap	93,75 %	Baik
MAN Temanggung	64,58 %	Kurang Lengkap	66,67 %	Baik
Rata-rata	72,22 %	Lengkap	72,22 %	Baik

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung termasuk dalam kondisi lengkap dan baik. SMA N 1 Temanggung dan SMA N 2 Temanggung termasuk dalam kategori lengkap dan baik karena sekolah tersebut adalah sekolah yang sebelumnya dijadikan sekolah RSBI yaitu rintisan sekolah berstandar internasional sehingga banyak alat praktikum yang diperoleh dari bantuan pemerintah.

Rata-rata dari kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung termasuk dalam kategori lengkap dan baik akan tetapi masih ada sekolah yang memiliki sarana laboratorium fisika kurang lengkap yaitu SMA N 1 Candiroto. Kelengkapan dan kondisi prasarana laboratorium fisika di beberapa sekolah seperti SMA N 3 Temanggung dan MAN Temanggung termasuk dalam kategori kurang lengkap dan SMA N 1 Pringsurat memiliki prasarana laboratorium fisika dalam kategori tidak lengkap.

Kelengkapan sarana laboratorium fisika SMA N 1 Candiroto termasuk dalam kategori kurang lengkap karena banyak alat/sarana laboratorium fisika yang tidak ada seperti rolmeter, silinder massa sama, plat, gelas ukur, gelas beaker, kotak pitensiometer, generator frekuensi, transformator, alat percobaan kalorimeter dan alat percobaan bejana berhubungan.

Kelengkapan prasarana laboratorium fisika SMA N 3 Temanggung termasuk dalam kategori kurang lengkap dan SMA N 1 Pringsurat termasuk dalam kategori tidak lengkap. Hal ini disebabkan oleh ruang praktikum fisika digunakan sebagai ruang kelas sehingga aspek-aspek yang diteliti dari prasarana laboratorium fisika tidak ada dan apabila ada prasarana laboratorium fisika diletakkan di ruang penyimpanan seperti alat pemadam kebakaran, papan tulis, alat kebersihan dan lainnya. Kelengkapan MAN Temanggung termasuk dalam kategori kurang lengkap karena laboratorium fisika yang digunakan sekarang sebelumnya merupakan ruang kelas sehingga tidak ada ruang persiapan, meja persiapan, dan bak cuci.

Intensitas Penggunaan Laboratorium Fisika pada Kegiatan Praktikum Fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung

Hasil analisis intensitas kegiatan praktikum fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung dipaparkan dalam Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Intensitas Kegiatan Praktikum Berdasarkan Wawancara Guru Fisika

Nama Sekolah	Kelas X	Kelas XI	Kelas XII	Rata-rata	Kategori
SMA N 1 Temanggung	50 %	66,67 %	75 %	63,89 %	Baik
SMA N 2 Temanggung	100 %	100 %	100%	100 %	Sangat baik
SMA N 3 Temanggung	100 %	100 %	0 %	66,67 %	Baik
SMA N 1 Pringsurat	33,33 %	16,67 %	0 %	16,67 %	Tidak baik
SMA N 1 Candiroto	83,33 %	66,67 %	100 %	83,33 %	Sangat baik
MAN Temanggung	50 %	50 %	0 %	33,33 %	Kurang baik
Rata-rata				60,65 %	Baik

Berdasarkan Tabel 3 menunjukkan bahwa intensitas kegiatan praktikum fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung termasuk dalam kategori kurang baik dengan persentase sebesar 60,65 %. Intensitas kegiatan praktikum fisika kelas 12 cenderung rendah. Hal ini disebabkan karena kelas 12 memiliki tuntutan untuk menyelesaikan materi pelajaran kemudian fokus untuk mempersiapkan ujian nasional. Meskipun demikian ada sekolah yang tetap melaksanakan kegiatan praktikum pada kelas 12 diantaranya SMA N 1 Temanggung, SMA N 2 Temanggung dan SMA N 1 Candiroto.

Intensitas kegiatan praktikum fisika tidak dipengaruhi oleh kelengkapan sarana prasarana laboratorium fisika. Hal ini disebabkan karena SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung memiliki sarana prasarana yang lengkap dan dalam kondisi baik kecuali SMA N 1 Candiroto yang memiliki kelengkapan sarana laboratorium fisika kurang lengkap. SMA N 1 Temanggung melakukan kegiatan praktikum fisika untuk kelas 12 pada materi rangkaian arus searah, induksi elektromagnetik dan medan magnet. Berdasarkan wawancara dengan guru fisika SMA N 1 Temanggung yaitu Bapak Budi Hartono, materi listrik statis tidak dilaksanakan kegiatan praktikum karena alat percobaan listrik statis hanya ada 2 set. Oleh karena itu, pembelajaran pada materi listrik statis dengan menggunakan demonstrasi. Pada kelas 11 materi yang dilaksanakan kegiatan praktikum fisika SMA N 1 Temanggung adalah elastisitas dan hukum Hooke, fluida statis, suhu, kalor dan perpindahan kalor dan alat-alat optik. Materi yang tidak dilaksanakan kegiatan praktikum adalah gelombang berjalan dan gelombang stasioner serta gelombang bunyi. Materi yang tidak dilakukan kegiatan praktikum ini kemudian dilaksanakan kegiatan demonstrasi yang dilaksanakan oleh guru sehingga siswa bisa memahami materi tersebut secara nyata berdasarkan demonstrasi dari guru. Materi yang dilaksanakan kegiatan praktikum kelas 10 adalah pengukuran, gerak lurus dan getaran harmonis, untuk materi vektor, gerak melingkar dan hukum Newton tidak dilaksanakan kegiatan praktikum. Peneliti tidak mengetahui alasan tidak dilaksanakan kegiatan praktikum tersebut karena alat-alat yang ada memadai untuk dilaksanakan kegiatan praktikum.

Intensitas kegiatan praktikum pada SMA N 2 Temanggung berdasarkan wawancara guru fisika adalah 100 % artinya semua materi yang disebutkan dalam silabus materi fisika kurikulum 2013 revisi 2018 dilakukan kegiatan praktikum. Materi yang dilakukan kegiatan praktikum adalah pengukuran, vektor, gerak lurus, gerak melingkar, hukum Newton dan getaran harmonis untuk kelas 10 kemudian materi elastisitas dan hukum Hooke, fluida statis, suhu, kalor dan perpindahan kalor-, gelombang berjalan dan gelombang stasioner, gelombang bunyi, dan alat-alat optik untuk kelas 11 dan materi rangkaian arus searah, listrik statis, medan magnet dan induksi elektromagnetik untuk kelas 12.

Pada SMA N 3 Temanggung, intensitas kegiatan praktikum 100 % pada kelas 10 dan kelas 11. Intensitas kegiatan praktikum kelas 12 SMA N 3 Temanggung 0 % yakni tidak pernah melaksanakan kegiatan praktikum dan hanya dilaksanakan demonstrasi. Kelas 12 tidak dilaksanakan kegiatan praktikum karena fokus menyelesaikan materi pelajaran dan kemudian fokus untuk persiapan ujian nasional. Peneliti melaksanakan kegiatan wawancara terhadap guru fisika pada awal semester pada awal tahun pembelajaran 2018/2019. Keterangan intensitas kegiatan praktikum didasarkan pada tahun pembelajaran sebelumnya. Pada tahun ajaran 2018/2019 laboratorium fisika SMA N 3 Temanggung difungsikan sebagai ruang kelas.

SMA N 1 Pringsurat melaksanakan kegiatan praktikum pada materi pengukuran, gerak lurus pada kelas 10 dan elastisitas dan hukum Hooke pada kelas 11. Pada kelas 12 SMA N 1 Pringsurat tidak melaksanakan kegiatan praktikum karena menyelesaikan materi dan fokus terhadap ujian nasional. Berdasarkan tabel 3 intensitas kegiatan praktikum fisika SMA N 1

Pringsurat adalah paling rendah dibandingkan sekolah lainnya. Berdasarkan wawancara yang dilakukan oleh guru fisika SMA N 1 Pringsurat yaitu Ibu Aisyah, penyebab dari jarang nya dilaksanakan kegiatan praktikum adalah keterbatasan waktu dan kesibukan dari guru fisika

tersebut. Guru fisika SMA N 1 Pringsurat menjabat sebagai pengelola keuangan sekolah tersebut. Hal ini sejalan dengan keterangan dari laboran fisika yaitu Ibu Aulia selain menjadi laboran juga ditugaskan untuk membantu mengelola keuangan di bagian Tata Usaha atau TU sekolah tersebut.

SMA N 1 Candioto memiliki kelengkapan sarana pada kategori kurang lengkap akan tetapi kekuranglengkapan sarana laboratorium fisika tidak berpengaruh pada intensitas kegiatan praktikum. Hal ini dibuktikan berdasarkan tabel 3 bahwa intensitas kegiatan praktikum SMA N 1 Candioto termasuk dalam kategori sangat baik dengan persentase 83,33 %. Pada kelas 10 materi yang dilaksanakan kegiatan praktikum adalah pengukuran, gerak lurus, gerak melingkar, hukum Newton dan getaran harmonis. Pada kelas 10 ini materi yang tidak dilaksanakan kegiatan praktikum adalah materi vektor. Penyebab tidak dilaksanakannya kegiatan materi vektor adalah pembelajaran yang fokus pada pemahaman konsep vektor. Pada konsep vektor terdapat trigonometri yang merupakan materi baru bagi siswa kelas 10. Pada kelas 11 materi yang dilaksanakan kegiatan praktikum adalah elastisitas dan hukum Hooke, -suhu, kalor dan perpindahan panas-, gelombang bunyi serta alat-alat optik. Materi fluida statis tidak dilaksanakan kegiatan praktikum karena kekurangan alat praktikum seperti gelas ukur, gelas beaker dan lain sebagainya. Materi gelombang berjalan dan gelombang stasioner tidak dilaksanakan praktikum karena hanya dilakukan demonstrasi pada awal pembelajaran. Materi kelas 12 semua dilaksanakan praktikum yaitu rangkaian arus searah, listrik statis, medan magnet dan induksi elektromagnetik.

Intensitas kegiatan praktikum MAN Temanggung termasuk dalam kategori kurang baik dengan persentase kegiatan praktikum adalah 33,33 %. Pada kelas 10 dilaksanakan kegiatan praktikum pada materi pengukuran, hukum Newton, dan getaran harmonis. Materi yang tidak dilaksanakan kegiatan praktikum adalah vektor, gerak lurus, dan gerak melingkar. Ketiga materi tersebut dijelaskan dengan demonstrasi. Oleh karena itu tidak dilaksanakan kegiatan praktikum. Berdasarkan wawancara dengan guru fisika MAN Temanggung yaitu Bapak Anif mengatakan bahwa praktikum tidak selalu dilaksanakan di laboratorium fisika. Hal ini dikarenakan alat yang dipakai secara bersamaan antar guru fisika. Misalkan materi pengukuran dilakukan di kelas dengan membawa alat seperti jangka sorong, mikrometer sekrup dan mistar ke kelas. Alat-alat yang ada di bagi dengan guru yang mengajar materi pengukuran pada waktu yang sama. Materi yang dilaksanakan kegiatan praktikum kelas 11 adalah elastisitas dan hukum Hooke, fluida statis dan alat-alat optik. Materi yang tidak dilaksanakan kegiatan praktikum adalah -suhu, kalor dan perpindahan kalor-, gelombang berjalan dan gelombang stasioner serta gelombang bunyi. Materi suhu, kalor, dan perpindahan tidak dilaksanakan kegiatan praktikum karena tidak ada alat praktikum yaitu kalorimeter. Alasan tidak dilakukan kegiatan praktikum materi gelombang bunyi serta gelombang berjalan dan gelombang stasioner peneliti tidak menanyakan penyebabnya. Pembelajaran fisika bergantung pada guru akan menggunakan metode dalam mengajarkan materi pembelajaran sehingga apabila tidak dilaksanakan kegiatan praktikum maka kembali ke guru fisika tersebut. Materi kelas 12 tidak dilaksanakan kegiatan praktikum karena segera menyelesaikan materi dan lebih fokus pada latihan soal untuk menghadapi ujian nasional.

Hasil angket siswa terhadap kegiatan praktikum dalam mendukung prose pembelajaran fisika

Angket respon siswa terhadap kegiatan praktikum dalam mendukung proses pembelajaran fisika dilakukan kepada siswa kelas 12 yang telah melaksanakan kegiatan praktikum kelas 10 dan kelas 11. Hasil respon siswa terhadap kegiatan praktikum dipaparkan dalam tabel 4.

Tabel 4. Respon Siswa Terhadap Kegiatan Praktikum

Nama Sekolah	Persentase respon siswa	Kategori
SMA N 1 Temanggung	90,97 %	Sangat Baik
SMA N 2 Temanggung	85,58 %	Sangat Baik
SMA N 3 Temanggung	85,61 %	Sangat Baik
SMA N 1 Pringsurat	86,96 %	Sangat Baik
SMA N 1 Candiroto	89,77 %	Sangat Baik
MAN Temanggung	82,01 %	Sangat Baik
Rata-rata	86,82 %	Sangat Baik

Pada Tabel 4 menunjukkan bahwa respon siswa terhadap kegiatan praktikum di SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung termasuk dalam kategori sangat baik. Oleh karena itu diharapkan bagi sekolah dengan intensitas kegiatan praktikum yang masih kurang untuk meningkatkan intensitas kegiatan praktikum sesuai dengan kompetensi dasar silabus mata pelajaran fisika kurikulum 2013 revisi 2018.

Kendala guru dan laboran fisika dalam melaksanakan kegiatan praktikum

Data tentang kendala yang dihadapi guru dan laboran fisika diperoleh dengan wawancara. Berdasarkan wawancara tersebut ada guru yang menjawab tidak memiliki kendala apapun dalam melaksanakan kegiatan praktikum yakni guru fisika SMA N 2 Temanggung dan SMA N 3 Temanggung. Kendala yang dihadapi guru fisika SMA N 1 Temanggung yaitu keterbatasan waktu. Selain itu kendala pada saat melaksanakan kegiatan praktikum adalah apabila terjadi kerusakan alat praktikum khususnya pada praktikum materi listrik. Kendala yang dihadapi guru fisika SMA N 1 Pringsurat adalah keterbatasan waktu mata pelajaran fisika dan laboran yang menangani laboratorium fisika juga ditugaskan untuk membantu bagian TU sekolah. Guru fisika SMA N 1 Candiroto memiliki kendala kurang menguasai alat praktikum pada alat yang rumit seperti osiloskop. Kendala yang dihadapi guru fisika MAN Temanggung adalah ketiadaan laboran yang membantu dalam melaksanakan kegiatan praktikum sehingga pada saat persiapan dinilai kurang efektif dan efisien.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa kelengkapan dan kondisi sarana prasarana laboratorium fisika SMA/MA Negeri di Kabupaten Temanggung termasuk dalam kategori lengkap dan baik. Intensitas penggunaan laboratorium fisika dalam kegiatan praktikum fisika termasuk dalam kategori cukup baik dengan persentase 60,65 %. Respon siswa terhadap kegiatan praktikum sangat baik. Kendala yang dihadapi guru dan laboran dalam melaksanakan kegiatan praktikum adalah ketiadaan laboran, keterbatasan waktu, dan adanya guru yang belum menguasai alat praktikum yang cukup rumit.

Saran berdasarkan penelitian ini adalah apabila pemerintah akan memberikan hibah berupa alat praktikum dilakukan merata pada seluruh sekolah bukan hanya sekolah tertentu. Guru harus lebih memanfaatkan sarana prasarana yang sudah lengkap dan dalam kondisi baik dalam kegiatan praktikum. bagi peneliti selanjutnya diharapkan hasil penelitian dapat digunakan sebagai acuan dalam penelitian selanjutnya.

Daftar Pustaka

- [1] Kertiasa, N. (2006). *Laboratorium Sekolah dan Pengelolaannya*. Bandung: Pidak Scientific.
- [2] Satrio&Sabani. (2018). Analisis Sarana Prasarana dan Pemandaaan Laboratorium Fisika SMA Negeri di Kota Medan. *Jurnal Ikatan Alumni Fisika Universitas Negeri Medan Vol.4 No.4 Oktober 2018, 6-10*.

-
-
- [3] Puspita, W. I., Masjkur, K., & Muhardjito. (2016). Analisis Pengelolaan Laboratorium Fisika SMA Negeri di Kabupaten Malang. *Seminar Nasional Jurusan Fisika FMIPA UM 2016*, 37-42.
- [4] Katili, N. S., Sadia, I. W., & Suma, K. (2013). Analisis Sarana dan Intensitas Penggunaan Laboratorium Fisika serta Kontribusinya terhadap Hasil Belajar Siswa SMA Negeri di Kabupaten Jembrana. *e-Journal Program Pascasarjana Universitas Pendidikan Ganesha Program Studi IPA Volume 3*, 1-9.
- [5] Yanti, D. E., Subiki, & Yushardi. (Juni 2016). Analisis Sarana Prasarana Laboratorium Fisika dan Intensitas Kegiatan Praktikum Fisika dalam Mendukung Pelaksanaan Pembelajaran Fisika SMA Negeri di Kabupaten Jember. *Jurnal Pembelajaran Fisika, Vol. 5 No. 1*, 41-46.
- [6] Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian Suatu Pendekatan Praktik*. Jakarta: PT Rineka Cipta.
- [7] Khasanah, N. (2013). *Studi Kelengkapan dan Pemanfaatan Alat Praktikum Fisika Kelas X SMA Sebagai Implementasi Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan di Kota Yogyakarta* . Yogyakarta: UIN Sunan Kalijaga.

Pengembangan Ruang Media Pembelajaran Berbasis *Line* Messaging API (*Application Programming Interface*) pada Mata Pelajaran Fisika Kelas XI

Imanita Heriana Agasta^{1*}, Y. Soenarto¹, Wahyu Dian Laksanawati¹

¹ *Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jl.
Tanah Merdeka, Kp. Rambutan, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13830, Indonesia*

**E-mail: agastaheriana@yahoo.com*

INTISARI

Penelitian ini didasarkan oleh kemajuan teknologi pada dunia pendidikan yang belum dimanfaatkan secara maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan ruang media pembelajaran fisika dalam bentuk modul yang terdapat pada aplikasi *LINE*. Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan dengan menggunakan model pengembangan *ADDIE* (*Analisis, Desain, Pengembangan, Implementasi dan Evaluasi*). Desain ruang media pembelajaran diujicobakan pada uji skala kecil dengan jumlah 10 responden dan uji skala besar dengan jumlah 130 responden yang berasal dari 4 sekolah di Kota Jakarta, Bekasi dan Bogor. Hasil dari penelitian yang diperoleh nilai rata-rata ahli materi 95,45% (sangat layak), ahli media 86% (sangat layak), ahli praktisi pembelajaran 94,06% (sangat menarik), uji skala kecil 82,90% (sangat menarik) dan uji skala besar 85,41% (sangat menarik). Sehingga dapat disimpulkan bahwa aplikasi *LINE Messaging API (Application Programming Interface)* ini layak digunakan sebagai ruang media pembelajaran.

