

Imas Ratna Ermawati, Onny Fitriana Sitorus,
Harry Ramza, Sugianto, Martin, Feli Cianda Adrin Burhendi



MENGELOLA PEMBELAJARAN

TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET :

DARI KONSEP HINGGA PRAKTIK INSPIRATIF DI KELAS



MENGELOLA PEMBELAJARAN TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET:

DARI KONSEP HINGGA PRAKTIK INSPIRATIF DI KELAS

Oleh:

Imas Ratna Ermawati, Onny Fitriana Sitorus,
Harry Ramza, Sugianto, Martin, Feli Cianda Adrin Burhendi

Uwais Inspirasi Indonesia

MENGELOLA PEMBELAJARAN TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET: DARI KONSEP HINGGA PRAKTIK INSPIRATIF DI KELAS

ISBN: 978-634-320-125-0

Penulis: Imas Ratna Ermawati, Onny Fitriana Sitorus, Harry Ramza,
Sugianto, Martin, Feli Cianda Adrin Burhendi

Tata Letak: Galih

Design Cover: Chandra

15,5 cm x 23 cm

viii + 132 Halaman

Cetakan Pertama, September 2026

Diterbitkan Oleh:

Uwais Inspirasi Indonesia

Anggota IKAPI Jawa Timur Nomor: 217/JTI/2019 tanggal 1 Maret 2019

Redaksi:

Ds. Sidoarjo, Kec. Pulung, Kab. Ponorogo

Email: Penerbituwais@gmail.com

Website: www.penerbituwais.com

Telp: 0352-571 892

WA: 0812-3004-1340/0823-3033-5859

Sanksi Pelanggaran Pasal 113 Undang-Undang Nomor 28 tahun 2014 tentang Hak Cipta, sebagaimana yang telah diatur dan diubah dari Undang-Undang nomor 19 Tahun 2002, bahwa:

Kutipan Pasal 113

- (1) Setiap orang yang dengan tanpa hak melakukan pelanggaran hak ekonomi sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf i untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 1 (satu) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp100.000.000,00 (seratus juta rupiah).
- (2) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak cipta melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf c, huruf d, huruf f, dan/atau huruf h, untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 3 (tiga) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).
- (3) Setiap orang yang dengan tanpa hak dan/atau tanpa izin pencipta atau pemegang hak melakukan pelanggaran hak ekonomi pencipta sebagaimana dimaksud dalam pasal 9 ayat (1) huruf a, huruf b, huruf e, dan/atau huruf g, untuk penggunaan secara komersial dipidana dengan pidana penjara paling lama 4 (empat) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
- (4) Setiap orang yang memenuhi unsur sebagaimana dimaksud pada ayat (3) yang dilakukan dalam bentuk pembajakan, dipidana dengan pidana penjara paling lama 10 (sepuluh) tahun dan/atau pidana denda paling banyak Rp4.000.000.000,00 (empat miliar rupiah).

KATA PENGANTAR

Buku ini berjudul “Mengelola Pembelajaran Teori Medan Elektromagnet: Dari Konsep Hingga Praktik Inspiratif Di Kelas” merupakan buku referensi yang disusun untuk melengkapi kekurangan buku-buku ajar yang digunakan dalam perkuliahan. Buku ini membahas tentang pembelajaran fisika di era modern, konsep dasar manajemen, teori medan electromagnet dalam kontek pembelajaran antara lain analisis vector, divergen dan teorema divergen, fluks listrik dan hukum gauss, energi potensial listrik, hukum ampere dan medan magnet, induktansi dan rangkaian magnetik, kapasitansi dan bahan dielektrik, gaya gerak Listrik, dan persamaan poisson dan laplace.

Hal sedikit agak rumit dalam mempelajari buku ini adalah penjabaran rumus lebih dominan menggunakan matematika integral dan diferensial. Meskipun demikian, buku ini relatif mudah untuk difahami apabila telah menguasai prinsip dasar integral dan diferensial.

Melalui kata pengantar ini penulis juga ingin menyampaikan kepada pembaca bahwa kesempurnaan buku ini bukan terletak pada isi bukunya tetapi terletak seberapa besar buku ini dapat difahami.

Jakarta, September 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
A. Hakikat Pembelajaran Fisika di Era Modern	1
B. Tantangan Pembelajaran Konsep Abstrak	6
C. Urgensi Manajemen Pembelajaran Dalam Mata Kuliah Fisika	9
D. Posisi Mata Kuliah <i>Teori Medan Elektromagnet</i> Dalam Kurikulum	11
EVALUASI	12
BAB 2 KONSEP DASAR MANAJEMEN PEMBELAJARAN	14
A. Pengertian dan Prinsip Manajemen Pembelajaran	15
B. Fungsi Manajemen Pembelajaran (Perencanaan, Pengorganisasian, Pelaksanaan, Evaluasi, Tindak Lanjut)	17
C. Peran Dosen Sebagai Manajer Pembelajaran	20
D. Karakteristik Pembelajaran Efektif di Pendidikan Tinggi	21
EVALUASI	23
BAB 3 TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET DALAM KONTEKS PEMBELAJARAN	26
A. Gambaran Umum Teori Medan Elektromagnet	26
B. Konsep Teori Medan Elektromagnet	28
1. Analisis Vektor	28
2. Divergen dan Teorema Divergensi	37

3. Fluks Listrik dan Hukum Gauss	44
4. Energi Potensial Listrik.....	51
5. Hukum Ampere dan Medan Magnetik.....	57
6. Induktansi dan Rangkaian Magnetik	63
7. Kapasitansi dan Bahan Dielektrik	72
8. Gaya Gerak Listrik (GGL) Imbas.....	80
C. Penerapan Teori Medan Elektromagnet Dalam Kehidupan	
Modern	87
EVALUASI	90

BAB 4 MANAJEMEN PEMBELAJARAN PADA MATERI TEORI	
MEDAN ELEKTROMAGNET.....	91
A. Penerapan Fungsi-Fungsi Manajemen	91
B. Strategi pembelajaran (Misalnya Berbasis Proyek, Simulasi	
Digital, Atau <i>Problem-Based Learning</i>)	94
EVALUASI	97

BAB 5 IMPLEMENTASI MODEL MANAJEMEN PEMBELAJARAN	
PROPHETIC BERBASIS SIFAT-SIFAT KENABIAN PADA MATA	
KULIAH TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET	99
A. Landasan Profetik dalam Pembelajaran	99
B. Desain Model Manajemen Pembelajaran Profetik	100
C. Integrasi Sifat Kenabian dalam Aktivitas Pembelajaran Fisika .	102
D. Dampak Model Profetik terhadap Pembelajaran Fisika	103
E. Evaluasi Implementasi Model Profetik	103
EVALUASI	104

BAB 6 PEMBENTUKAN KARAKTER SAINTIFIK MAHASISWA	105
A. Definisi dan Ciri Karakter Saintifik	105
B. Integrasi Nilai Profetik dalam Kegiatan Belajar	109

C. Refleksi Nilai Religius, Etis, dan Ilmiah dalam Pembelajaran	
Sains.....	114
D. Peran Dosen dalam Menumbuhkan Budaya Ilmiah dan	
Spiritual.....	116
EVALUASI.....	117
DAFTAR PUSTAKA	119
GLOSARIUM	122
RIWAYAT PENULIS	127

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 5.1 Sifat kenabian dalam Implementasi dalam Pembelajaran	100
Tabel 5.2 Penerapan Nilai Profetik	102
Tabel 5.3 Tiga Pendekatan Dalam Evaluasi.....	103
Tabel 6.1 Indikator Karakter Saintifik Mahasiswa	107
Tabel 6.2 Empat nilai utama profetik	110
Tabel 6.3 Indikator Profetik	111
Tabel 6.4 Integrasi Karakter Saintifik, Aktivitas Pembelajaran, dan Nilai Profetik	112

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Perkalian Silang.....	30
Gambar 1.2 Tiga Sistim Koordinat.....	31
Gambar 1.3 Differensial Volume dan Luas.....	32
Gambar 1.4 Pejumlahan Dua Vektor.....	33
Gambar 1.5 Contoh Soal 3.....	34
Gambar 1.6 Contoh Soal 4.....	34
Gambar 1.7 Contoh Soal 5.....	35
Gambar 2.1 Garis Fluks	45
Gambar 2.2 Fluks menembus bidang dS	46
Gambar 2.3 Contoh Soal 2.2.....	48
Gambar 4.1 Gaya Dalam Medan Magnet	51
Gambar 4.3 Contoh Soal 4.2.....	53
Gambar 10. Hukum Biot-Savart	57
Gambar 11. Hukum Biot-Savart.....	58
Gambar 6.4 Kurva $B-H$	66
Gambar 6.5 Contoh Rangkaian Magnetik	67
Gambar 6.6 Rangkaian Magnetik dengan Celah Udara	68
Gambar 6.7 Rangkaian Magnetik Paralel	68
Gambar 6.8 Contoh Soal 1	69



A. Hakikat Pembelajaran Fisika di Era Modern

1. Hakikat Fisika

Fisika adalah salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang sifatnya fundamental bagi teknologi. Ilmu fisika juga memiliki makna utama atau hakikat yang dapat diterapkan dalam kehidupan sehari-hari. Hal tersebut membuat ilmu fisika mendasari berbagai teknologi modern manusia bersamaan dengan perkembangan peradaban. Misalnya kelistrikan dan perangkat elektronik yang digunakan dalam berbagai bidang kehidupan manusia.

Fisika merupakan salah satu cabang ilmu pengetahuan alam yang mempelajari konsep, prinsip, hukum, dan teori, serta dipandang baik sebagai suatu proses maupun sebagai hasil (produk) dari kegiatan ilmiah. Utamanya fisika memiliki tiga cakupan utama. **Pertama**, fisika sebagai produk merujuk pada sekumpulan pengetahuan yang terdiri dari fakta, konsep, teori, prinsip, serta model-model ilmiah. **Kedua**, fisika sebagai proses, yang merujuk pada keterampilan yang digunakan oleh para ilmuwan dalam menghasilkan pengetahuan atau produk ilmiah selanjutnya yang **ketiga** fisika sebagai sikap yang mana menumbuhkan cara berfikir dan sikap ilmiah dalam diri siswa (Sujarwanto, 2019; Richardo dkk., 2025; Mahardika dkk., 2023). Dengan mempelajari hakikat fisika maka bisa menjelaskan segala hal yang ada disekitar kita, mulai dari perpindahan objek yang sangat kecil sampai gerak manusia, mobil, maupun jagat raya ini. Faktanya hampir semua hal yang ada disekitar

kita dapat dijelaskan dengan cukup akurat dengan mengandalkan hukum-hukum fisika. Pada dasarnya, hakikat fisika dapat dibagi menjadi 3 jenis, yaitu fisika sebagai produk atau *a body knowledge*, fisika sebagai sikap atau *a way of thinking*, serta fisika sebagai proses atau *a way of investigating*.

1.1 Fisika Sebagai Produk

Interaksi antara manusia dan lingkungannya memberikan pembelajaran kepada manusia, sehingga menemukan pengalaman yang semakin menambah pengetahuan dan kemampuannya serta perubahan perilakunya. Dalam wacana ilmiah, hasil-hasil penemuan dari berbagai kegiatan penyidikan yang kreatif dari para ilmuwan diinventarisasi, dikumpulkan, dan disusun secara sistematis menjadi sebuah kumpulan pengetahuan yang disebut produk pengetahuan. Pengelompokan hasil-hasil penemuan itu, menurut bidang kajian yang sejenis menghasilkan ilmu pengetahuan yang kemudian disebut sebagai fisika, kimia, maupun biologi. Untuk fisika, kumpulan pengetahuan itu dapat berupa fakta, konsep, prinsip, hukum, rumus, teori, dan model.

1.2 Fisika Sebagai Proses

Fisika sebagai proses memberikan Gambaran mengenai bagaimana ilmuwan bekerja melakukan penemuan - penemuan. Fisika memberikan gambaran mengenai pendekatan yang digunakan untuk menyusun pengetahuan. fisika sebagai proses atau *a way of investigating*. Ilmu fisika mengajarkan proses berupa langkah-langkah yang harus diambil dalam suatu penelitian ilmiah.

Mundiarto dalam buku berjudul Kapita Selekta Pendidikan Fisika (2002) menyebutkan bahwa langkah-langkah tersebut disebut sebagai keterampilan proses sains yang mencakup observasi, pengukuran, inferensi, manipulasi variabel, perumusan hipotesis,

penyusunan grafik dan tabel data, juga mendefinisikan operasional dalam melaksanakan eksperimen. Penerapan fisika sebagai proses dapat terlihat jelas dalam pembuatan makalah, jurnal, skripsi, tesis, dan juga disertasi yang menggunakan metode ilmiah.

1.3 Fisika Sebagai Sikap

Dari penjelasan mengenai hakikat fisika sebagai produk dan hakikat fisika sebagai proses tersebut, maka tampak terlihat bahwa penyusunan pengetahuan fisika diawali dengan kegiatan - kegiatan kreatif seperti pengamatan, pengukuran, dan penyelidikan atau percobaan yang membutuhkan proses mental dan sikap yang berasal dari pemikiran. Jadi, dengan pemikirannya orang bertindak dan bersikap sehingga akhirnya dapat melakukan kegiatan-kegiatan ilmiah. Pemikiran-pemikiran para ilmuwan dalam bidang fisika tersebut menggambarkan rasa ingin tahu dan penasaran mereka yang besar diiringi dengan rasa percaya, objektif, jujur, dan terbuka serta mau mendengarkan pendapat orang lain.

2. Hakikat Pembelajaran Fisika di Era Modern

Hakikat pembelajaran fisika di era modern adalah pendekatan yang mengintegrasikan aspek fisika sebagai produk (pengetahuan), proses (metode ilmiah), dan sikap ilmiah, dengan penekanan kuat pada pengembangan keterampilan abad ke-21 (keterampilan 4C: *Critical Thinking, Creativity, Collaboration, Communication*) dan pemanfaatan teknologi secara efektif.

2.1 Integrasi Hakikat Fisika

Pembelajaran fisika modern tidak hanya fokus pada hafalan rumus, tetapi mencakup tiga aspek hakikat fisika secara seimbang:

- Fisika sebagai Produk (*Body of Knowledge*): Memahami fakta, konsep, prinsip, hukum, rumus, teori, dan model fisika, termasuk teori-teori fisika modern seperti relativitas dan mekanika kuantum.
- Fisika sebagai Proses (*A Way of Investigating*): Melibatkan peserta didik atau mahasiswa dalam metode ilmiah, seperti pengamatan, eksperimen, analisis data, dan perumusan kesimpulan, untuk memperoleh pengetahuan secara sistematis dan akurat.
- Fisika sebagai Sikap (*A Way of Thinking*): Membina sikap ilmiah seperti rasa ingin tahu, objektivitas, kreativitas, ketelitian, kejujuran, dan kemampuan bekerja sama.

2.1.1. Pengembangan Keterampilan Abad ke-21 (4C)

Pembelajaran fisika modern berpusat pada mahasiswa/ peserta didik (*student-centered*) dan bertujuan untuk mengembangkan keterampilan penting untuk masa kini:

- Berpikir Kritis (*Critical Thinking*): Menganalisis fenomena alam, mengevaluasi data eksperimen, dan memecahkan masalah fisika yang kompleks.
- Kreativitas (*Creativity*): Merancang eksperimen, mengembangkan model, dan menemukan solusi inovatif untuk tantangan fisika.
- Kolaborasi (*Collaboration*): Bekerja dalam tim untuk melakukan proyek atau eksperimen, mendiskusikan gagasan, dan mendengarkan pendapat orang lain.
- Komunikasi (*Communication*): Mengartikulasikan konsep fisika secara jelas, baik secara lisan maupun tulisan, dan mempresentasikan hasil penelitian.

2.1.2. Pemanfaatan Teknologi dan Informasi

- Teknologi memainkan peran krusial dalam pembelajaran fisika modern, bukan hanya sebagai alat bantu, tetapi sebagai bagian integral dari proses belajar:
- Akses Informasi: Memudahkan akses ke berbagai sumber belajar online, jurnal ilmiah, dan data penelitian terkini.
- Interaktivitas: Penggunaan perangkat lunak edukasi, simulasi virtual, dan aplikasi pembelajaran untuk memvisualisasikan konsep fisika yang abstrak (misalnya, mekanika kuantum).
- Eksperimen Digital: Pemanfaatan sensor dan alat pengukur berbasis komputer untuk pengumpulan data yang lebih akurat dan efisien.
- Fleksibilitas: Memungkinkan pembelajaran campuran (*blended learning*) atau pembelajaran jarak jauh, mengintegrasikan pembelajaran tatap muka dengan pembelajaran online.

2.1.3. Relevansi dengan Dunia Nyata dan Industri

Pembelajaran fisika modern menekankan hubungan antara teori fisika dengan aplikasi nyata dalam kehidupan sehari-hari dan industri:

- Konteks Aplikasi: Menghubungkan konsep fisika dengan teknologi modern seperti GPS, teknologi komunikasi seluler, dan pencitraan medis.
- Kesiapan Karir: Mempersiapkan mahasiswa untuk peran di industri modern yang membutuhkan pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip fisika dan kemampuan pemecahan masalah.

Secara singkat, hakikat pembelajaran fisika di era modern adalah mempersiapkan peserta didik atau mahasiswa menjadi individu yang tidak hanya menguasai pengetahuan fisika, tetapi juga terampil dalam berpikir kritis, kreatif, berkolaborasi, dan mampu

memanfaatkan teknologi untuk menyelesaikan tantangan di dunia yang terus berkembang.

B. Tantangan Pembelajaran Konsep Abstrak

Pembelajaran abstrak adalah proses memahami konsep-konsep yang tidak dapat diamati secara langsung melalui panca indra, seperti cinta, demokrasi, atau teori ilmiah. Karakteristik pembelajaran abstrak :

- Tidak berwujud fisik: Konsep-konsep seperti "rasa sakit" atau "kesuksesan" tidak dapat dilihat atau disentuh secara langsung, melainkan dipahami maknanya melalui interpretasi peristiwa.
- Melibatkan penalaran: Membutuhkan kemampuan berpikir logis dan rasional untuk memahami hubungan antara ide-ide yang tidak saling terkait secara langsung.
- Fokus pada pemahaman makna: Melampaui hafalan fakta untuk memahami makna dan prinsip di balik sebuah konten.
- Mendorong inovasi: Memungkinkan generasi ide-ide baru, menghubungkan konsep-konsep yang tidak terkait, dan menemukan solusi yang unik.
- Berguna untuk pemecahan masalah tingkat lanjut: Keterampilan ini krusial untuk melakukan terobosan baru dalam bidang sains dan teknologi yang membutuhkan perspektif baru.

Tantangan pembelajaran konsep abstrak meliputi kesulitan mahasiswa memahami ide yang tidak dapat diamati langsung, seperti konsep sains (energi, gaya) dan IPS (demokrasi, keadilan sosial), serta kendala dari sisi dosen seperti metode pembelajaran konvensional, minimnya sumber belajar, dan keterbatasan sumber daya sekolah.

Tantangan dari sisi mahasiswa / peserta didik:

- Ketidak mampuan menghubungkan dengan dunia nyata: mahasiswa kesulitan mengaitkan konsep abstrak dengan pengalaman sehari-hari karena konsep tersebut tidak bisa diamati secara langsung.
- Perbedaan kemampuan individu: Setiap mahasiswa memiliki latar belakang dan kemampuan berpikir yang berbeda, yang memengaruhi pemahaman mereka terhadap konsep abstrak.
- Kurangnya pengalaman eksploratif: Kurangnya kesempatan untuk eksplorasi langsung dalam pembelajaran membuat mahasiswa sulit memahami konsep-konsep yang tidak kasat mata.

Tantangan dari sisi dosen / pendidik dan lingkungan belajar

- Metode pembelajaran: Penggunaan metode ceramah konvensional yang tidak melibatkan interaksi aktif memperparah kesulitan mahasiswa memahami konsep abstrak.
- Keterbatasan sumber belajar: Kurangnya buku dan media interaktif yang sesuai menghambat proses pembelajaran.
- Keterbatasan sarana dan prasarana: Fasilitas yang tidak memadai di sekolah bisa menjadi kendala dalam menyediakan pembelajaran yang efektif.
- Kurangnya pemahaman dosen: dosen mungkin belum sepenuhnya memahami pendekatan baru seperti Kurikulum Merdeka yang menekankan pembelajaran kontekstual dan berbasis kompetensi.
- Keterbatasan profesionalisme dosen: dosen mungkin memiliki keterbatasan dalam hal pengembangan profesionalisme dan strategi mengajar.

Contoh konsep abstrak yang sering menjadi tantangan

- Sains: Konsep seperti energi, gaya, dan perubahan materi.
- Ilmu Sosial (IPS): Konsep seperti demokrasi, keadilan sosial, dan keberagaman budaya.
- Ekonomi: Konsep seperti konsumsi, distribusi, dan produksi

Strategi Mengatasi Tantangan

Untuk mengatasi tantangan ini, beberapa strategi efektif dapat diterapkan:

- Menggunakan Media dan Alat Peraga Konkret: Menggunakan benda nyata, model, atau alat peraga sederhana dapat membantu mahasiswa memvisualisasikan konsep abstrak pada tahap awal pembelajaran.
- Penerapan Pembelajaran Kontekstual: Menghubungkan konsep abstrak dengan kejadian atau pengalaman nyata dalam kehidupan sehari-hari mahasiswa dapat membuatnya lebih relevan dan mudah dipahami.
- Memanfaatkan Teknologi: Penggunaan video pembelajaran, aplikasi interaktif, atau platform digital dapat membantu memvisualisasikan konsep yang sulit diilustrasikan secara fisik.
- Mengaktifkan Diskusi Kelompok: Diskusi kelompok memungkinkan mahasiswa untuk bertukar pendapat, melihat konsep dari berbagai sudut pandang, dan membangun pemahaman secara kolaboratif.
- Menerapkan Metode Pembelajaran Inovatif: Menggunakan pendekatan pembelajaran berbasis proyek atau studi kasus dapat mendorong mahasiswa untuk mengeksplorasi dan menganalisis konsep secara mendalam.
- Memberikan Dukungan dan Motivasi: dosen perlu memberikan perhatian individual, memberikan umpan balik yang konstruktif,

serta memberikan motivasi dan penghargaan untuk meningkatkan minat dan kepercayaan diri mahasiswa dalam belajar

C. Urgensi Manajemen Pembelajaran Dalam Mata Kuliah Fisika

Manajemen pembelajaran dalam mata kuliah fisika sangat urgen karena mata pelajaran ini melibatkan konsep-konsep yang kompleks dan membutuhkan pemahaman teoritis serta praktis yang mendalam. Manajemen pembelajaran yang efektif, sering kali didukung oleh Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS), membantu menjembatani pengetahuan yang sudah dimiliki mahasiswa dengan pengetahuan baru, memastikan proses belajar mengajar berjalan terstruktur, efektif, dan efisien. Urgensi manajemen pembelajaran dalam mata kuliah fisika terletak pada pentingnya merencanakan, mengorganisir, mengarahkan, dan mengevaluasi proses belajar mengajar fisika secara efektif untuk mencapai tujuan pembelajaran, seperti mengembangkan sikap ilmiah dan kemampuan berpikir sistematis siswa. Manajemen yang baik akan mengoptimalkan sumber daya, menciptakan lingkungan belajar yang kondusif, dan membantu mahasiswa memahami konsep fisika secara mendalam.