Kata Kunci : *application programming interface, line, m-learning, media pembelajaran*

ABSTRACT

This research is based on technological advances in the world of education that have not been utilized to the full. This study aims to develop a physics learning media space in the form of modules contained in the *LINE* application. This research and development using the *ADDIE* model (*Analysis, Design, Development, Implementation and Evaluation*). The learning media space design was tested on a small scale test with 10 respondents and a large scale test with 130 respondents from 4 schools in Jakarta, Bekasi and Bogor. The results of the study obtained an average value of 95,45% material expert (very feasible), 86% media expert (very feasible), learning practitioner expert 94.06% (very interesting), small scale test 82.90% (very interesting) and large scale test 85.41% (very interesting). So it can be concluded that the *LINE Messaging API (Application Programming Interface)* application is appropriate to be use as a learning media space.

Keywords : *application programming interface, learning media, line, m-learning*

Pendahuluan

Pada abad ke-21, keunggulan suatu bangsa tidak lagi tertumpu pada kekayaan alam, melainkan pada keunggulan sumber daya manusia, yaitu tenaga terdidik yang berkualitas, oleh karena itu pendidikan merupakan kunci dari semua kemajuan dan perkembangan yang dapat mewujudkan semua potensi [1]. Tidaklah berlebihan jika dikatakan kualitas mutu pendidikan di Indonesia masih perlu ditingkatkan. Hal ini dibuktikan hasil survey Lembaga *Programme for international Student Assessment* (PISA) tahun 2009 menempatkan Indonesia di urutan 60 untuk kemampuan Sains dari 65 negara yang disurvei [2].

Jika sumber daya manusia sudah berkualitas maka menjadi hal mudah dalam mengembangkan IPTEK (Ilmu Pengetahuan dan Teknologi) dan kebutuhan masyarakat yang semakin meningkat, perlu diimbangi dengan peningkatan mutu pendidikan [3]. Perkembangan teknologi informasi yang berlangsung pesat dalam dua dekade belakangan ini telah memengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, tak terkecuali aktivitas belajar dan pembelajaran manusia. Perkembangan teknologi dalam bentuk digital telah membuat bentuk perangkat keras atau *hardware* dan perangkat lunak atau *software* menjadi lebih kecil secara fisik dan bersifat portabel. Walaupun berbentuk portabel, perangkat tersebut mampu menyimpan informasi dalam kapasitas yang besar [4].

Kemajuan ilmu pengetahuan akan mempengaruhi cara belajar yang efektif, sehingga perlu adanya cara berpikir secara terarah dan jelas. Dengan banyak permasalahan-permasalahan yang muncul, perlu adanya pembaharuan di lingkungan pendidikan yang mengarahkan pembelajaran. Disinilah peranan pendidikan memberikan suatu konsep cara belajar yang efektif. Proses pembelajaran selama ini masih didominasi oleh guru sehingga belum memberikan kesempatan bagi siswa untuk berkembang secara mandiri melalui penemuan dan proses berpikir. Cara guru mengajar yang hanya satu arah (*teacher centered*) menyebabkan penumpukan informasi atau konsep saja yang kurang bermanfaat bagi siswa. Di dalam proses pembelajaran menekankan pada pendekatan saintifik dengan melibatkan keterampilan proses dalam pembelajarannya, model pembelajaran yang digunakan pun menuntut siswa berperan secara aktif. Pemilihan model pembelajaran yang tepat sangat mempengaruhi kegiatan pembelajaran. Model pembelajaran yang diterapkan kepada siswa harus sesuai dengan konsep yang diajarkan sehingga tujuan dari pembelajaran itu sendiri dapat tercapai dengan baik.

Sehubungan dengan hal tersebut diatas, maka mutlak diperlukan suatu pengembangan ruang media yang sesuai dengan kebutuhan untuk mendukung pembelajaran. Salah satu media pembelajaran yang dikembangkan oleh peneliti adalah ruang media berupa aplikasi pada *handphone*. Ruang media yang akan dikembangkan adalah media dengan spesifikasi yaitu berupa aplikasi pada *handphone* yang bernama *LINE Messaging API (Application Programming Interface)* yang dapat dijalankan secara *online*. Adapun alasan peneliti dalam memilih aplikasi *LINE* yaitu dikarenakan aplikasi tersebut dapat di *setting* dengan bahasa pemrograman sehingga sejalan dengan tujuan peneliti dalam membuat ruang pembelajaran, hal ini dapat dibandingkan dengan aplikasi lain seperti *Whatsapp* atau *BBM* yang tidak dapat disisipkan bahasa pemrograman. Maka dari itu salah satu produk integrasi teknologi informasi ke dalam dunia pendidikan adalah *e-learning* atau pembelajaran elektronik. Saat ini *elearning* mulai mengambil perhatian banyak pihak, baik dari kalangan akademik, professional, perusahaan maupun industry [5]. Keunggulan-keunggulan *e-learning* yang paling menonjol adalah efisiensinya dalam penggunaan waktu dan ruang. Hal ini dapat dipandang sebagai suatu sistem yang dikembangkan dalam upaya peningkatan kualitas pembelajaran dengan berupaya menembus keterbatasan ruang dan waktu.

Salah satu bagian dari *e-learning* adalah *mobile learning (m-learning)*. Istilah *m-learning* mengacu kepada penggunaan perangkat IT genggam dan bergerak, seperti telepon genggam (*mobile phone*), laptop dan tablet PC (*personal computer*), dalam pengajaran dan pembelajaran. *M-learning* memungkinkan siswa belajar kapan pun, dimana pun dan dengan media apapun.

Kuncinya adalah ketersediaan, fleksibilitas dan mobilitas. Analisis menunjukkan bahwa permasalahan pemanfaatan *m-learning* di Indonesia masih belum cukup baik meski ada potensi dalam pengembangannya kedepan [6]. Dalam penelitian ini, perangkat yang akan digunakan adalah telepon genggam (*mobile phone*). Dalam melaksanakan *mlearning*, dibutuhkan suatu aplikasi untuk menghubungkan guru dengan siswa. Salah satu aplikasi tersebut adalah aplikasi *LINE@* untuk guru dan aplikasi *LINE* untuk siswa. Aplikasi *LINE* dipilih karena berdasarkan survei aplikasi *LINE* merupakan salah satu dari tiga aplikasi perpesanan, selain *BBM* dan *WhatsApp* yang digunakan oleh orang Indonesia [7].

Metode Penelitian

Berikut ini merupakan langkah-langkah pengembangan ruang media pembelajaran pada mata pelajaran fisika menggunakan model pendekatan *ADDIE*. Langkah-langkah pengembangan ini terdiri dari lima tahapan, yaitu :

1. Tahap *Analysis*

Tahap analisis merupakan suatu proses mendefinisikan apa yang akan dipelajari oleh peserta belajar, yaitu melakukan analisis masalah dan analisis kebutuhan (*needs assessment*). Berikut merupakan penjabaran secara ringkas tahapan analisis yang dilakukan:

a. Analisis Masalah

Pengembangan ruang media pembelajaran diawali oleh adanya masalah dalam media pembelajaran yang sudah ada dan diterapkan. Masalah dapat terjadi karena media pembelajaran yang ada saat ini tidak relevan dengan kebutuhan peserta didik, lingkungan belajar, perkembangan teknologi, dan karakteristik peserta didik.

b. Analisis Kebutuhan

Kegiatan analisis kebutuhan digunakan untuk mengidentifikasi kebutuhan prioritas yang perlu dipenuhi. Dengan mengkaji kebutuhan, proses pengembangan akan mengetahui adanya suatu keadaan yang seharusnya ada dan keadaan nyata yang sebenarnya. Dengan cara melihat kesenjangan yang terjadi, pengembangan mencoba menawarkan suatu alternatif pemecahan masalah dengan cara mengembangkan suatu produk ruang media pembelajaran berbasis *LINE Messaging API*. Tentu saja, rencana yang akan dikembangkan perlu dilandasi kajian teori yang sudah ada sebelumnya, bahwa hal itu memang layak dilakukan pengembangan. Pengembangan menengahkan suatu persoalan masalah dan kemudian menawarkan solusi sebagai suatu kebutuhan pengembangan.

c. Tahap *Design*

Tahap ini dikenal juga dengan istilah membuat rancangan (*blue print*). Tahapan yang perlu dilaksanakan pada proses rancangan yaitu: pertama menjelajah ruang bahasa pemrograman dari aplikasi *LINE*; yang kedua, peneliti membuat draft awal ruang media; dan yang ketiga, dari hasil analisis kebutuhan dapat dibuat berupa rancangan konten yang dibutuhkan pada ruang media *LINE*.

d. Tahap *Development*

Dalam tahapan pengembangan dilakukan pembuatan dan penggabungan konten yang sudah dirancang pada tahapan desain. Pada fase ini dibuat storyboard, penulisan konten dan perancangan grafis yang diperlukan.

e. Tahap *Implementation*

Pada tahap ini merupakan langkah nyata untuk menerapkan sistem pembelajaran yang dikembangkan. Artinya, pada tahap ini semua yang telah dikembangkan di-*install* atau di-*setting* sedemikian rupa sesuai dengan peran atau fungsinya agar bisa diimplementasikan. Tahap implementasi pada penelitian ini, dilaksanakan dengan mengujicobakan media secara langsung. Uji coba media dilaksanakan sebanyak dua

tahap yaitu: tahap pertama uji validitas oleh ahli materi dan ahli media. Tahap kedua uji kepraktisan oleh kelompok kecil, kelompok besar, dan praktisi pembelajaran. Hasil dari uji coba ini dijadikan landasan untuk mengetahui kelayakan dari media yang sedang dikembangkan oleh peneliti.

f. Tahap *Evaluation*

Evaluasi merupakan tahap terakhir dalam model pengembangan ADDIE. Dalam tahap evaluasi dilakukan analisis kualitas ruang media ditinjau dari kesesuaian isi konten, kesesuaian dengan syarat media, kesesuaian ruang media dengan syarat teknis. Selain itu juga dilakukan analisis kepraktisan ruang media berdasarkan respon praktisi pembelajaran dan 130 siswa terhadap penggunaan ruang pembelajaran. Pada tahap ini juga dilakukan revisi yang terakhir terhadap ruang media yang dikembangkan. Hal ini bertujuan agar ruang media *LINE* yang dikembangkan dapat digunakan lebih luas lagi.

2. Teknik Analisis Data

Perbedaan ketentuan penskoran yang digunakan berdasarkan acuan yang terdapat pada penelitian-penelitian sebelumnya yang dipadukan dengan rumus untuk menganalisis data yang didapat. Berikut ketentuan penskoran untuk masing-masing angket yang dibagikan kepada para ahli, praktisi pembelajaran (guru), dan peserta didik.

$$P = \frac{\sum X}{\sum X_i} \quad (1)$$

Keterangan:

P : Persentase

$\sum X$: Jumlah jawaban responden dalam satu item

$\sum X_i$: Jumlah nilai ideal dalam item

Tabel 1. Skala Interpretasi Kriteria

Interval	Kriteria
0%-25%	Tidak Setuju
26%-50%	Kurang Setuju
51%-75%	Setuju
76%-100%	Sangat Setuju

Hasil dan Pembahasan

Dari pengumpulan data tentang kemenarikan ruang media *LINE Messaging API*, berikut ini merupakan hasil rekapitulasi penilaian pada ruang media:

1. Telaah Pakar

a. Penilaian Ahli Materi

Tabel 2. Hasil Penilaian Ahli Materi

	Kesesuaian Isi	Kesesuaian Konsep
Tidak Setuju	0%	0%
Kurang Setuju	0%	0%
Setuju	21,42%	0%
Sangat Setuju	71,42%	100%

Berdasarkan Tabel 2, yang disajikan maka penilaian yang diberikan oleh ahli materi yaitu sebesar 95,45% yang artinya bahwa materi yang terdapat pada ruang media pembelajaran sangat layak untuk digunakan.

b. Penilaian Ahli Media

Tabel 3. Hasil Penilaian Ahli Media

	Tampilan Umum	Tampilan Khusus	Penyajian Media	Rekayasa Perangkat Lunak
Tidak Setuju	0%	0%	0%	0%
Kurang Setuju	0%	0%	0%	0%
Setuju	12,50%	25%	75%	64,28%
Sangat Setuju	83,33%	66,67%	33,33%	14,28%

Berdasarkan Tabel 3, yang disajikan maka penilaian yang diberikan oleh ahli media yaitu sebesar 86% yang artinya bahwa ruang media pembelajaran yang diujikan sangat layak untuk digunakan.

2. Uji Skala Kecil

Tabel 4. Hasil Rekapitulasi Uji Coba Skala Kecil

Aspek Penilaian	Skor
Aspek Isi Materi	110
Aspek Evaluasi pada Materi	153
Aspek Rekayasa Perangkat Lunak	407
Aspek Komunikasi Visual	134
Jumlah Skor Total	804
Skor Ideal	1.000
Persentasi	80,40%
Kriteria Validasi	Sangat Menarik

Berdasarkan Tabel 4, didapatkan hasil rekapitulasi penilaian tentang kemenarikan media yang dikembangkan oleh peneliti dari responden yang berjumlah 10 siswa dengan hasil persentase sebesar 80,40% yang berarti media yang dikembangkan oleh peneliti sangat menarik bagi siswa.

3. Uji Skala Besar

Tabel 5. Hasil Rekapitulasi Uji Coba Skala Besar

Aspek Penilaian	Skor
Aspek Isi Materi	1.307
Aspek Evaluasi pada Materi	1.763
Aspek Rekayasa Perangkat Lunak	4.445
Aspek Komunikasi Visual	1.368
Jumlah Skor Total	8.883
Skor Ideal	10.400
Persentasi	85,41%
Kriteria Validasi	Sangat Menarik

Berdasarkan Tabel 5, didapatkan hasil rekapitulasi penilaian tentang kemenarikan media yang dikembangkan oleh peneliti dari responden yang berjumlah 130 siswa dengan hasil persentase sebesar 85,41% yang berarti media yang dikembangkan oleh peneliti sangat menarik bagi siswa. Pelaksanaan penelitian Uji Skala Besar dilakukan di SMA N 6 Bekasi, SMA N 2 Gunung Putri, SMA Muhammadiyah 4 Jakarta dan SMA Islam PB Soedirman.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan dan hasil pengembangan, maka dapat disimpulkan bahwa ruang media pembelajaran *Line Messaging API* layak untuk dijadikan sebagai media pembelajaran pada mata pelajaran fisika. Respon dari ahli materi, ahli media, praktisi pembelajaran dan siswa terhadap ruang media yang dikembangkan oleh peneliti mendapat respon yang sangat baik. Namun disarankan bagi peneliti yang hendak mengembangkan penelitian ini selain mengetahui respon siswa terhadap kemenarikan pada ruang media, penelitian selanjutnya harus memiliki tujuan untuk mengetahui efektivitas dari ruang media pembelajaran *LINE Messaging API* terhadap mata pelajaran fisika sehingga mengetahui aspek apa saja yang perlu diperhatikan lebih jauh dalam mempengaruhi efektivitas penggunaan media selama proses pembelajaran berlangsung.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan keberkahan kepada peneliti, kepada Bapak Drs. Y. Soenarto, M.Si dan Ibu Wahyu Dian L, M.Si selaku dosen pembimbing I dan II yang memberikan bimbingan dan arahan dalam penyusunan naskah artikel ini, kepada keluarga besar Fisika UHAMKA, SMA N 6 Bekasi, SMA N 2 Gunung Putri, SMA Muhammadiyah 4 Jakarta, SMA Islam PB Soedirman serta pihak-pihak yang membantu yang tidak bisa peneliti sebutkan satu per satu.

Daftar Rujukan

- [1] I. L. Lestari, B. Utami, and D. A. Budhiretnani, "Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Sikap Ilmiah Siswa melalui Perpaduan Metode Inquiry dan Reciprocal Teaching Pada Materi Sistem Ekskresi di Kelas XI IPA 5 SMA Negeri 7 Kediri Tahun Pelajaran 2014-2015," *J. Pendidik. Biol. FKIP UNS*, vol. 2, 2015.
- [2] R. Elianur, "Indonesia Peringkat 10 besar terbawah dari 65 Negara peserta PISA," *J. Kompasiana*, vol. 2, 2011.
- [3] Trianto, *Model Pembelajaran Terpadu: Konsep, Strategi, Implementasinya dalam Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP)*. Jakarta: Bumi Aksara, 2015.
- [4] B. A. Pribadi, *Media & Teknologi dalam Pembelajaran*. Jakarta: Kencana, 2017.
- [5] D. Darmawan, . *Teknologi Pembelajaran*. Bandung: PT Remaja Rosdakarya, 2013.
- [6] S. Dwi and M. Toifur, "The role of mobile learning on the learning environment shifting at high school in Indonesia," *Int. J. Mob. Learn. Organ.*, vol. 10, 2016.
- [7] K. K. Wardani, H. T. Novintya, and A. L. Khusniati, "Pemanfaatan Aplikasi LINE Sebagai Media Pembelajaran Matematika Siswa Kelas VI Sekolah Dasar," *J. Pendidik. Mat. Ahmad Dahlan*, vol. 1, 2016.

Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Cerita Pendek Terhadap Minat Belajar Fisika pada Kelas Lintas Minat

Kamilia Fakhriyyah^{1*}, Liszulfah Roza¹, Yulia Rahmadhar¹

¹ Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jakarta
Timur 13830, Indonesia

*E-mail: kamiliafakhriyyah26@gmail.com

INTISARI

Penelitian bertujuan untuk mengembangkan dan mengetahui kelayakan media pembelajaran berbasis cerita pendek terhadap minat belajar fisika pada kelas lintas minat. Penelitian dilaksanakan di SMAN 2 Sukabumi pada peserta didik kelas X tahun ajaran 2019-2020. Validator meliputi ahli materi, ahli media, serta ahli bahasa dan sastra. Uji coba kelompok kecil dilakukan pada kelas X IPS 4 (15 orang), uji coba kelompok besar dilakukan pada kelas X IPS 6 (35 orang), dan data minat belajar dilakukan pada kelas X IPS 5 (34 orang). Jenis penelitian ialah pengembangan dengan menggunakan model ADDIE. Jenis data yang diperoleh adalah kuantitatif yaitu persentase kelayakan media serta minat belajar data kualitatif berupa saran perbaikan. Nilai rata-rata ahli materi 78.12%, ahli media 77.77%, ahli bahasa dan sastra Indonesia mencapai 86.36%, uji coba kelompok kecil 78.80%, uji coba kelompok besar 82.64%, dan minat belajar 81.20%. Dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika dikatakan layak digunakan untuk proses pembelajaran.

Kata Kunci : cerita pendek, fisika, media pembelajaran.

ABSTRACT

The research aims to develop and find out the feasibility of short story-based learning media on the interest in learning physics in cross-interest classes. The study was conducted at SMAN 2 Sukabumi in class X students in the 2019-2020 school year. Research respondents included material experts, media experts, as well as language and literature experts. Small group trials were carried out in class X IPS 4 (15 people), large group trials were carried out in class X IPS 6 (35 people), and learning interest data were carried out in class X IPS 5 (34 people). This type of research is the development using the ADDIE model. The type of data obtained is quantitative, namely the percentage of media feasibility and interest in learning qualitative data in the form of suggestions for improvement. The average score of material experts is 78.12%, media experts are 77.77%, Indonesian linguists and literary experts reach 86.36%, small group trials are 78.80%, large group trials are 82.64%, and interest in learning is 81.20%. It can be concluded that learning media based on physics short stories is said to be appropriate for use in the learning process.

Keywords : learning media, physics, short stories

Pendahuluan

Pendidikan merupakan salah satu unsur yang dinilai penting dalam kehidupan. Di Indonesia sendiri, kesadaran akan pentingnya pendidikan telah tecantum dalam UUSPN No. 20 pasal 1 ayat 1 tahun 2003 tentang Sistem Pendidikan Nasional, yaitu pendidikan adalah usaha sadar dan terencana untuk mewujudkan suasana belajar dan proses pembelajaran agar peserta didik secara aktif mengembangkan potensi dirinya untuk memiliki kekuatan spiritual keagamaan, pengendalian diri, kepribadian, kecerdasan, akhlak mulia, serta keterampilan yang diperlukan dirinya, masyarakat, bangsa, dan negara. Pendidikan mampu menentukan manusia di masa yang akan datang. Sebab, melalui proses pendidikan, peserta didik diharapkan mampu tumbuh dan berkembang menjadi lebih baik. Pembelajaran adalah suatu proses dalam belajar mengajar yang melibatkan pendidik dan peserta didik. Kustandi dan Sutjipto menyatakan bahwa pembelajaran adalah suatu kegiatan yang bertujuan. Tujuan ini harus searah dengan tujuan belajar siswa dan kurikulum [1]. Pembelajaran merupakan suatu proses interaksi antara pendidik dengan peserta didik, baik interaksi secara langsung seperti kegiatan tatap muka maupun secara tidak langsung, yaitu dengan menggunakan berbagai media pembelajaran. Pendidik berharap pada proses pembelajaran di kelas peserta didik dapat menyerap materi pelajaran dengan baik, hal ini ditandai dengan hasil belajar peserta didik. Untuk mendapatkan hasil belajar yang diharapkan, maka perlulah minat belajar dalam proses pembelajaran. Sebab, ketika minat belajar peserta didik rendah, maka akan berpengaruh pada hasil belajar yang diperoleh. Menurut Slameto minat adalah kecenderungan yang tetap untuk memperhatikan dan mengenang beberapa kegiatan [2]. Minat belajar peserta didik dapat dipengaruhi dari berbagai faktor, baik berasal dari internal maupun eksternal. Faktor internal yang dimaksud ialah faktor yang berasal dari dirinya sendiri, sedangkan faktor eksternal merupakan faktor yang dipengaruhi dari luar, contohnya media pembelajaran yang digunakan.

Pendidikan yang bermutu tentunya tercipta jika aspek-aspek yang berperan di dalamnya salah satunya ialah tenaga pendidik serta media pembelajaran yang digunakan. Schramm mendefinisikan media pembelajaran sebagai teknologi pembawa informasi yang dapat dimanfaatkan untuk proses belajar mengajar [3]. Media pembelajaran sangat dibutuhkan dalam proses belajar mengajar, begitupun dalam mata pelajaran fisika yang terkenal dengan kata rumit. Alonso dan Edward J. Finn mengatakan bahwa kata fisika berasal dari istilah Yunani yang berarti *alam*; dan oleh karena itu fisika yang seyogyanya merupakan suatu ilmu yang ditujukan untuk mempelajari gejala alam. Memang sampai abad kesembilan belas, fisika diartikan dalam makna yang luas ini dan disebut “filsafat ilmiah” [4]. Fisika sebagai pelajaran yang masih sangat minim peminatnya dikalangan peserta didik menjadi pelajaran yang diacuhkan ketika harus bekerja secara berkelompok maupun individu. Terlebih pada kurikulum 2013 telah adanya mata pelajaran fisika pada kelas Ilmu Pengetahuan Sosial (IPS) yang disebut dengan lintas minat fisika. Salah satu faktor yang menyebabkan timbulnya kelemahan dalam pembelajaran fisika adalah media pembelajaran yang kurang bervariasi, terlebih di kelas IPS yang latar belakangnya memang tidak suka dengan eksakta. Oleh sebab itu penggunaan media pembelajaran yang digunakan perlu dikembangkan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mencari, memberi, mengembangkan, dan menerapkan media pembelajaran yang baru dalam bidang pendidikan dan pembelajaran khususnya pada mata pelajaran fisika.

Kurikulum 2013 yang saat ini diterapkan pada sistem pendidikan Indonesia mengharuskan peserta didik memilih salah satu mata pelajaran yang disebut dengan lintas minat. Hal ini bertujuan agar peserta didik dapat sedikitnya memahami ilmu yang tidak diampunya. Peserta didik kelas IPS cenderung lebih sering dan suka dengan hal-hal yang bersifat teoritis atau dengan hal-hal yang dapat dibaca. Hal-hal yang jauh dari kata hitung-hitungan dan lebih memilih untuk membaca dan mengkaji suatu bacaan. Salah satunya adalah sastra atau hal-hal yang berbau dengan cerita-cerita yang dapat dikaji. Sastra merupakan sebuah teks yang mengandung intruksi atau pedoman. Menurut bahasa Indonesia, kata sastra biasanya merujuk

kepada kata kesusastraan yang berarti sebagai jenis tulisan yang memiliki keindahan. Pramono dan Ansori mengatakan bahwa sastra dikenal sebagai sebuah seni yang lebih menitik beratkan unsur imajinasi, kreativitas, dan tambahan pernak-pernik khusus ala sastra yang tidak ada dalam sains. Dulunya sastra dan sains seperti terdapat tembok yang kokoh yang menghalangi pertemuan dan pembauran mereka dalam satu konteks pembahasan. Secara filosofis sastra lebih menganut filsafat idealisme dan fenomenologi, sedangkan sains merupakan produk ilmiah dan lebih menganut filsafat materialisme dan juga *positivistik*. Hal tersebutlah yang membuat seolah-olah sains dan ilmu sastra bagaikan minyak dan air yang tidak dapat menyatu [5]. Sastra sendiri terbagi menjadi tiga jenis yaitu berupa prosa (cerita pendek dan novel), puisi, dan drama (naskah dan pementasan). Hal ini dikhususkan pada karya sastra jenis prosa, dan lebih dikhususkan lagi pada jenis cerita pendek. Sehandi mengatakan bahwa cerita pendek adalah sebuah prosa yang pendek yang senantiasa hanya memusatkan perhatian pada tokoh utama dan permasalahannya yang paling menonjol yang menjadi dasar atau tema cerita tersebut [6]. Ternyata cerita pendek sendiri dapat ditulis dengan menyisipkan ilmu-ilmu ilmiah bahkan ilmu fisika sekali pun. Ilmu fisika dapat dikemas secara apik dalam balutan cerita pendek yang menarik. Hal ini dianggap mampu memudahkan peserta didik untuk memahami pengaplikasian ilmu fisika dalam kehidupan sehari-hari terkhusus untuk kelas IPS yang berlatar belakang tidak suka eksakta atau rumus-rumus serta lebih menyukai teori dan mengkaji suatu bacaan. Dengan menggunakan media pembelajaran berbasis cerita pendek diharapkan dapat memengaruhi minat belajar peserta didik. Oleh karena itu, peneliti melakukan penelitian dengan judul “Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Cerita Pendek terhadap Minat Belajar Fisika pada Kelas Lintas Minat”.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (*Research and Development*). Model pengembangan yang digunakan adalah model ADDIE yaitu desain pembelajaran yang dijadikan pedoman dalam membangun perangkat dan infrastruktur program pelatihan, dinamis dan mendukung kinerja pelatihan itu sendiri. Model ini memiliki beberapa tahapan yaitu tahapan *analysis* (analisis) dengan menyebarkan angket yang diisi oleh peserta didik untuk mengetahui kebutuhan mereka dalam proses belajar mengajar. Tahapan kedua adalah *design* (desain) yaitu perencanaan pembuatan media pembelajaran dengan membuat cerita pendek dan mendesain tampilan halaman (*layout*). Tahapan ketiga yaitu *development* (pengembangan) dengan melakukan uji kelayakan atau penilaian terhadap media oleh ahli media, ahli fisika, serta ahli bahasa dan sastra dengan menggunakan angket (skala *likert*). Pada tahap *development*, ahli media menilai perihal media yang dikembangkan seperti menilai tampilan media dan kesesuaian isi. Ahli fisika menilai perihal kesesuaian ilmu fisika dalam media, sedangkan ahli bahasa dan sastra menilai kesusastraan seperti tata bahasa dan hal-hal yang sesuai dengan kaidah kesusastraan. Pada tahap *development* ini juga dilakukan uji coba kepada kelompok kecil (15 orang) dan uji coba pada kelompok besar (35 orang) yang dilakukan kepada peserta didik kelas IPS dengan peminatan fisika dengan cara menyebarkan angket (skala *likert*). Tahap keempat adalah *implementation* (implementasi) yaitu penggunaan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar. Tahap terkahir adalah *evaluate* (evaluasi) yaitu tahap mengevaluasi atau perbaikan media pembelajaran yang dikembangkan.

Hasil dan Pembahasan

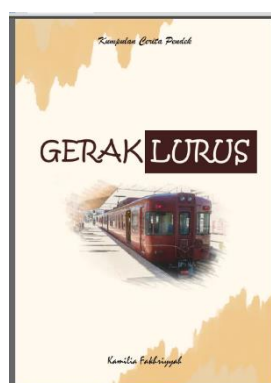
Tahapan pada penelitian ini meliputi pengumpulan analisis kebutuhan, pembuatan media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika, uji kelayakan oleh para ahli, uji coba kelompok kecil, uji coba kelompok besar, dan pengumpulan data minat belajar fisika. Hasil analisis kebutuhan yang telah peneliti himpun di kelas lintas minat fisika atau kelas IPS meliputi

beberapa aspek seperti peserta didik membutuhkan media pembelajaran dalam proses belajar mengajar. Peneliti ingin mengenalkan media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika yang nampaknya belum familiar dikalangan peserta didik. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa peserta didik membutuhkan sebuah bacaan berbentuk cerita untuk lebih memahami pelajaran fisika. Dalam penyusunan isi cerita pendek fisika, peserta didik membutuhkan konten dengan pemaparan materi, contoh dalam kehidupan sehari-hari, contoh soal, serta gambar penunjang yang sesuai dengan materi fisika yang hendak disampaikan. Adapun ukuran kertas yang sesuai dengan pengemasan cerita pendek fisika ini yaitu ukuran A5 dengan menyertakan sampul halaman. *Kristen ITC* menjadi pilihan jenis huruf yang digunakan untuk penulisan judul pada sampul halaman dan terpilih pula hitam-putih sebagai warna sampul halaman.

Suatu media pembelajaran dapat dikatakan telah layak digunakan dalam proses belajar mengajar untuk diuji cobakan kepada peserta didik apabila telah melalui proses uji kelayakan para ahli. Pada penelitian ini, kelayakan media dinilai oleh tiga ahli atau pakar, yakni oleh ahli materi, ahli media, serta ahli bahasa dan sastra. Ahli materi pada penelitian ini merupakan pakar dari materi fisika yang menilai tentang isi atau materi yang disampaikan pada media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika. Ahli materi pada penelitian ini adalah dua orang dosen pendidikan fisika UHAMKA yang telah berkompeten dibidangnya. Hasil uji kelayakan ahli materi menunjukkan bahwa penilaian kedua ahli materi dapat dikategorikan layak dengan jumlah persentase keseluruhan 78.12% dengan nilai per aspek yaitu 76.66% untuk persentase kesesuaian materi dengan Standar Kompetensi (SK) dan Kompetensi Dasar (KD), 77.14% untuk penilaian keakuratan materi, 82.50% untuk penilaian kemutakhiran materi, dan 80.00% untuk penilaian mendorong keingintahuan. Ahli materi memberikan komentar dan saran perbaikan seperti sampul halaman dibuat lebih menarik sesuai dengan ilustrasi isi materi, menambahkan daftar isi, daftar pustaka, dan sinopsis. Ahli kedua yaitu ahli media yang merupakan pakar dalam menilai media yang dikembangkan oleh peneliti. Dalam penelitian ini, ahli media merupakan dua orang dosen pendidikan fisika UHAMKA yang telah berkompeten dibidangnya. Ahli media menilai keseluruhan komponen yang ada pada media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika. Penilaian oleh ahli media dapat dikatakan layak dengan jumlah persentase keseluruhan 77.77% dengan jumlah persentase per aspek yaitu 80.00% untuk indikator ukuran media, indikator desain sampul media 80.00%, sedangkan untuk indikator desain isi media mendapatkan jumlah persentase 76.92%. Ahli materi memberikan komentar dan saran seperti sampul dibuat lebih menarik sesuai dengan tema serta gambar dibuat yang original atau referensi harus dicantumkan. Ahli yang terakhir adalah Ahli bahasa dan sastra yang merupakan pakar dari bahasa dan sastra yang menilai tentang kebahasaan dan kesusastraan yang disampaikan pada media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika. Ahli bahasa dan sastra pada penelitian ini merupakan satu orang dosen pendidikan bahasa dan sastra Indonesia UHAMKA dan satu orang guru bahasa Indonesia yang telah berkompeten dibidangnya. Penilaian oleh ahli bahasa dan sastra dapat dikatakan sangat layak dengan jumlah persentase keseluruhan 86.36%. Jumlah persentase pada indikator lugas mendapat 93.33%, komunikatif 90.00%, dialogis dan interaktif 90.00%, kesesuaian dengan kaidah bahasa dan sastra 82.00%, serta penggunaan istilah 80.00%. Adapun komentar dan saran perbaikan yang diberikan oleh ahli bahasa dan sastra meliputi tanda baca yang kurang tepat, dialog cetak tegak bukan miring, judul dibuat lebih menarik, serta perbaikan pada kata-kata tidak baku dan pilihan kata (diksi).

Setelah melalui tahap telaah pakar atau uji kelayakan oleh para ahli, maka media pembelajaran berbasis cerita pendek diuji cobakan kepada peserta didik. Pada penelitian ini, uji coba dilakukan kepada kelompok kecil, uji coba kelompok besar, dan pengambilan data minat belajar fisika. Uji coba kelompok kecil dilakukan pada kelas X IPS 4 dengan jumlah peserta didik 15 orang. Uji coba kelompok kecil ini menggunakan media draft kedua, yakni media yang telah direvisi menurut penilaian para ahli. Jumlah persentase keseluruhan dari pengumpulan data

uji coba kelompok kecil mencapai angka 78.80% yang artinya media tersebut sudah dikategorikan baik atau layak. Tahap selanjutnya yaitu uji coba kelompok besar yang dilakukan kepada kelas X IPS 6 dengan jumlah peserta didik 34 orang. Uji coba kelompok besar ini menggunakan media draft ketiga, yakni media yang telah direvisi menurut penilaian para ahli dan uji coba kelompok kecil. Jumlah persentase keseluruhan yaitu 87.64% yang dapat dikategorikan sangat layak. Setelah melakukan uji coba kelompok besar, maka media direvisi kembali untuk disempurnakan dan digunakan untuk proses belajar mengajar di kelas. Pada penelitian ini, peneliti menggunakan media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika untuk mengetahui minat belajar fisika pada kelas lintas minat. Dalam penelitian ini peneliti melakukan pengumpulan data minat belajar fisika kepada kelas X IPS 5 dengan jumlah peserta didik 30 orang. Pengumpulan data minat belajar ini menggunakan media pembelajaran final atau media akhir yang telah disempurnakan. Jumlah persentase keseluruhan mencapai 81.20% yang berarti minat peserta didik sangat tinggi terhadap media pembelajaran berbasis cerita pendek fisika. Komponen media final meliputi sampul halaman, prolog, susunan perancang, prakata, daftar isi, empat cerita pendek tentang gerak lurus, daftar pustaka, dan synopsis. Tampilan media final dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Contoh Media Final Buku Kumpulan Cerita Pendek Fisika

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan beberapa hal mengenai pengembangan media pembelajaran berbasis cerita pendek terhadap minat belajar fisika pada kelas lintas minat meliputi peserta didik tampak seksama dalam membaca cerita pendek yang diberikan saat proses belajar mengajar di kelas. Peserta didik juga mengajukan pertanyaan serta mengemukakan pendapat mengenai materi gerak lurus yang sedang dipelajari saat itu. Penilaian ahli materi 78.12% yang artinya sudah layak, ahli media 77.77% yang artinya dapat dikategorikan layak, serta ahli bahasa dan sastra 86.36% yang dapat dikategorikan sangat layak. Pada uji coba kelompok kecil, media pembelajaran sudah dianggap layak dengan jumlah persentase 78.80%, sedangkan pada uji coba kelompok besar media dapat dikatakan sangat layak dengan jumlah persentase 87.64%. Media pembelajaran berbasis cerita pendek telah mampu menumbuhkan minat belajar fisika pada kelas lintas minat (IPS). Hal ini dibuktikan dengan jumlah persentase 81.20% peserta didik menyatakan sangat berminat terhadap media pembelajaran berbasis cerita pendek tersebut.

Adapun saran untuk penelitian ini ialah bagi peserta didik diharapkan untuk lebih memperhatikan pendidik ketika proses belajar mengajar di kelas. Peserta didik juga diharapkan untuk lebih banyak membaca guna meningkatkan budaya literasi pada mata pelajaran fisika. Bagi pendidik diharapkan untuk lebih inovatif dalam menggunakan media pembelajaran pada proses belajar mengajar agar peserta didik tidak merasa jenuh dalam belajar fisika. Sekolah diharapkan untuk memfasilitasi segala keperluan yang dibutuhkan untuk proses belajar

mengajar, karena fasilitas dapat menunjang proses belajar mengajar di sekolah. Fasilitas tersebut salah satunya adalah media pembelajaran yang baik dan cocok untuk proses belajar mengajar. Bagi penelitian selanjutnya diharapkan untuk mengembangkan media pembelajaran cerita pendek fisika lebih baik lagi. Diharapkan peneliti selanjutnya dapat membuat konten-konten yang lebih menarik. Materi yang dijelaskan lebih terperinci serta media tidak hanya dapat digunakan untuk kelas IPS, melainkan dapat digunakan untuk kelas IPA.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah swt. Yang telah memberikan nikmat sehat dan keberkahan kepada peneliti, kedua orangtua peneliti, keluarga besar program studi pendidikan fisika UHAMKA, FKIP UHAMKA, SMA Negeri 2 Kota Sukabumi, SMA Negeri 1 Cibitung, serta pihak-pihak yang telah membantu yang tidak dapat peneliti sebutkan satu per satu.

Daftar Rujukan

- [1] C. Kustandi and B. Sutjipto, *MEDIA PEMBELAJARAN MANUAL DAN DIGITAL*. Bogor: Penerbit Ghalia Indonesia, 2011.
- [2] R. Eva and F. Siagian, "Jurnal Formatif 2_2_122-131_-122_-PENGA," vol. 2, no. 20, pp. 122–131.
- [3] Y. Azwandi, *Media Pembelajaran Anak Berkebutuhan Khusus*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional, 2007.
- [4] M. Alonso and E. J. Finn, *DASAR-DASAR FISIKA UNIVERSITAS*. 1992.
- [5] B. Pramono and R. W. Ansori, "Fenomena Hibridasi Sains Dalam Karya Sastra," *Paramasastra*, vol. 3, no. 2, 2016.
- [6] Y. Sehandi, *MENGENAL 25 TEORI SASTRA*. Yogyakarta: Penerbit Ombak, 2014.