1. Perencanaan yang Efektif

- Manajemen pembelajaran yang baik akan membantu perumusan tujuan pembelajaran fisika yang jelas dan strategi pencapaiannya.
- Ini mencakup penyusunan kurikulum yang relevan, pemilihan metode dan media pembelajaran yang sesuai, serta penentuan alokasi sumber daya.

2. Pengorganisasian yang Terstruktur

- Fisika memerlukan pengaturan yang terstruktur untuk menggabungkan teori, praktik (eksperimen), dan pemecahan masalah.

- Manajemen pembelajaran memastikan bahwa semua elemen ini terintegrasi dengan baik dalam alur pembelajaran yang logis.

3. Pengarahan dan Kontrol yang Tepat

- Memberikan bimbingan yang efektif agar mahasiswa tidak "tersesat" dalam memahami konsep-konsep fisika yang kompleks.
- Mengelola aktivitas kelas untuk menjaga fokus mahasiswa dan memastikan proses pembelajaran berjalan sesuai rencana.

4. Evaluasi Berkelanjutan

- Menilai pencapaian mahasiswa secara objektif untuk mengukur pemahaman konsep fisika dan kemahiran berpikir mereka.
- Memberikan umpan balik yang konstruktif untuk perbaikan proses pembelajaran di masa mendatang.

5. Pemanfaatan Sumber Daya dan Teknologi

- Mengoptimalkan penggunaan laboratorium, alat bantu, dan sumber daya digital untuk mendukung pembelajaran fisika.
- Menggunakan Sistem Manajemen Pembelajaran (LMS) yang sesuai untuk mengelola konten kursus *e-learning*.

6. Pengembangan Keterampilan mahasiswa

- Manajemen yang baik berkontribusi pada peningkatan kemampuan berpikir mahasiswa, tidak hanya secara kognitif dan psikomotorik, tetapi juga secara sistematis dan kreatif.
- Membantu mahasiswa mengembangkan sikap ilmiah dan metode ilmiah dalam memperoleh pengetahuan fisika

D. Posisi Mata Kuliah *Teori Medan Elektromagnet* Dalam Kurikulum

Teori Medan Elektromagnetik memberikan pemahaman mendalam tentang prinsip-prinsip dasar yang mengatur hampir semua teknologi modern yang berhubungan dengan listrik dan elektronika. Tanpa pemahaman ini, mahasiswa hanya akan memahami fenomena listrik pada level sirkuit sederhana (frekuensi rendah), sementara TME menjembatani pemahaman ke fenomena gelombang dan frekuensi tinggi, yang dijelaskan melalui Persamaan Maxwell. Topik yang umumnya dicakup dalam mata kuliah Teori Medan Elektromagnetik meliputi:

- Analisis Vektor: Penggunaan operator diferensial (gradien, divergensi, curl) dan integral dalam koordinat yang berbeda (Kartesian, silinder, bola).
- Divergensi dan teorema divergensi: Teorema divergensi menghubungkan integral fluks medan vektor melalui permukaan tertutup dengan integral volume dari divergensi medan tersebut di dalam ruang yang dilingkupi oleh permukaan itu.
- Fluks Listrik Dan Hukum Gauss : ukuran medan listrik yang menembus suatu permukaan, sementara Hukum Gauss menyatakan bahwa fluks listrik total melalui permukaan tertutup berbanding lurus dengan muatan total di dalam permukaan tersebut
- Energi Potensial Listrik: energi yang tersimpan dalam suatu muatan listrik karena posisinya di dalam medan Listrik.
- Hukum Ampere Dan Medan Magnet: Hukum Ampere menjelaskan hubungan antara induksi magnetik dan kuat arus listrik di mana medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik sebanding dengan kuat arus yang dilingkupinya.

- Induktansi Dan Rangkaian Magnetik: sifat rangkaian yang menghasilkan tegangan akibat perubahan arus, sementara rangkaian magnetik adalah sistem yang menggunakan medan magnet untuk berbagai aplikasi.
- Kapasitansi Dan Bahan Dielektrik: kemampuan sistem untuk menyimpan muatan listrik, sedangkan bahan dielektrik adalah isolator yang disisipkan di antara pelat konduktor kapasitor untuk meningkatkan kapasitansi dan mencegah kontak langsung. Bahan dielektrik bekerja dengan cara membuat medan listrik yang berlawanan dengan medan listrik kapasitor, sehingga menurunkan beda potensial dan meningkatkan nilai kapasitansi ($C=Q/V$)
- Gaya Gerak Listrik: ketika terjadi perubahan fluks magnetik yang melintasi sebuah kumparan. Besarnya GGL induksi dipengaruhi oleh jumlah lilitan, kekuatan medan magnet, luas kumparan, dan kecepatan perubahan fluks magnetik.
- Persamaan Poisson dan Laplace: mempelajari bentuk – bentuk eksplisit poisson dan laplace dan teorema keunikan.

EVALUASI

Selesaikan soal-soal dibawah ini :

1. Jelaskan hakikat pembelajaran fisika di era modern dan perbedaannya dengan pembelajaran fisika konvensional.
2. Analisis bagaimana perkembangan teknologi digital dan pendekatan interdisipliner memengaruhi cara fisika dipelajari dan diajarkan di perguruan tinggi.
3. Evaluasi peran dosen fisika dalam pembelajaran era modern, khususnya dalam membangun kemampuan berpikir tingkat tinggi mahasiswa.

4. Uraikan karakteristik konsep abstrak dalam fisika dan berikan dua contoh konsep abstrak yang sering menimbulkan kesulitan belajar bagi mahasiswa.
5. Analisis faktor-faktor yang menyebabkan mahasiswa mengalami miskonsepsi dalam mempelajari konsep abstrak fisika, khususnya pada materi medan elektromagnet.
6. Nilailah efektivitas penggunaan visualisasi, simulasi, atau analogi fisis dalam membantu mahasiswa memahami konsep abstrak fisika.
7. Jelaskan pengertian manajemen pembelajaran dan urgensinya dalam mata kuliah fisika di perguruan tinggi.
8. Analisis keterkaitan antara perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran dengan pencapaian capaian pembelajaran mata kuliah fisika.
9. Evaluasi dampak penerapan manajemen pembelajaran yang tidak terstruktur terhadap pemahaman konsep dan hasil belajar mahasiswa fisika.
10. Jelaskan posisi dan peran mata kuliah Teori Medan Elektromagnet dalam struktur kurikulum program studi pendidikan fisika atau fisika murni.
11. Analisis hubungan mata kuliah Teori Medan Elektromagnet dengan mata kuliah prasyarat dan mata kuliah lanjutan dalam kurikulum fisika.
12. Berikan argumentasi akademik mengenai pentingnya Teori Medan Elektromagnet sebagai fondasi penguasaan konsep fisika modern dan aplikasinya dalam teknologi.

====Selamat Mengerjakan====

BAB 2

KONSEP DASAR MANAJEMEN PEMBELAJARAN



Manajemen pembelajaran adalah proses mengelola sumber daya secara efektif dan efisien untuk mencapai tujuan pendidikan, yang meliputi kegiatan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan evaluasi. Konsep dasarnya mencakup penetapan tujuan, pengembangan strategi, pengelolaan sumber daya (kurikulum, dosen, fasilitas), dan pemantauan kinerja untuk memastikan proses belajar mengajar berjalan optimal.

Dalam era digital dan globalisasi, peran manajemen pembelajaran semakin kompleks. Dosen diharapkan tidak hanya menjadi penyampai pengetahuan, melainkan juga perancang dan pengelola pengalaman belajar yang menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kolaboratif, dan adaptif. Oleh karena itu, pemahaman terhadap konsep dan penerapan manajemen pembelajaran menjadi kompetensi utama bagi calon pendidik dan praktisi akademik.

Konsep dasar manajemen pembelajaran adalah pengelolaan komprehensif yang mencakup perencanaan, pengorganisasian, pengarahan, dan evaluasi kegiatan belajar-mengajar untuk mencapai tujuan pendidikan. Tujuannya adalah menciptakan proses pembelajaran yang efektif, efisien, dan akuntabel dengan mengikutsertakan berbagai faktor yang relevan, serta fokus pada peserta didik dan tujuan pembelajaran secara keseluruhan.

A. Pengertian dan Prinsip Manajemen Pembelajaran

1. Pengertian Manajemen Pembelajaran

Pengertian manajemen pembelajaran berasal dari dua kata, yaitu manajemen dan pembelajaran. Kata manajemen berasal dari bahasa latin, yaitu dari asal *manus* yang berarti tangan dan *agere* yang berarti melakukan. *Managere* diterjemahkan ke dalam bahasa Inggris dalam bentuk kata kerja to manage, dengan kata benda management diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia menjadi manajemen atau pengelolaan. Manajemen merupakan kemampuan mengatur dan meraih target yang direncanakan dengan memberdayakan anggota dan fasilitas- fasilitas yang tersedia untuk mencapai tujuan organisasi secara efektif dan efisien.

Menurut Terry (2019), manajemen adalah suatu proses yang khas, yang terdiri atas tindakan-tindakan perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, dan pengawasan untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan. Dalam konteks pendidikan, manajemen pembelajaran merupakan penerapan prinsip-prinsip manajemen dalam kegiatan pembelajaran. Manajemen pembelajaran adalah upaya dan kegiatan untuk Menyusun serangkaian program pembelajaran yang dirancang untuk mengembangkan kemampuan mahasiswa sesuai dengan tujuan organisasi atau sekolah. Manajemen pembelajaran merupakan rangkaian kegiatan yang dimulai dari perencanaan, pengorganisasi, pelaksanaan pembelajaran dengan tujuan mencapai hasil belajar yang efektif.

Sagala (2013) mendefinisikan manajemen pembelajaran sebagai upaya sistematis dalam mengelola kegiatan belajar mengajar agar tercapai efektivitas dan efisiensi pembelajaran. Sedangkan Uno (2016) menjelaskan bahwa manajemen pembelajaran mencakup pengelolaan peserta didik, materi, media, metode, serta lingkungan belajar agar proses pembelajaran berjalan sesuai dengan tujuan pendidikan. Dengan demikian, manajemen pembelajaran dapat

dipahami sebagai proses pengelolaan seluruh komponen pembelajaran secara terpadu untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna bagi mahasiswa.

Manajemen pembelajaran adalah proses interaksi antara dosen dengan mahasiswa, mahasiswa antara mahasiswa dengan sumber belajar yang dikelola dengan perencanaan, pengorganisasian, penggerakan, pengendalian, pengarahan, pengawasan dan evaluasi secara sistematis guna mencapai tujuan pembelajaran secara efektif dan efisien. Manajemen pembelajaran merupakan kegiatan mengelola proses pembelajaran, sehingga manajemen pembelajaran merupakan salah satu bagian dari serangkaian kegiatan dalam manajemen Pendidikan. Dalam manajemen pembelajaran, yang bertindak sebagai manajer adalah dosen. Sehingga dengan demikian, dosen memiliki wewenang dan tanggung jawab untuk melakukan beberapa Langkah kegiatan manajemen yang meliputi merencanakan pembelajaran, mengorganisasikan pembelajaran, mengendalikan (mengarahkan) serta mengevaluasi pembelajaran yang dilakukan.

2. Prinsip-Prinsip Manajemen Pembelajaran

Setiap dosen yang baik dan profesional harus memiliki prinsip dalam mengelola pembelajaran. Hal ini dijadikan pijakan dalam mengimplikasikan kegiatan belajar mengajar secara efektif, efisien dan akuntabel. Diantara prinsip-prinsip yang dimaksud meliputi:

1. Perhatian, Proses pembelajaran hendaknya tidak mengabaikan masalah perhatian mahasiswa. Dosen wajib untuk bisa menarik dan mengambil hati mahasiswa agar dapat berkonsentrasi dan tertarik pada materi pelajaran yang sedang diajarkan, serta dosen juga harus berpenampilan yang baik dan bersikap menyenangkan sebagai teladan.

2. Motivasi, mahasiswa memerlukan motivasi intrinsik dan ekstrinsik. Motivasi intrinsik diperlukan oleh peserta didik karena kegiatan belajar mengajar kurang efektif tanpa kesiapan aspek fisiologis dan biologis. Motivasi ekstrinsik berasal dari luar/dosen. Jika perhatian mahasiswa sudah fokus maka dosen dapat memotivasi mahasiswa, menumbuhkan dan menguatkan motivasi peserta didik sepanjang kegiatan belajar mengajar berlangsung.
3. Keaktifan mahasiswa, Kegiatan pembelajaran bermakna jika mahasiswa proaktif dalam kegiatan belajar mengajar. Sebagai subjek mahasiswa tidak hanya menerima materi pembelajaran, akan tetapi mahasiswa proaktif beraktivitas. Dalam hal ini dosen sedapat mungkin merekayasa situasi dan kondisi yang memberikan stimulus aktivitas mahasiswa yang kreatif.
4. Keterlibatan langsung, Penting untuk dipahami oleh dosen bahwa mahasiswa harus terjun dan terlibat langsung dalam kegiatan pembelajaran. Oleh karena itu, dosen perlu merekayasa situasi dan kondisi yang sejalan dengan target pembelajaran.
5. Pengulangan belajar, Pengulangan diterapkan untuk memberikan pemantapan terhadap mahasiswa agar materi yang dipelajari tetap ingat. Dengan demikian dosen hendaknya menyediakan waktu khusus bagi mahasiswa untuk penguatan belajar baik teori maupun praktik.

B. Fungsi Manajemen Pembelajaran (Perencanaan, Pengorganisasian, Pelaksanaan, Evaluasi, Tindak Lanjut)

Fungsi manajemen pembelajaran pada dasarnya mengadaptasi fungsi manajemen klasik yang dikemukakan oleh Henri Fayol dan dikembangkan oleh Terry (2012). Dalam mengelola pembelajaran dosen melakukan langkah kegiatan pembelajaran antara lain:

1. Perencanaan Pembelajaran

Perencanaan adalah menentukan apa yang akan dilakukan. Perencanaan mengandung rangkaian-rangkaian putusan yang luas dan penjelasan-penjelasan dari tujuan, penentuan kebijakan, penentuan program, penentuan metode-metode dan prosedur tertentu dan penentu jadwal sehari-hari. Perencanaan berarti langkah-langkah penyelesaian suatu masalah atau pelaksanaan yang terarah pada pencapaian tujuan tertentu. Menurut Hamzah B. Uno mendefinisikan perencanaan sebagai hubungan yang ada sekarang (*what is*) dengan bagaimana seharusnya (*what should be*) yang bertalian dengan kebutuhan, penentuan tujuan, prioritas program dan alokasi sumber.

Dalam konteks pembelajaran, perencanaan merupakan suatu hal yang penting bagi dosen dalam menjalankan tugasnya. Perencanaan pembelajaran adalah proyeksi tentang sesuatu yang akan dilakukan oleh dosen dalam proses belajar mengajar. Pembelajaran akan lebih optimal jika dosen terlebih dahulu menyiapkan perencanaan pembelajaran. Perencanaan pembelajaran perlu dilakukan oleh dosen untuk mengkoordinasikan komponen-komponen pembelajaran.

2. Pengorganisasian Pembelajaran

Pengorganisasian dalam manajemen pembelajaran menempati posisi yang strategis karena menjadi kompleks dosen dalam memenuhi tugas profesionalnya. Kegiatan pengorganisasian pembelajaran dimaksudkan untuk menentukan tugas pokok dan fungsi masing-masing sesuai prinsip organisasi, dengan mendelegasikan setiap personil sekolah sesuai dengan kompetensi, mata pelajaran, wewenang, dan tanggung jawabnya masing-masing. Pengorganisasian pembelajaran menjadi tolak ukur kegiatan pembelajaran agar arah dan penanggung jawabnya jelas.

3. Pelaksanaan Pembelajaran

Pelaksanaan (*actuating*) merupakan fungsi manajemen yang paling utama. Dalam fungsi perencanaan dan pengorganisasian lebih banyak berhubungan dengan aspek-aspek abstrak proses manajemen, sedangkan fungsi *actuating* justru lebih menekankan pada kegiatan yang berhubungan langsung dengan orang-orang dalam organisasi.

Pelaksanaan proses pembelajaran merupakan pelaksanaan strategi-strategi yang telah dirancang untuk mencapai tujuan pembelajaran. Pelaksanaan pembelajaran adalah interaksi dosen dan mahasiswa dalam menyampaikan bahan atau materi pelajaran kepada mahasiswa untuk mencapai tujuan.

4. Evaluasi Pembelajaran

Istilah evaluasi berasal dari bahasa Inggris yaitu *evaluation*. Menurut Wand dan Gerald W. Brown evaluasi adalah suatu Tindakan atau suatu proses untuk menentukan nilai dari sesuatu. Evaluasi sebagai alat penilai hasil pencapaian tujuan dalam pengajaran yang harus dilakukan secara terus menerus. Evaluasi bukan hanya sebagai penentu angka keberhasilan belajar, namun juga sebagai *feed back* atau umpan balik dari pembelajaran.

Evaluasi mencakup evaluasi hasil belajar dan evaluasi pembelajaran. Evaluasi hasil belajar menekankan pada diperolehnya informasi tentang seberapa jauh perolehan peserta didik dalam mencapai tujuan pengajaran yang ditetapkan. Sedangkan evaluasi pembelajaran merupakan proses sistematis untuk memperoleh informasi tentang keefektifan proses pembelajaran dalam membantu peserta didik mencapai tujuan pengajaran secara optimal.

C. Peran Dosen Sebagai Manajer Pembelajaran

Peran dosen sebagai manajer pembelajaran mencakup perencanaan, pengelolaan, pengawasan, dan evaluasi seluruh kegiatan pembelajaran untuk mencapai tujuan yang ditetapkan. Sebagai manajer, dosen mengelola sumber daya seperti materi dan waktu, memimpin mahasiswa, memecahkan masalah, dan memastikan proses pembelajaran berjalan efektif dan efisien. Peran-peran utama dosen adalah

- **Perencanaan Program Pembelajaran:** Dosen bertugas merancang strategi dan program perkuliahan secara sistematis, mencakup penetapan tujuan pembelajaran, pengembangan silabus, dan penentuan metode pengajaran yang sesuai dengan materi dan karakteristik mahasiswa.
- **Pengorganisasian Sumber Daya:** Dosen mengelola dan mengalokasikan berbagai sumber daya, termasuk waktu, materi ajar, fasilitas (seperti laboratorium), dan tugas-tugas mahasiswa secara efisien. Dosen juga memilih sumber informasi yang terpercaya, baik buku cetak maupun jurnal ilmiah, untuk digunakan dalam perkuliahan.
- **Memimpin dan Memotivasi:** Sebagai manajer, dosen memimpin proses belajar mengajar dengan menciptakan suasana kelas yang kondusif, dinamis, dan interaktif. Peran ini juga melibatkan fungsi sebagai motivator, inisiator, dan fasilitator untuk mendorong partisipasi aktif serta kemandirian mahasiswa. Dosen membantu mahasiswa mengenali potensi dan minat mereka secara mendalam.
- **Pengawasan dan Evaluasi:** Dosen mengawasi perkembangan mahasiswa dan mengevaluasi pencapaian mereka melalui berbagai metode, seperti ujian, tugas, dan proyek. Penilaian ini harus dilakukan secara adil, objektif, dan transparan. Hasil

evaluasi digunakan untuk memberikan umpan balik konstruktif dan perbaikan berkelanjutan dalam proses pembelajaran.

Mengapa Peran Manajerial Ini Penting?

- Pencapaian Tujuan: Manajemen pembelajaran yang baik memastikan semua komponen proses pendidikan selaras untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan secara efektif dan efisien.
- Pengembangan Potensi Mahasiswa: Dosen yang kompeten dalam manajemen pembelajaran dapat mengembangkan potensi mahasiswa secara holistik, meliputi aspek spiritual, intelektual, dan keterampilan.
- Peningkatan Kualitas Pendidikan: Peran manajerial yang efektif berkontribusi pada peningkatan mutu hasil belajar dan pengalaman pendidikan secara keseluruhan di perguruan tinggi.
- Penciptaan Lingkungan Positif: Manajemen kelas yang baik membantu menciptakan lingkungan belajar yang suportif dan disiplin positif, di mana mahasiswa merasa aman untuk bereksplorasi, melakukan kesalahan, dan menemukan solusi atas permasalahan mereka sendiri.
- Secara keseluruhan, peran dosen sebagai manajer pembelajaran sangat penting untuk memastikan proses pendidikan berjalan lancar, terstruktur, dan efektif, sehingga dapat menghasilkan lulusan yang kompeten dan berkarakter.

D. Karakteristik Pembelajaran Efektif di Pendidikan Tinggi

Karakteristik pembelajaran efektif di pendidikan tinggi meliputi interaktif, holistik, saintifik, dan kontekstual, di mana mahasiswa berperan aktif dalam membangun pengetahuan dan keterampilan mereka. Selain itu, pembelajaran ini harus terpusat pada mahasiswa, mendorong kolaborasi, kreativitas, dan kemampuan untuk bertanya,

serta memanfaatkan media dan metode yang beragam untuk mencapai hasil belajar yang optimal.

1. Pembelajaran berpusat pada mahasiswa

- Peran aktif: Mahasiswa tidak hanya menerima informasi tetapi secara aktif membangun pemahaman mereka melalui pengalaman nyata dan pemecahan masalah.
- Kemandirian: Diharapkan mahasiswa menjadi lebih mandiri dalam belajar, bertanggung jawab atas pembelajaran mereka sendiri, dan mengembangkan keterampilan metakognitif.

2. Metode dan media pembelajaran yang efektif

- Variatif: Menggunakan berbagai metode pembelajaran yang sesuai dengan karakteristik materi dan mahasiswa.
- Inovatif: Memanfaatkan teknologi informasi dan komunikasi (TIK) secara efektif untuk mendukung proses belajar.
- Berbasis riset: Mengintegrasikan riset sebagai salah satu strategi pembelajaran agar mahasiswa terlibat dalam proses penemuan.

3. Lingkungan belajar yang kondusif

- Interaktif: Mendorong interaksi dua arah yang bermakna antara dosen dan mahasiswa, serta antar mahasiswa.
- Kolaboratif: Menciptakan lingkungan di mana mahasiswa dapat belajar dan bekerja sama satu sama lain.
- Mendukung: Lingkungan belajar yang kondusif dapat membantu meningkatkan efektivitas pembelajaran secara keseluruhan.

4. Keterampilan yang dikembangkan

- Kemampuan bertanya: Mahasiswa didorong untuk bertanya dan menggali lebih dalam suatu masalah, bukan hanya menerima informasi yang diberikan.

- Berpikir kritis dan kreatif: Pembelajaran efektif menumbuhkan rasa ingin tahu, optimisme, dan kreativitas mahasiswa.
- Keterlibatan dan konsentrasi: Mahasiswa yang terlibat aktif dan fokus pada materi yang menarik minat mereka akan lebih mudah menyerap dan memahami pelajaran.

5. Penilaian yang holistik

- Pengalaman baru: Penilaian yang efektif tidak hanya mengukur ingatan, tetapi juga bagaimana mahasiswa dapat menerapkan pengetahuan yang diperoleh untuk menciptakan pengalaman baru dan mencapai kompetensi yang diinginkan.
- Refleksi: Mendorong refleksi diri terhadap kekuatan dan area yang perlu ditingkatkan dapat membantu mahasiswa dan dosen untuk terus memperbaiki proses pembelajaran.