Analisis Kemampuan Individu dalam Menyelesaikan Masalah (*Coping*) pada Pelajaran Fisika Terhadap Hasil Belajar Siswa

Mami Susilowati^{1*}, Liszulfah Roza¹, Yulia Rahmadhar¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof.Dr.Hamka, Jakarta.
Jl.Tanah Merdeka, Kp. Rambutan, Psr. Rebo, Jakarta Timur 13830, Indonesia

*Email : mami.susilawati@yahoo.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan dan menganalisis penggunaan strategi *coping* pada pelajaran fisika terhadap hasil belajarnya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, dengan data yang diperoleh berasal dari dua sumber data, yaitu data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh dari hasil belajar dan hasil sebaran angket strategi *coping*, sedangkan untuk data sekunder didapat dari hasil wawancara maupun observasi. Berdasarkan hasil penelitian yang didapatkan bahwa umumnya setiap individu dapat menggunakan kedua jenis strategi *coping* dalam menyelesaikan masalahnya, namun hal itu tergantung dengan keadaan dan kemampuan individu itu sendiri serta *gender*. Jika pada umumnya laki-laki dikenal cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah, namun pada kenyataannya dalam pembelajaran fisika 16 dari keseluruhan peserta didik laki-laki 15 diantaranya cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada emosi. Berkaitan dengan pembelajaran fisika, dari 72 peserta didik yang dijadikan subjek penelitian, 63 peserta didik diantaranya menggunakan *coping* yang berpusat pada emosi, sisanya 9 peserta didik menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah. Kecenderungan *coping* juga tidak memberikan pengaruh yang begitu besar terhadap hasil belajar peserta didik. Jadi *coping* hanya memberikan analisis mengenai cara peserta didik dalam menghadapi masalah pelajaran fisika guna merasa aman pada keadaan psikisnya.

Kata kunci: *coping*, *emotion focused coping*, hasil belajar, *problem focused coping*

ABSTRACT

The research aims to describe and analyze the use of coping strategies in physics lessons towards learning outcomes. The research uses a qualitative approach and descriptive methods, with data obtained from two data sources, that is primary data and secondary data. Primary data obtained from the results learning and the results of the distribution of the coping strategy questionnaire, while for secondary data obtained from interviews and observations. Based on the results obtained that generally anyone can use both types of coping strategies in solving the problem, but it depends on the circumstances of the person and gender. If in general men are known to tend use coping that focuses on problems, but the reality in physics learning 16 of all male students 15 of them tend to use coping that focuses on emotions related to physics learning, and 72 students 63 of them use coping that is emotion focused coping the remaining 9 students use problem focused coping .the tendency of coping also does not have a significant effect on the results learning outcome. So, coping is only analyzes the way students deal with problems in physics, in order to feel their psychological.

Keyword: *coping*, *emotion focused coping*, *learning outcomes*, *problem focused coping*

Pendahuluan

Sekolah merupakan wadah bagi peserta didik untuk melakukan aktivitas pembelajarannya sehari-hari. Banyak hal yang dapat dipelajari di sekolah, baik pelajaran yang mengarah pada perubahan kognitif, psikomotorik dan afektif. Sekolah merupakan lembaga formal untuk para peserta didik belajar di bawah pengawasan guru. Berbicara mengenai sekolah tidak akan terlepas dari salah satu komponen penting penyusun sekolah yaitu peserta didik, dimana dalam hal ini peserta didik merupakan sekelompok individu yang akan menerima pembelajaran dari guru. Peserta didik juga dapat dikatakan sebagai sekelompok individu yang berusaha mengembangkan potensi dirinya melalui proses pembelajaran.

Pada proses pembelajaran di sekolah, peserta didik memiliki peranan yang penting, dimana seorang peserta didik adalah orang yang mempelajari ilmu pengetahuan dalam bentuk apapun untuk meningkatkan kemampuan intelektual dan moralnya. Seorang peserta didik juga memiliki tujuan dari proses pembelajarannya, peserta didik akan melakukan segala sesuatu yang diperlukan untuk mencapai tujuan dan keberhasilan dalam proses pembelajaran yang mereka lalui. Selama proses untuk mencapai tujuan ini banyak faktor yang dapat mempengaruhi peserta didik dalam mencapai tujuan belajarnya. Seperti yang kita ketahui bahwa kegiatan belajar tidak hanya dapat dilihat dari satu faktor saja, melainkan banyak faktor yang mempengaruhinya. Kegiatan belajar tidak hanya melibatkan fisik, namun juga psikis. Menurut Mustaqim, Belajar juga banyak berhubungan dengan aktivitas jiwa, dengan kata lain faktor-faktor psikis memang memiliki peran yang sangat menentukan dalam proses belajar dan hasilnya[1]. Hal ini juga didukung oleh pendapat Suyanto yang menyatakan bahwa dari sisi psikologis setiap individu (peserta didik) memiliki kondisi psikologis yang berbeda-beda, sehingga mempengaruhi hasil belajarnya[2]. Berdasarkan keterangan tersebut dapat dikatakan bahwa faktor belajar tidak hanya fisik saja, tetapi psikis seorang pelajar juga mempengaruhinya.

Pada sisi psikologis, setiap peserta didik memiliki kondisi psikis yang berbeda-beda, sehingga dapat mempengaruhi hasil belajarnya, beberapa diantaranya minat, bakat, dan motivasi. Seperti halnya pendapat Hamalik yang mengatakan jika ada faktor kondisional berupa faktor kesiapan belajar yang erat hubungannya dengan masalah kematangan, minat, kebutuhan dan tugas-tugas perkembangan[2]. Selain itu, keadaan lingkungan sekitar juga akan memberikan pengaruh terhadap hasil belajar peserta didik. Namun dari berbagai permasalahan ini, pada kenyataannya kita tidak tahu secara detil satu-persatu faktor mana yang menjadi permasalahan utama yang dihadapi setiap peserta didik dalam proses belajarnya, karena setiap individu memiliki keadaan dan permasalahan yang berbeda-beda. Tetapi, satu yang sama dalam adalah setiap individu yang menjadi peserta didik dalam sekolah itu memiliki tujuan pendidikan yang sama, dimana mereka berperan sebagai seseorang yang tengah belajar untuk mengembangkan potensinya dan memperoleh hasil belajar yang maksimal.

Merujuk pada permasalahan pembelajaran fisika di sekolah, menurut kebanyakan peserta didik fisika merupakan salah satu mata pelajaran yang dianggap sulit dan cenderung kurang disukai di sekolah. Peserta didik cenderung menganggap pelajaran fisika selalu identik dengan rumus yang banyak dan susah diingat, sehingga tidak jarang para peserta didik enggan mempelajarinya. Fisika dianggap sebagai pelajaran yang tidak santai, menegangkan, yang banyak hitungan dan memerlukan nalar yang cukup baik dalam mempelajarinya. Terlepas dari hal itu, seorang peserta didik akan tetap melakukan kegiatan pembelajaran untuk dapat mencapai tujuan mereka. Mereka akan berusaha memperoleh hasil yang maksimal dengan caranya masing-masing. Hasil ini dalam kegiatan pembelajaran disebut sebagai hasil belajar. Menurut Nawawi, hasil belajar dapat diartikan sebagai tingkat keberhasilan siswa dalam mempelajari materi pembelajaran di sekolah yang dinyatakan dalam skor yang diperoleh dari hasil tes mengenai sejumlah materi pembelajaran tertentu[3]. Namun, tidak dapat dipungkiri bahwa setiap peserta didik memiliki faktor dan cara yang berbeda dalam mencapai tujuan pembelajaran mereka, mereka akan berusaha untuk mengatasinya dengan menggunakan

sejumlah perilaku dan tindakan, hal itu pula akan memberikan hasil yang berbeda-beda pula tiap individunya.

Dalam ilmu psikologi, setiap individu memiliki kemampuan untuk menyelesaikan masalah yang tengah dihadapinya, kemampuan ini dinamakan *coping*, adapun individu yang dimaksud dalam penelitian ini adalah peserta didik. *Coping* merupakan upaya kognitif dan perilaku yang terus berubah untuk mengelola tuntutan eksternal dan/atau internal tertentu yang dinilai membebani atau melebihi sumber daya orang tersebut[4]. Berdasarkan definisi tersebut, terdapat dua jenis *coping* yang dikemukakan oleh Lazarus dan Folkman, yaitu *coping* yang berpusat pada masalah (*problem focused coping*) dan *coping* yang berpusat pada emosi (*emotion focused coping*)[5]. Pemilihan jenis *coping* yang digunakan bergantung dengan permasalahan yang dihadapi individu serta kepribadian individu itu sendiri, antara laki-laki dan perempuan memiliki pola pikir dan cara penyelesaian yang berbeda-beda, begitu juga dengan pola belajarnya.

Berdasarkan hal tersebut, maka untuk memperoleh atau mencapai tujuan pembelajaran siswa memiliki cara sendiri, bagaimanapun masalah yang mereka hadapi dalam proses belajarnya mereka akan berusaha semaksimal mungkin untuk memperoleh hasil belajar yang maksimal, meskipun kenyataannya selama proses belajar berlangsung peserta didik akan menemukan berbagai macam persoalan yang kemudian sedikit banyak memberikan pengaruh terhadap hasil belajarnya. Mereka akan berusaha melalui tindakan dan sikap untuk dapat mencapai tujuan mereka. Maka dari itu, berdasarkan teori Lazarus dan Folkman yang membagi dua jenis cara pemecahan masalah peneliti berusaha untuk menganalisis penggunaan strategi *coping* pada mata pelajaran fisika terhadap hasil belajar yang diperoleh peserta didik.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif, dengan subjek penelitian sejumlah 72 peserta didik, 16 diantaranya merupakan peserta didik laki-laki dan 56 lainnya merupakan peserta didik berjenis kelamin perempuan. Sedangkan metode penelitian yang digunakan adalah metode deskriptif, yaitu suatu metode yang menggambarkan suatu fenomena, peristiwa atau gejala yang didapat berdasarkan hasil dari berbagai hubungan yang terdapat di lapangan terkait dengan kejadian-kejadian yang akan diteliti.

Pengambilan data menggunakan dua sumber data yaitu, data primer dan data sekunder. Data primer diperoleh melalui instrument angket untuk mengukur strategi *coping* yang digunakan peserta didik dan instrument tes berupa soal sebagai tolak ukur dari hasil belajar. Pada instrument angket digunakan metode penskalaan dengan menggunakan format skala likert 5 kategori jawaban, yaitu selalu (SS), sering (S), kadang-kadang (KD), pernah (P), dan tidak pernah (TP). Instrument angket mencakup 47 item yang disusun berdasarkan dimensi yang terdapat pada *emotion focused coping* dan *problem focused coping*. Adapun data lain sebagai pelengkap untuk membantu memberikan penjelasan pada data primer yaitu, hasil wawancara dengan peserta didik serta dokumentasi lain. Hasil data yang diperoleh kemudian dianalisis berdasarkan *gender* dan hasil belajar dari masing-masing peserta didik.

Hasil dan Pembahasan

1. Hasil Belajar

Data hasil penelitian menunjukkan perolehan hasil belajar terendah pada peserta didik laki-laki sebesar 21 dan hasil tertinggi 78. Sedangkan pada perempuan, hasil belajar terendah yang didapat sebesar 40 dengan hasil tertinggi yang diperoleh sebesar 89. **Tabel 1** menunjukkan distribusi frekuensi perolehan hasil belajar berdasarkan *gender*.

Tabel 1. Distribusi Frekuensi

Perolehan Hasil Belajar Berdasarkan *Gender*

Laki-laki		Perempuan	
Interval Nilai	Frekuensi	Interval Nilai	Frekuensi
21 – 32	1	40 – 46	1
33 – 44	0	47 – 54	2
45 – 56	6	55 – 61	16
57 – 68	6	62 – 68	15
69 – 80	2	69 – 75	7
81 – 92	1	76 – 82	13
		83 – 89	2
Jumlah	16	Jumlah	56

Tabel 1 memberikan kesimpulan bahwa secara umum hasil belajar peserta didik perempuan lebih tinggi dibandingkan peserta didik laki-laki. Terbukti bahwa lebih banyak peserta didik perempuan yang memperoleh hasil di atas 70.

2. Hasil Sebaran Angket

Data hasil penelitian keseluruhan dari 72 peserta didik didapatkan skor untuk jenis *coping* yang berfokus pada masalah memiliki prosentase skor terendah 36 dan prosentase skor tertinggi sebesar 78, sedangkan prosentase yang diperoleh pada jenis *coping* yang berpusat pada emosi memiliki prosentase skor tertinggi sebesar 81 dan prosentase skor terendah 48. Berdasarkan prosentase tersebut juga diketahui terdapat 63 peserta didik cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada emosi, sedangkan sebanyak 9 lainnya menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah. Lebih jelas, peneliti mengelompokkan peroleh skor coping yang berfokus pada masalah dan berfokus pada emosi berdasarkan *gender* atau jenis kelamin. Berikut ditampilkan **Tabel 2** mengenai hasil kecenderungan *coping* yang digunakan oleh peserta didik.

Tabel 2. Hasil Kecenderungan *Coping* yang Digunakan Peserta Didik

<i>Gender</i>	<i>Jenis Coping</i>	Frekuensi	
		Absolut	Relatif (%)
Laki-laki	<i>Emotion Focused Coping (EFC)</i>	15	20.83%
	<i>Problem Focused Coping (PFC)</i>	1	1.39%
	<i>Emotion Focused Coping (EFC)</i>	48	66.67%
Perempuan	<i>Problem Focused Coping (PFC)</i>	8	11.11%
	Total	72	100%

Tabel 2 memberikan penjelasan sebanyak 16 peserta didik laki-laki dalam subjek penelitian 15 diantaranya menunjukkan kecenderungan menggunakan coping yang berfokus pada emosi, sedangkan sebanyak 48 peserta didik perempuan menggunakan coping yang berfokus pada emosi dalam menyelesaikan segala permasalahan yang muncul dari pelajaran fisika.

3. Hasil Belajar dan Kecenderungan Coping yang digunakan

Data perolehan hasil belajar dan kecenderungan coping tersebut dipaparkan pada **Tabel 3** dan **Tabel 4**.

Tabel 3. Perolehan Hasil Belajar dan Kecenderungan Penggunaan *Coping* Peserta Didik Laki-laki

No	Interval Nilai	Jumlah Orang	
		EFC	PFC
1	21 – 32	1	0
2	33 – 44	0	0
3	45 – 56	6	0
4	57 – 68	6	0
5	69 – 80	1	1
6	81 – 92	1	0
Jumlah		15	1

Berdasarkan **Tabel 3** dapat diketahui bahwa terdapat 1 orang yang mendapat nilai diatas 70 menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah, dan 2 orang yang menggunakan *coping* yang berfokus pada emosi mampu memperoleh nilai diatas 70.

Tabel 4. Perolehan Hasil Belajar dan Kecenderungan Penggunaan *Coping* Peserta Didik Perempuan

No	Interval Nilai	Jumlah Orang	
		EFC	PFC
1	40 – 46	1	0
2	47 – 54	2	0
3	55 – 61	12	4
4	62 – 68	14	1
5	69 – 75	6	1
6	76 – 82	11	2
7	83 – 89	2	0
Jumlah		48	8

Tabel 4 terdapat 3 peserta didik yang menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah memperoleh hasil diatas 70. Namun tidak sedikit pula peserta didik yang mampu memperoleh hasil diatas 70 dengan kecenderungan emosi *coping* yang digunakan.

Pembahasan

Pada dasarnya setiap individu dapat menggunakan kedua jenis *coping* yaitu *coping* yang berpusat pada masalah atau bahkan *coping* yang berpusat pada emosi. Penggunaan jenis *coping* ini tergantung dengan seberapa besar masalah atau tuntutan yang mereka hadapi dengan kemampuan yang dimiliki untuk menyelesaikan masalah. Selain itu, identitas gender juga mempengaruhi pemilihan strategi *coping*. Pada penelitian Lazarus, Folkman & Pearlin ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi pemilihan strategi *coping* diantaranya jenis kelamin atau *gender*, mereka mengatakan bahwa ada perbedaan dalam perilaku mengatasi masalah antara pria dan wanita[6].

Kecenderungan pemilihan jenis strategi *coping* pada laki-laki umumnya cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah, karena laki-laki biasanya menggunakan logika, untuk langsung menyelesaikan masalah yang dihadapi. Hal ini juga diperkuat oleh pendapat Hamilton dan Fagot yang menyatakan bahwa strategi *coping* yang digunakan laki-laki cenderung menggunakan *problem focused coping* karena laki-laki biasanya menggunakan

rasio atau logika, selain itu laki-laki juga kurang emosional sehingga lebih memilih untuk langsung menyelesaikan masalah atau langsung menghadapi sumber stress[7]. Sedangkan menurut Ayu Safithri, P. perempuan lebih cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada emosi, karena perempuan lebih menggunakan perasaan atau lebih emosional, sehingga jarang menggunakan logika atau rasio yang membuat perempuan cenderung mengatur emosi dalam menghadapi sumber masalah[8]. Tapi pada kenyataannya, dalam pembelajaran fisika laki-laki cenderung menggunakan *coping* yang berpusat pada emosi. Data menunjukkan bahwa dari 16 peserta didik laki-laki 15 diantaranya lebih cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada emosi. Ketidaksukaan mereka terhadap suatu mata pelajaran berpengaruh pada logika menjadi rasa emosional. Sehingga pada peserta didik laki-laki menuangkan emosional mereka dengan rasa malas terhadap belajar, enggan untuk mencoba dan cenderung mengarah pada tindakan mencontek. Bedahalnya dengan perempuan, meski mereka cenderung menggunakan emosi, namun emosional mereka bisa mereka arahkan ke dalam bentuk rasa ingin tahu yang tinggi, mau berusaha dan mencoba, meskipun tidak dapat dipungkiri dalam pelajaran emosional mereka mengarahkan mereka pada tindakan mencontek dan memberi rasa aman terhadap nilai yang diperoleh agar tidak memberikan tekanan terhadap diri mereka. Hal ini dibuktikan pada **Tabel 1**, bahwa secara umum hasil belajar peserta didik perempuan lebih tinggi dibandingkan peserta didik laki-laki. Terbukti bahwa lebih banyak peserta didik perempuan yang memperoleh hasil di atas 70

Berkaitan dengan hasil belajar yang diperoleh pada peserta didik yang menggunakan *coping* berfokus pada masalah, seharusnya peserta didik yang memiliki kecenderungan menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah mampu memiliki hasil belajar yang cukup baik, karena seseorang yang menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah mampu menganalisis suatu masalah dan mencari berbagai informasi untuk menyelesaikannya serta memiliki peluang lebih besar untuk dapat mengatasi segala persoalan yang dihadapi. Artinya, peserta didik yang menggunakan *coping* jenis ini memiliki peluang untuk memperoleh hasil yang maksimal, karena mereka mempersiapkan segala halnya dengan persiapan yang baik. Namun, pada kenyataannya dari 9 peserta didik yang cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah hanya terdapat 2 peserta didik yang memperoleh hasil belajar di atas 70, sedangkan sebanyak 26 peserta didik yang menggunakan *coping* berfokus pada emosi mampu memperoleh nilai di atas 70, bahkan mendapat nilai tertinggi dari hasil ujian yang diberikan oleh peneliti.

Keadaan ini tidak terlepas dari faktor-faktor yang dapat mempengaruhi hasil belajar, seperti faktor *itelegensi* atau faktor lain yang dimiliki oleh peserta didik, karena tidak hanya *coping* strategi saja yang dibutuhkan dalam memperoleh hasil belajar yang baik, namun banyak faktor yang dapat mempengaruhinya. Perolehan hasil penelitian ini juga didukung oleh penelitian yang telah dilakukan oleh Galih Prasetyo, dkk, yang menyatakan bahwa tidak terdapat hubungan antara mekanisme coping dengan ujian akhir pada penelitian yang telah dilakukan, sebab tidak hanya mekanisme coping saja yang dibutuhkan untuk mendapat hasil belajar yang baik, banyak faktor seperti faktor internal dan eksternal yang turut mempengaruhi hasil belajar[9]. Kemampuan intelegensi seseorang sangat mempengaruhi terhadap cepat dan lambatnya penerimaan informasi serta terpecahkan atau tidaknya suatu permasalahan. Selain itu, pola pikir dan kebiasaan dalam belajar juga mempengaruhi perolehan hasil belajar. Jika laki-laki dan perempuan memiliki suatu pola belajar yang berbeda maka untuk perolehan hasil yang didapatpun juga akan berbeda. Berdasarkan hal tersebut memberikan dukungan terhadap perolehan hasil yang diperoleh peneliti, bahwa meskipun seseorang memiliki kecenderungan menggunakan coping yang berpusat pada masalah dalam pelajaran fisika tidak memberikan jaminan akan memperoleh hasil yang maksimal, namun ada faktor lain yang memberikan pengaruh begitu besar terhadap hasil belajar yang diperoleh.

Kesimpulan dan Saran

Hasil penelitian memberikan kesimpulan bahwa setiap individu dapat menggunakan dua jenis *coping* dalam kehidupannya, namun kecenderungan penggunaan jenis *coping* bergantung dengan keadaan serta kemampuan yang dimiliki individu itu sendiri. Berkaitan dengan pembelajaran fisika, dari 72 peserta didik 63 peserta didik diantaranya menggunakan *coping* yang berpusat pada emosi dalam menyelesaikan permasalahan yang muncul dari pembelajaran fisika, sisanya 9 peserta didik menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah. Selain itu, jika pada umumnya peserta didik laki-laki dikenal cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada masalah, namun pada pembelajaran fisika 16 dari keseluruhan peserta didik laki-laki 15 diantaranya cenderung menggunakan *coping* yang berfokus pada emosi.

Berdasarkan hasil penelitian yang didapat, *coping* hanya memberikan analisis mengenai cara peserta didik dalam menghadapi masalah pelajaran fisika guna merasa aman pada keadaan psikisnya, namun *coping* tidak memberikan pengaruh yang begitu signifikan terhadap hasil belajarnya. Serta, efektifitas kecenderungan *coping* dilihat seberapa berhasilnya seseorang dalam menyelesaikan permasalahan yang dihadapi serta memperoleh hasil yang maksimal dari apa yang telah ia lakukan. Adapun saran bagi peneliti selanjutnya diharapkan mampu mengembangkan penelitian ini dengan adanya variabel-variabel lain berkaitan dengan kondisi psikis peserta didik yang mampu memberikan pengaruh terhadap proses pembelajaran maupun hasil belajarnya.

Daftar Rujukan

- [1] N. Rahmi, "Hubungan Tingkat Stress dan Prestasi Belajar Mahasiswa Tingkat II Prodi DIII Kebidanan Banda Aceh Jurusan Kebidanan Poltekes Kemnkes NAD Ta.2011/2012," *J. Ilm. STIKes U'Budiyah*, vol. 2, 2013.
- [2] Suyanto. (2017). Hebatnya Metode Sortir Kartu dalam Meningkatkan Kualitas Pembelajaran. Semarang: Pustaka Media Guru.
- [3] Y. . Husamah, *Belajar dan Pembelajaran*. Malang: UMM Press, 2016.
- [4] Susanto, *Teori Belajar dan Pembelajaran di Sekolah Dasar*. Jakarta: Kencana, 2016.
- [5] R. Lazarus, "Stress, Appraisal, and Coping," *Springer Publ. Co.*, 1984.
- [6] Ekawarna, *Manajemen Konflik dan Stres*. Jakarta: Bumi Aksara, 2018.
- [7] Suprayogi, M. N., & Fauziah, A. (2011). Gambaran Strategi Coping Stress Siswa Kelas XII SMAN 42 Jakarta dalam Menghadapi Ujian Nasional. *Humaniora Vol.2* , 284.
- [8] Shabrina, T., Mardiah, A., & Utami, F. T. (2018). Strategi Coping Klien Muslimah yang Menjalani Rehabilitasi Narkoba. *Jurnal Psikologi Islami Vol.4 No.2* , 126.
- [9] Ayu Safithri Purnomo, N. (2014). Resiliensi pada Pasien Stroke Ringan Ditinjau dari Jenis Kelamin. *Jurnal Ilmiah Psikologi Terapan, Vol.02* .
- [10] Utomo, G. P., Saputra, O., & Sari, M. I. (2018). Hubungan Coping Mechanism dengan Hasil Ujian Akhir Blok Basic Science I pada Mahasiswa Angkatan 2015 Fakultas Kedokteran Universitas Lampung. *Jurnal Agromedicine Vol.5 No.1* .

Media Pembelajaran Pada Materi Fluida Dengan Teknologi *Augmented Reality* Berbasis Android Untuk Siswa SMA

Tika Kurniawati^{1*}, Imas Ratna Ermawaty¹, Mirza Nur Hidayat¹

¹ Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof.Dr.Hamka, Jl.Tanah
Merdeka 13830, Indonesia

*E-mail: tikakurniawati28@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan dan menghasilkan produk media pembelajaran dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* yang berbasis android pada materi Fluida. Metode penelitian pengembangan yang digunakan model pengembangan Borg & Gall. Penelitian ini dilakukan pada SMAN 1 Jasinga, SMAN 1 Cigudeg, SMAN 1 Leuwiliang, masing-masing tiap sekolah dilakukan di 2 kelas XI IPA untuk uji skala besar, sedangkan untuk uji skala kecil atau terbatas dilakukan pada 20 orang pada masing-masing sekolah. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa media pembelajaran dengan *Augmented Reality* pada materi Fluida yang dikembangkan layak untuk digunakan sebagai media pembelajaran, berdasarkan hasil angket respon siswa menunjukkan persentase sebesar 87%, angket validasi guru sebesar 86%, angket uji ahli materi sebesar 85%, dan angket ahli media sebesar 89,5%.

Kata Kunci : Android, *Augmented Reality*, Fluida, Media Pembelajaran

ABSTRACT

This research aims to develop and produce learning media products using Augmented Reality technology based on android on Fluid material. The development research method used by the Borg & Gall development model. This research was conducted at Jasinga 1 High School, Cigudeg 1 High School, Leuwiliang 1 High School, each school was conducted in 2 Class XI Natural Sciences for large scale tests, whereas for small or limited scale tests it was conducted on 20 people in each school. The results obtained showed that the learning media with Augmented Reality on the developed Fluid material was suitable for use as learning media, based on the results of the student response questionnaire showed a percentage of 87%, a teacher validation questionnaire of 86%, a material expert test questionnaire of 85%, and media expert questionnaire was 89.5%.

Keywords : Android, *Augmented Reality*, Fluid, Learning Lesson

Pendahuluan

Perkembangan teknologi semakin berkembang dengan seiring perkembangan zaman. Berkembangnya teknologi telah mempengaruhi berbagai aspek kehidupan manusia, salah satunya dalam dunia Pendidikan. Pendidikan memberikan kemungkinan pada siswa untuk memperoleh kesempatan, harapan, dan pengetahuan agar dapat hidup secara lebih baik. Besarnya kesempatan dan harapan sangat bergantung pada kualitas pendidikan yang di tempuh. “Pendidikan juga dapat menjadi kuat untuk melakukan perubahan agar sebuah kondisi menjadi lebih baik. Pendidikan yang berkualitas tentunya melibatkan siswa untuk aktif belajar dan mengarahkan terbentuknya nilai-nilai yang dibutuhkan oleh siswa dalam menempuh kehidupan [1].” Memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran akan memberikan kemudahan kepada siswa dalam memahami materi, media pembelajaran berbantuan teknologi pun dapat digunakan untuk menjadikan pembelajaran menjadi menarik dan memberikan dampak yang positif terhadap performa akademik berupa motivasi belajar dan hasil belajar.

“Fisika juga merupakan salah satu mata pelajaran yang dikaitkan dengan kecerdasan bangsa yang memiliki peranan besar dalam menunjang ilmu pengetahuan dan teknologi, sehingga menggugah para pendidik untuk dapat merancang dan melaksanakan pendidikan yang lebih terarah pada penguasaan konsep fisika sehingga dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari [2].” Hubungan antara fisika dan teknologi salah satunya diterapkannya media pembelajaran fisika dengan bantuan teknologi, sehingga tercapainya efektivitas pembelajaran dan pemahaman materi ajar.

“Dengan memanfaatkan teknologi sebagai media pembelajaran akan memberikan kemudahan kepada siswa dalam memahami materi, media pembelajaran berbantuan teknologi pun dapat digunakan untuk menjadikan pembelajaran menjadi menarik dan memberikan dampak yang positif terhadap performa akademik berupa motivasi belajar dan hasil belajar [3].” Salah satu media pembelajaran berbantuan teknologi yang dapat digunakan berupa media pembelajaran *mobile phone application* yang berbasis *Augmented Reality*. “*Augmented Reality* merupakan salah satu bagian dari *Virtual Environment (VE)* atau yang biasa dikenal dengan *Virtual Reality (VR)*. *Augmented Reality (AR)* memberikan gambaran kepada pengguna tentang penggabungan dunia nyata dengan dunia maya dilihat dari tempat yang sama. *Augmented Reality (AR)* memiliki karakteristik yaitu bersifat interaktif (meningkatkan interaksi dan persepsi pengguna dengan dunia nyata) menurut waktu nyata (*real time*) dan berbentuk 3 dimensi [4].”

Berdasarkan hasil wawancara dan analisis kebutuhan berupa angket berisikan pernyataan yang diberikan kepada 83 siswa sebagai responden terhadap guru fisika pada 3 sekolah yang berbeda, didapatkan hasil bahwa proses pembelajaran fisika disekolah lebih sering menggunakan media pembelajaran seperti *whiteboard*, *powerpoint*, video tentang penerapan materi, video praktikum, media *flash*, animasi simulasi, KIT praktikum fisika dan penyampaian materi secara langsung. Dan berdasarkan angket kebutuhan pada 83 responden siswa, hasilnya 54 responden siswa atau sebesar 66,10% memberikan pendapat bahwa pembelajaran belum dilakukan dengan berbantuan media pembelajaran berbentuk 3 dimensi dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan Media Pembelajaran berbasis *Augmented Reality* menggunakan Android Pada Materi Fluida Untuk Siswa SMA sehingga diharapkan mampu mempermudah dalam pemahaman siswa terhadap materi yang divisualisasikan secara 3 Dimensi.

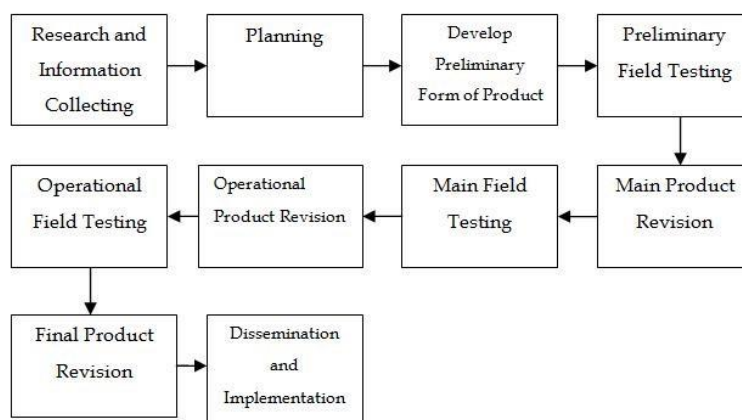
Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian pengembangan (*Research and Development/R & D*). Subjek penelitian ini adalah siswa kelas XI IPA di SMAN 1 Jasinga, SMAN 1 Leuwiliang, SMAN 1 Cigudeg yang berjumlah masing-masing tiap sekolah 70 siswa

untuk skala besar, sedangkan untuk skala kecil masing-masing tiap sekolah adalah 20 siswa. Metode penelitian yang digunakan merupakan metode pengembangan Borg and Gall.

“Borg and Gall mengemukakan sepuluh langkah dalam R & D yang dikembangkan oleh staf *Teacher Education Program at Far West Laboratory for Educational Research and Development*, dalam *minicourses* yang bertujuan meningkatkan keterampilan guru pada klas spesifik [5].” “Langkah-langkah dalam penelitian pengembangan (*Research and Development/R&D*) ini yaitu penelitian dan pengumpulan data, perencanaan, pengembangan draf produk, uji coba lapangan awal (terbatas), revisi hasil uji lapangan terbatas, uji lapangan (lebih luas), penyempurnaan produk hasil uji lapangan, uji pelaksanaan lapangan, penyempurnaan produk akhir, diseminasi dan implementasi [6].”

Kesepuluh langkah-langkah penelitian dan pengembangan (R&D) menurut Borg and Gall tersebut terlampir pada Gambar 3.1 tahapan berikut:



Gambar 1. Langkah-langkah model pengembangan Borg and Gall

Penelitian pengembangan ini digunakan untuk mengetahui kelayakan dari media pembelajaran dengan teknologi *Augmented Reality* pada materi Fluida kelas XI. Uji kelayakan ditinjau dari kevalidan media. Uji kevalidan menggunakan validasi isi, validasi kriteria, dan validasi konstruk.

Rumus yang digunakan dalam perhitungan validasi pada media pembelajaran dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* adalah sebagai berikut:

$$\text{Persentase pencapaian (\%)} = \frac{\sum \text{skor perolehan}}{\text{skor maksimum}} \times 100\% \quad (1)$$

Hasil perhitungan persentase yang diperoleh kemudian dikriteriakan pada skor validasi. Tabel kriteria skor validasi ditunjukkan dalam tabel sebagai berikut:

Tabel 1. Kriteria kelayakan media pembelajaran

No.	Skor dalam persen (%)	Kategori Kelayakan
1.	0 - 20	Tidak Baik
2.	21 - 40	Kurang Baik
3.	41 - 60	Cukup Baik
4.	61 - 80	Baik
5.	81 - 100	Sangat Baik

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian akan diuraikan sebagai berikut:

1. Penelitian dan pengumpulan data

Pada tahapan ini peneliti menyebarkan angket kepada 20 siswa kelas XI pada masing-masing sekolah yaitu di SMAN 1 Cigudeg, SMAN 1 Jasinga, dan SMAN 1 Leuwiliang dan dilakukan wawancara kepada guru Fisika di masing-masing sekolah tersebut. Didapatkan hasil sebesar 66,10% memberikan pendapat bahwa pembelajaran belum dilakukan dengan berbantuan media pembelajaran berbentuk 3 dimensi dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality*. Sesuai dengan hasil analisis kebutuhan kepada guru mata pelajaran fisika disekolah belum menggunakan media pembelajaran yang berbasis Android dengan teknologi *Augmented Reality* tetapi masih menggunakan media pembelajaran seperti *powerpoint*, simulasi, video praktikum, *whiteboard*, dan media *flash*. Sehingga berdasarkan hasil analisis kebutuhan siswa dan guru dapat disimpulkan bahwa perlunya dibuat media pembelajaran dengan teknologi *Augmented Reality* untuk membantu proses pembelajaran di Sekolah.

2. Perencanaan

Pada tahap ini peneliti membuat rancangan konsep terkait dengan media pembelajaran dengan teknologi *Augmented Reality* pada materi Fluida terkhusus sub materi Tekanan Hidrostatik, Hukum Pascal, Hukum Archimedes, Bernoulli.

3. Pengembangan Draf Produk

Pada tahap ini peneliti merancang produk awal terkait dengan media pembelajaran dengan teknologi *Augmented Reality* dengan membuat gambar 2 dimensi dan 3 dimensi yang berkaitan dengan materi Tekanan Hidrostatik, Hukum Pascal, Hukum Archimedes dan Bernoulli. Pada tahapan ini dilakukan pula uji validasi terhadap media pembelajaran yang sudah dibuat kepada ahli media dan ahli materi.

4. Uji Coba Lapangan Awal (Uji kelompok kecil)

Pada tahapan ini setelah media pembelajaran di validasi oleh ahli media dan ahli materi dan sudah dinyatakan layak untuk diuji cobakan kepada siswa. Uji coba pada kelompok kecil melibatkan 20 siswa dan 1 orang guru fisika pada masing-masing sekolah di SMAN 1 Cigudeg, SMAN 1 Jasinga, SMAN 1 Leuwiliang. Pada tahapan ini uji coba dengan membagikan angket respon siswa untuk mengetahui respon dan tanggapan siswa terkait penggunaan media pembelajaran dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* pada mata pelajaran Fisika.

5. Revisi Uji Coba Lapangan Awal (Uji Kelompok Kecil)

Pada tahap ini peneliti mendapatkan hasil respon dan pendapat dari siswa dan guru bahwa jenis huruf, warna tampilan, dan ukuran hurufnya harus diperbaiki.

6. Uji Coba Lapangan Luas (Uji kelompok Besar)

Pada tahapan ini dilakukan uji coba lapangan luas (uji kelompok besar) yang dilakukan kepada 70 siswa pada masing-masing sekolah di SMAN 1 Cigudeg, SMAN 1 Jasinga, SMAN 1 Leuwiliang dengan menggunakan angket respon untuk mengetahui kelayakan media pembelajaran.

7. Produk Final

Berdasarkan hasil uji coba lapangan luas tidak didapatkan saran untuk perbaikan, maka media pembelajaran mencapai tahapan final.

Adapun rincian hasil persentase dari penilaian validasi ahli media dan materi adalah sebagai berikut:

A. Hasil penilaian media oleh ahli materi dan ahli media

Hasil penilaian oleh ahli materi dan ahli media yang diujikan berdasarkan tiga aspek yaitu aspek desain pembelajaran oleh ahli materi dengan persentase penilaian 85%, aspek

rekayasa perangkat lunak dengan hasil 89%, dan aspek komunikasi visual 90% oleh ahli media. sehingga rerata keseluruhan dari ahli media dan ahli materi adalah 88% dan berada pada kategori sangat baik.

Tabel 2. Hasil penilaian kelayakan media oleh ahli materi dan ahli media

No.	Validator	Aspek yang diuji	Persentase Pencapaian	Interpretasi
1.	Ahli Materi	Desain Pembelajaran	85 %	Sangat Baik
2.	Ahli Media	Rekayasa Perangkat Lunak	89%	Sangat Baik
3.		Komunikasi Visual	90%	Sangat Baik
Rata-Rata			88%	Sangat Baik

B. Hasil Penilaian Media Oleh Guru Mata Pelajaran

Berdasarkan hasil persentase penilaian oleh guru terhadap media pembelajaran didapatkan hasil pada aspek Desain pembelajaran sebesar 87%, aspek Rekayasa Perangkat Lunak 87% dan aspek komunikasi visual 85% dengan rata-rata keseluruhan penilaian 86%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis android dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* pada materi Fluida untuk siswa SMA dinilai sangat baik dan layak untuk dijadikan media pembelajaran fisika.