Secara keseluruhan, pembelajaran efektif di pendidikan tinggi tidak hanya berfokus pada transfer pengetahuan, tetapi juga pada pengembangan keterampilan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan kemandirian belajar mahasiswa

EVALUASI

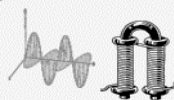
Selesaikan soal-soal dibawah ini :

1. Jelaskan pengertian manajemen pembelajaran dalam konteks perkuliahan Teori Medan Elektromagnet yang memiliki karakter konsep abstrak dan matematis.
2. Uraikan prinsip-prinsip manajemen pembelajaran yang perlu diterapkan agar mahasiswa mampu memahami konsep medan listrik dan medan magnet secara konseptual dan matematis.
3. Analisis bagaimana prinsip manajemen pembelajaran dapat mendukung pembelajaran medan elektromagnet yang berorientasi pada pemahaman fisis, bukan sekadar manipulasi matematis.

4. Jelaskan penerapan fungsi manajemen pembelajaran (perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, evaluasi, dan tindak lanjut) dalam perkuliahan Teori Medan Elektromagnet.
5. Analisis peran perencanaan pembelajaran dalam mengorganisasi materi Teori Medan Elektromagnet yang bersifat hierarkis (medan listrik → hukum Gauss → medan magnet → persamaan Maxwell).
6. Analisis bagaimana strategi pelaksanaan pembelajaran yang tepat dapat membantu mahasiswa memahami hubungan antara representasi matematis dan makna fisis medan elektromagnet.
7. Evaluasi efektivitas dalam mengukur kemampuan mahasiswa menginterpretasikan medan elektromagnet secara konseptual dan aplikatif, bukan hanya hasil perhitungan.
8. Nilai pentingnya tindak lanjut hasil evaluasi (remedial, pengayaan, refleksi) dalam mengatasi miskonsepsi mahasiswa pada konsep medan elektromagnet.
9. Dalam perkuliahan Teori Medan Elektromagnet, dosen berperan dominan sebagai penyampai materi. Mahasiswa jarang dilibatkan dalam diskusi, eksplorasi simulasi medan, atau pemecahan masalah kontekstual. Waktu perkuliahan habis untuk penurunan persamaan, sementara mahasiswa pasif dan bergantung pada catatan dosen, *Pertanyaan Dalam Studi Kasus*:
 - a) Analisis peran dosen sebagai manajer pembelajaran dalam kasus tersebut.
 - b) Identifikasi kompetensi manajerial dosen yang perlu diperkuat agar pembelajaran lebih efektif.
 - c) Evaluasi bagaimana perubahan peran dosen sebagai manajer pembelajaran dapat meningkatkan kemandirian dan pemahaman konseptual mahasiswa.

10. Sebagian mahasiswa menyatakan bahwa Teori Medan Elektromagnet merupakan mata kuliah yang “sulit dan abstrak”. Namun, pada satu pertemuan tertentu, dosen menggunakan simulasi visual medan listrik dan medan magnet serta diskusi berbasis masalah. Mahasiswa terlihat lebih aktif dan mampu menjelaskan hubungan antara persamaan Maxwell dan fenomena fisis secara lisan, Pertanyaan Dalam Studi Kasus:
- a) Identifikasi karakteristik pembelajaran efektif yang muncul pada pertemuan tersebut.
 - b) Analisis mengapa pendekatan tersebut lebih efektif dibandingkan metode ceramah murni dalam pembelajaran medan elektromagnet.
 - c) Berikan rekomendasi strategis agar karakteristik pembelajaran efektif tersebut dapat diterapkan secara konsisten sepanjang semester.

====Selamat Mengerjakan=====



A. Gambaran Umum Teori Medan Elektromagnet

Fisika sebagai ilmu dasar mempelajari fenomena alam yang melibatkan interaksi antara materi dan energi. Salah satu konsep paling mendasar dan luas penerapannya dalam kehidupan modern adalah teori medan elektromagnet. Sejarah Elektromagnetik Pengetahuan mengenai listrik dan magnet pada awalnya dibicarakan secara terpisah. Ilmu ini bermula dari pengamatan yang dilakukan oleh Thales yang merupakan filsuf pertama dari Miletos pada 600 tahun sebelum Masehi. Menurut sejarah, Thales adalah orang pertama yang menaruh perhatian pada sifat biji besi, dimana dia menemukan adanya batuan bermuatan, yang kemudian pada masa setelahnya sering disebut dalam beberapa tulisan kuno. Batuan bermuatan tersebut ternyata dapat menarik potongan jerami kecil.

Kemudian Pada tahun 1820, Hans Christian Oersted menemukan bahwa kawat yang dialiri arus listrik dapat menolak jarum kompas. Hal ini menunjukkan bahwa di sekitar kawat berarus timbul medan magnetik.

Selanjutnya, Michael Faraday pada tahun 1821, membuat suatu penemuan penting. Dua tahun sebelumnya Oersted telah menemukan bahwa jarum magnet kompas dapat menyimpang jika arus Listrik dialirkan dalam kawat yang letaknya tidak jauh. Berdasarkan penemuan Oersted, Michael Faraday menyimpulkan bahwa, jika magnet didekatkan, yang akan bergerak adalah kawat yang dialiri listrik. Bekerja atas dasar dugaan ini, Michael Faraday

berhasil membuat suatu skema yang jelas dimana kawat akan terus-menerus berputar berdekatan dengan magnet sepanjang arus listrik dialirkan ke kawat. Sesungguhnya penemuan ini Faraday merupakan motor Listrik pertama, suatu skema pertama penggunaan arus listrik untuk membuat sesuatu benda bergerak. Meskipun masih sangat primitif, penemuan Michael Faraday ini merupakan awal mula dari semua motor Listrik yang digunakan dunia saat ini.

Pada awalnya, fenomena listrik dan magnet dianggap terpisah. Listrik dipelajari melalui interaksi muatan, sedangkan magnet dianggap hanya berasal dari batu magnet alami. Pengetahuan tentang listrik dan magnetik sekarang ini dikenal dengan elektromagnetisme. Dimana setelah Faraday, banyak peneliti lain yang mengembangkan elektromagnetik. Beberapa orang yang diantaranya adalah James Clerk Maxwell (1831-1879), Oliver Heaviside (1850-1925), H. A. Lorentz (1853-1928), dan M. Heinrich Hertz (1857-1894).

Tahapan penting dalam sejarah teori medan elektromagnetik:

1. Pengamatan awal

- Pada tahun 600 SM, Thales dari Miletos mengamati fenomena listrik statis pada batu amber (listrik statis) dan juga sifat magnetik dari batu lodestone.
- Pada tahun 1820 Orsted menemukan bahwa arus listrik dapat memengaruhi jarum kompas, membuktikan bahwa listrik dan magnet saling berhubungan.

2. Penyatuan dan teori Maxwell

- Pada tahun 1864 James Clerk Maxwell berhasil menyatukan hukum-hukum yang sebelumnya terpisah menjadi satu teori tunggal. Ia memprediksi bahwa cahaya adalah bentuk dari gelombang elektromagnetik.
- Maxwell juga memprediksi keberadaan gelombang lain seperti gelombang radio dan mikro, yang kemudian terbukti benar.

3. Pembuktian eksperimental

- Pada tahun 1887 Heinrich Hertz secara eksperimental membuktikan prediksi Maxwell dengan mendeteksi gelombang radio yang dibuat dari arus listrik, sehingga mengonfirmasi keberadaan gelombang elektromagnetik.
- Eksperimen ini membuktikan bahwa perubahan medan listrik menghasilkan medan magnet, dan sebaliknya, memungkinkan propagasi gelombang elektromagnetik.

4. Pengembangan lebih lanjut

- Hendrik Antoon Lorentz mengembangkan teori medan elektromagnetik lebih lanjut dengan merumuskan gaya Lorentz, yang menjelaskan gaya yang dialami oleh muatan listrik saat berada dalam medan magnet.
- Di awal abad ke-20, Albert Einstein mengembangkan teori ini lebih jauh dengan menggabungkannya dengan relativitas khusus, yang menjelaskan bahwa medan listrik dan magnet adalah dua sisi dari fenomena yang sama.
- Nikola Tesla memainkan peran kunci dalam mengembangkan teknologi elektromagnetik, seperti motor induksi yang memanfaatkan medan magnet berputar.

B. Konsep Teori Medan Elektromagnet

1. Analisis Vektor

Materi ini akan membahas tentang pengertian, sifat, operasi dan manipulasi besaran fisik scalar dan vector. Pada pembahasan materi medan elektromagnetik berikutnya akan melibatkan perhitungan matematis yang melibatkan vector. Diharapkan dengan memahami vector akan memudahkan memahami gejala-gejala medan elektromagnetik dengan mudah.

1.1 Pengertian skalar dan vektor

Dalam mempelajari dasar-dasar fisika, terdapat beberapa macam kuantitas kelompok besaran yaitu Vektor dan Skalar. Skalar adalah besaran yang dicirikan sepenuhnya oleh besarnya (magnitude).

Contoh : massa, panjang, waktu, suhu, intensitas cahaya, energi, muatan listrik dsb.

Vektor adalah besaran yang dicirikan oleh besar (magnitude) dan arah

Contoh : berat, gaya, kecepatan, medan listrik, medan magnet, kuat medan listrik, percepatan gravitasi dsb.

Vektor satuan adalah : vektor tersebut dibagi dengan nilai absolutnya

$$a_A = \frac{A}{|A|} \text{ dimana : } |A| = \sqrt{A \cdot A} \quad (1.1)$$

Vektor yang dinyatakan dengan komponennya dalam ketiga sistem koordinat adalah

$$A = A_x a_x + A_y a_y + A_z a_z \quad (\text{untuk koordinat kartesian}) \quad (1.2)$$

$$A = A_r a_r + A_\phi a_\phi + A_z a_z \quad (\text{untuk koordinat silinder}) \quad (1.3)$$

$$A = A_r a_r + A_\theta a_\theta + A_\phi a_\phi \quad (\text{untuk koordinat bola}) \quad (1.4)$$

Dimana :

$A_x, A_y, A_z, \dots$ adalah komponen vektor.

$a_x, a_y, a_z, \dots$ adalah vektor satuan (atau vektor)

1.2 Aljabar Vektor

a. Penjumlahan dan pengurangan vektor

$$\begin{aligned} A \pm B &= (A_x a_x + A_y a_y + A_z a_z) \pm (B_x a_x + B_y a_y + B_z a_z) \\ &= (A_x \pm B_x) a_x + (A_y \pm B_y) a_y + (A_z \pm B_z) a_z \end{aligned} \quad (1.5)$$

b. Hasil kali titik dua vektor

$$A \bullet B = AB \cos \theta \quad (1.6)$$

dimana θ adalah sudut terkecil antara dua vektor.

$$A \bullet B = A_x B_x + A_y B_y + A_z B_z \quad (1.7)$$

$$A \bullet A = |A|^2 = A_x^2 + A_y^2 + A_z^2 \quad (1.8)$$

c. Perkalian silang

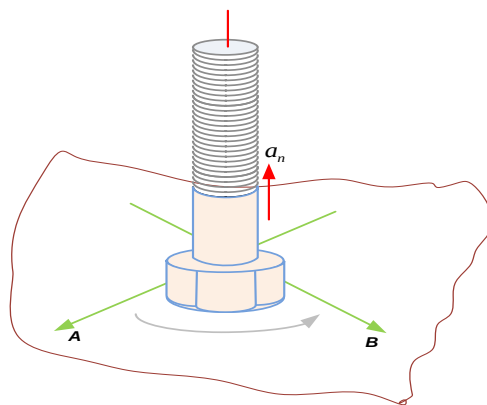
$$A \times B = (AB \cdot \sin \theta) a_n \quad (1.9)$$

Dengan operasi perkalian silang ini dalam bentuk komponen memberikan hasil

$$\begin{aligned} A \times B &= (A_x a_x + A_y a_y + A_z a_z) \times (B_x a_x + B_y a_y + B_z a_z) \\ &= (A_y B_z - A_z B_y) a_x + (A_z B_x - A_x B_z) a_y + (A_x B_y - A_y B_x) a_z \end{aligned} \quad (1.10)$$

Atau dapat juga dinyatakan dengan bentuk determinan

$$A \times B = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ A_x & A_y & A_z \\ B_x & B_y & B_z \end{vmatrix} \quad (1.11)$$



Gambar 1.1. Perkalian silang

1.3. Sistim Koordinat

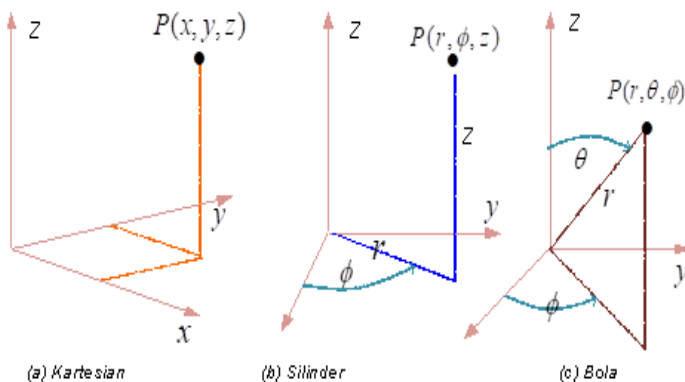
Terdapat tiga sistim koordinat untuk memetakan atau menggambarkan posisi sebuah objek atau koordinat sebuah benda, yaitu sistim koordinat kartesian, silinder dan bola. Titik P dinyatakan dalam tiga koordinat, $P(x, y, z)$ untuk koordinat kartesian, $P(r, \phi, z)$ untuk koordinat silinder dan $P(r, \theta, \phi)$ untuk koordinat bola yang ditunjukkan dalam Gambar 1.2.

Jika koordinat titik P dikembangkan pada $(x + dx, y + dy, z + dz)$ atau $(r + dr, \phi + d\phi, z + dz)$ atau $(r + dr, \theta + d\theta, \phi + d\phi)$ akan terjadi sebuah volume differensial dv dan differensial luas ds yang ditunjukkan dalam Gambar 1.3.

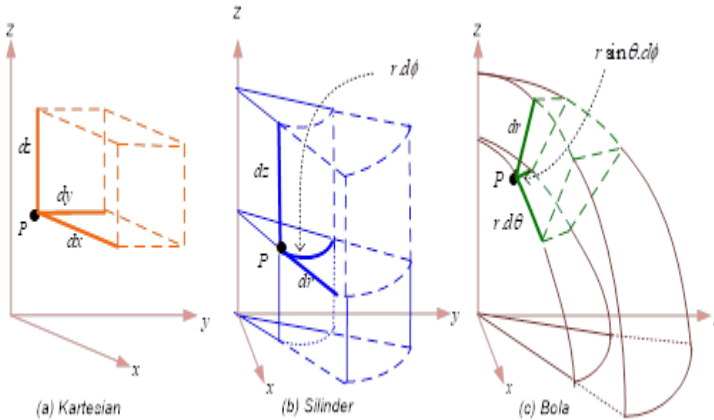
$$dv = (dx.dy.dz) \text{ koordinat kartesian} \quad (1.12)$$

$$dv = (rdr.d\phi.dz) \text{ koordinat silinder} \quad (1.13)$$

$$dv = (r^2 \sin \theta.dr.d\theta.d\phi) \text{ koordinat bola} \quad (1.14)$$



Gambar 1.2. Tiga sistim koordinat



Gambar 1.3. Differensial volume dan luas

Differensial luas untuk sistim koordinat silinder dalam arah a_r adalah $(ds)a_r = (r.d\phi.dz)a_r$ (1.15)

Untuk differensial luas yang lain yaitu dengan mengambil perkalian dua sisi yang dihadapi oleh setiap vektor normal terhadap bidang yang tegak lurus atau yang dihadapi oleh vektor tersebut.

Contoh 1

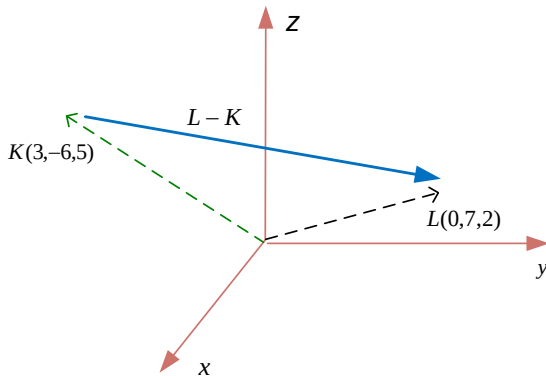
Tentukan vektor C yang didapat dari titik $K(3, -6, 5)$ ke $L(0, 7, 2)$ dalam sistim koordinat kartesian, dan tentukan pula vektor satuannya yang searah dengan C . Vektor jarak dari titik K ke titik L

$$R = (0 - 3)a_x + (7 - (-6))a_y + (2 - 5)a_z$$

Atau $R = -3a_x + 13a_y - 3a_z$

$$|R| = \sqrt{3^2 + 13^2 + 3^2} = 13.75$$

$$\text{Vektor satuan } a_R = \frac{-3a_x + 13a_y - 3a_z}{13.75}$$



Gambar 1.4. Penjumlahan dua vektor

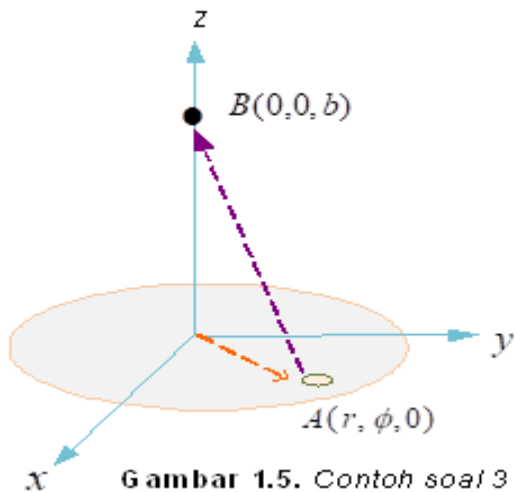
Contoh 2

Diketahui $A = 5a_x + 6a_z$ dan $B = 8a_x + 2a_z$, tentukan sudut terkecil dari hasil perkalian kedua vektor dengan perkalian: (a) titik dan (b) silang.

$$A \bullet B = |A||B| \cos \theta \quad \Rightarrow \quad \cos \theta = \frac{A \bullet B}{|A||B|} = \frac{(5)8}{\sqrt{55}(\sqrt{68})} = 1.78$$

$$(b) |A \times B| = |A||B| \sin \theta \quad \Rightarrow \quad \sin \theta = \frac{|A \times B|}{|A||B|}$$

$$|A \times B| = \begin{vmatrix} a_x & a_y & a_z \\ 5 & 0 & 6 \\ 8 & 2 & 0 \end{vmatrix} \begin{vmatrix} a_x & a_y \\ 5 & 0 \\ 8 & 2 \end{vmatrix} = 48a_y + 10a_z - 12a_x = -12a_x + 10a_y + 48a_z$$

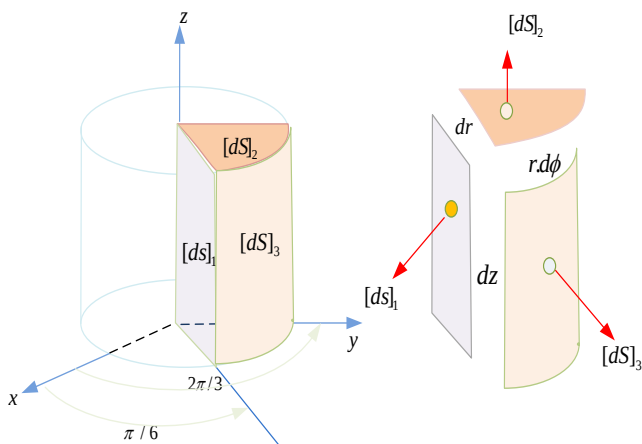


Gambar 1.5. Contoh soal 3

$$\sin \theta = \frac{\sqrt{12^2 + 10^2 + 48^2}}{\sqrt{55}\sqrt{68}} \quad \Rightarrow \quad \theta = \sin^{-1}$$

Contoh 3

Tentukan luas bidang yang dibatasi oleh permukaan lengkung $[dS]_3$ yang ditunjukkan oleh Gambar 1.6, jika jari-jari silinder 2 m dan tinggi 10 m.



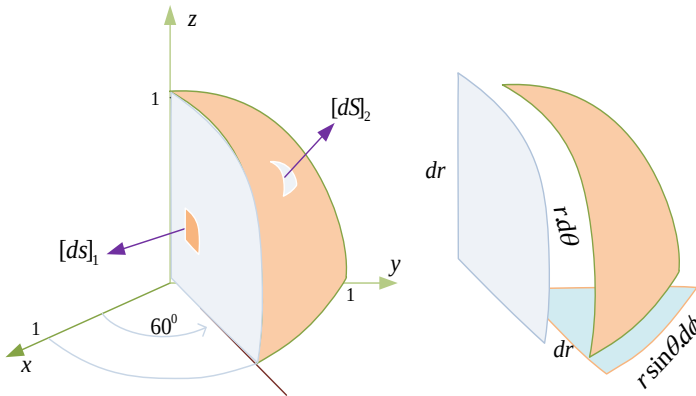
Gambar 1.6. Contoh soal 4

Luas bidang lengkung O

$$dS_3 = \int_{\pi/6}^{2\pi/3} \int_0^{10} r \cdot d\phi \cdot dz = r \left[\phi \right]_{\pi/6}^{2\pi/3} \left[z \right]_0^{10} = 2 \left(\frac{2\pi}{3} - \frac{\pi}{6} \right) (10 - 0) = \frac{40\pi}{3}$$

Contoh 4.

Hitunglah masing-masing elemen luas dS_1 dan dS_2 dari Gambar 1.7 untuk koordinat bola.



Gambar 1.7. Contoh soal 5

$$dS_1 = r d\theta \cdot dr$$

$$S_1 = \int_0^1 \int_0^\pi r \cdot dr \cdot d\theta = \frac{1}{2} r^2 \left|_0^1 \right|_0^\pi = \frac{1}{2} (1^2 - 0^2) (\pi - 0) = \frac{\pi}{2}$$

$$dS_2 = r d\theta \cdot r \sin \theta \cdot d\phi$$

$$S_2 = \int_0^{\pi/2} \int_{\pi/3}^\pi r^2 \sin \theta \cdot d\theta \cdot d\phi = r^2 \left|_0^1 \right|_0^\pi \left|_{\pi/3}^{\pi/2} \right|_0^{2\pi} = (1^2 - 0^2) (-\cos \theta) \left|_{\pi/3}^{\pi/2} \right|_0^{2\pi} = (1^2 - 0^2) (-\cos \pi + \cos 0) \left(\frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{3} \right)$$

$$S_2 = \frac{\pi}{3}$$

EVALUASI

Kerjakan Soal Dibawah Ini Dengan Teliti !

1. Tentukan posisi titik koordinat kartesius dari titik A (10; 53,13°; 5) dan posisi titik koordinat tabung dari titik B (-5, -5, 2).
2. Gunakan sistem koordinat bola untuk menentukan luas permukaan bola dengan batas $0 \leq \phi \leq \alpha$, dan jarak a meter. Berapakah hasilnya jika
 $\alpha = 2\pi$
3. Tentukan volume sebuah bola menggunakan sistem koordinat bola dengan batas $1 \leq r \leq 2$, $0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$, $0 \leq \phi \leq \frac{\pi}{2}$
4. Buktikan bahwa volume bola adalah $V = \frac{4}{3}\pi r^3$ dengan batas-batasnya adalah $0 \leq r \leq r$; $0 \leq \theta \leq \pi$; $0 \leq \phi \leq 2\pi$
5. Diketahui $A = 5a_x + 6a_z$ dan $B = 8a_x + 2a_z$ tentukan terkecil dari hasil perkalian kedua vektor dengan perkalian:
(a) titik
(b) silang

====Selamat Mengerjakan=====

2. Divergen dan Teorema Divergensi

Teorema Divergensi (atau Teorema Gauss) menghubungkan fluks medan vektor melalui permukaan tertutup dengan integral volume dari divergensi di dalam permukaan tersebut. Teorema ini sangat berguna dalam fisika dan teknik untuk menghitung fluks, menganalisis aliran panas, kekekalan massa, dan medan elektrostatis. Teorema Divergensi juga dikenal sebagai Teorema Gauss atau Teorema Ostrogradsky.