Tabel 3. Hasil Uji Coba Media Pembelajaran oleh Guru

No	Aspek Yang diuji	Persentase Pencapaian	Interpretasi
1.	Desain Pembelajaran	87%	Sangat Baik
2.	Rekayasa Perangkat Lunak	87%	Sangat Baik
3.	Komunikasi Visual	85%	Sangat Baik
Rata-rata		86%	Sangat Baik

C. Hasil Uji Coba Oleh Siswa

Hasil persentase penilaian oleh siswa yang diujikan skala kecil terhadap media pembelajaran didapatkan hasil pada aspek Desain pembelajaran sebesar 80% sedangkan untuk uji media skala besar 84%, aspek Rekayasa Perangkat Lunak berdasarkan uji skala kecil 88% sedangkan berdasarkan uji skala besar 89% dan aspek komunikasi visual berdasarkan hasil uji skala kecil sebesar 87% sedangkan skala besar sebesar 89% dengan rata-rata keseluruhan penilaian aspek desain pembelajaran 82%, Aspek Rekayasa Perangkat Lunak 88,5% dan Komunikasi Visual 87,5%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa media pembelajaran berbasis android dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* pada materi Fluida untuk siswa SMA dinilai baik dan layak untuk dijadikan media pembelajaran fisika.

Tabel 4. Hasil Uji Coba Media Skala Kecil

No	Aspek Yang diuji	Persentase Pencapaian	Interpretasi
1.	Desain Pembelajaran	80%	Sangat Baik
2.	Rekayasa Perangkat Lunak	88%	Sangat Baik
3.	Komunikasi Visual	87%	Sangat Baik
Rata-rata		85%	Sangat Baik

Tabel 5. Hasil Uji Coba Media Skala Besar

No	Aspek Yang diuji	Persentase Pencapaian	Interpretasi
1.	Desain Pembelajaran	84%	Sangat Layak
2.	Rekayasa Perangkat Lunak	89%	Sangat Layak
3.	Komunikasi Visual	88%	Sangat Layak
	Rata-rata	87%	Sangat Layak

Kesimpulan dan Saran

Media pembelajaran pada materi Fluida dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* berbasis android untuk siswa SMA menggunakan model pengembangan Borg and Gall. Pada penelitian ini, pengumpulan data dilakukan dengan pengumpulan data, uji validasi, uji skala kecil, dan uji skala besar dengan menggunakan anket dan didapatkan hasil bahwa media pembelajaran dengan teknologi *Augmented Reality* pada materi Fluida telah layak digunakan sebagai media pembelajaran. Perencanaan dan pembuatan produk dengan menggunakan aplikasi pendukung seperti Balsamiq Mockup, Adobe Photoshop, 3D blender, Unity, dan Vuforia.

Saran untuk penelitian selanjutnya, sebaiknya konten materi fluida yang akan di visualkan menjadi 3 dimensi ditambah agar lebih maksimal dalam pemahaman mengenai fluida. Sebaiknya dalam pengoperasiannya dapat dioperasikan di berbagai sistem operasi tidak hanya sistem android saja.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan Terima kasih penulis sampaikan kepada Orangtua, Helmi Nur Insan, Badryatusyahryah, Ira Apriliani, Fitri Rahmawati, Dosen Pendidikan Fisika UHAMKA, guru Fisika.

Daftar Rujukan

- [1] Ridwan Abdullah Sani, Pembelajaran Sainifik untuk Implementasi Kurikulum 2013. Jakarta : PT Bumi Aksara, 2014.
- [2] Haryani, Prita. “*Augmented Reality* (AR) sebagai teknologi interaktif dalam pengenalan benda cagar budaya kepada masyarakat”. *Jurnal Simetris* vol 8 No 2, hal. 808, November 2017.
- [3] Riska Septianita. Dkk, “Pengembangan Media Buku Saku Fisika Dengan Teknologi *Augmented Reality*”
- [4] Yektyastuti, Resti dan Jaslin Ikhsan, “Pengembangan media pembelajaran berbasis android pada materi kelarutan untuk meningkatkan performa Akademik Peserta Didik SMA”. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*. Vol.2 No.1, April 2016.
- [5] Sugiyono, Metode Penelitian & Pengembangan Research and Development. Bandung: Alfabeta, 2019.
- [6] Wynarti, Agustina Wynarti, “Pengembangan Permainan Charades Sebagai Media Pembelajaran materi Jenis-jenis Bisnis Ritel Kelas XI Pemasaran Di SMK Negeri 2 Buduran”. *Jurnal Pendidikan Tata Niaga (JPTN)*. Vol.6 N0.3, hal.63 Tahun 2018.

Pengaruh Penerapan Model Pembelajaran *Guided Inquiry* Berbantu *Website* Terhadap Hasil Belajar Fisika Kelas XI pada Materi Gelombang Bunyi dan Cahaya

Welly Apriliyana^{1*}, Yulia Rahmadhar¹, Sugianto Arjo¹, Gloria Rachmat¹, Fakhri

Abdullah Rosyid¹

¹Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA, Jl. Tanah
Merdeka, Kp. Rambutan, Pasar Rebo, Jakarta Timur 13830, Indonesia

*E-mail: wellyapriyana2@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini dilakukan karena pembelajaran Fisika masih menerapkan model ceramah serta minimnya penggunaan media ajar. Penelitian ini bertujuan untuk membuktikan ada pengaruh penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website* terhadap hasil belajar peserta didik pada materi gelombang bunyi dan cahaya. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif eksperimen. Desain penelitian *One Group Pretest Posttest Design*. Teknik pengambilan sampel menggunakan *Purposive Sampling*. Adapun sampel dalam penelitian ini adalah kelas XI MIA 1 dengan jumlah 35 peserta didik di SMAN 89 Jakarta Timur. Hasil perhitungan uji hipotesis yang telah dilakukan menyatakan bahwa pada taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ dan $0,01$ diperoleh $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($20,70 > 1,69$; $20,70 > 2,44$), dapat dikatakan bahwa hipotesis penelitian H_1 **diterima** dan H_0 **ditolak**. Dengan demikian, pembelajaran dengan menerapkan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu media ajar *website* pada materi gelombang bunyi dan cahaya dapat disimpulkan bahwa penelitian ini berpengaruh dengan sangat signifikan terhadap hasil belajar Fisika peserta didik.

Kata kunci : *guided inquiry*, hasil belajar, *website*

ABSTRACT

This research was conducted because Physics learning still applies the lecture model and the lack of use of teaching media. This study aims to prove the influence of the application of the learning guided learning model on student learning outcomes in sound and light wave material. This research uses a quantitative experimental approach. One Group Pretest Posttest Design research design. The sampling technique uses purposive sampling. The sample in this study was class XI MIA 1 with a total of 35 students at SMAN 89 East Jakarta. The results of the calculation of the hypothesis test that has been done states that at the significance level $\alpha = 0.05$ and 0.01 obtained $t_{count} > t_{table}$ ($20.70 > 1.69$; $20.70 > 2.44$), it can be said that the H_1 research hypothesis is accepted and H_0 was refused. Thus, learning by applying the guided inquiry learning model assisted with website teaching media on sound and light wave material can be concluded that this study has a very significant effect on student's physics learning outcomes.

Keywords : guided inquiry, learning outcomes, website

Pendahuluan

Pendidikan pada hakikatnya merupakan kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik yang berakibat terjadinya perubahan pada diri pribadinya. Prinsip ini mengandung arti bahwa yang harus diutamakan adalah kegiatan-kegiatan peserta didik dan bukannya sesuatu yang diberikan kepada peserta didik. Proses pendidikan yang demikian, memerlukan kehadiran media, alat, strategi, model, metodologi, dan teknologi pendidikan sebagai konsep dasar pendidikan modern [1]. Aktivitas belajar mengajar merupakan kegiatan yang tersusun secara sistematis, yang dimulai dari tahap merencanakan bahan-bahan pembelajaran serta dalam merancang kurikulum. Untuk itu, dalam proses belajar mengajar diperlukan suatu model pembelajaran yang dapat mengarahkan pada suatu prosedur yang sistematis dalam mengorganisasikan pengalaman belajar untuk mencapai tujuan belajar tertentu.

Dalam hal ini, pembelajaran Fisika merupakan proses dua arah yang dimulai dan diakhiri dengan pengamatan atau percobaan. Fisika bukanlah sekedar kumpulan fakta dan prinsip, melainkan merupakan proses yang membawa kita pada prinsip-prinsip umum untuk mendeskripsikan bagaimana perilaku dalam dunia fisik yaitu menjelaskan tentang fakta mengenai peristiwa di muka bumi yang diperoleh dari suatu percobaan serta dianalisis melalui teori para ahli sebagai bukti nyata telah adanya kebenaran dari teori tersebut [2]. Oleh sebab itu, karena ilmu Fisika cukup kompleks, maka memungkinkan pendidik untuk membimbing proses pembelajaran secara bertahap. Berdasarkan hal tersebut, maka dalam proses pembelajaran Fisika tidak hanya cukup belajar dari pendidik atau mendengarkan penjelasan dari orang lain, melainkan harus didukung dengan suatu komponen yang dapat menjadikan pembelajaran lebih baik.

Adapun dukungan tersebut dapat dilakukan dengan menerapkan pembelajaran berbantu media *website* dengan memanfaatkan jaringan internet, yang kemudian dapat disebut dengan *e-learning*" [3]. Media web dapat menciptakan sebuah lingkungan belajar maya (*Virtual Learning Enviroment*). Dengan memperkenalkan suatu pendayagunaan teknologi dan kebermaknaan, meningkatkan rasa percaya diri peserta didik, mengkaitkan atau menghubungkan materi ajar dengan kehidupan sehari-hari, sehingga muncullah minat atau perhatian dari peserta didik terhadap materi ajar yang disampaikan, untuk kemudian di evaluasi secara kritis dan logis yang dapat berpengaruh terhadap hasil belajar Fisika.

Berdasarkan hasil observasi yang lakukan oleh peneliti di SMAN 89 Jakarta melalui wawancara dengan salah satu pendidik dan pengamatan pada saat kegiatan pembelajaran dikelas, bahwa pembelajaran Fisika masih menerapkan model ceramah. Menyikapi permasalahan tersebut, maka diperlukan model pembelajaran yang menjadikan peserta didik sebagai pusat pembelajaran (*Student Centered*). Adapun permasalahan diatas juga didukung dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya yaitu penelitian yang dilakukan Roni Wahyuni pada tahun 2016 yang menyatakan penerapan model pembelajaran *Guided Inquiry* berpengaruh positif terhadap hasil belajar Fisika peserta didik [4]. Selain itu juga penelitian yang dilakukan Halimatus Sakdiah pada tahun 2015 menunjukkan bahwa terdapat perubahan yang berarti dari penggunaan media web dalam meningkatkan kemandirian belajar mahasiswa [5].

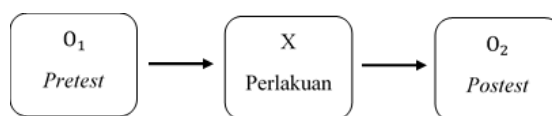
Pembelajaran inkuiri terbimbing (*guided inquiry*) yaitu suatu model pembelajaran yang dalam pelaksanaannya pendidik menyediakan bimbingan atau petunjuk pembelajaran kepada peserta didik. Sebagaimana perencanaannya petunjuk tersebut dibuat oleh pendidik, adapun dalam pembelajaran inkuiri terbimbing pendidik tidak melepas begitu saja kegiatan-kegiatan yang dilakukan oleh peserta didik [6]. Maksud dari pendapat Sund mengatakan bahwa inkuiri terbimbing yaitu bentuk pembelajaran yang menekankan kegiatan peserta didik secara maksimal untuk mencari solusi dari permasalahan sehingga diharapkan dapat menumbuhkan sikap percaya diri dan daya berpikir kreatif yang dapat mengembangkan kemampuan

intelektual peserta didik, hal tersebut tentunya masih perlu pendampingan dan bimbingan dari pendidik.

Berdasarkan hasil observasi dan kajian hasil penelitian terdahulu, peneliti berusaha untuk menerapkan suatu model pembelajaran yang mendorong peserta didik untuk berperan aktif dan berpikir secara kritis salah satu yang di indikasi dapat mengatasi permasalahan tersebut yaitu penerapan model pembelajaran *guided inquiry* dengan berbantu media *website*. Media pembelajaran *website* bertujuan sebagai sumber belajar interaktif, sehingga diharapkan peserta didik lebih memahami materi pelajaran Fisika yang dapat berpengaruh terhadap hasil belajar.

Metode Penelitian

Metode penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Pre-experiment*. Dikatakan *preexperiment*, karena desain ini masih terdapat variabel luar seperti faktor lingkungan, minat dan motivasi belajar yang dapat berpengaruh terhadap terbentuknya variabel terikat (hasil belajar). Hal ini dapat terjadi karena tidak adanya variabel kontrol, dan sampel tidak dipilih secara random [7]. Desain yang digunakan pada penelitian yaitu *one group pretest posttest design*. Rancangan penelitian ini merupakan rancangan eksperimen kelompok tunggal dengan memberikan perlakuan *pretest* kemudian mengamati efeknya (*posttest*) pada variabel terikat. Adapun desain penelitian disajikan pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Desain Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di SMA Negeri 89 Jakarta. Populasi target adalah populasi yang ditentukan sesuai dengan permasalahan penelitian dan hasil penelitian dari populasi tersebut akan disimpulkan [8]. Maka Populasi target dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI MIA 1 SMAN 89 Jakarta Timur tahun ajaran 2018/2019 dengan jumlah peserta didik 35 orang. Sedangkan populasi terjangkau dalam penelitian ini adalah seluruh peserta didik kelas XI MIA SMAN 89 Jakarta pada tahun pelajaran 2018/2019 yang terdiri dari 3 kelas yaitu MIA 1, 2, dan 3.

Sampel yang digunakan pada penelitian ini yaitu 35 peserta didik yang terdiri dari satu kelas eksperimen. Teknik sampling adalah teknik pengambilan sampel untuk menentukan sampel yang akan digunakan dalam penelitian [8]. Teknik pengambilan sampel pada penelitian ini menggunakan *purposive sampling*. Adapun teknik pengumpulan data dengan menggunakan kisi-kisi tes formatif *pretest posttest*. Dimana peneliti melakukan uji coba soal sebelum penelitian dengan menghitung validitas, reliabilitas, tingkat kesukaran, dan daya pembeda soal. Selanjutnya peneliti dapat menggunakan hasilnya untuk mengujikan tes formatif pada saat penelitian. Variabel penelitian ini adalah variabel bebas yaitu penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website*, sedangkan variabel terikat yaitu hasil belajar Fisika.

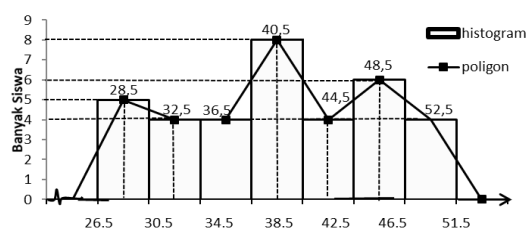
Metode pengumpulan data yang digunakan adalah metode tes formatif *pretest* dan *posttest*. Pada penelitian ini terdapat *pretest* yang dilakukan sebelum diberikan perlakuan, sedangkan *posttest* diberikan setelah diberikan perlakuan. *Pretest* merupakan test yang diberikan kepada peserta didik sebelum mendapat materi pembelajaran yang akan dipelajari, tujuannya untuk mengetahui seberapa jauh penguasaan peserta didik terhadap materi pelajaran yang akan diajarkan. *Posttest* merupakan test yang diberikan kepada peserta didik setelah dilakukannya pembelajaran, tujuannya untuk mengetahui seberapa jauh peserta didik menguasai materi pelajaran yang telah diajarkan. Analisis data akhir atau hasil penelitian menggunakan beberapa

analisis, antara lain: uji normalitas, uji homogenitas serta uji-t untuk mengetahui adanya pengaruh penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website* terhadap hasil belajar Fisika. Hasil penilaian penelitian ini menunjukkan pada ranah kognitif.

Hasil Dan Pembahasan

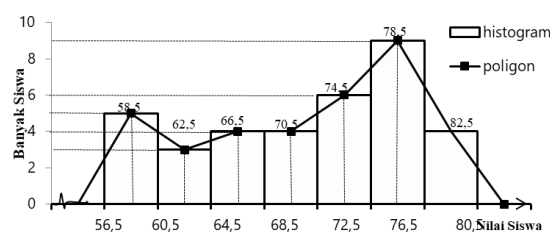
Deskripsi data disajikan dalam bentuk distribusi frekuensi, histogram dan diagram batang yang dilengkapi dengan interpretasi data. Adapun pengujian persyaratan analisis data penelitian menggunakan normalitas galat taksiran regresi dan linearitas regresi sederhana. Pengujian hipotesis penelitian ini menggunakan uji-t.

Hasil belajar yang diukur dalam penelitian ini hanya berfokus pada kompetensi pengetahuan (kognitif) saja. Nilai kompetensi pengetahuan diperoleh berdasarkan hasil tes (*pretest*) dan (*posttest*). Adapun deskripsi data hasil belajar dapat digambarkan melalui grafik histogram dan poligon nilai (*pretest*) dan (*posttest*) sebagai berikut:



Gambar 2. Histogram dan Poligon Pretest

Peneliti memperoleh data kuantitatif dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar 40,61; nilai tengah (*median*) sebesar 40,75; nilai yang sering muncul (*modus*) sebesar 40,5; serta simpangan baku sebesar 7,7. Sehingga dapat disimpulkan nilai *pretest* yang memiliki frekuensi terbanyak terdapat pada interval 38,5-42,5 dengan jumlah 8 peserta didik. Sementara yang memiliki frekuensi sama atau terendah dengan jumlah 4 peserta didik yang berada diinterval (30,5-34,5); (34,5-38,5); (42,4-46,5); dan (51,5-54,5). Maka dapat disimpulkan dari nilai *pretest* yang telah dilakukan rata-rata nilai belum memenuhi kriteria ketuntasan minimum, hal ini disebabkan karena belum adanya pemberian *treatment* kepada peserta didik, sehingga kemampuan pengetahuan peserta didik mengenai materi gelombang bunyi dan cahaya masih kurang dipahami. Adapun deskripsi data nilai *posttest* sebagai berikut:



Gambar 3. Histogram dan Poligon Posttest

Peneliti memperoleh data kuantitatif dengan nilai rata-rata (*mean*) sebesar 71,75; nilai tengah (*median*) sebesar 74,5; nilai yang sering muncul (*modus*) sebesar 82,5; serta simpangan baku sebesar 7,93. Berdasarkan grafik diatas nilai *posttest* yang memiliki frekuensi terbanyak terdapat pada interval 76,5-80,5 dengan jumlah 9 peserta didik. Sementara yang memiliki frekuensi terendah dengan jumlah 3 peserta didik yang berada diinterval 60,5-64,5.