2.1. Divergensi dalam sistim koordinat

Divergensi dalam ketiga sistim koordinat dinyatakan sebagai:

$$\text{Div } \mathbf{A} = \frac{\partial A_x}{\partial x} + \frac{\partial A_y}{\partial y} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \quad (\text{koordinat kartesian}) \quad (2.1)$$

$$\text{Div } \mathbf{A} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (r \cdot A_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} + \frac{\partial A_z}{\partial z} \quad (\text{koordinat silinder}) \quad (2.2)$$

$$\text{Div } \mathbf{A} = \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 A_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (A_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial A_\phi}{\partial \phi} \quad (\text{koordinat bola}) \quad (2.3)$$

Catatan : $\nabla \bullet \mathbf{A}$ = divergensi $\mathbf{A}$

Divergensi untuk rapat fluks D dinyatakan sebagai :

$$\frac{\oint D \cdot d\mathbf{S}}{\Delta v} = \frac{Q}{\Delta v} = \rho \quad (C / m^3) \quad (2.4)$$

2.2. Teorema divergensi

Teorema Divergensi menghubungkan integral volume tiga dimensi dengan integral permukaan dua dimensi pada batas volume tersebut. Teorema ini menyatakan bahwa jumlah total aliran keluar dari medan vektor di seluruh permukaan tertutup adalah sama dengan

jumlah total divergensi medan di dalam volume yang dibatasi oleh permukaan tersebut.

$$\oint D \cdot dS = \int \rho \cdot dv = Q \quad (2.5)$$

Atau

$$\oint D \cdot dS = \int (\nabla \cdot D) dv \quad \rightarrow \quad \rho = \nabla \cdot D \quad (2.6)$$

Misalkan vektor $V(x, y, z)$ = terdefiniskan dan diferensiabel pada setiap titik (x, y, z) . Divergensi dari V atau $\text{div } V$, didefinisikan oleh:

$$\begin{aligned} \nabla \cdot \mathbf{V} &= \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot (V_1 \mathbf{i} + V_2 \mathbf{j} + V_3 \mathbf{k}) \\ &= \frac{\partial V_1}{\partial x} + \frac{\partial V_2}{\partial y} + \frac{\partial V_3}{\partial z} \end{aligned}$$

Sifat-sifat divergensi:

Misalkan $\mathbf{F}(x, y, z)$ dan $\mathbf{G}(x, y, z)$ adalah vektor-vektor yang kontinu dan diferensiabel terhadap x, y , dan z , $\phi(x, y, z)$ adalah fungsi skalar yang kontinu dan diferensiabel terhadap x, y , dan z , serta a dan b adalah bilangan real, maka berlaku

- i. $\nabla \cdot (a\mathbf{F} + b\mathbf{G}) = a\nabla \cdot \mathbf{F} + b\nabla \cdot \mathbf{G}$
- ii. $\nabla \cdot (\phi\mathbf{F}) = \phi(\nabla \cdot \mathbf{F}) + (\nabla\phi) \cdot \mathbf{F}$
- iii. $\nabla \cdot (\mathbf{F} \times \mathbf{G}) = (\nabla \times \mathbf{F}) \cdot \mathbf{G} - \mathbf{F} \cdot (\nabla \times \mathbf{G})$
- iv. $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{F}) = 0$

Bukti:

$$\begin{aligned}
 \text{i. } \nabla \cdot (a\mathbf{F} + b\mathbf{G}) &= \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot [(aF_1\mathbf{i} + aF_2\mathbf{j} + aF_3\mathbf{k}) + \\
 &\quad (bG_1\mathbf{i} + bG_2\mathbf{j} + bG_3\mathbf{k})] \\
 &= \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot (aF_1\mathbf{i} + aF_2\mathbf{j} + aF_3\mathbf{k}) \\
 &\quad + \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot (bG_1\mathbf{i} + bG_2\mathbf{j} + bG_3\mathbf{k}) \\
 &= \left[\frac{\partial(aF_1)}{\partial x} + \frac{\partial(aF_2)}{\partial y} + \frac{\partial(aF_3)}{\partial z} \right] \\
 &\quad + \left[\frac{\partial(bG_1)}{\partial x} + \frac{\partial(bG_2)}{\partial y} + \frac{\partial(bG_3)}{\partial z} \right] \\
 &= a \left(\frac{\partial F_1}{\partial x} + \frac{\partial F_2}{\partial y} + \frac{\partial F_3}{\partial z} \right) + b \left(\frac{\partial G_1}{\partial x} + \frac{\partial G_2}{\partial y} + \frac{\partial G_3}{\partial z} \right) \\
 &= a \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot (F_1\mathbf{i} + F_2\mathbf{j} + F_3\mathbf{k}) \\
 &\quad + b \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot (G_1\mathbf{i} + G_2\mathbf{j} + G_3\mathbf{k})
 \end{aligned}$$

$$\nabla \cdot (a\mathbf{F} + b\mathbf{G}) = a\nabla \cdot \mathbf{F} + b\nabla \cdot \mathbf{G}$$

Contoh soal 1

Diberikan $A = (x^3)_{ax} + (yz)_{ay} + (xyz)_{az}$, tentukan $\nabla \cdot A$

Penyelesaian :

$$\nabla \cdot A = \frac{\partial(x^3)}{\partial x} + \frac{\partial(yz)}{\partial y} + \frac{\partial(xyz)}{\partial z} = 3x^2 + z + xy$$

Contoh 2

Diberikan $D = (r \sin \phi)_{ar} + (4r \cos \phi)_{a\phi} + 6r.z^3$, carilah

$$\nabla \cdot D \quad \text{di}(2; \pi/2; 3)$$

Penyelesaian :

$$\nabla \cdot D = \frac{1}{r} \frac{\partial(r \sin \phi)}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial(4r \cos \phi)}{\partial \phi} + \frac{\partial(6r.z^3)}{\partial z} = \frac{\sin \phi}{r} + (-4 \sin \phi) + 6r(3z^2)$$

Contoh 3.

Diberikan bahwa $D = (50r^2)_{ar} + (2rz \sin \phi)_{az}$ dalam koordinat silinder, hitunglah muatan total dengan kedua ruas teorema divergensi yang dilingkupi oleh $r = 2\text{m}$, $z = 0$ dan $z = 4\text{m}$.

Penyelesaian :

$$\oint D \cdot dS = \oint D_r (dS)_{ar} + \oint D_z (dS)_{az} = \int_0^{2\pi} \int_0^4 (50r^2)(rd\phi \cdot dz) + \int_0^{2\pi} \int_0^2 (2rz \sin \phi)(rd\phi \cdot dr) \\ = 50r^3 \left|_0^2 (\phi) \right|_0^{2\pi} (z) \left|_0^4 + 2z \left|_0^2 \left(\frac{1}{3}r^3\right) \right|_0^2 (-\cos \phi) \right|_0^{2\pi}$$

$$= 50(2^3 - 0)[2\pi - 0](4 - 0) - 2(4 - 0)(1/3)(2^3 - 0)(\cos 2\pi - \cos 0) \\ = 3200\pi$$

$$\nabla \cdot D = \frac{1}{r} \frac{\partial(r)(50r^2)}{\partial r} + \frac{\partial(2rz \sin \phi)}{\partial \phi} = \frac{1}{r} 50(3r^2) + 2rz \cos \phi$$

$$\int (\nabla \cdot D) dv = \int_0^{2\pi} \int_0^4 \int_0^2 150r^2 (rdr \cdot d\phi \cdot dz) + \int_0^{2\pi} \int_0^2 \int_0^4 2rz \cos \phi (rdr \cdot d\phi \cdot dz)$$

$$= \frac{150}{3} r^3 \left|_0^2 (\phi) \right|_0^{2\pi} (z) \left|_0^4 + \frac{2}{3} r^3 \left|_0^2 (\sin \phi) \right|_0^{2\pi} (z) \right|_0^4 = 50(8)2\pi(4) + \frac{16}{3}(\sin 2\pi - \sin 0)4 \\ = 3200\pi$$

2.3 Teorema Divergensi Gauss

Seperti telah dijelaskan dalam pembuktian makna fisis divergensi bahwa divergensi adalah nilai kerapatan fluks, sekarang akan kita buktikan teorema divergensi gauss yang di definisikan :

$$\iiint_V \nabla \cdot \vec{A} \, dv = \oiint_S \vec{A} \cdot d\vec{s}$$

$\oiint_S \vec{A} \cdot d\vec{s}$ = Integral Permukaan Tertutup

$\iiint_V \nabla \cdot \vec{A} \, dv$ = Integral Volume

Misal S merupakan permukaan padat yang menutupi volume V. Maka integral permukaan dari lapangan vektor $F(x,y,z) = f(x,y,z)i + g(x,y,z)j + h(x,y,z)k$ atas permukaan S atau besarnya *fluks* dari F yang menembus permukaan S dapat diselesaikan menggunakan integral rangkap tiga, yaitu:

$$\oiint_S \vec{F} \cdot \vec{n} \, dA = \iiint_V \text{div } \vec{F} \, dV$$

Vektor normal n diambil yang mengarah keluar. Teorema di atas lebih dikenal dengan **Teorema Divergensi Gauss (Teorema Gauss)**.

Jika V adalah volume yang dibatasi oleh suatu permukaan tertutup S dan A sebuah fungsi vektor dengan turunan-turunan yang kontinu, maka:

$$\iiint_V \nabla \cdot \vec{A} \, dV = \iint_S \vec{A} \cdot \vec{n} \, dS = \oiint_S \vec{A} \cdot d\vec{S}$$

Dari rumus tersebut, integral permukaan dari sebuah vektor A yang mengelilingi sebuah permukaan tertutup sama dengan integral dari divergensi A dalam volume yang diselubungi oleh permukaan di atas. Jadi, dalam mencari integral permukaan dapat juga digunakan Teorema Gauss.

Contoh 1

Diketahui $\vec{A} = 5\sin\theta \hat{\theta} + 5\sin\phi \hat{\phi}$,

Tentukan $\nabla \cdot \vec{A}$ di $0.5; \frac{\pi}{4}; \frac{\pi}{4}$ = ?

Penyelesaian

$$\begin{aligned}\nabla \cdot \mathbf{A} &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \cdot A_r) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (A_\theta \sin \theta) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} (A_\varphi) \\ &= \frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} (r^2 \cdot 0) + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \theta} (\sin \theta) \cdot 5 \sin \theta \cdot \vec{A}_\theta + \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \varphi} (5 \sin \varphi A_\varphi)\end{aligned}$$

Contoh 2

Hitung $\iint_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} \, dA$ bila

$\mathbf{F}(x, y, z) = (2x - z)\mathbf{i} + x^2 y \mathbf{j} - xz^2 \mathbf{k}$ dan S merupakan daerah yang dibatasi oleh $x = 0$, $x = 1$, $y = 0$, $y = 1$, $z = 0$ dan $z = 1$

Jawab :

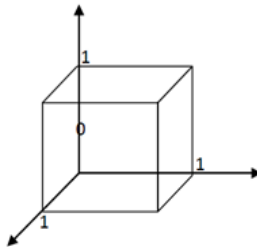
$$\text{div } \mathbf{F} = f_x + g_y + h_z = 2 + x^2 - 2xz, \quad S = \{(x, y, z) \mid 0 \leq x \leq 1, 0 \leq y \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$$

$$\iint_S \mathbf{F} \cdot \mathbf{n} \, dA = \iiint_S \text{div } \mathbf{F} \, dV = \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 (2 + x^2 - 2xz) \, dx \, dy \, dz = \frac{11}{6}$$

Contoh 3

Hitunglah $\iint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \, dS$ di mana $\mathbf{A} = (2x - z)\mathbf{i} + x^2 y \mathbf{j} - xz^2 \mathbf{k}$ dan S adalah permukaan kubus yang dibatasi oleh $x = 0$, $x = 1$, $y = 0$, $y = 1$, $z = 0$, $z = 1$.

Penyelesaian



$$\iint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \, dS = \iiint_V \nabla \cdot \mathbf{A} \, dV$$

Maka,

$$\begin{aligned} \iiint_V \nabla \cdot \mathbf{A} \, dV &= \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 \left(\frac{\partial}{\partial x} \mathbf{i} + \frac{\partial}{\partial y} \mathbf{j} + \frac{\partial}{\partial z} \mathbf{k} \right) \cdot [(2x - z)\mathbf{i} + x^2y\mathbf{j} - xz^2\mathbf{k}] \, dx \, dy \, dz \\ &= \int_0^1 \int_0^1 \int_0^1 (2 + x^2 - 2xz) \, dx \, dy \, dz \\ &= \int_0^1 \int_0^1 \left(2x + \frac{x^3}{3} - x^2z \right) \Big|_0^1 \, dy \, dz \\ &= \int_0^1 \int_0^1 \left(\frac{7}{3} - z \right) \, dy \, dz \\ &= \int_0^1 \left(\frac{7}{3}y - zy \right) \Big|_0^1 \, dz \\ &= \int_0^1 \left(\frac{7}{3} - z \right) \, dz \\ &= \left(\frac{7z}{3} - \frac{z^2}{2} \right) \Big|_0^1 = \frac{11}{6} \end{aligned}$$

Jadi $\iint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} \, dS = \iiint_V \nabla \cdot \mathbf{A} \, dV = \frac{11}{6}$

EVALUASI

Kerjakan Soal Dibawah Ini Dengan Teliti !

1. Diketahui $\mathbf{A} = (45x^3)_{ax} - (4xy \sin \phi)_{ay} + (60 \frac{x}{z})_{az}$, carilah $\nabla \cdot \mathbf{A}$ di $(2; -1; 4)$ m.
2. Diberikan $\mathbf{D} = (2r^2 \sin \phi)_{ar} + (50rz^{-4})_{az}$, tentukan rapat muatannya.
3. Diketahui $\mathbf{D} = (20 \sin \theta)_{ar} + (2 \cos \theta)_{a\theta}$, hitunglah muatan totalnya dengan kedua ruas teorema divergensi untuk volume dalam permukaan $r = 3$ m.

====Selamat Mengerjakan=====

3. FLUKS LISTRIK DAN HUKUM GAUSS

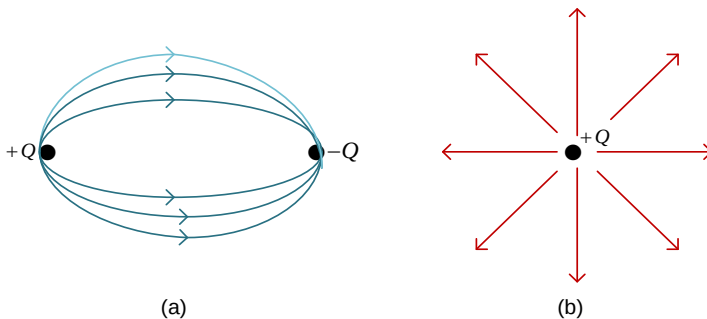
Fluks listrik mengukur seberapa banyak medan listrik yang mengalir melalui permukaan tertentu. Konsep ini dapat divisualisasikan sebagai banyaknya "garis gaya medan listrik" yang menembus suatu bidang. Fluks listrik yang dipancarkan dari suatu permukaan tertutup dengan luas permukaan tertentu adalah sama dengan muatan listrik yang tertentu adalah sama dengan muatan listrik yang dicakup oleh permukaan tertutup itu sehingga dicakup oleh permukaan tertutup itu sehingga satuan dari fluks listrik adalah sama dengan satuan muatan listrik. Fluks listrik dengan satuan muatan listrik. Fluks listrik yang dipancarkan yang dipancarkan dari suatu permukaan tertutup seluas S dari suatu permukaan tertutup seluas S dapat dihitung dengan menggunakan hukum Gauss. Dapat dihitung dengan menggunakan hukum Gauss.

Formula hukum Gauss ini dapat dikembangkan menjadi teorema divergensi yang mengubah bentuk integral permukaan tertutup menjadi integral volume. Dalam hal ini mengubah bentuk integral permukaan tertutup menjadi integral volume. Dalam hal ini diperlukan divergensi dari vector rapat fluks D yang ditampilkan dalam system koordinat diperlukan divergensi dari vector rapat fluks D yang ditampilkan dalam system koordinat kartesian, silinder, atau bola, sesuai dengan persoalan yang ditemukan di lapangan. Dari kartesian, silinder, atau bola, sesuai dengan persoalan yang ditemukan di lapangan. Dari teorema divergensi dapat diperoleh formula untuk mendapatkan muatan ruang didalam satu teorema divergensi dapat diperoleh formula untuk mendapatkan muatan ruang didalam satu kubus atau bola kubus atau bola.

3.1 Fluks Listrik

Fluks listrik sebesar q Coulomb dipancarkan dari suatu permukaan tertutup seluas S yang didalamnya mengandung muatan listrik sebesar q Coulomb. Besarnya fluks listrik (yang didalamnya mengandung muatan listrik sebesar q Coulomb. Besarnya fluks listrik (Φ) yang dipancarkan dari permukaan dipancarkan dari permukaan tertutup ini dijelaskan oleh hukum Gauss dijelaskan oleh hukum Gauss.

Fluks listrik (Φ) diawali dari muatan positif yang diakhiri pada muatan negatif. Jika tidak terdapat muatan negatif, fluks listrik menuju tak berhingga sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 2.1. Muatan satu coulomb menghasilkan fluks listrik satu coulomb.



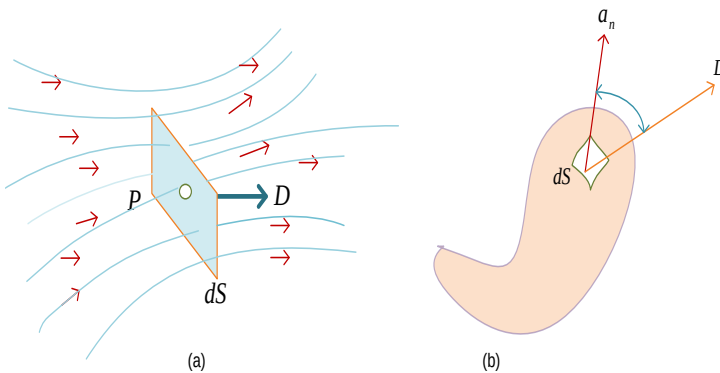
Gambar 2.1. *Garis fluks*

Kerapatan fluks D adalah vektor yang mengambil arah garis-garis fluks. Fluks $d\psi$ yang melalui elemen luas dS , arah normal, maka kerapatan fluks di titik P adalah

$$D = \frac{d\psi}{dS} \text{ an } (\text{C/m}^2) \dots\dots\dots(3.1)$$

Jika rapat fluks D menembus bidang dS yang membentuk sudut seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 2.2, maka fluks yang dihasilkan adalah:

$$\begin{aligned} d\psi &= D \cdot dS \cdot \cos \theta \\ &= D \cdot dS \cdot a_n \\ &= D \cdot dS \end{aligned}$$



Gambar 2.2. Fluks menembus bidang dS

Integral $d\psi$ melalui permukaan tertutup S menghasilkan muatan total yang dilingkupinya yang dikenal sebagai hukum Gauss, yaitu :

$$\oint D \cdot dS = Q \quad \text{.....} \quad (3.2)$$

Hubungan kerapatan fluks dengan kuat medan listrik dinyatakan sebagai

$$D = \epsilon_r \cdot \epsilon_o \cdot E \quad \text{.....} \quad (3.3)$$

Dimana : ϵ_r adalah permitivitas medium.

3.2 Hukum Gauss

Hukum Gauss adalah sebuah alternatif untuk menjelaskan bagaimana muatan listrik dan medan listrik berperilaku. Salah satu konsekuensi dari hukum ini adalah bahwa muatan statik pada konduktor terdapat pada permukaan konduktor itu, bukan di bagian dalamnya. Seringkali, ada dua cara, yaitu cara yang mudah dan cara yang sukar untuk melakukan sebuah pekerjaan; cara mudah itu melibatkan tak lebih daripada penggunaan alat-alat yang tepat. Dalam fisika, Hukum Gauss adalah bagian dari kunci penggunaan pertimbangan simetri untuk menyederhanakan perhitungan medan-listrik. Misalnya, medan distribusi muatan garis lurus atau distribusi muatan lembar bidang, dengan menggunakan beberapa integrasi yang sangat rumit, dapat diperoleh dalam beberapa baris dengan bantuan hukum Gauss.

Sebuah alat penting untuk menyederhanakan soal adalah penggunaan sifat-sifat simetri dari sistem. Banyak sistem fisika mempunyai simetri; contohnya, sebuah silinder tidak kelihatan berbeda setelah Anda merotasikannya mengelilingi sumbunya, dan sebuah bola logam bermuatan kelihatan sama saja setelah Anda memutarkannya terhadap sebarang sumbunya yang melalui pusatnya.

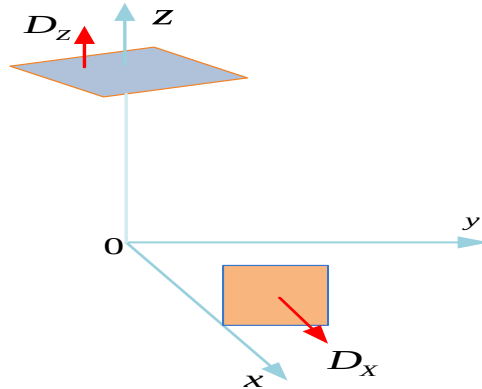
Contoh 1

Diberikan $D = (5x^2)a_x + (10z)a_z$ (C/m^2). Tentukan fluks ψ yang menembus permukaan luas $1m^2$ yang terletak di $x = 2m$ dan $z = 4m$.

Penyelesaian :

Dari persamaan (2.5) $d\psi = D \cdot dS$

Fluks total $\psi = D_x (dS)a_x + D_z (dS)a_z$



Gambar 2.3. Contoh soal 2.2

$$\psi_x = \int_0^1 \int_0^1 (5x^2) \cdot dydz = 5(2^2) \left[y \right]_0^1 \left[z \right]_0^1 = 20$$

$$\psi_z = \int_0^1 \int_0^1 (10z) \cdot dx dy = 10(4) \left[x \right]_0^1 \left[y \right]_0^1 = 40$$

$$\varphi_{\text{total}} = \psi_x + \psi_y = 60$$

Contoh 2 :

Diberikan rapat fluks $D = (2r \cos \phi)_{a\phi} - \left(\frac{\sin \phi}{3r} \right)_{az}$ (C/m²) dalam

koordinat silinder yang dibatasi oleh $r = 3\text{m}$, $z = 0$ dan $z = 5\text{m}$ dengan $0 \leq \phi \leq \pi/2$.

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} \psi &= \int D \cdot dS = \int D_{\phi} (dS)_{a\phi} + \int D_z (dS)_{az} \\ &= \int_0^3 \int_0^5 (2r \cos \phi) (dr \cdot dz) - \int_0^3 \int_0^{\pi/2} \left(\frac{\sin \phi}{3r} \right) (r d\phi \cdot dr) \end{aligned}$$

$$= 2 \cos \phi \left[\left(\frac{1}{2} \right) r^2 \right]_0^{\pi/2} \left[(z) \right]_0^3 - \left[\left(-\frac{\cos \phi}{3} \right) (r) \right]_0^{\pi/2} \left[(r) \right]_0^3$$

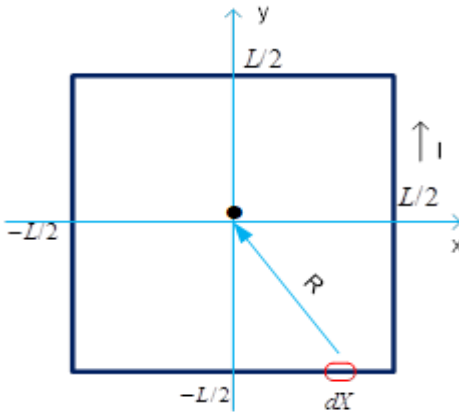
$$= 2 [\cos \pi/2 - \cos 0] (1/2) (3^2 - 0^2) (5 - 0) + (1/3) [\cos \pi/2 - \cos 0] (3 - 0)$$

$$\psi = 44$$

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

1. Sebuah rangkaian arus persegi 4 dalam koordinat kartesian ditunjukkan dalam Gambar 13. Tetapkan kuat medan H di titik pusat dengan persamaan Biot-Savart.



Gambar 13

2. Diberikan $D = (45.e^{-r/4})_{ar} - \left(2 \frac{z}{4} \right)_{az}$ (C/m^2) dalam

koordinat silinder. Tentukan fluks yang keluar dari silinder tegak yang dibatasi oleh $r = 8$ m, $z = 0$ dan $z = 20$ m.

3. Muatan titik $Q = 8\text{nC}$, terletak di titik asal sistim koordinat kartesian. Berapakah fluks yang menembus bidang yang dibatasi oleh $z = 2\text{ m}$ dengan $0 \leq x \leq 4\text{ m}$, dan $-4 \leq y \leq 4\text{ m}$.

====Selamat Mengerjakan====

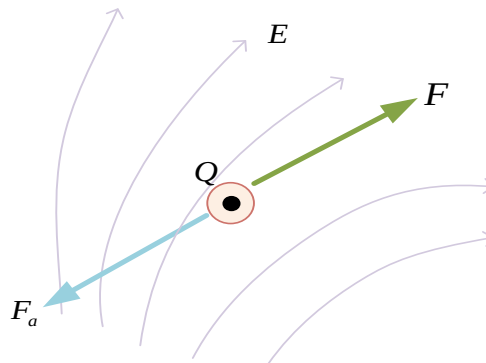
4. Energi Potensial Listrik

Energi potensial listrik, atau energi potensial elektrostatik, adalah energi potensial (diukur dalam joule) yang dihasilkan dari gaya-gaya Coulomb konservatif dan diasosiasikan dengan konfigurasi sejumlah muatan-muatan titik dalam sebuah sistem yang didefinisikan (Hopkin, 2018). Suatu *objek* dapat memiliki energi potensial listrik karena dua elemen utama: muatan listriknya sendiri dan posisi relatifnya terhadap *objek* bermuatan listrik lainnya (Kamali, 2016). Dalam medan listrik E suatu muatan titik Q mengalami gaya

$$F = QE \quad \dots\dots\dots (4.1)$$

Untuk mengimbangi gaya ini perlu diimbangi dengan gaya lain F_a dengan besar sama tapi arah berlawanan dengan gaya tadi

$$F_a = -QE \quad \dots\dots\dots (4.2)$$



Gambar 4.1. Gaya dalam medan magnet

Usaha didefinisikan sebagai gaya selama perpindahan.

$$dW = F_a d\lambda \cos \theta = F_a \cdot d\lambda$$

$$\Rightarrow \text{jika gaya } F_a \text{ membentuk sudut.} \quad (4.3)$$

Atau dinyatakan sebagai

$$dW = -QE.d\lambda \quad (4.4)$$

$$d\lambda = dx_{ax} + dy_{ay} + dz_{az} \text{ (koordinat kartesian)} \quad (4.5)$$

$$d\lambda = dr_{ar} + r d\phi_{a\phi} + dz_{az} \text{ (koordinat silinder)} \quad (4.6)$$

$$d\lambda = dr_{ar} + r d\theta_{a\theta} + r \sin \theta . d\phi_{a\phi} \text{ (koordinat bola)} \quad (4.7)$$

Contoh 1

Berapa usaha yang dilakukan untuk memindahkan muatan $5\mu C$ dari titik asal ke titik $(3m; \pi / 2; 6m)$ dalam koordinat silinder dalam medan listrik $E = (45r)_{ar} + (10 \sin \phi)_{a\phi}$

Penyelesaian :

$$\begin{aligned} dW &= -\int Q.E.d\lambda = -Q \int_0^3 (45r) dr - Q \int_0^{\pi/2} (10 \sin \phi) r d\phi = -Q 45 \frac{1}{2} r^2 \Big|_0^3 - Q 10 (-\cos \phi) \Big|_0^{\pi/2} \\ &= -5(10^{-6}) 45 \frac{1}{2} (3^2 - 0) + 5(10^{-6}) (\cos \pi / 2 - \cos 0) \\ &= 5(10^{-6}) (2023 / 2) J \end{aligned}$$

4.1. Potensial Distribusi Muatan

Muatan yang disebar secara merata dalam volume, permukaan luas, dan garis, maka potensial titik diluar dapat dinyatakan sebagai

$$dV = \frac{dQ}{4\pi\epsilon_0 R} \quad (4.8)$$

Integral persamaan (4.8) memberikan hasil

$$V = \int \frac{\rho.dv}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow dQ = \rho.dv \quad (4.9a)$$

$$V = \int \frac{\rho_s \cdot ds}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow dQ = \rho_s \cdot ds \quad (4.9b)$$

$$V = \int \frac{\rho_\lambda \cdot d\lambda}{4\pi\epsilon_0 R} \Rightarrow dQ = \rho_\lambda \cdot d\lambda \quad (4.9c)$$

Contoh 2.

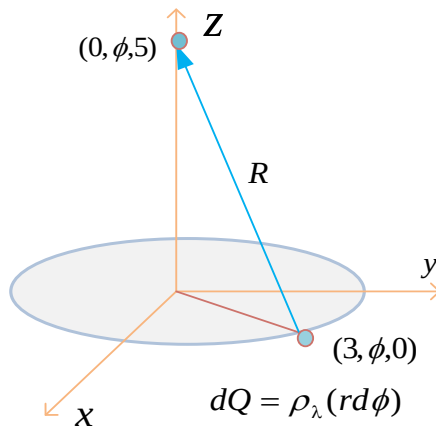
Muatan 50 nC disebarikan secara merata pada suatu cincin berjari-jari 3m. Tentukan potensial pada suatu titik di poros cincin itu sejauh 5m dari bidang cincin.

Penyelesaian :

Dengan persamaan (4.9c) $V = \int \frac{\rho_\lambda \cdot d\lambda}{4\pi\epsilon_0 R}$

$$\Rightarrow \rho_\lambda = \frac{Q}{kel} = \frac{50 \cdot 10^{-9}}{2\pi(3)} = \frac{25 \cdot 10^{-9}}{3\pi}$$

$$R = (0-3)a_r + (\phi-\phi)a_\phi + (5-0)a_z \Rightarrow |R| = \sqrt{3^2 + 5^2} = \sqrt{34}$$



Gambar 4.3. Contoh soal 4.2

$$V = \int_0^{2\pi} \frac{(25 \cdot 10^{-9} / 3\pi)(3d\phi)}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{34}} = \frac{25 \cdot 10^{-9}}{12\pi^2 \epsilon_0 \sqrt{34}} 3\phi \bigg|_0^{2\pi} = \frac{25 \cdot 10^{-9}}{4\pi\epsilon_0 \sqrt{34}} \text{ V}$$

4.2. Gradien Potensial

Gradien dalam ketiga koordinat dituliskan

$$\nabla V = \left(\frac{\partial V}{\partial x} \right)_{ax} + \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)_{ay} + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)_{az} \quad (\text{kartesian}) \quad (4.10a)$$

$$\nabla V = \left(\frac{\partial V}{\partial r} \right)_{ar} + \left(\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \phi} \right)_{a\phi} + \left(\frac{\partial V}{\partial z} \right)_{az} \quad (\text{koordinat silinder}) \quad (4.10b)$$

$$\nabla V = \left(\frac{\partial V}{\partial r} \right)_{ar} + \left(\frac{1}{r} \frac{\partial V}{\partial \theta} \right)_{a\theta} + \left(\frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial V}{\partial \phi} \right)_{a\phi} \quad (\text{koordinat bola}) \quad (4.10c)$$

Potensial juga dinyatakan sebagai

$$dV = -E \bullet d\lambda \quad (4.11)$$

Atau juga dinyatakan sebagai

$$dV = \nabla V \bullet dr \quad (4.12)$$

$$\nabla V = -E \quad (4.13)$$

4.3. Energi Dalam Medan Listrik Statis

Usaha untuk memindahkan sejumlah muatan dalam suatu daerah tertentu yang mengandung sejumlah n muatan titik dinyatakan sebagai :

$$W_E = \frac{1}{2} \sum_{m=1}^n Q_m V_m \quad (4.14)$$

Dalam bentuk yang lain dinyatakan sebagai :

$$W_E = \frac{1}{2} \int D \cdot E \cdot dv = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 \cdot dv = \frac{1}{2} \int \frac{D^2}{\epsilon} dv \quad (4.15)$$

Khusus untuk medan kapasitor, energi yang tersimpan dinyatakan sebagai :

$$W_E = \frac{1}{2} QV = \frac{1}{2} CV^2 \quad (4.16)$$

Contoh 3

Diketahui potensial $V = 8x + 15z^2$ (V). Tentukan energi yang tersimpan dalam volume yang dibatasi oleh $0 \leq x \leq 2$ m, $1 \leq y \leq 2$ m, dan $1 \leq z \leq 3$ m.

Penyelesaian:

$$\text{Dengan persamaan (4.15)} \quad W_E = \frac{1}{2} \int \epsilon E^2 \cdot dv$$

$$E = -\nabla V = -\left(\frac{\partial(8x)}{\partial x} a_x + \frac{\partial(15z^2)}{\partial z} a_z \right) = -((8)a_x + (30z)a_z)$$

$$E^2 = (64 + 900z)$$

$$W_E = \frac{1}{2} \int_0^2 \int_1^2 \int_1^3 \epsilon (64 + 900z) dx \cdot dy \cdot dz = \frac{1}{2} \epsilon_0 (64xyz) \Big|_0^2 \Big|_1^2 \Big|_1^3 + \frac{1}{2} \epsilon_0 (900xyz^2/2) \Big|_0^2 \Big|_1^2 \Big|_1^3$$

$$W_E = \frac{1}{2} \epsilon_0 64(2-0)(2-1)(3-1) + \frac{1}{2} \epsilon_0 900(2-0)((2-1)(3^2 - 1^2)/2) = 1928 \epsilon_0$$

J.

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

1. Tentukan usaha untuk memindahkan muatan titik dari titik $(0,1,3)$ ke $(3,2,0)$ dalam medan untuk lintasan $y = 3x$.
2. Muatan 60 nC disebar secara merata pada permukaan piringan dengan jari-jari 3m . Tentukan potensial oleh muatan itu pada titik poros sejauh 4m dari piringan.
3. Sebuah muatan titik $Q = 2 \text{ nC}$ dititik $(2,1,4) \text{ m}$ dalam koordinat kartesian. Tetapkan beda potensial jika A adalah $(2,4,6) \text{ m}$ dan B $(1,0,3) \text{ m}$.
4. Diberikan medan V/m untuk m dan V/m untuk $r > 2 \text{ m}$. Tetapkan beda potensial untuk A $(2,0,0) \text{ m}$ dan B $(3,0,0)$.

====Selamat Mengerjakan=====

5. Hukum Ampere dan Medan Magnetik

Hukum Ampere adalah prinsip dasar dalam elektromagnetisme yang menjelaskan hubungan antara arus listrik dan medan magnet yang dihasilkannya.

5.1. Hukum Biot-Savart

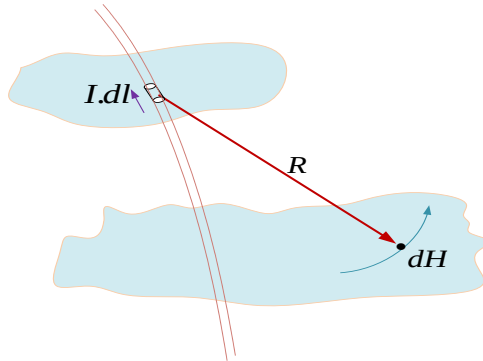
$$dH = \frac{I \cdot dl \times a_R}{4\pi R^2}$$

Dimana :

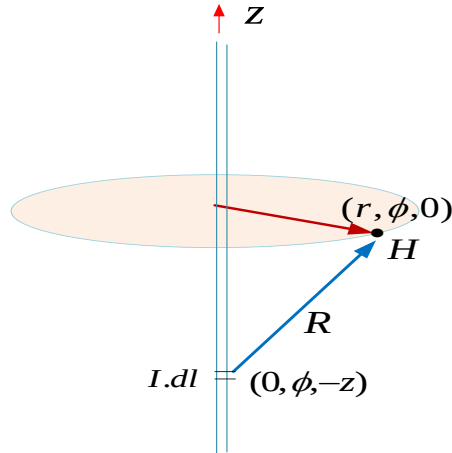
R = vektor jarak dari elemen arus $I \cdot dl$ ke titik dH (pengamat)

a_R = vektor satuan $\frac{R}{R}$

H = kuat medan magnetik



Gambar 10. Hukum Biot-Savart



Gambar 11. Hukum Biot-Savart

Contoh 1

Arus I pada konduktor panjang di sumbu z dalam koordinat silinder (lihat gambar). Tetapkan harga H disebuah titik di bidang $z = 0$.

Penyelesaian :

$$dH = \frac{I.dl \times a_R}{4\pi R^2} = \frac{(I.dZ)_{az}}{4\pi(r^2 + z^2)} \times \left(\frac{r_{ar} - z_{az}}{\sqrt{r^2 + z^2}} \right) \rightarrow \text{penyelesaian}$$

dengan integral

$$H = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{I(r)_{a\phi}}{4\pi(r^2 + z^2)^{3/2}} dZ = \left(\frac{I}{4\pi} a\phi \right) \int_{-\infty}^{\infty} \frac{r}{(r^2 + z^2)^{3/2}} dZ = \frac{I}{2\pi r} a\phi$$

Untuk selanjutnya, jika terdapat arus I panjang tak-terhingga, maka

$$\text{kuat medan magnet yang terjadi adalah } H = \frac{I}{2\pi r} a_r$$

5.2. Hukum Ampere

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = \int \mathbf{J} \cdot d\mathbf{S} = I$$

Integral garis dari komponen tangensial H sepanjang lintasan tertutup adalah sama dengan besarnya arus yang dilingkupi lintasan itu.

Contoh 2

Tetapkan kuat medan H oleh arus I pada konduktor panjang dan lurus .menggunakan persamaan hukum Ampere.

Penyelesaian :

$$\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{l} = H(2\pi r) = I \rightarrow H = \frac{I}{2\pi r} a_\phi$$

Operator Curl

$$(\text{Curl } \mathbf{A}) \cdot \mathbf{a}_n = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{\oint \mathbf{A} \cdot d\mathbf{l}}{\Delta S}$$

Kordinat kartesian

$$\text{Curl } \mathbf{A} = \left(\frac{\partial A_z}{\partial y} - \frac{\partial A_y}{\partial z} \right) \mathbf{a}_x + \left(\frac{\partial A_x}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial x} \right) \mathbf{a}_y + \left(\frac{\partial A_y}{\partial x} - \frac{\partial A_x}{\partial y} \right) \mathbf{a}_z$$

Kordinat silinder

$$\text{Curl } \mathbf{A} = \left(\frac{1}{r} \frac{\partial A_z}{\partial \phi} - \frac{\partial A_\phi}{\partial z} \right) \mathbf{a}_r + \left(\frac{\partial A_r}{\partial z} - \frac{\partial A_z}{\partial r} \right) \mathbf{a}_\phi + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(rA_\phi)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \phi} \right) \mathbf{a}_z$$

Kordinat Bola

$$\text{Curl } \mathbf{A} = \frac{1}{r \sin \theta} \left(\frac{\partial(A_\phi \sin \theta)}{\partial \theta} - \frac{\partial A_\theta}{\partial \phi} \right) \mathbf{a}_r + \frac{1}{r} \left(\frac{1}{\sin \theta} \frac{\partial A_r}{\partial \phi} - \frac{\partial(rA_\phi)}{\partial r} \right) \mathbf{a}_\theta + \frac{1}{r} \left(\frac{\partial(rA_\theta)}{\partial r} - \frac{\partial A_r}{\partial \theta} \right) \mathbf{a}_\phi$$

5.3. Rapat Arus $\mathbf{J}$ dan $\nabla \times \mathbf{H}$

Adalah Rapat arus listrik adalah ukuran kerapatan arus listrik dalam suatu penghantar, yaitu kuat arus listrik yang mengalir per satuan luas penampang.

$$(\text{Curl } H) \cdot a_x = \lim_{\Delta S \rightarrow 0} \frac{I_x}{\Delta S} = j_x \quad \rightarrow \text{adalah rapat arus}$$

Jika ada rapat arus J dan rapat fluks listrik D yang berubah terhadap waktu yang menembus suatu bidang dS yang dikelilingi lintasan tertutup, maka akan dihasilkan medan magnet (H) yang arahnya sesuai dengan lintasan tertutup tersebut (mengelilingi bidang dS).

Dalam bentuk diferensial, Hukum Ampere menyatakan bahwa Curl dari medan magnet (B) atau kuat medan magnet (H) berbanding lurus dengan kerapatan arus listrik yang melewatinya.

Untuk Kuat Medan Magnet (H)

$$\nabla \times H = j$$

5.4. Rapat Fluks Magnetik B

Kerapatan fluks magnetik B adalah besaran fundamental yang digunakan untuk mendefinisikan keberadaan medan magnet.

$$B = \mu \cdot H$$

Dimana

$\mu = \mu_0 \mu_r$ adalah permeabilitas medium (bahan) tersebut.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Henry / Weber}$$

$$\phi = \int_S B \cdot dS \quad \text{Weber}$$

Contoh 3.

Tentukan besarnya fluks yang melalui bagian bidang $\phi = \pi/4$ yang dibatasi oleh $0.01 < r < 0.05$ m dan $0 < z < 2$ m (lihat gambar). Sebuah arus sebesar 2.5 A mengalir sepanjang sumbu z dalam arah a_z .

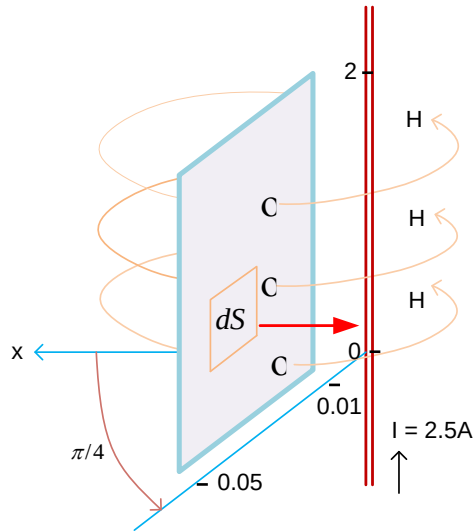
Penyelesaian :

$$\phi = \int_S B \cdot dS$$

$$dS = dr \cdot dz$$

$$B = \mu \cdot H$$

$$H = \frac{I}{2\pi r} a_\phi$$



Gambar 12

$$\phi = \int_{0.01}^{0.05} \int_0^2 \mu_0 \left(\frac{I}{2\pi r} \right) dr \cdot dz = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \int_{0.01}^{0.05} \int_0^2 \frac{1}{r} dr \cdot dz = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} (2.5)}{2\pi} \ln r \left[\begin{matrix} 0.05 \\ 0.01 \end{matrix} \right] \left[\begin{matrix} 2 \\ 0 \end{matrix} \right] (z)$$

$$\phi = 1.61 \cdot 10^{-6} \text{ Wb.}$$

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

1. Medan magnetik didalam sebuah silinder penghantar dengan jari -

$$\text{jari } r_0 = 1 \text{ cm, } H = \frac{10^4}{r} \left[\left(\frac{2r_0}{\pi} \right)^2 \sin(\pi / 2r_0) - \frac{2r}{\pi} \cos(\pi / 2r_0) \right] a_\phi$$

Tetapkan arus total yang melalui penghantar tersebut ?

2. Sebuah bidang berbentuk persegi panjang memiliki luas 20 Cm^2 . Medan magnet homogen dengan rapat fluks $B = 5 \times 10^{-3} \text{ T}$, menembus bidang tersebut dengan sudut terhadap garis normal. Hitunglah fluks magnetiknya ?
3. Sebuah loop kawat melingkar dengan luas $0,1 \text{ m}^2$ berada dalam medan magnet. Jika rapat fluks magnetik berubah dari $0,2 \text{ T}$ menjadi $0,6 \text{ T}$ dalam waktu $0,1 \text{ detik}$, berapakah perubahan fluks magnetiknya ($\Delta\phi$)?
4. Jika rapat arus $J = 10 \varepsilon^{-100\rho} a_\phi$ tentukan besar arus yang menembus bidang $0,01 \leq \rho \leq 0,02 \text{ m}$ dan $0 \leq z \leq 1$ (kordinat silinder).