Hasil penelitian pada penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website* terhadap hasil belajar peserta didik, dapat diperoleh kesimpulan yaitu rata-rata hasil belajar nilai

pretest dan *posttest* yaitu 40,61 dan 71,75. Nilai tersebut mengalami peningkatan sebanyak 31,14 hal ini, menyatakan bahwa terdapat pengaruh peningkatan hasil belajar peserta didik melalui penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website*. Namun rata-rata hasil belajar *posttest* belum memenuhi kriteria ketuntasan minimum sebesar 75. Penyebab belum tercapainya rata-rata hasil belajar pada nilai *posttest* yaitu kurang telitnya peserta didik dalam menghitung jawaban pada suatu permasalahan soal yang telah ditentukan.

Dalam memperoleh data hasil uji hipotesis dengan menggunakan teknik analisis data yaitu uji-t, maka peneliti harus memenuhi beberapa asumsi statistik. Sehingga asumsi statistik yang digunakan pada penelitian ini adalah uji normalitas dan uji homogenitas. Peneliti melakukan uji normalitas kelas eksperimen dengan menggunakan uji *Liliefors* galat taksiran pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dari perhitungan tersebut diperoleh hasil seperti pada **Tabel 1**.

Tabel 1. Hasil Uji Normalitas

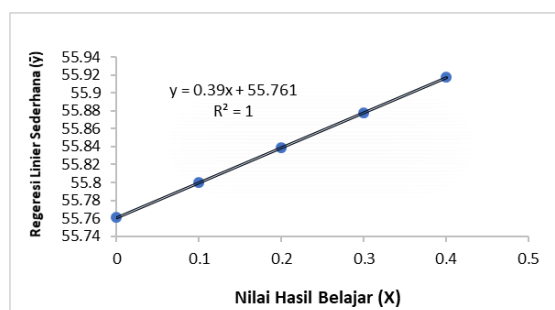
α	N	L_{hitung}	L_{tabel}	Kriteria
0,05	35	0,0742	0,149	Normal

*Keterangan: α = taraf signifikan, n= jumlah sampel, L_{hitung} = nilai uji normalitas, L_{tabel} = nilai kritis "L" untuk uji Liliefors

Berdasarkan **Tabel 1** diperoleh nilai $L_{hitung} = 0,0742$ dan $L_{tabel} = 0,149$ dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dan jumlah sampel (n) sebanyak 35 peserta didik. Sehingga dapat disimpulkan nilai $L_{hitung} = 0,0742 < L_{tabel} = 0,149$ yang berarti data berdistribusi normal. Analisis regresi linier sederhana dalam statistika adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang paling mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki agar kesalahannya dapat diperkecil [7]. Berdasarkan nilai hasil *pretest* dan *posttest* untuk melihat ada atau tidaknya pengaruh sebab akibat variabel X dan Y, maka dibuat grafik regresi linier sederhana yang ditunjukkan pada **Gambar 4**.

$$\hat{Y} = a + bX \quad (1)$$

$$\hat{Y} = 55,761 + (0,390) X \quad (2)$$



Gambar 4. Grafik Regresi Linear Sederhana

Berdasarkan persamaan $\hat{Y} = a + bX$ didapatkan sebuah grafik regresi linear sederhana pada gambar 3, dapat disimpulkan bahwa nilai regresi sederhana dari persamaan tersebut memiliki kenaikan hasil \hat{Y} yang signifikan dari perhitungan substitusi nilai X. Dalam buku Kusdiwelirawan mengatakan hubungan antara dua variabel bebas dan terikat yang menunjukkan nilai $R=1$, membuktikan bahwa adanya korelasi hubungan positif yang sempurna antara dua variabel. Sehingga Kurva yang dihasilkan pada grafik tersebut membentuk kurva

yang linier. Maka dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan nilai X akan mempengaruhi peningkatan nilai Y, hal ini menunjukkan bahwa hasil belajar Fisika dapat dipengaruhi oleh model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website*. Setelah diketahui hasil penelitian berdistribusi normal maka selanjutnya dilakukan pengujian homogenitas. Uji homogenitas yang digunakan dalam penelitian ini adalah Uji Bartlet adapun hasilnya seperti pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Hasil Uji Homogenitas

α	N	χ^2_h	χ^2_t	Kriteria
0,05	35	12,91	15,5	Homogen

*Keterangan: α = taraf signifikan, n= jumlah sampel, χ^2_h = nilai uji homogenitas, χ^2_t = nilai Chi-kuadrat tabel

Dari hasil perhitungan uji homogenitas, diperoleh hasil $\chi^2_h = 12,91$ dan $\chi^2_t = 15,5$ dengan taraf signifikan $\alpha = 0,05$ dan jumlah sampel (n) sebanyak 35 peserta didik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa $\chi^2_h = 12,91 < \chi^2_t = 15,5$ maka dapat disimpulkan bahwa data yang didapat berasal dari populasi yang homogen. Hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap rumusan masalah penelitian. Dikatakan sementara, karena jawaban yang diberikan baru didasarkan pada teori yang relevan, belum didasarkan pada fakta-fakta empiris yang diperoleh melalui pengumpulan data. Dengan demikian hipotesis merupakan jawaban teoritis terhadap rumusan belum jawaban empiris [9]. Uji hipotesis dalam penelitian ini menggunakan uji t. Berikut dibawah ini hasil uji hipotesis penelitian pada **Tabel 3**.

Tabel 3. Hasil Uji Hipotesis

N	t_{hitung}	t_{tabel}	α	Kriteria
35	20,70	1,69	0,05	H ₁ diterima
		2,44	0,01	H ₁ diterima

*Keterangan: α = taraf signifikan, n= jumlah sampel, t_{hitung} = nilai hasil uji hipotesis, t_{tabel} = nilai tabel distribusi t

Tabel 3. menunjukkan data dari perhitungan rata-rata skor *pretest* dan *posttest* diperoleh t_{hitung} sebesar 20,70 sedangkan taraf signifikansi $\alpha = 0,05$ menghasilkan t_{tabel} sebesar 1,69, karena $t_{hitung} = 20,70 > 1,69 = t_{tabel}$ sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis penelitian H₁ diterima dan H₀ ditolak. Selain itu bila taraf signifikansi $\alpha = 0,01$ di peroleh $t_{hitung} = 20,70 > 2,44 = t_{tabel}$, maka dapat dikatakan bahwa penelitian ini berpengaruh dengan sangat signifikan. Oleh karena itu dapat di simpulkan bahwa ada pengaruh penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website* terhadap hasil belajar Fisika peserta didik.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan hasil penelitian mengenai pengaruh penerapan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website* terhadap hasil belajar Fisika kelas XI pada materi gelombang bunyi dan cahaya, maka dapat disimpulkan kegiatan belajar yang dilakukan secara

terbimbing dengan menggunakan media pembelajaran dapat membuat peserta didik mampu mencari dan menemukan pemecahan masalah secara sistematis dengan menumbuhkan sikap percaya diri dan daya berpikir kreatif dalam mengembangkan kemampuan intelektual saat mempelajari materi Fisika. Penelitian yang telah dilakukan diperoleh data hasil belajar Fisika melalui tes formatif dari nilai *pretest* di awal pertemuan dan *posttest* di akhir pertemuan. Nilai *pretest* pada kelas eksperimen yang terendah adalah 27 dan nilai tertingginya adalah 53 rata-rata nilai hasil *pretest* sebesar 40,61 sedangkan untuk nilai *posttest* yang terendah adalah 57 dan nilai tertingginya adalah 83 nilai rata-rata *posttest* sebesar 71,75. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa hasil belajar Fisika sebelum dan sesudah diberikan *treatment* memiliki perubahan yang baik.

Berdasarkan hasil perhitungan uji hipotesis penelitian diperoleh $t_{hitung} > t_{tabel}$ ($20,70 > 1,69$; $20,70 > 2,44$), maka **H₁ diterima**. Dengan demikian dari hasil perhitungan uji hipotesis dapat disimpulkan bahwa ada pengaruh yang signifikan dari perubahan tingkah laku peserta didik maupun hasil belajar Fisika, hal ini dilihat dari perubahan pola pikir dalam memecahkan suatu permasalahan dengan baik. Adapun hasil belajar Fisika pada penelitian ini sangat baik tentunya terdapat perubahan nilai tes formatif pada *pretest* dan *posttest*. Oleh karena itu, pembelajaran dengan model pembelajaran *guided inquiry* berbantu *website* berhasil diterapkan dengan baik pada peserta didik di sekolah tersebut. Maka saran yang harus diperhatikan untuk mendapatkan hasil yang lebih baik yaitu bagi sekolah/kepala sekolah diharapkan memberikan fasilitas maksimal berupa jaringan internet yang dapat diakses oleh banyak peserta didik untuk mendukung pembelajaran yang lebih modern. Adapun untuk calon peneliti selanjutnya dapat lebih banyak lagi mengembangkan materi pelajaran Fisika berbantu *website* selain materi gelombang bunyi dan cahaya yang telah diterapkan, hal tersebut bertujuan membuat sumber belajar menjadi lebih interaktif dan inovatif.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Allah SWT yang telah memberikan nikmat sehat dan keberkahan kepada peneliti, kedua orangtua peneliti, Dra. Hj. Yulia Rahmadhar, M.Pd dan Sugianto, S.Si., M.Si selaku Dosen Pembimbing I dan II yang selalu bersabar dalam memberikan bimbingan berupa arahan dalam penyusunan jurnal ini, keluarga besar program studi pendidikan Fisika UHAMKA, SMA Negeri 89 Jakarta, serta pihak-pihak yang membantu yang tidak dapat peneliti sebutkan satu per satu.

Daftar Rujukan

- [1] Maswan and K. Muslimin, *Teknologi Pendidikan Penerapan Pembelajaran yang Sistematis*. Jakarta: Pustaka Belajar, 2017.
- [2] Sears and Zemansky, *Fisika Universitas Edisi Kesepuluh Jilid 1*. Jakarta: Erlangga, 2002.
- [3] Sutirman, *Media & Model – model Pembelajaran Inovatif*. Yogyakarta: Graha Ilmu, 2013.
- [4] R. Wahyuni, Hikmawati, and Taufik, “Pengaruh Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing dengan Metode Eksperimen terhadap Hasil Belajar Fisika Siswa Kelas XI IPA SMAN 2 Mataram Tahun Pelajaran 2016/2017. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*,” *J. Pendidik. dan Teknol.*, vol. 2, 2017.
- [5] H. Sakdiah, M. Pali, I. W. Ardhana, and I. Hitipeuw, “Efektivitas Metode Pembelajaran Inkuiri Berbasis Web dalam Meningkatkan Kemandirian Belajar Mahasiswa,” *J. Pendidik. Hum.*, vol. 3, 2015.
- [6] R. Sund and Leslie Trowridge, “Teaching Science by Inquiry in the Secondary School,” *J. Color. Univ. Press*, vol. 2, 1976.
- [7] Sugiyono, *Metode Penelitian Kuantitatif, Kualitatif dan R&D*. Bandung: Alfabeta, 2016.
- [8] Kusdiwelirawan, *Statistika Pendidikan*. Jakarta: Uhamka Press, 2014.

Pengaruh Model Pembelajaran GI (*Group Investigation*) Berbasis Metode *Drill* terhadap Hasil Belajar Fisika pada Materi Pengukuran

Zakiyatun Nufus^{1*}, Ferawati², Feli Cianda Adrin Burhendi³

¹ Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof Dr HAMKA, Jl. Tanah Merdeka 13830, Indonesia

*E-mail: znufus20@gmail.com

INTISARI

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh model pembelajaran *Group Investigation* (GI) berbasis metode *Drill* terhadap hasil belajar fisika siswa kelas X IPA di SMA Muhammadiyah 23 Jakarta pada semester I tahun ajaran 2019/2020. Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian kuantitatif dengan desain penelitian *One Group Pretest Posttest Design*. Sampel yang digunakan sebanyak 33 siswa dengan menggunakan teknik *sampling* yaitu *simple random sampling*. Uji validitas menggunakan 22 soal essay dengan 18 soal valid dan 4 soal drop. Hasil uji reabilitas yaitu $r_{hitung} = 0,5 > r_{tabel} = 0,39$, maka data tersebut memiliki instrumen yang realibel. Selanjutnya data dianalisis menggunakan uji persyaratan uji normalitas yaitu uji *lieliefors* galat taksiran dengan hasil yaitu $L_o = 0,06 < L_t = 0,173$, maka dapat disimpulkan bahwa data berdistribusi normal. Selanjutnya dilakukan uji homogenitas dengan menggunakan uji *Bartlet* diperoleh $\chi^2_{hitung} = 4,78 < \chi^2_{tabel} = 27,6$, maka dapat disimpulkan bahwa uji homogenitas tersebut memiliki data varians kelompok berdistribusi homogen. Uji hipotesis menggunakan uji-t, pada taraf signifikan $\alpha = 0,05$ diperoleh $t_{hitung} = 4,71$ dan $t_{tabel} = 1,99$, maka dapat disimpulkan H_o ditolak yang berarti dengan menggunakan model pembelajaran *Group Investigation* berbasis model *Drill* adanya pengaruh signifikan untuk hasil belajar fisika pada materi pengukuran.

Kata Kunci : Hasil Belajar Fisika, Metode Pembelajaran *Drill*, Model Pembelajaran *Group Investigation*

ABSTRACT

This study discusses studying the learning model of Investigation Group (GI) based on the Drill method on the learning outcomes of students of Class X Natural Sciences at Muhammadiyah 23 Jakarta Senior High School in the first semester of the 2019/2020 school year. The research method used is a quantitative research method with One Group Pretest Posttest Design research design. The sample used was 33 students using a sampling technique that is simple random sampling. Validity test uses 22 essay questions with 18 valid questions and 4 drop questions. The reliability test results are $r_{count} = 0.5 > r_{table} = 0.39$, then the data has a reliable instrument. Furthermore, the data were analyzed using the normality test requirements test, namely the estimated error *lieliefors* test with the result that $L_o = 0.06 < L_t = 0.173$, it can be concluded that the data were normally distributed. Furthermore homogeneity test using Bartlet test is obtained $\chi^2_{(count)} = 4.78 < \chi^2_{(table)} = 27.6$, then it can be concluded as a homogeneity test it is necessary to vary homogeneous data distribution. In the hypothesis test using t-test obtained $t_{count} = 4.71$ with $t_{table} = 1.99$ at a significant level $\alpha = 0.05$, then with the agreed H_o which shows significant significance in learning using the Group Investigation learning model physics learning outcomes.

Keywords: Physics Learning Outcomes, Drill Learning Methods, Group Investigation Learning Models

Pendahuluan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui adanya pengaruh model pembelajaran *Group Investigation* (GI) berbasis metode *Drill* terhadap hasil belajar fisika siswa kelas X IPA di SMA Muhammadiyah 23 Jakarta pada semester I tahun ajaran 2019/2020. Menurut Majid, “Model pembelajaran merupakan kerangka dasar pembelajaran yang dapat diisi oleh beragam muatan mata pelajaran, sesuai dengan karakteristik kerangka dasarnya” [1]. Banyak terdapat model-model pembelajaran yang bisa digunakan dalam proses pembelajaran. Model pembelajaran hendaknya disesuaikan dengan jenjang dan mata pelajaran yang akan dipelajari siswa karena model pembelajaran yang tepat dapat menunjang hasil belajar yang meningkat.

Berdasarkan hasil wawancara dengan siswa SMA disalah satu sekolah wilayah Jakarta, fisika masih dianggap sebagai mata pelajaran yang sulit, dari hasil belajar siswa di SMA Muhammadiyah 23 Jakarta yang memiliki rata-rata 73. Hasil belajar tersebut berada dibawah

KKM fisika yaitu 75. Hal ini didukung pula oleh penelitan yang menyatakan bahwa: “kemampuan hasil belajar yang diperoleh siswa setelah melalui kegiatan pembelajaran, nilai rata-rata tes akhir kelas eksperimen lebih besar yaitu 75,56 dibandingkan dengan kelas kontrol yaitu 68,13”[2]. Berdasarkan hasil penelitian tersebut diketahui bahwa pemberian *drill* atau latihan bisa meningkatkan hasil belajar kognitif siswa karena terjadi proses pemberian latihan soal secara berulang-ulang. Tetapi dalam kurikulum 2013 revisi, aspek yang dikembangkan bukan hanya aspek kognitif, melainkan afektif dan psikomotorik.

Untuk dapat mengembangkan kemampuan psikomotorik dan afektif, diperlukan pula model pembelajaran yang dapat menunjang dalam tercapainya aspek tersebut. Maka peneliti akan menggunakan model pembelajaran *Group Investigation*. Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Derlina dan Naimah Hasanah pada tahun 2017 menyatakan bahwa: “*the application investigation group can improve psychomotor learning outcomes of Students*”[3]. Dari penelitian tersebut maka dapat diketahui bahwa dengan menggunakan model pembelajaran *Group Investigation* selain dapat meningkatkan aspek kognitif siswa, dapat juga meningkatkan aspek psikomotorik siswa.

Hal-hal yang kemudian muncul sebagai masalah dalam penggunaan model pembelajaran *Group Investigation* adalah dalam manajemen waktu yang harus diperhatikan. Hal ini diperkuat oleh salah satu penelitian yang menyatakan bahwa: “Bagi peneliti selanjutnya yang ingin menerapkan model *Group Investigation* sebaiknya mengalokasikan waktu dengan baik atau menyediakan alokasi waktu tambahan agar langkah-langkahnya dapat terlaksana semuanya”[4]. Manajemen waktu yang tidak efektif akan menyebabkan siswa hanya terfokus pada pengembangan aspek psikomotorik dan afektif saja. Maka untuk menghindari hal demikian, digunakan metode *drill* sebagai basis agar aspek kognitif bisa berkembang beriringan dengan perkembangan aspek psikomotorik dan afektif sehingga hasil belajar siswa dapat meningkat.

Model pembelajaran merupakan kerangka yang harus disiapkan guru dalam mendesain kegiatan pembelajaran yang akan dilakukan. Majid menyatakan bahwa, “Secara umum istilah model diartikan sebagai kerangka konseptual yang digunakan sebagai pedoman dalam melakukan suatu kegiatan”[1]. Berdasarkan pendapat tersebut, model adalah suatu hal yang menjadi dasar untuk melakukan suatu pembelajaran dan untuk mencapai tujuan-tujuan dari pembelajaran yang dilakukan oleh guru. *Group Investigation* adalah bagian dari model pembelajaran kooperatif. Majid menyatakan bahwa, “dalam penerapan investigasi kelompok ini, guru membagi kelas menjadi kelompok-kelompok dengan anggota 5 atau 6 siswa yang heterogen”[1]. Pemilihan kelompok ini didasarkan pada minat siswa atau tingkat keakraban siswa.