====Selamat Mengerjakan====

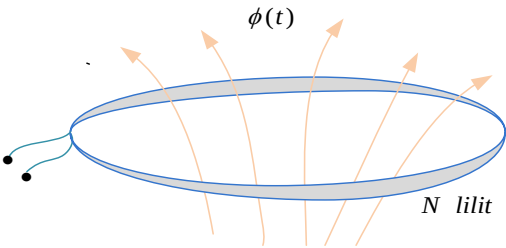
6. Induktansi dan Rangkaian Magnetik

Induktansi dan rangkaian magnetik membahas sifat komponen elektronik (induktor) yang menolak perubahan arus dengan menghasilkan GGL induksi akibat perubahan fluks magnetik, meliputi induktansi diri (kumparan sendiri) dan induktansi bersama (antara kumparan), diatur oleh Hukum Faraday dan Hukum Lenz,

6.1. Tegangan Induksi Diri

Sebuah tegangan akan timbul pada terminal kumparan N lilitan seperti ditunjukkan dalam Gambar 6.1, jika fluks bersama ϕ bagi lilitan itu berubah terhadap waktu. Menurut hukum Faraday, tegangan induksi (atau imbas) adalah :

$$v = -N \frac{d\phi}{dt}$$
 (6.1)



Gambar 6.1

Induktansi diri dinyatakan sebagai

$$L = N \frac{d\phi}{di}$$
 (6.2)

Dengan mengganti harga $N.d\phi = L.di$, persamaan (6.1) menjadi :

$$v = L \frac{di}{dt}$$
 (6.3)

6.2. Induktor dan Induktansi

Induktor (atau induktansi) dibentuk oleh dua penghantar yang terpisah oleh ruang bebas, dan tersusun sedemikian hingga fluks magnetik dari yang satu terkait dengan yang lain. Flus total yang terkait dalam konduktor itu adalah :

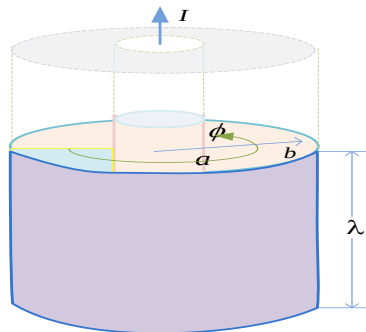
$$\lambda = \begin{cases} N\phi & \rightarrow \text{untuk – kumparan} \\ \phi & \rightarrow \text{untuk – yang – lain} \end{cases} \dots (6.4)$$

Maka induktansi dari induktor tadi didefinisikan sebagai

$$L = \frac{\lambda}{I} \dots \dots \dots (6.5)$$

Contoh 1 :

Carilah induktansi per satuan panjang suatu penghantar koaksial (se-sumbu) yang ditunjukkan dalam Gambar 6.2. (L/panjang)



Gambar 6.2

Penyelesaian :

Arus dalam konduktor panjang, maka kuat medan magnetik adalah :

$$H = \frac{I}{2\pi.r} a_\phi \implies B = \mu_0 H = \frac{\mu_0 I}{2\pi.r} a_\phi$$

Fluks total yang menembus bidang sudut ϕ = konstan adalah

$$\lambda = \oint B \cdot dS = \int_0^\lambda \int_a^b \frac{\mu_0 I}{2\pi r} (dr \cdot dz) = \frac{\mu_0 I}{2\pi} (z) \left[\ln r \right]_a^b = \frac{\mu_0 I}{2\pi} \lambda (\ln b/a)$$

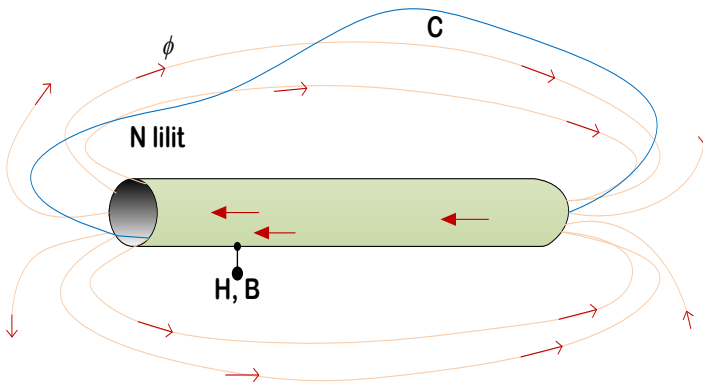
Induktansi per satuan panjang adalah

$$\frac{L}{\lambda} = \frac{\lambda}{I \cdot \lambda} = \frac{\mu_0}{2\pi} \ln(b/a) \quad \text{H/m}$$

6.3 Rangkaian Magnetik

Jika hukum Amper diterapkan dalam lintasan tertutup c yang melalui kumparan panjang berteras (atau inti) udara, ditunjukkan dalam Gambar 6.3.

$$\oint H \cdot d\lambda = N \cdot I \quad \dots\dots\dots (6.6)$$



Gambar 6.3

Maka:

$$H \approx \frac{N \cdot I}{\lambda} \quad \dots\dots\dots (6.7)$$

6.4. Kurva Magnetik

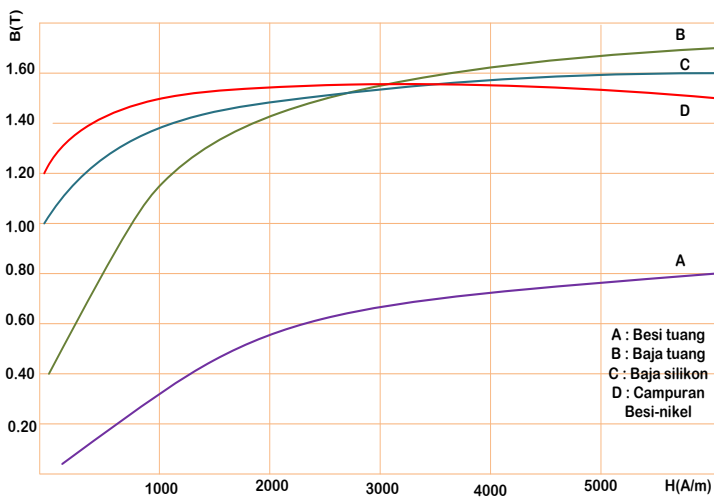
Sampel bahan feromagnetik dapat diperiksa dengan jalan memberi harga H yang bertambah besar dan mengukur harga B yang bersangkutan. Gambar 6.4 memperlihatkan *kurva magnetisasi* atau kurva B - H untuk beberapa bahan feromagnetik.

Permeabilitas

$\mu_r \mu_0 = (B/H)$ didapat dari kurva B - H .

Kumparan dengan N lilit dan arus I menghasilkan gaya gerak magnetik (ggm) yang diberikan oleh NI , yang diberi simbol F . Penerapan hukum Amper pada lintasan teras yang ditunjukkan dalam Gambar 6.4 menghasilkan :

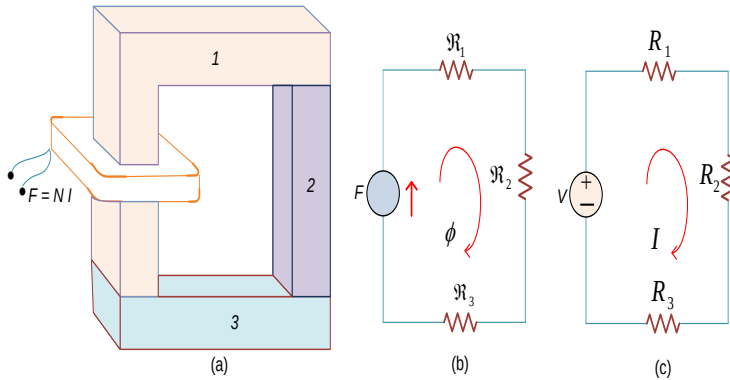
$$\begin{aligned} F &= N.I = \oint H.d\lambda \\ &= \oint_1 H.d\lambda + \oint_2 H.d\lambda + \oint_3 H.d\lambda \\ &= H_1.\lambda_1 + H_2.\lambda_2 + H_3.\lambda_3 \end{aligned}$$



Gambar 6.4. Kurva B - H

6.5. Hukum Ampere Bagi Rangkaian Magnetik

Sebuah kumparan dengan N lilitan dan arus I menghasilkan gaya gerak magnetik (ggm) yang diberikan oleh NI . Hukum Ampere analogi dengan hukum Kirchoof tegangan untuk loop tertutup bagi rangkaian magnetik yang ditunjukkan dalam Gambar 6.5, dapat diturunkan



Gambar 6.5. Contoh rangkaian magnetik

$$F = NI = \oint H \cdot d\lambda$$

$$\oint_1 H \cdot d\lambda + \oint_2 H \cdot d\lambda + \oint_3 H \cdot d\lambda = H_1 \lambda_1 + H_2 \lambda_2 + H_3 \lambda_3$$

Persamaan tegangan Kirchoof dari Gambar 6.5 (c) adalah

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = IR_1 + IR_2 + IR_3$$

$$NI = H\lambda = \left(\frac{B}{\mu}\right)\left(\frac{A}{A}\right)\lambda = (B \cdot A)\left(\frac{\lambda}{\mu A}\right) = \phi(\mathfrak{R})$$

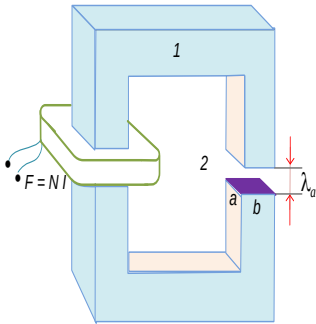
$$F = NI = \phi(\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2 + \mathfrak{R}_3)$$

$$\mathfrak{R} = \left(\frac{\lambda}{\mu \cdot A}\right) H^{-1}$$

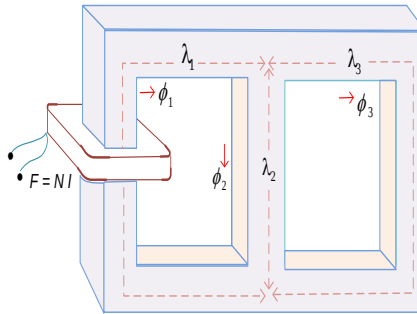
Dengan analogi dengan tahanan

$$R = \left(\frac{\lambda}{\sigma \cdot A} \right)$$

6.6. Teras Bercelah Udara dan Teras Paralel



Gambar 6.6. Rangkaian magnetik dengan celah udara



Gambar 6.7. Rangkaian magnetik paralel

Untuk teras persegi panjang dengan ukuran-ukuran a dan b , luas semu celah udara :

$$S_a = (a + \lambda_a)(b + \lambda_a) \quad (\text{m}^2)$$

Jika fluks di celah udara diketahui, maka perkalian $H_a \lambda_a$ dapat dihitung,

$$H_a = \left(\frac{B}{\mu_0} \right) = \left(\frac{1}{\mu_0} \frac{\phi}{S_a} \right) \quad \Rightarrow \quad H_a \lambda_a = \frac{\lambda_a \cdot \phi}{\mu_0 \cdot S_a}$$

Penurunan NI untuk Gambar 6.6, dapat dituliskan sebagai

$$NI = H_i \lambda_i + H_a \lambda_a = H_i \lambda_i + \frac{\lambda_a \cdot \phi}{\mu_0 \cdot S_a}$$

Penurunan NI untuk Gambar 6.7, dapat dituliskan sebagai

$$F - H_1 \lambda_1 = H_2 \lambda_2 = H_3 \lambda_3$$

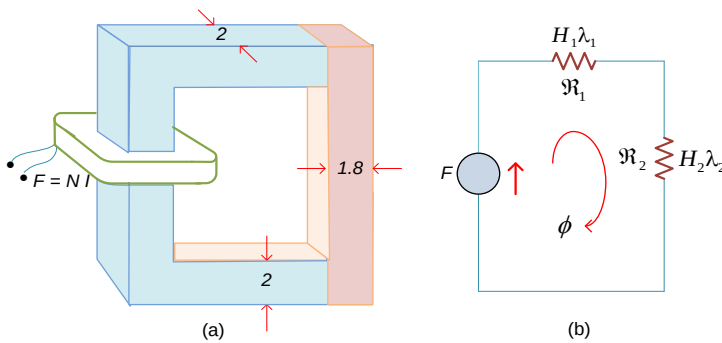
dengan fluks memenuhi

$$\phi_1 = \phi_2 + \phi_3$$

Contoh 1

Diketahui rangkaian magnetik Gambar 6.8, tersusun dari bagian I yang buat dari baja tuang dan bagian C yang terbuat dari besi tuang. Jumlah kumparan 150 lilit, carilah arus yang diperlukan untuk menimbulkan kerapatan $B_2 = 0,45 \text{ T}$. Panjang rata-rata teras 1 dan 2 masing-masing $L_1 = 0,34 \text{ m}$ dan $L_2 = 0,138 \text{ m}$.

Penyelesaian:



Gambar 6.8. Contoh soal 1

Luas penampang untuk bagian 1 dan 2 masing-masing dihitung :

$$S_1 = 2.10^{-2}(2.10^{-2}) = 4.10^{-4} \text{ m}^2$$

$$S_2 = 2.10^{-2}(1.8)10^{-2} = 3.6(10^{-4}) \text{ m}^2$$

Untuk besi tuang, dengan $B_2 = 0,45 \text{ T}$ dengan kurva B - H didapat harga $H_2 = 1270 \text{ A/m}$.

Untuk rangkaian magnetik tersebut, fluks yang sama, yaitu :

$$\phi = B_2 S_2 = (0.45)3.6(10^{-4}) = 1.62(10^{-4}), \text{ maka}$$

$$B_1 = \frac{\phi}{S_1} = \frac{1.62(10^{-4})}{4.10^{-4}} = 0.41 \text{ T}$$

Dari kurva B - H untuk baja tuang

$$(B_1 = 0.41 \text{ T} \quad \Rightarrow \quad H_1 = 233) \text{ A/m.}$$

Penurunan NI dinyatakan dengan,

$$F = NI = H_1 \lambda_1 + H_2 \lambda_2$$

$$150I = 233(0.41) + 1270(0.45) \quad \Rightarrow \quad I = 1.70 \text{ A.}$$

Contoh 2

Selesaikanlah untuk contoh soal 1 dengan menggunakan reluktansi.

Penyelesaian :

$$[\mu_0 \mu_r]_1 = \frac{B_1}{H_1} = \frac{0.41}{233} = 175.10^{-5} \text{ H/m}$$

$$[\mu_0 \mu_r]_2 = \frac{B_2}{H_2} = \frac{0.45}{1270} = 3.54.10^{-4} \text{ H/m}$$

$$\mathfrak{R}_1 = \frac{\lambda_1}{[\mu_0 \mu_r]_1} = \frac{0.34}{175.10^{-5}} = 1942 H^{-1}$$

$$\mathfrak{R}_2 = \frac{\lambda_2}{[\mu_0 \mu_r]_2} = \frac{0.138}{0.354.10^{-4}} = 3898 H^{-1}$$

$$F = NI = \phi(\mathfrak{R}_1 + \mathfrak{R}_2)$$

$$150I = 1.62(10^{-4})[1942 + 3898] =$$

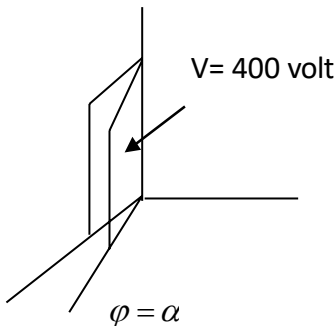
$$150 I = 1,55$$

$$I = 0,01$$

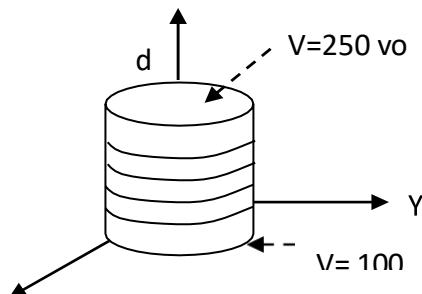
EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

1. Sebuah teras besi memiliki panjang lintasan rata-rata 0,5m dan luas penampang $10 \times 10^{-4} \text{ m}^2$. Teras tersebut memiliki celah udara sepanjang 2 mm . Jika teras memiliki 500 lilitan dan dilalui arus 2 A, hitunglah fluks magnetik dalam teras (asumsikan sangat besar, sehingga diabaikan).
2. Sebuah rangkaian magnetik memiliki kaki tengah dengan lilitan (500 lilitan, 1 A) yang bercabang menjadi dua kaki paralel. Kaki 1 memiliki reluktansi $R_1 = 2 \times 10^5 \text{ AT/WB}$ dan kaki 2 memiliki reluktansi $R_2 = 4 \times 10^5 \text{ AT/WB}$. Hitung total fluks magnetik.
3. Jika efek sisi diabaikan dan sumbu z diisolasi, carilah V dan E diantara permukaan keping dalam gambar dibawah ini?



4. Dua piringan seperti pada gambar dibawah ini dipisahkan sejauh 5 mm, tentukan V dan E diantara piringan tersebut dengan menganggap $\rho = 0$



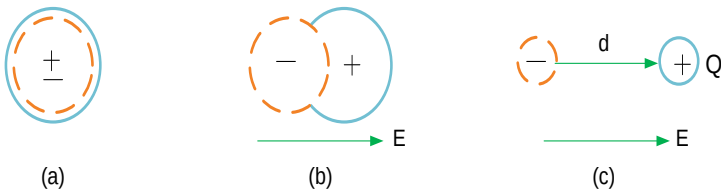
7. Kapasitansi dan Bahan Dielektrik

Kapasitor menyimpan muatan Listrik Ketika tegangan diterapkan, dan kemampuannya untuk melakukan hal tersebut didefinisikan sebagai kapasitansi. Kapasitansi adalah ukuran kemampuan suatu komponen (kapasitor) untuk menyimpan muatan listrik pada beda potensial tertentu. Bahan dielektrik adalah bahan isolator (seperti kaca, plastik, atau kertas) yang ditempatkan di antara pelat kapasitor untuk meningkatkan kapasitasnya.

7.1 Polarisasi dan Permitivitas Relatif

Sebuah proses polarisasi diperlihatkan dalam Gambar 7.1(a), atom dielektrik sebagai dua distribusi muatan positif dan negatif yang saling bertindihan. Sebuah medan listrik E menyebabkan distribusi muatan positif berpindah kekanan searah E , sedang distribusi muatan negatif kearah kiri. Jika medan E dihilangkan maka distribusi-distribusi kembali pada posisi semula. Dengan adanya polarisasi P ini akan menambah rapat fluks dengan persamaan

$$D = \epsilon_0 E + P$$



Gambar 7.1

$$P = \chi_e(\epsilon_0)E$$

Dimana :

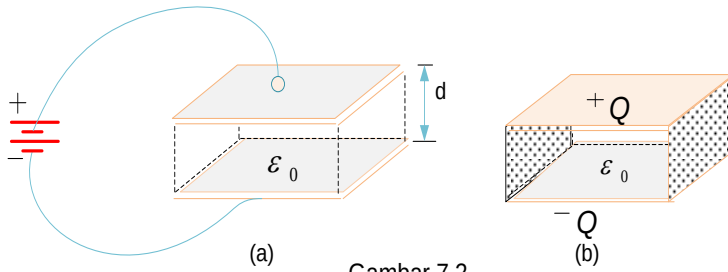
χ_e : suseptibilitas listrik konstanta yang tak berdimensi

$$\epsilon_r = 1 + \chi_e \quad \epsilon = \epsilon_0(\epsilon_r)$$

ϵ_r = permitivitas relatif

7.2. Rapat Muatan D dan Kuat Medan Listrik E

Kapasitor plat sejajar Gambar 7.2(a) menghasilkan muatan positif $+Q$ pada plat atas dan $-Q$ jika kapasitor ini dihubungkan dengan tegangan V , kemudian dimatikan.



Gambar 7.2

Medan listrik yang ditimbulkan adalah

$$E = \frac{V}{d} a_n, \quad D = \epsilon_0 E = \frac{\epsilon_0 V}{d} a_n, \quad D = \rho_s = \frac{Q}{A}$$

7.3. Syarat Batas

Jika sebuah konduktor memiliki dua buah dielektrik yang berbeda, maka akan menghasilkan dua syarat batas.

- (1) Komponen tangensial dari E adalah kontinu pada permukaan batas dua dielektrik.

$$E_{t1} = E_{t2} \quad \text{dan} \quad \frac{D_{t1}}{\epsilon_{r1}} = \frac{D_{t2}}{\epsilon_{r2}}$$

- (2) Komponen normal dari D mengalami diskontinu sebesar $|\rho_s|$ ketika melewati permukaan batas tersebut.

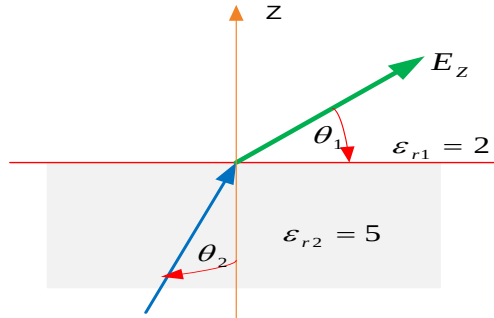
$$D_{n1} - D_{n2} = -\rho_s \quad \epsilon_{r1} E_{n1} - \epsilon_{r2} E_{n2} = -\frac{\rho_s}{\epsilon_0}$$

Jika permukaan batas tidak mengandung muatan bebas ($\rho_s = 0$) sehingga

$$D_{n1} = D_{n2} \quad \epsilon_{r1} E_{n1} = \epsilon_{r2} E_{n2}$$

Contoh soal

Sebuah medan $E = 2a_x - 3a_y + 5a_z$ V/m pada permukaan batas dielektrik yang bebas muatan dibawah ini. Tentukan D_2 , sudut θ_1 dan θ_2 ,



Gambar 7.3

Penyelesaian :

Perbatasan diambil di bidang $z = 0$ dengan $\epsilon_{r1} = 2$ dan $\epsilon_{r2} = 5$.

Komponen komponen x, y adalah tangensial dan komponen z adalah normal. Hubungan komponen tangensial dari E dan komponen normal dari D adalah :

$$E_1 = 2a_x - 3a_y + 5a_z$$

$$E_2 = 2a_x - 3a_y + E_{z2}a_z$$

$$D_1 = \epsilon_0 \epsilon_1 E_1 = 4\epsilon_0 a_x - 6\epsilon_0 a_y + 10\epsilon_0 a_z$$

$$D_2 = D_{x2}a_x + D_{y2}a_y + 10\epsilon_0 a_z$$

Dan dari hubungan

$$D_2 = \epsilon_0 \epsilon_{r2} E_2$$

$$D_{x2}a_x + D_{y2}a_y + (10\epsilon_0)a_z = 2(\epsilon_0 \epsilon_{r2})a_x - 3(\epsilon_0 \epsilon_{r2})a_y + (\epsilon_0 \epsilon_{r2})E_{z2}a_z$$

Maka dapat diambil hubungan

$$D_{x2} = 2(\epsilon_0 \epsilon_{r2}) = 10\epsilon_0 \quad D_{y2} = -3(\epsilon_0 \epsilon_{r2}) = 15\epsilon_0 \quad E_{z2} = \frac{10}{\epsilon_{r2}} = 2$$

Sudut-sudut di perbatasan dapat dicari dengan

$$(E_1)a_z = |E_1| \cos(90^\circ - \theta_1) = [\sqrt{2^2 + 3^2 + 5^2}] \sin \theta_1 = \sqrt{38}(\sin \theta_1)$$

$$5 = \sqrt{38}(\sin \theta_1) \quad \Rightarrow \quad \theta_1 = \sin^{-1}(5/\sqrt{38}) = 54.2^\circ$$

$$(E_2)a_z = |E_2| \cos(90^\circ - \theta_2) = \sqrt{2^2 + 3^2 + 2^2}(\sin \theta_2) = \sqrt{17} \sin \theta_2$$

$$2 = \sqrt{17} \sin \theta_2 \quad \Rightarrow \quad \theta_2 = \sin^{-1}(2/\sqrt{17}) = 29^\circ$$

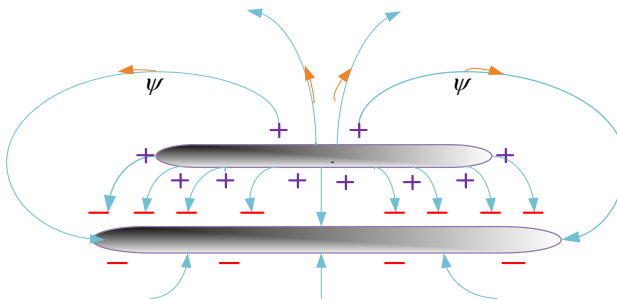
7.4. Kapasitansi

Setiap dua buah penghantar yang dipisahkan oleh ruang bebas atau berisi bahan dielektrik mempunyai kapasitansi antara kedua konduktor itu. Dengan memberikan beda potensial antara keduanya menghasilkan muatan $+Q$ dan $-Q$ pada penghantar itu. Nilai kapasitansinya dari kapasitor plat paralel adalah

$$C = \frac{Q}{V} = \frac{\epsilon_0 \cdot \epsilon_r A}{d} \quad (F) \quad 1 \text{ farad} = 1 \text{ C/V.}$$

Perlu diingat

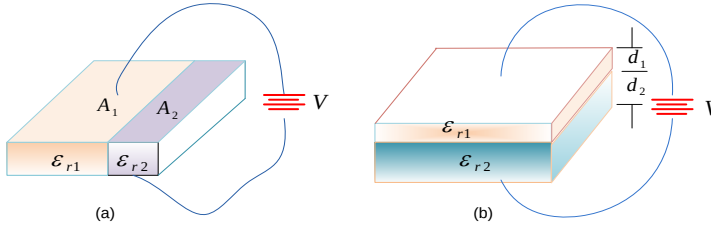
Bahwa nilai kapasitansi hanya bergantung pada geometri (dimensi) sistim dan sifat dari bahan dielektrik. Jika muatan Q meningkat maka akan meningkatkan juga nilai D dan E demikian juga dengan beda potensialnya.



Gambar 7.4

7.5. Kapasitor Dielektrik Ganda

Jika terdapat dua bahan dielektrik pada permukaan batas yang sejajar dengan D dan E maka kapasitansinya didapat dengan melihat susunan dua kapasitor paralel sebagaimana ditunjukkan dalam Gambar 7.5(a).



Gambar 7.5

$$C_{ek} = C_1 + C_2$$

Untuk susunan Gambar 7.5(b) kedua bahan dielektrik normal (tegak lurus) terhadap D dan E maka kapasitansinya merupakan dua kapasitor seri.

$$\frac{1}{C_{ek}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad \Rightarrow \quad C_{ek} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

7.6. Energi Yang Tersimpan Dalam Kapasitor

Besarnya energi yang tersimpan dalam sebuah kapasitor dinyatakan sebagai

$$W_E = \frac{1}{2} \int D(E) dv$$

Untuk integral dalam ruang hampa. Jika ruang tersebut diisi dengan bahan dielektrik permitivitas relatif ϵ_r , maka $D = \epsilon_0 E + P = \epsilon_0 \epsilon_r E$ sehingga:

$$W_E = \frac{1}{2} \int (\epsilon_0 E^2 + P \cdot E) dv = \frac{1}{2} \int \epsilon_0 \epsilon_r E^2 \cdot dv$$

Dalam kapasitor plat sejajar dinyatakan sebagai $W_E = \frac{1}{2} CV^2$

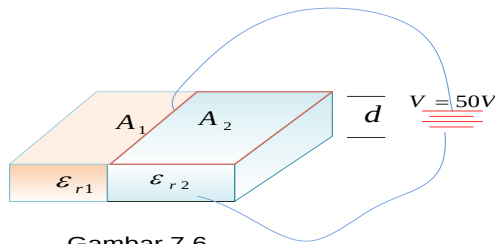
EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

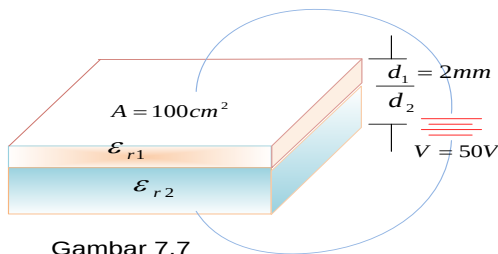
1. Dua bahan dielektrik dipisahkan pada sumbu $z = 0$. Untuk daerah $z < 0$ diisi $\epsilon_{r1} = 2$ dan untuk daerah $z > 0$ diisi $\epsilon_{r2} = 3.5$. Jika diberikan $D = 10a_x - 5a_y + 6a_z$.

Tetapkan : (a) E_z , θ_1 & θ_2 .

2. Tetapkan kapasitansi ekivalen dan muatannya sebuah kapasitor plat paralel dengan dua bahan dielektrik Gambar 7.6. $\epsilon_{r1} = 2$ dan $\epsilon_{r2} = 3.5$. Luas plat $A_1 = 20 \text{ cm}^2$, $A_2 = 30 \text{ cm}^2$, tebal $d = 2 \text{ mm}$.



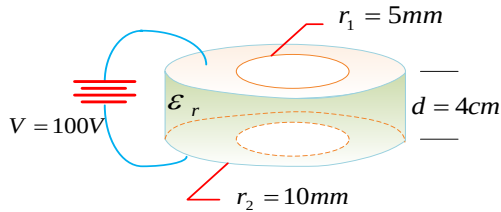
Gambar 7.6



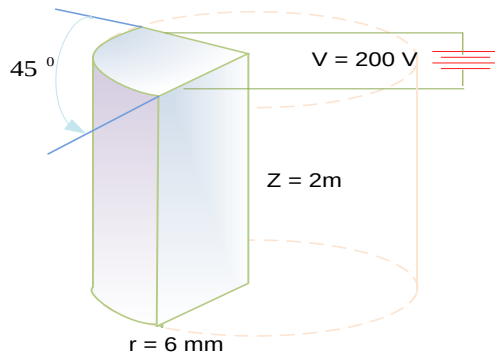
Gambar 7.7

3. Hitunglah potensial masing-masing kapasitor dari kapasitor plat paralel Gambar 7.7 jika beda potensial $V = 50 \text{ Volt}$, $\epsilon_{r1} = 2$ dan $\epsilon_{r2} = 3.5$, $d_2 = 3 \text{ mm}$.

4. Tetapkan kapasitansi sebuah kapasitor plat paralel dalam koordinat silinder Gambar 7.8 jika ruang diantaranya diisi dielektrik $\epsilon_r = 3$.

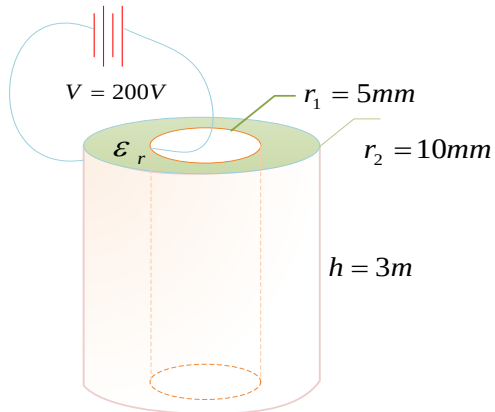


Gambar 7.8

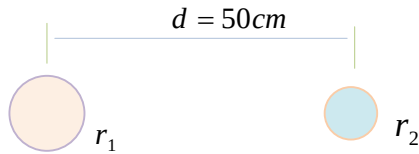


Gambar 7.9

5. Sebuah kapasitor ditunjukkan dalam Gambar 7.9 diisi bahan dielektrik $\epsilon_r = 2$, tetapkan nilai kapasitansinya.
6. Konduktor berbentuk koaksial dalam Gambar 7.10 ruang diantara keduanya diisi dengan bahan dielektrik ϵ_r . Jika nilai kapasitansinya 25 mF, tentukan harga dielektriknya.



Gambar 7.10



Gambar 7.11

7. Dua buah konduktor pada saluran udara tegangan tinggi, yang terpisah dengan jarak 50 cm dan masing-masing konduktor memiliki jari-jari $r_1 = 10\text{ mm}$ dan $r_2 = 5\text{ mm}$. Tentuan nilai:

(a) (C_1 / λ)

(b) (C_2 / λ) dan C_{ek} kedua konduktor.

8. Gaya Gerak Listrik (GGL) Imbas

GGL adalah beda potensial yang timbul pada ujung-ujung kumparan akibat perubahan fluks magnetik yang menembus kumparan tersebut. Fenomena ini didasarkan pada hukum Faraday, di mana besar GGL induksi sebanding dengan laju perubahan fluks magnetik. Arah arus induksi ditentukan oleh hukum Lenz.

8.1. Arus Perpindahan

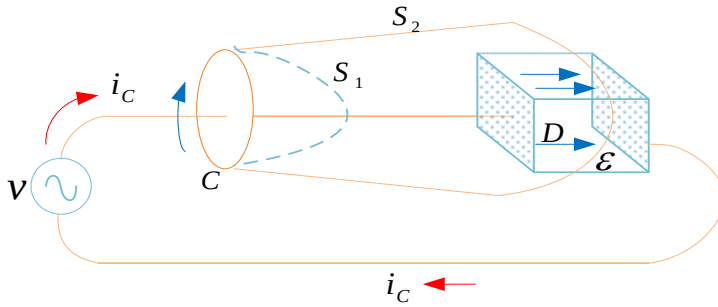
Rapat arus J yang ditimbulkan oleh muatan-muatan statis seperti elektron, proton, dan ion-ion dinamakan dengan rapat arus konduksi $J_D = \nabla \bullet H$. Sedang arus perpindahan yang melalui suatu permukaan terbuka adalah

$$i_C = \int_S J_C \bullet dS \quad i_D = \int_S J_D \bullet dS = \int_S \frac{\partial D}{\partial t} \bullet dS$$

Perhatikan ilustrasi Gambar 8.1, dengan mengamati sebuah tegangan yang berubah terhadap waktu pada sebuah kapasitor keping sejajar

$$\begin{aligned} \int_{S1} (\nabla \times H) \bullet dS &= \int_{S2} (\nabla \times H) \bullet dS \\ \int_{S1} (J_C + \frac{\partial D}{\partial t}) \bullet dS &= \int_{S2} (J_C + \frac{\partial D}{\partial t}) \bullet dS \\ \int_{S1} J_C \bullet dS &= \int_{S2} \frac{\partial D}{\partial t} \bullet dS \end{aligned}$$

Integral ruas kiri adalah i_C arus konduksi yang dibuat oleh muatan-muatan bergerak dalam dawai. Integral ruas kanan adalah arus perpindahan i_D dalam dielektrik.



Gambar 8.1

8.2. Hukum Faraday

Jika sebuah penghantar bergerak dalam medan magnet memotong fluks magnet tersebut, maka akan dibangkitkan tegangan induksi dalam penghantar tersebut. Sebaliknya, jika fluks magnetik berubah memotong suatu penghantar yang diam (statis), maka akan diinduksikan tegangan yang dinyatakan dengan hukum Faraday :

$$\mathcal{V} = -\frac{d\phi}{dt}$$

dalam bentuk lain dinyatakan sebagai

$$\oint_C E(d\lambda) = -\frac{d}{dt} \int_S B(dS)$$

8.3. Penghantar Yang Bergerak Dalam Medan Yang Konstan

Jika suatu penghantar mengandung sangat banyak muatan bebas bergerak dalam medan B, medan listrik E_m menimbulkan perbedaan tegangan diantara kedua ujung penghantar. Tegangan ujung a terhadap ujung b penghantar adalah

$$\mathcal{V}_{ab} = \int_b^a E_m(d\lambda) = \int_b^a (U \times B) \cdot d\lambda \quad \Rightarrow \quad E_m = \frac{F}{Q} = U \times (B)$$

Dimana:

U adalah kecepatan gerak. Jika U tegak lurus terhadap B , dan penghantar itu normal (tegak lurus) terhadap keduanya, maka tegangan yang ditimbulkan adalah

$$v = B(\lambda)U$$

Contoh 1

Dua batang konduktor bergerak saling menjauhi dengan kecepatan $U_1 = 15.5(-a_y)$ m/s dan $U_2 = 8.0(a_y)$ masing-masing dalam medan magnet $B = 0.35(a_z)$ T. Tetapkan tegangan b terhadap c .

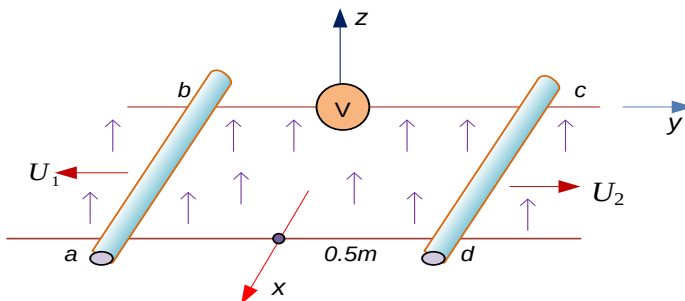
Penyelesaian :

Pada kedua penghantar itu

$$E_{m1} = U_1 \times B = 15.5(-a_y) \times (0.35(a_z)) = 4.38(-a_x) \text{ V/m}$$

$$E_{m2} = U_2 \times B = 8.0(-a_y) \times (0.35(a_z)) = 2.8(a_x) \text{ V/m}$$

Sehingga



Gambar 8.2

$$v_{ab} = \int_0^{0.5} E_{m1}(d\lambda) = \int_0^{0.5} 4.38_{(-ax)} dx_{(ax)} = 4.38x \Big|_0^{0.5} = -2.19V$$

$$v_{dc} = \int_0^{0.5} E_{m2}(d\lambda) = \int_0^{0.5} 2.8_{(ax)} dx_{(ax)} = 2.8x \Big|_0^{0.5} = 1.4V$$

$$v_{bc} = v_{ba} + v_{ad} + v_{dc} = 2.19 + 0 + 1.4 = 3.59V$$

8.4. Penghantar Yang Bergerak Dalam Medan Yang Berubah

Jika sebuah penghantar tertutup bergerak dalam medan B yang berubah terhadap waktu, maka tegangan imbas total pada konduktor itu terdiri dari dua sumber perubahan

$$v = -\frac{d}{dt} \int_S B(dS) = -\int_S \frac{\partial B}{\partial t} \cdot dS + \oint (U \times B) \cdot d\lambda$$

Contoh 2

8.2. Ekspresikan arus perpindahan di dalam dielektrik dan arus konduksi didalam dawai penghubungnya pada sebuah kapasitor pelat paralel.

Penyelesaian :

Perhatikan Gambar 8.1. Kapasitansi kapasitor adalah

$$C = \frac{\varepsilon(A)}{d}$$

A = luas pelat

d = jaraknya.

Arus konduksi adalah

$$i_c = C \frac{dv}{dt} = \left(\frac{\varepsilon(A)}{d} \right) \frac{dv}{dt}$$

Dengan mengingat bahwa

$$E = (v/d),$$

maka

$$D = \varepsilon(E) = \varepsilon\left(\frac{v}{d}\right)$$

$$\frac{\partial D}{\partial t} = \frac{d[\varepsilon(v/d)]}{dt} = \frac{\varepsilon(dv)}{d(dt)}$$

Arus perpindahan adalah nornal terhadap pelat-pelat

$$i_D = \int \frac{\partial D}{\partial t} \cdot dS = \int \frac{\varepsilon}{d} \frac{dv}{dt} (dS) = \frac{\varepsilon(A)}{d} \left(\frac{dv}{dt} \right)$$

yang sama dengan i_C .

Contoh 3

Sebuah kapasitor koaksial jari-jari dalam 5 mm, jari-jari luar 6 mm, panjang 500 mm, berisi bahan dielektrik $\epsilon_r = 6.7$ diberikan tegangan $v = 250 \sin 377t$ (V). Tetapkan arus perpindahan i_D dan bandingkan dengan arus konduksi i_C .

Penyelesaian :

Potensial ini konstan untuk arah vektor ϕ dan arah vektor z , maka dari persamaan Laplace adalah

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left(r \frac{dv}{dr} \right) = 0,$$

dengan mengintegrasikan sekali didapat $r \frac{dv}{dr} = A$,

mengintegrasikan lagi didapat $V = A \ln r + B$.

Dengan syarat batas maka

$$0 = A \ln (0.005) + B$$

$$250 \sin 377t = A \ln (0.006) + B$$

didapat

$$A = \frac{250}{\ln(6/5)} \sin 377t$$

Contoh 4

Sebuah rangkaian berbentuk persegi panjang Gambar 8.2, bergerak menuju titik asal dengan kecepatan $U = -250a_y$ m/s didalam medan magnet $B = (0.8e^{-0.5y})a_y$ T. Tetapkan arus yang mengalir

pada sisi-sisi kumparan yang berada di $y = 0.5 \text{ m}$ dan di $y = 0.6 \text{ m}$ jika $R = 2.5 \text{ Ohm}$.

Penyelesaian :

Arus I pada sisi $y = 0.5 \text{ m}$

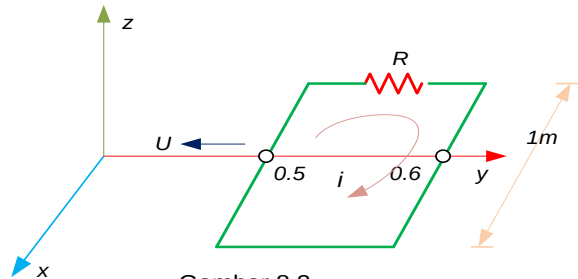
adalah

$$v_1 = B \cdot \lambda U = 0.8e^{-0.5y} (1.0) 250 = 155.8 \text{ V},$$

$$v_2 = B \cdot \lambda_2 U = 0.8e^{-0.5Y} (1.0) 250 = 148.2 \text{ V}$$

Arus dalam rangkaian adalah

$$i = \frac{v_1 - v_2}{R} = \frac{155.8 - (148.2)}{2.5} = 3.04 \text{ A}$$



Gambar 8.2

Contoh 5

Penghantar berbentuk lingkaran dalam Gambar 8.3, terletak dalam bidang $z = 0$, jari-jari 0.1 m dan hambatannya 5 Ohm . Jika diberikan $B = (0.2 \sin 10^3 t) \mathbf{a}_z \text{ T}$, tentukan arusnya.

Penyelesaian :

$$\phi = B \cdot S = (0.2 \sin 10^3 t) (\pi r^2) = 2 \cdot 10^{-3} (\pi) \sin 10^3 t \text{ Wb}$$

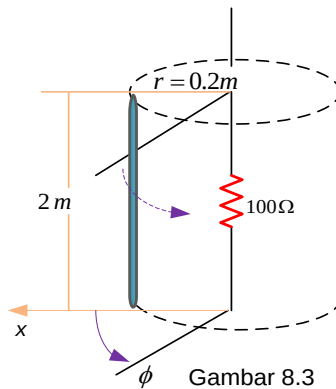
$$v = -\frac{d\phi}{dt} = -2\pi \cos 10^3 t \text{ V}$$

$$i = \frac{v}{R} = -\frac{2\pi \cos 10^3 t}{5} = -0.4\pi \cos 10^3 t \text{ V}$$

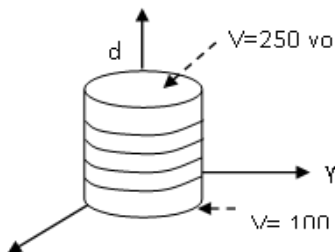
EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti

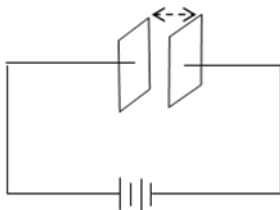
1. Penghantar 2 m berputar pada kecepatan 1200 putaran/menit di dalam medan magnet radial $B = (0.1.\sin\phi)a_r$ T. Tetapkan arus didalam rangkaian tertutup itu dimana hambatannya 100 Ohm.



2. Dalam sebuah sel elektrokimia, 3 mol elektron dilewati selama suatu reaksi redoks. Tentukan muatan listrik yang dihasilkan menggunakan Hukum Faraday 1 jika konstanta Faraday (F) adalah 96.485 C/mol.
3. Sebuah kawat lurus panjang dialiri arus listrik sebesar 40 A. Jika permeabilitas vakum sebesar $4\pi \times 10^{-7}$ Wb / A m. Besarnya induksi magnet pada sebuah titik yang jaraknya 10 Cm dari pusat kawat tersebut ?
4. Dua piringan seperti pada gambar dibawah ini dipisahkan sejauh 5 mm, tentukan V dan E diantara piringan tersebut dengan menganggap $\rho = 0$



5. Dalam koordinat bola $V = 0$; untuk $r = 10$ cm dan $V = 95$ Volt untuk $r = 2$ m. tentukan V dan E diantara kedua permukaan bola tersebut .
6. Dua plat paralel seperti pada gambar dimana daerah diantara kedua plat bebas muatan ($\rho = 0$). Tentukan V dan E ?



=====Selamat Mengerjakan=====

C. Penerapan Teori Medan Elektromagnet Dalam Kehidupan Modern

Teori medan elektromagnetik, yang menjelaskan hubungan antara listrik dan magnetisme, merupakan dasar dari hampir semua teknologi modern. Penerapannya sangat luas, mulai dari perangkat rumah tangga hingga sistem komunikasi canggih.

Prinsip dasar teori medan elektromagnetik adalah bahwa muatan listrik yang bergerak menghasilkan medan magnet, dan sebaliknya, medan magnet yang berubah menginduksi medan listrik. Interaksi dinamis ini menghasilkan gelombang elektromagnetik yang dapat merambat melalui ruang hampa dan mentransfer

energi. Contoh dan Penerapan dalam Kehidupan Modern. Berikut adalah beberapa contoh penerapan teori medan elektromagnetik dalam kehidupan modern:

a) Komunikasi Nirkabel

- Radio dan Televisi: Menggunakan gelombang radio untuk mentransmisikan sinyal audio dan video melalui udara.
- Telepon Seluler dan Wi-Fi: Berkomunikasi menggunakan gelombang mikro dan gelombang radio frekuensi tinggi untuk transfer data nirkabel.
- Komunikasi Satelit: Menggunakan berbagai frekuensi gelombang elektromagnetik untuk komunikasi jarak jauh, navigasi GPS, dan siaran global.

b) Peralatan Rumah Tangga

- Motor Listrik: Banyak peralatan seperti kipas angin, kulkas, mesin cuci, dan blender menggunakan motor listrik, yang bekerja berdasarkan prinsip gaya magnetik yang dihasilkan oleh arus listrik untuk menciptakan gerakan putar.
- Oven Microwave: Menggunakan gelombang mikro untuk menggetarkan molekul air dalam makanan, menghasilkan panas dan memasak makanan.
- Kompor Induksi: Menggunakan induksi elektromagnetik untuk menghasilkan panas langsung di dalam panci masak, bukan di permukaan kompor.

c) Kesehatan dan Medis

- MRI (*Magnetic Resonance Imaging*): Teknik pencitraan medis canggih yang menggunakan medan magnet kuat dan gelombang radio untuk menghasilkan gambar rinci struktur internal tubuh, membantu diagnosis penyakit.

- Terapi Kanker: Radiasi berenergi tinggi seperti sinar-X dan sinar gamma digunakan dalam perawatan kanker untuk menghancurkan sel-sel ganas.

d) Transportasi dan Industri

- Generator dan Transformator: Generator mengubah energi kinetik menjadi energi listrik, sementara transformator menggunakan prinsip induksi untuk mengubah tegangan listrik, memastikan distribusi listrik yang efisien ke rumah dan industri.
- Kereta Maglev (*Magnetic Levitation*): Menggunakan elektromagnet superkonduktor untuk mengangkat kereta api dari rel dan mendorongnya ke depan, mengurangi gesekan dan memungkinkan kecepatan yang sangat tinggi.

e) Teknologi Informasi

- Penyimpanan Data Digital: Hard drive komputer dan media penyimpanan magnetik lainnya merekam informasi dengan mengubah orientasi magnetik pada permukaan material.

f) Bidang Pendidikan dan Pembelajaran Fisika

- Mengembangkan pembelajaran berbasis simulasi interaktif dan laboratorium virtual.
- Menghubungkan teori abstrak dengan fenomena nyata dan teknologi.
- Melatih mahasiswa berpikir ilmiah, analitis, dan reflektif.

Teori medan elektromagnetik tidak hanya mendasari fungsi perangkat-perangkat ini, tetapi juga terus mendorong inovasi teknologi baru seperti pengisian daya nirkabel untuk *smartphone* dan kendaraan listrik.

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti

1. Sebutkan tiga penerapan teori medan elektromagnet dalam kehidupan sehari-hari !
2. Mengapa teori medan elektromagnet penting dalam teknologi komunikasi?
3. Sebutkan dampak positif dan negatif penggunaan teknologi elektromagnetik!

4. Kasus:

Sebuah rumah menggunakan Wi-Fi, kompor induksi, kulkas, dan telepon seluler.

Pertanyaan:

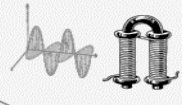
Jelaskan bagaimana teori medan elektromagnet berperan pada masing-masing perangkat tersebut!