Menurut Rusman implementasi strategi belajar kooperatif GI dalam pembelajaran, secara umum dibagi menjadi 6 langkah, yaitu:[5]

1. Mengidentifikasi topik dan mengorganisasikan siswa ke dalam kelompok (para siswa menelaah sumber-sumber informasi, memilih topik, dan mengategorisasi saran-saran; para siswa bergabung ke dalam kelompok belajar dengan pilihan topik yang sama; komposisi kelompok didasarkan atas ketertarikan topik yang sama dan heterogen; guru membantu atau memfasilitasi dalam memperoleh informasi).
2. Merencanakan tugas-tugas belajar (direncanakan secara bersama-sama oleh para siswa dalam kelompoknya masing-masing, yang meliputi: apa yang kita selidiki; bagaimana kita melakukannya, siapa sebagai apa – pembagian kerja; untuk tujuan apa topik ini diinvestigasi).
3. Melaksanakan investigasi (siswa mencari informasi, menganalisis data, dan membuat kesimpulan; setiap anggota kelompok harus berkontribusi kepada usaha kelompok; para siswa bertukar pikiran, mendiskusikan, mengklarifikasi, dan mensintesis ide-ide).
4. Menyiapkan laporan akhir (anggota kelompok menentukan pesan-pesan esensial proyeknya; merencanakan apa yang akan dilaporkan dan bagaimana membuat presentasinya; membentuk panitia acara untuk mengoordinasikan rencana presentasi).
5. Mempresentasikan laporan akhir (presentasi dibuat untuk keseluruhan kelas dalam berbagai macam bentuk; bagian-bagian presentasi harus secara aktif dapat melibatkan pendengar (kelompok lainnya); pendengar mengevaluasi kejelasan presentasi menurut kriteria yang telah ditentukan keseluruhan kelas).
6. Evaluasi (para siswa berbagi mengenai balikan terhadap topik yang dikerjakan, kerja yang telah dilakukan, dan pengalaman-pengalaman efektifnya; guru dan siswa berkolaborasi dalam mengevaluasi pembelajaran; asesmen diarahkan untuk mengevaluasi pemahaman konsep dan keterampilan berpikir kritis).

Menurut Majid, “Sebagai sebuah metode, *drill* adalah cara membelajarkan siswa untuk mengembangkan kemahiran dan keterampilan serta dapat mengembangkan sikap dan kebiasaan”[1]. Dari pendapat tersebut dapat diketahui bahwa fokus dari *drill* atau latihan adalah untuk mengembangkan keterampilan atau sikap sehingga menjadi sebuah kebiasaan.

Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode eksperimen. Desain penelitian yang digunakan pada penelitian ini yaitu *Pre-experimental design* dengan tipe *one group pretest-posttest design*. Teknik yang digunakan dalam pengambilan sampel adalah *simple random sampling*. Sugiyono mendefinisikan bahwa “simple (sederhana) karena pengambilan anggota sampel dari populasi dilakukan secara acak tanpa memperhatikan strata yang ada dalam populasi itu”[6] Sampel pada penelitian ini adalah satu kelas yaitu X MIA 1 SMA Muhammadiyah 23 Jakarta. Ukuran sampel yang diamati yaitu 33 peserta didik. Sebelum melakukan penelitian, soal di uji terlebih dahulu menggunakan uji validasi, uji reabilitas, daya pembeda, dan tingkat kesukaran. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan uji normalitas *lieliefors* galat taksiran, uji homogenitas, uji linearitas regresi, uji t, dan uji hipotesis.

Hasil dan Pembahasan Penilaian Pengetahuan

Berdasarkan skor yang diperoleh dari tes soal yang dikerjakan 33 peserta didik pada saat *pretest* dan *posttest* maka didapatkan yaitu nilai rata-rata peserta didik pada saat *pretest* sebesar 10,45 sedangkan pada *posttest* yaitu 30,27. Median dari *pretest* yaitu 10,27 dan pada saat *posttest* yaitu 30,05. Untuk modus dari nilai *pretest* yaitu 12,75 sedangkan pada *posttest* yaitu 14,9. Penyebaran data secara lebih rinci disajikan pada tabel berikut:

Tabel 1. Distribusi frekuensi nilai pretest dari 33 peserta didik yang terdiri dari 7 interval kelas dan masingmasing kelas terdiri dari 3 interval.

No	Interval Kelas			NT	BB	BA	Frekuensi	
							Absolut	Relatif
1	2	-	4	3	1.5	4.5	5	15%
2	5	-	7	6	4.5	7.5	7	21%
3	8	-	10	9	7.5	10.5	4	12%
4	11	-	13	12	10.5	13.5	7	21%
5	14	-	16	15	13.5	16.5	6	18%
6	17	-	19	18	16.5	19.5	2	6%
7	20	-	22	21	19.5	22.5	2	6%
Jumlah							33	100%

Berdasarkan **Tabel 1** berkaitan dengan distribusi frekuensi pretest diketahui bahwa terdapat 2 peserta didik yang mendapatkan skor tertinggi pada rentang 20-22 dengan presentase sebesar 6%. 5 peserta didik yang mendapatkan skor terendah yaitu pada rentang 2-4 dengan presentase 15%. Hasil drill pada pertemuan 1 yaitu:

Tabel 2. Distribusi frekuensi nilai *Drill* ke-1 dari 33 peserta didik yang terdiri dari 7 interval kelas dan masingmasing kelas terdiri dari 7 interval.

No	Interval Kelas			NT	BB	BA	Frekuensi	
							Absolut	Relatif
1	0	-	13	6.5	-0.5	13.5	17	52%
2	14	-	27	20.5	13.5	27.5	0	0%
3	28	-	41	34.5	27.5	41.5	0	0%
4	42	-	55	48.5	41.5	55.5	1	3%
5	56	-	69	62.5	55.5	69.5	1	3%
6	70	-	83	76.5	69.5	83.5	8	24%
7	84	-	97	90.5	83.5	97.5	6	18%
Jumlah							33	100%

Berdasarkan **Tabel 2** diketahui bahwa dari 33 siswa yang diberikan drill hanya 16 siswa yang mengerjakan soal latihan *drill*. Hasil dari drill ke-2 disajikan pada tabel berikut:

Tabel 3. Distribusi frekuensi nilai Drill ke-2 dari 33 peserta didik yang terdiri dari 7 interval kelas dan masingmasing kelas terdiri dari 7 interval.

No	Interval Kelas			NT	BB	BA	Frekuensi	
							Absolut	Relatif
1	0	-	14	7	-0.5	14.5	13	39%
2	15	-	29	22	14.5	29.5	0	0%
3	30	-	44	37	29.5	44.5	0	0%
4	45	-	59	52	44.5	59.5	0	0%
5	60	-	74	67	59.5	74.5	2	6%

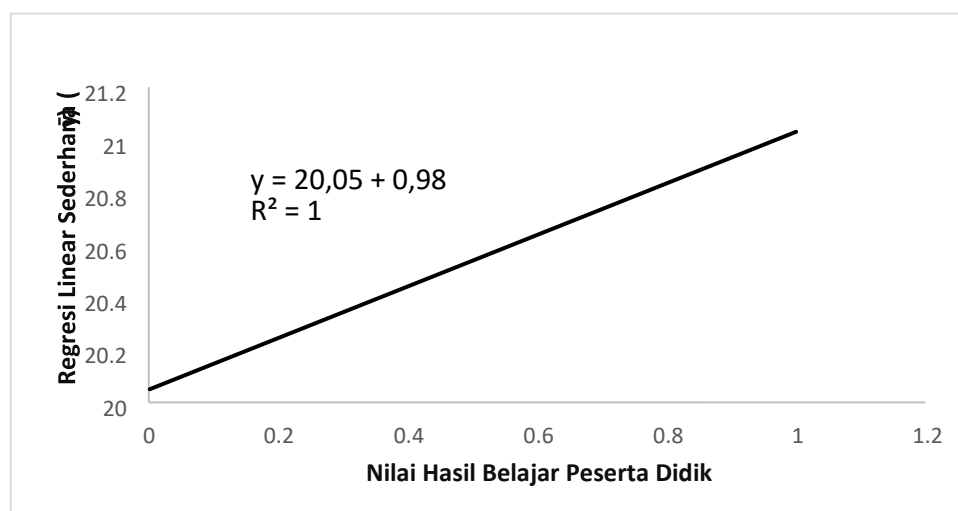
6	75	-	89	82	74.5	89.5	11	33%
7	90	-	104	97	89.5	104.5	7	21%
Jumlah							33	100%

Berdasarkan **Tabel 3** jumlah siswa yang mengerjakan soal *drill* bertambah menjadi 20 siswa dari total 33 siswa. Setelah melakukan *drill* ke-1 dan *drill* ke-2 selanjutnya dilakukan pengambilan data untuk nilai *posttest*. Hasil dari *posttest* disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4 Distribusi frekuensi nilai *posttest* dari 33 peserta didik yang terdiri dari 7 interval kelas dan masing-masing kelas terdiri dari 7 interval.

No	Interval Kelas			NT	BB	BA	Frekuensi	
							Absolut	Relatif
1	12	-	18	15	11.5	18.5	5	15%
2	19	-	25	22	18.5	25.5	5	15%
3	26	-	32	29	25.5	32.5	10	30%
4	33	-	39	36	32.5	39.5	7	21%
5	40	-	46	43	39.5	46.5	5	15%
6	47	-	53	50	46.5	53.5	0	0%
7	54	-	60	57	53.5	60.5	1	3%
Jumlah							33	100%

Distribusi frekuensi *posttest* yang terdapat pada Tabel 4 menyajikan 7 kelas yang terdiri dari rentang 12-60. Selanjutnya diuji menggunakan uji normalitas, uji homogenitas, uji hipotesis. Uji hipotesis pada penelitian ini menggunakan regresi linear dan uji t (uji perbedaan rerata). Linearitas regresi digunakan untuk mengetahui signifikan dan kelinearan dengan menggunakan teknik ANAVA dan menggunakan statistik F. Grafik persamaan linearitas regresi ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 1. Grafik persamaan linearitas regresi pretest *posttest* dari hasil belajar fisika

Berdasarkan **Gambar 1** dapat diketahui bahwa nilai regresi sederhana hubungan sebab akibat X dan Y memiliki hasil yang sama dengan perhitungan. Kurva yang dihasilkan pada grafik tersebut membentuk kurva yang linear sehingga dapat disimpulkan bahwa setiap kenaikan nilai X akan mempengaruhi peningkatan nilai Y, hal ini menunjukkan bahwa variabel X memiliki hubungan dengan variabel Y. Hasil Pengujian Signifikan dan linearitas *pretest posttest* hasil belajar ditunjukkan pada **Tabel 4.5**

Tabel 4.5 Tabel analisis varians dengan sumber variasi yaitu variasi total, koefisien, regresi, sisa, tuna cocok dan kekeliruan galat.

Sumber Variasi	Db	JK	RJK	Fh	Ft		Kesimpulan
					0.05	0.01	
Total	33	33438	33438				
Koefisien (a)	1	30061,1	30061				Signifikan
Regresi (b/a)	1	869	869	10,7	4.17	7.56	
Sisa	31	2776	89,548				
Tuna Cocok	14	2024,75	144,63				Linier
Kekeliruan E (Galat)	18	10098	561	0.22	2.39	3.48	

Pengujian signifikan dan linear menggunakan dua taraf signifikan. Untuk menguji signifikansi model regresi diketahui bahwa pada taraf signifikan 0,05 $F_h > F_t$ yaitu $10,7 > 4.17$ dan taraf signifikan 0,01 $F_h > F_t$ yaitu $10,7 > 7.56$. Karena F_h lebih besar dari F_t maka H_0 ditolak berarti koefisien arah regresi tidak berarti melawan, maka disimpulkan koefisien regresi bersifat signifikan. Pada pengujian linear, taraf signifikan yang digunakan sama dengan pengujian signifikan yaitu 0,05 dan 0,01. Maka diketahui $F_h < F_t$ yaitu $0,22 < 2,39$ pada taraf signifikan 0,05 dan $0,22 < 3,48$ pada taraf signifikan 0,01. Dari keterangan tersebut, karena $F_h < F_t$ maka H_0 diterima berarti koefisien regresi linear.

Untuk pengujian hipotesis selanjutnya menggunakan uji perbedaan rerata. Hasil perhitungan dari uji perbedaan rerata adalah sebagai berikut:

Tabel 4.6 Tabel pengujian perbedaan rerata yang berisi t hitung, t tabel (0,05 dan 0,01) dan pengujian

Nama	Nilai
Rxy	0.113400499
t hitung	4.71
T tabel (0.05)	1,99
T tabel (0.01)	2.66
Pengujian	t hitung \leq t tabel maka H_0 diterima t hitung $>$ t tabel maka H_0 ditolak

Pengujian t ini dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh pada dari variabel bebas. Berdasarkan hasil dari perhitungan uji t diketahui bahwa t hitung $>$ t tabel yaitu untuk taraf signifikan 0,05 adalah $4,71 > 1,99$ sedangkan untuk taraf signifikan 0,01 adalah $4,71 > 2,66$ maka H_0 ditolak, berarti terdapat pengaruh penggunaan model pembelajaran *Group Investigation* (GI) berbasis metode *drill* terhadap hasil belajar fisika.

Penilaian Sikap

Penilaian sikap penelitian pada penelitian ini menggunakan instrument observasi kepribadian belajar peserta didik yang terdiri dari 5 aspek yaitu bertanggung jawab, percaya diri, saling menghargai, bersikap santun dan kompetitif. Hasil dari penilaian sikap disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4. Perkembangan afektif peserta didik yang terdiri dari 5 indikator dan dilakukan penilaian dari pertemuan pertama sampai pertemuan ke tiga

No	Aspek	Pertemuan 1	Pertemuan 2	Pertemuan 3	Rata-rata
	Bertanggung jawab				94%
1	Jawab	90%	95%	98%	
2	Percaya diri	94%	96%	97%	96%
	Saling menghargai				100%
3	menghargai	100%	100%	100%	
	Bersikap santun				74%
4	santun	74%	74%	75%	
5	Kompetitif	88%	90%	93%	90%

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa 98% sikap peserta didik selama pembelajaran yaitu memiliki rasa bertanggung jawab, hal ini dilihat pada pertemuan terakhir. Kemudian percaya diri peserta didik yaitu 94% pada pertemuan pertama, 96% pada pertemuan kedua, dan 97% pada pertemuan ketiga. Sikap saling menghargai peserta didik yaitu 100% peserta didik sudah mengetahui bagaimana saling menghargai antar sesama. Mayoritas dari peserta didik sudah mampu membiasakan sikap santun yaitu 74% pada pertemuan pertama dan kedua, serta 75% pada pertemuan ketiga. Peserta didik sudah mempunyai sikap kompetitif dalam kegiatan pembelajaran yaitu 88% peserta didik bersikap kompetitif pada pertemuan pertama, 90% pada pertemuan kedua dan 93% pada pertemuan ketiga.

Penilaian Keterampilan

Penilaian keterampilan penelitian pada penelitian ini menggunakan instrument observasi dan menggunakan penilaian portofolio. Aspek yang dijadikan penilaian pada portofolio yaitu persiapan praktikum, pelaksanaan praktikum, hasil praktikum, pengolahan data, menjawab pertanyaan pada lembar kerja, dan membuat kesimpulan. Sedangkan untuk instrument observasi adalah observasi aktivitas peserta didik. Hasil observasi untuk psikomotorik siswa disajikan pada tabel berikut.

Tabel 5 Perkembangan psikomotorik peserta didik yang terdiri dari 6 indikator dan dilakukan penilaian dari pertemuan pertama sampai pertemuan ke tiga

No	Aspek	Pertemuan 1	Pertemuan 2	Pertemuan 3	Rata-rata
1	Antusias peserta didik dalam mengikuti pembelajaran	60%	72%	80%	71%
2	Interaksi peserta didik dengan guru	75%	80%	84%	80%
3	Interaksi antar peserta didik	83%	93%	100%	92%
4	Kerjasama kelompok	61%	62%	69%	64%
5	Aktifitas peserta didik dalam kelompok	86%	80%	95%	87%

	Partisipasi peserta didik dalam menyimpulkan hasil kegiatan	36%	33%	39%	36%
6					

Berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa sebagian peserta didik antusias mengikuti pembelajaran, hal ini terlihat bahwa setiap pertemuan antusias peserta didik semakin bertambah persentasenya sampai pada pertemuan ke 3 yaitu 80%. Untuk interaksi peserta didik dengan guru cukup baik yaitu dengan presentase 75% pada pertemuan pertama, 80% pada pertemuan kedua dan 84% pada pertemuan ketiga. Interaksi antar peserta didik mencapai 100% pada pertemuan ketiga. Untuk kerjasama dalam kelompok persentasenya adalah 69% pada pertemuan terakhir dan aktifitas dalam kelompok yaitu 86% pada pertemuan pertama dan menurun pada pertemuan kedua yaitu 80% dan meningkat kembali pada pertemuan ketiga yaitu 95%. Kemudian partisipasi peserta didik dalam menyimpulkan yaitu hanya mencapai 39% pada pertemuan ketiga.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan di SMA Muhammadiyah 23 Jakarta didapatkan hasil bahwa adanya pengaruh pada penggunaan model pembelajaran Group Investigation berbasis metode Drill terhadap hasil belajar fisika dengan $t_{hitung} > t_{tabel}$ yaitu $4,71 > 1,99$ pada taraf signifikan 0,05 yang berarti bahwa H_0 ditolak maka terdapat pengaruh model pembelajaran Group Investigation berbasis metode Drill terhadap hasil belajar fisika (kognitif). Hasil dari penggunaan model pembelajaran *Group Investigation* berbasis metode *Drill* pada psikomotorik peserta didik yaitu 72% peserta didik sudah menunjukkan aktivitas-aktivitas yang berkaitan pada perkembangan psikomotorik. Hasil dari penggunaan model pembelajaran Group Investigation berbasis metode *Drill* pada afektif peserta didik yaitu 91% peserta didik sudah menunjukkan sikap-sikap yang berkaitan dengan tanggung jawab, percaya diri, saling menghargai, bersikap santun dan kompetitif. Bagi peneliti ataupun pendidik yang akan menggunakan model pembelajaran GI harus memperhatikan waktu pembelajaran, karena model pembelajaran GI memerlukan waktu yang banyak dan bagi peneliti ataupun pendidik yang akan menggunakan metode *Drill* perlu diperhatikan level kognitif serta kuantitas soal yang harus diselesaikan oleh peserta didik.

Daftar Rujukan

- [1] A. Majid, *Strategi Pembelajaran*. Bandung: PT.Remaja Rosdakarya, 2013.
- [2] D. Jauhariyah, "PENGARUH PENGGUNAAN METODE DRILL PADA MATERI," vol. 06, no. April, pp. 37–45, 2017.
- [3] N. Hasanah and N. Sumatra, "Effect Cooperative Learning Model Type of Group Investigation Using PhET to Cognitive Learning , Interpersonal Communication and Communication Ability Capability," vol. 8, no. 35, pp. 5–16, 2017.
- [4] J. Inpafi, "PENGARUH MODEL PEMBELEJARAN KOOPERATIF TIPE GROUP INVESTIGATION TERHADAP HASIL BELAJAR PADA MATERI LISTRIK DINAMIS Abstrak," vol. 2, no. 2, pp. 171–179, 2014.
- [5] Rusman, *Model-Model Pembelajaran: Mengembangkan profesionalisme guru*. Jakarta: PT Rajagrafindo Persana, 2010.
- [6] Sugiyono, *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung: Penerbit Alfabeta, 2017.



PROGRAM STUDI FISIKA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA
Jl. Laksda Adisucipto, Caturtunggal,
Kec. Depok, Kabupaten Sleman,
Daerah Istimewa Yogyakarta
55281

ISSN 2722 - 1296