5. Menurut Anda, bagaimana perkembangan teknologi elektromagnetik dapat mendukung konsep Smart City di masa depan?

====Selamat Mengerjakan=====

BAB 4

MANAJEMEN PEMBELAJARAN PADA MATERI TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET



Manajemen pembelajaran pada materi Medan Elektromagnetik melibatkan penggunaan berbagai strategi dan metode pengajaran untuk membantu peserta didik memahami konsep yang cenderung abstrak dan banyak melibatkan persamaan matematis. Tujuannya adalah untuk memastikan pemahaman konsep yang mendalam, tidak hanya hafalan.

A. Penerapan Fungsi-Fungsi Manajemen

Penerapan fungsi-fungsi manajemen (*Planning, Organizing, Actuating, Controlling* - POAC) dalam pembelajaran medan elektromagnetik bertujuan untuk mencapai keteraturan, kelancaran, dan efisiensi dalam proses pengajaran dan pembelajaran, memastikan tujuan kurikulum tercapai secara efektif, berikut adalah rincian penerapannya:

1. Perencanaan (*Planning*)

Tahap ini melibatkan penyusunan langkah-langkah strategis untuk mencapai tujuan pembelajaran.

- Menentukan Tujuan Pembelajaran: Merumuskan tujuan yang jelas, misalnya, "mahasiswa mampu menerapkan konsep kemagnetan dan induksi elektromagnetik dalam kehidupan sehari-hari".
- Penyusunan RPS dan Silabus: Merancang Rencana Pembelajaran Semester (RPS) dan silabus yang mencakup alokasi waktu, metode pembelajaran (misalnya, pendekatan saintifik atau *guided discovery*), dan sumber belajar.

- **Persiapan Media dan Bahan Ajar:** Merencanakan penggunaan alat peraga (seperti alat peraga medan magnet sederhana) atau media berbasis TIK untuk memvisualisasikan konsep medan elektromagnetik yang abstrak.
- **Penyiapan Evaluasi:** Merencanakan bentuk penilaian, seperti lembar kerja siswa, lembar observasi kegiatan, dan tes pemahaman konsep, untuk mengukur pencapaian mahasiswa.

2. Pengorganisasian (*Organizing*)

Tahap ini berfokus pada pengalokasian sumber daya dan pembagian tugas untuk menjalankan rencana.

- **Pembentukan Kelompok Belajar:** Mengorganisir mahasiswa ke dalam kelompok-kelompok untuk diskusi atau praktikum sederhana mengenai prinsip elektromagnet.
- **Pembagian Tugas dan Tanggung Jawab:** Memberikan tanggung jawab kepada setiap kelompok atau individu, misalnya, dalam melakukan eksperimen, mencatat data, atau mempresentasikan hasil kerja mereka.
- **Pengelolaan Sumber Daya:** Memastikan ketersediaan dan aksesibilitas bahan - bahan praktikum, laboratorium, atau infrastruktur TIK yang dibutuhkan selama pembelajaran.

3. Pelaksanaan (*Actuating*)

Ini adalah tahap implementasi rencana yang telah disusun, di mana tindakan nyata dilakukan untuk mencapai tujuan.

- **Melaksanakan Pembelajaran:** Mengajar materi medan elektromagnetik sesuai RPS, menggunakan metode yang direncanakan, seperti ceramah interaktif, diskusi kelompok, atau praktikum.

- Memotivasi mahasiswa: Mendorong dan memotivasi mahasiswa untuk aktif berpartisipasi, mengajukan pertanyaan, dan mengkaji konsep secara berulang-ulang untuk meningkatkan pemahaman.
- Pemanfaatan Media: Menggunakan alat peraga atau teknologi yang telah disiapkan untuk menjelaskan konsep-konsep kunci seperti induksi elektromagnetik, generator, dan dinamo.
- Memberikan Bimbingan: Memantau kemajuan mahasiswa selama kegiatan (misalnya, saat membuat karya sederhana yang memanfaatkan prinsip elektromagnet) dan memberikan bantuan saat mereka menghadapi kesulitan.

4. Pengawasan (*Controlling*)

Tahap ini melibatkan pemantauan dan evaluasi untuk memastikan kegiatan berjalan sesuai rencana dan melakukan tindakan korektif jika diperlukan.

- Observasi dan Pemantauan: Mengamati kegiatan belajar mengajar secara langsung, termasuk partisipasi mahasiswa dan kinerja kelompok, untuk memastikan semuanya berjalan sesuai rencana.
- Evaluasi Formatif dan Sumatif: Melakukan penilaian berkelanjutan (evaluasi formatif) selama proses pembelajaran, seperti kuis atau tanya jawab singkat, dan tes akhir (evaluasi sumatif) untuk mengukur pemahaman konsep secara keseluruhan.
- Refleksi dan Tindak Lanjut: Melakukan refleksi terhadap hasil evaluasi untuk mengidentifikasi kelemahan atau kesalahan dalam pembelajaran dan menyusun perbaikan untuk siklus atau pertemuan berikutnya.
- Penyesuaian Program: Jika hasil belajar belum optimal, dosen dapat menyesuaikan metode pengajaran, memberikan contoh tambahan, atau meninjau kembali bahan ajar.

B. Strategi pembelajaran (Misalnya Berbasis Proyek, Simulasi Digital, Atau *Problem-Based Learning*)

Strategi pembelajaran adalah pendekatan umum untuk pengalaman belajar mahasiswa, sementara model pembelajaran (seperti berbasis proyek dan berbasis masalah) adalah kerangka kerja prosedural spesifik untuk mengimplementasikan strategi tersebut. Berikut adalah materi tentang tiga model pembelajaran utama:

1. Pembelajaran Berbasis Proyek (*Project-Based Learning* - PjBL)

PjBL adalah model pembelajaran yang menggunakan proyek atau kegiatan nyata sebagai media utama pembelajaran. Mahasiswa terlibat dalam eksplorasi, interpretasi, dan sintesis informasi untuk menghasilkan suatu produk atau karya nyata yang memecahkan masalah atau tugas tertentu.

- Fokus utama: Produk nyata dan proses pencapaiannya.
- Tujuan: Mengembangkan keterampilan praktis, kolaborasi, komunikasi, dan kemampuan pemecahan masalah yang mendalam.

Penerapan:

1. Penentuan Pertanyaan Mendasar: Dosen memulai dengan pertanyaan pemicu atau masalah yang relevan.
2. Perancangan Proyek: mahasiswa merencanakan proyek secara detail.
3. Penyusunan Jadwal: Mahasiswa membuat jadwal aktivitas yang jelas.
4. Pelaksanaan dan Pemantauan: Mahasiswa bekerja dalam tim, dengan dosen memantau kemajuan dan memberikan bimbingan.
5. Penilaian Hasil: Penilaian dilakukan terhadap produk dan prosesnya.
6. Evaluasi Pengalaman: Refleksi terhadap proses belajar.

Keunggulan: Meningkatkan motivasi, kolaborasi, keterampilan berpikir kritis, dan memberikan pengalaman belajar langsung.

Kelemahan: Membutuhkan waktu yang lama, biaya tambahan untuk bahan proyek, dan tantangan dalam mengelola logistik kelas.

2. Simulasi Digital

Simulasi digital adalah inovasi pembelajaran interaktif yang menggabungkan elemen praktikum dengan teknologi digital, di mana mahasiswa berlatih dan mempraktikkan konsep secara virtual. Ini merepresentasikan realitas dalam lingkungan yang terkontrol oleh dosen.

- Fokus utama: Pengalaman virtual, aman, dan terkontrol.
- Tujuan: Memperoleh gambaran yang lebih jelas tentang proses, meminimalisir risiko dan biaya, serta membekali mahasiswa dengan keterampilan digital.

Penerapan:

- a) Penentuan Skenario: Dosen menetapkan skenario atau "dunia" virtual.
- b) Penyediaan Alat Digital: Menggunakan perangkat lunak, aplikasi, atau platform simulasi yang relevan.
- c) Peran Mahasiswa: Mahasiswa berinteraksi dalam lingkungan simulasi untuk menyelesaikan tugas atau mencapai tujuan.
- d) Diskusi dan Refleksi: Setelah simulasi, dosen memfasilitasi diskusi untuk menganalisis hasil dan mengaitkannya dengan teori.

Keunggulan: Menghidupkan suasana kelas, memudahkan pemahaman materi kompleks, efisien, dan aman untuk mempelajari situasi berisiko tinggi. **Kelemahan:** Membutuhkan persiapan teknis dan infrastruktur memadai, serta beberapa siswa mungkin awam dalam pengoperasian media digital.

3. Pembelajaran Berbasis Masalah (*Problem-Based Learning* - PBL)

PBL adalah model pembelajaran yang menempatkan masalah nyata (autentik) sebagai fokus utama proses belajar. Mahasiswa dihadapkan pada masalah, kemudian menggunakan pengetahuan yang sudah ada atau mencari informasi baru secara ilmiah untuk memecahkan masalah tersebut.

- Fokus utama: Proses penyelesaian masalah.
- Tujuan: Melatih kemampuan berpikir kritis, pemecahan masalah, kerja sama, dan kemandirian.

Penerapan:

- a) Orientasi mahasiswa pada Masalah: Dosen menyajikan masalah dunia nyata yang menarik.
- b) Mengorganisasi mahasiswa untuk Belajar: Dosen membantu mahasiswa mendefinisikan dan mengorganisasi tugas belajar yang berhubungan dengan masalah.
- c) Membimbing Penyelidikan: Mahasiswa melakukan penyelidikan (pengumpulan data/informasi) secara individu maupun kelompok.
- d) Mengembangkan dan Menyajikan Hasil: Mahasiswa menganalisis data dan menyajikan solusi atau karya.
- e) Menganalisis dan Mengevaluasi: Dosen dan mahasiswa mengevaluasi proses pemecahan masalah yang telah dilakukan.

Keunggulan: Meningkatkan keterampilan pemecahan masalah, berpikir kritis, dan membuat pembelajaran lebih relevan dengan dunia nyata.

Kelemahan: Membutuhkan waktu yang cukup panjang, dosen harus terampil dalam memfasilitasi, dan beberapa mahasiswa mungkin kesulitan jika terbiasa dengan metode pengajaran tradisional.

Perbedaan utama antara PjBL dan PBL terletak pada hasil akhirnya. PjBL menghasilkan suatu produk nyata, sementara PBL menekankan pada proses analisis dan solusi teoritis terhadap suatu masalah. Simulasi digital, di sisi lain, lebih berfokus pada penggunaan teknologi untuk meniru pengalaman nyata, seringkali untuk tujuan pelatihan atau visualisasi

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

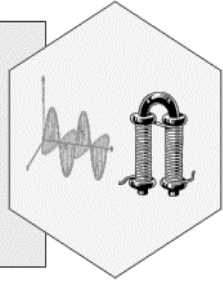
Mata kuliah Teori Medan Elektromagnet diajarkan kepada mahasiswa semester menengah. Materi mencakup medan listrik, medan magnet, hukum Gauss, dan persamaan Maxwell yang bersifat abstrak dan membutuhkan pemahaman konseptual serta kemampuan matematis yang kuat. Dosen telah menyiapkan RPS, namun pembelajaran masih didominasi ceramah dan penyelesaian soal hitungan. Media visual dan simulasi medan elektromagnet jarang digunakan, sementara aktivitas mahasiswa terbatas pada mencatat dan mengerjakan soal individu. Strategi pembelajaran berbasis proyek atau problem-based learning belum diterapkan secara konsisten. Asesmen pembelajaran lebih menekankan hasil akhir perhitungan dibandingkan pemahaman makna fisis dan kemampuan analisis. Di kelas, sebagian mahasiswa terlihat pasif, kurang termotivasi, dan menganggap materi medan elektromagnet sulit serta tidak relevan dengan aplikasi nyata.

1. Analisis permasalahan pembelajaran medan elektromagnet pada kasus tersebut berdasarkan konsep manajemen pembelajaran.
2. Analisis penerapan fungsi-fungsi manajemen pembelajaran (perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, evaluasi, dan tindak lanjut) yang belum berjalan optimal dalam pembelajaran medan elektromagnet.

3. Evaluasilah kesesuaian strategi pembelajaran yang digunakan dengan karakteristik materi medan elektromagnet. Selanjutnya, berikan rekomendasi strategi pembelajaran yang lebih tepat (misalnya *project-based learning*, simulasi digital, atau *problem-based learning*).
4. Tinjau perencanaan pembelajaran yang mencakup RPS, bahan ajar, media pembelajaran, dan asesmen. Rekomendasikan perbaikan agar perencanaan tersebut mendukung pembelajaran medan elektromagnet yang efektif dan bermakna.
5. Evaluasilah pengelolaan kelas dan upaya peningkatan motivasi mahasiswa dalam kasus tersebut. Usulkan langkah-langkah konkret yang dapat dilakukan dosen untuk meningkatkan keaktifan dan motivasi belajar mahasiswa pada materi medan elektromagnet.

BAB 5

IMPLEMENTASI MODEL MANAJEMEN PEMBELAJARAN PROPHETIC BERBASIS SIFAT- SIFAT KENABIAN PADA MATA KULIAH TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET



Model manajemen pembelajaran profetik berbasis sifat kenabian bertujuan membentuk mahasiswa yang tidak hanya menguasai ilmu pengetahuan, tetapi juga memiliki karakter ilmuwan berakhlak, sebagaimana sifat-sifat Nabi Muhammad.

Dalam pembelajaran Teori Medan Elektromagnet, model ini menekankan pada integrasi antara ilmu fisika, nilai moral, dan tanggung jawab spiritual. Mahasiswa diajak untuk memahami bahwa hukum-hukum alam seperti keteraturan medan listrik dan magnet adalah manifestasi dari sunnatullah, yang harus dikaji dengan jujur, amanah, cerdas, dan disampaikan dengan benar.

Dengan demikian, pendekatan profetik ini tidak hanya mengembangkan kecerdasan intelektual (*intellectual quotient*), tetapi juga moral dan spiritual quotient, agar mahasiswa menjadi ilmuwan yang cerdas, etis, dan bertanggung jawab.

A. Landasan Profetik dalam Pembelajaran

Model ini berlandaskan pada empat sifat kenabian sebagai nilai utama pendidikan karakter profetik, pada tabel berikut:

Tabel 5.1
Sifat kenabian dalam Implementasi dalam Pembelajaran

Sifat Kenabian	Makna dalam Konteks Pembelajaran	Implementasi dalam Manajemen / Pengelola Pembelajaran
Shiddiq (Jujur)	Kejujuran dalam berpikir ilmiah, melaporkan hasil eksperimen tanpa manipulasi.	Evaluasi dan laporan tugas menekankan integritas ilmiah.
Amanah (Tanggung jawab)	Melaksanakan tugas akademik dan eksperimen dengan disiplin dan tanggung jawab moral.	Penugasan berbasis proyek menilai kedisiplinan dan tanggung jawab individu.
Tabligh (Komunikatif)	Kemampuan menyampaikan ide ilmiah secara jelas, sopan, dan terbuka dalam diskusi.	Dosen memberi ruang presentasi dan debat ilmiah dengan etika komunikasi.
Fathanah (Cerdas)	Kecerdasan analitis dan kreatif dalam memahami, menghubungkan, dan menerapkan konsep medan elektromagnet.	Kegiatan <i>problem solving</i> , studi kasus, dan inovasi alat elektromagnetik sederhana.

Keempat sifat ini diintegrasikan ke dalam fungsi manajemen pembelajaran (*planning, organizing, actuating, controlling*), sehingga setiap proses pendidikan mencerminkan nilai-nilai kenabian dalam konteks keilmuan modern.

B. Desain Model Manajemen Pembelajaran Profetik

Model manajemen pembelajaran profetik berbasis sifat kenabian diterapkan melalui empat tahap utama, sesuai fungsi manajemen pendidikan:

1. Perencanaan (*Planning*) => Nilai Fathanah dan Amanah

- Dosen menyusun rencana pembelajaran dengan analisis kebutuhan mahasiswa, serta memastikan tujuan pembelajaran relevan dan terukur.
- Rencana mencakup pengintegrasian fenomena ilmiah (misalnya induksi elektromagnet) dengan nilai spiritual.
- Nilai *Fathanah* tercermin dalam perancangan strategi pembelajaran yang inovatif.
- Nilai *Amanah* terlihat dalam kesungguhan menyiapkan perangkat ajar yang kredibel dan akurat.

2. Pengorganisasian (*Organizing*)=> Nilai Amanah dan Shiddiq

- Mahasiswa dikelompokkan secara heterogen untuk saling melengkapi potensi.
- Dosen mengatur sumber belajar (modul, video, simulasi, jurnal) secara sistematis dan bertanggung jawab.
- Nilai *Shiddiq* diwujudkan melalui pengelolaan informasi ilmiah yang jujur dan valid.
- Nilai *Amanah* terlihat dalam tanggung jawab mahasiswa terhadap peran masing-masing dalam kelompok.

3. Pelaksanaan (*Actuating*) => Nilai Tabligh dan Fathanah

- Dosen memfasilitasi pembelajaran interaktif berbasis fenomena fisika, seperti eksperimen virtual medan magnet atau gelombang elektromagnet.
- Mahasiswa berlatih menjelaskan hasil temuan mereka secara terbuka, sopan, dan argumentatif (*Tabligh*).
- Kegiatan diskusi ilmiah menumbuhkan kemampuan berpikir kritis, kreatif, dan analitis (*Fathanah*).
- Nilai *Tabligh* juga mencakup kemampuan menyampaikan ide dengan kebenaran dan ketulusan.

4. Evaluasi (*Controlling*) => Nilai Shiddiq dan Amanah

- Dosen menilai bukan hanya hasil akhir, tetapi juga proses belajar, kejujuran akademik, dan tanggung jawab mahasiswa.
- Mahasiswa melakukan refleksi diri: apakah selama belajar mereka sudah jujur, disiplin, dan komunikatif.
- Dosen memberikan umpan balik (*feedback*) yang membangun dan mendorong perbaikan berkelanjutan

C. Integrasi Sifat Kenabian dalam Aktivitas Pembelajaran Fisika

Berikut tabel konkret penerapan nilai profetik dalam topik-topik medan elektromagnet:

Tabel 5.2
Penerapan Nilai Profetik

Topik Pembelajaran	Aktivitas	Nilai Kenabian yang Ditekankan
Medan Listrik	Eksperimen simulasi muatan dan gaya listrik	Fathanah ; cerdas dalam menganalisis hubungan gaya dan jarak.
Medan Magnet	Observasi interaksi arus dan medan magnet	Shiddiq; mencatat hasil percobaan atau praktikum secara jujur.
Induksi Elektromagnetik	Diskusi tentang efisiensi energi	Amanah; bertanggung jawab terhadap penggunaan energi yang efisien.
Persamaan Maxwell	Presentasi konsep dan keteraturan hukum alam	Tabligh; menyampaikan kebenaran ilmiah dengan argumentasi logis.
Gelombang Elektromagnet	Studi kasus aplikasi Wi-Fi dan MRI	<i>Fathanah & Amanah</i> ; cerdas dan etis dalam pemanfaatan teknologi.

D. Dampak Model Profetik terhadap Pembelajaran Fisika

Penerapan model profetik berbasis sifat kenabian memberikan pengaruh positif terhadap tiga ranah utama pembelajaran:

1. Ranah Kognitif (Ilmiah), Mahasiswa memahami konsep-konsep medan elektromagnet secara lebih dalam, logis, dan kontekstual.
2. Ranah Afektif (Nilai dan Sikap), Mahasiswa menumbuhkan integritas akademik, kejujuran, dan rasa tanggung jawab dalam belajar fisika.
3. Ranah Psikomotorik (Keterampilan), Mahasiswa lebih terampil dalam melakukan eksperimen, menyampaikan hasil, dan berkolaborasi dengan etika ilmiah.

E. Evaluasi Implementasi Model Profetik

Evaluasi dilakukan melalui tiga pendekatan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 5.3
Tiga Pendekatan Dalam Evaluasi

Jenis Evaluasi	Fokus Penilaian	Indikator Nilai Profetik
Evaluasi Kognitif	Pemahaman konsep, analisis kasus, dan perhitungan.	<i>Fathanah</i>
Evaluasi Afektif	Sikap ilmiah, kejujuran, dan disiplin dalam eksperimen.	<i>Shiddiq, Amanah</i>
Evaluasi Komunikatif	Kemampuan menjelaskan ide fisika secara etis dan logis.	<i>Tabligh</i>

Evaluasi ini menekankan *balance* antara kecerdasan ilmiah dan karakter moral, sehingga mahasiswa terbiasa berpikir ilmiah dengan nurani yang benar.

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

1. Apa makna kejujuran ilmiah (Shiddiq) dalam kegiatan praktikum fisika?
2. Bagaimana saudara menunjukkan sikap Amanah ketika mengerjakan proyek kelompok?
3. Dalam hal apa saja saudara dapat menerapkan nilai Tabligh saat menjelaskan konsep fisika?
4. Bagaimana nilai Fathanah membantu saudara memahami konsep medan elektromagnet yang abstrak?
5. Apa yang saudara pelajari tentang diri Anda sebagai calon guru melalui mata kuliah ini?



Pembelajaran dengan pendekatan saintifik adalah proses pembelajaran yang dirancang sedemikian rupa agar mahasiswa secara aktif mengonstruksi konsep, hukum atau prinsip melalui tahapan - tahapan mengamati (untuk mengidentifikasi atau menemukan masalah), merumuskan masalah, mengajukan atau merumuskan hipotesis mengumpulkan data dengan berbagai teknik, menganalisis data, menarik kesimpulan dan mengomunikasikan konsep, hukum, atau prinsip yang ditemukan.

Proses pembelajaran dengan berbasis pendekatan ilmiah harus dipandu dengan kaidah-kaidah pendekatan ilmiah. Pendekatan ini bercirikan menonjolkan dimensi pengamatan, penalaran, penemuan, pengabsahan, dan penjelasan tentang suatu kebenaran. Dengan demikian, proses pembelajaran harus dilaksanakan dengan dipandu nilai-nilai, prinsip-prinsip, atau kriteria ilmiah.

Pembentukan karakter saintifik mahasiswa adalah proses penanaman nilai dan sikap ilmiah seperti jujur, kritis, objektif, disiplin, dan rasa ingin tahu yang tinggi melalui pembiasaan berpikir serta bertindak berdasarkan metode ilmiah dalam kehidupan akademik maupun social. Pembentukan karakter saintifik bukan sekadar materi hafalan, melainkan transformasi cara berpikir (*mindset*) dan perilaku akademik yang mendalam.

A. Definisi dan Ciri Karakter Saintifik

Karakter saintifik merupakan seperangkat sikap, nilai, dan kebiasaan yang mencerminkan perilaku ilmiah seseorang dalam

memperoleh, mengolah, menggunakan, dan mengomunikasikan pengetahuan berdasarkan bukti serta prinsip-prinsip keilmuan. Pada mahasiswa, karakter saintifik tidak hanya ditunjukkan melalui kemampuan memahami teori atau melakukan eksperimen, tetapi juga melalui kejujuran, objektivitas, rasa ingin tahu, berpikir kritis, keterbukaan terhadap bukti, ketelitian, tanggung jawab, dan kemauan untuk terus belajar. Beberapa ciri utama karakter saintifik mahasiswa meliputi:

1. Rasa ingin tahu; memiliki dorongan untuk bertanya, mencari informasi, dan memahami fenomena secara mendalam.
2. Berpikir kritis; mampu menganalisis informasi, membandingkan bukti, serta mengevaluasi suatu kesimpulan secara rasional.
3. Objektif; mengambil keputusan berdasarkan data dan bukti, bukan berdasarkan prasangka atau kepentingan pribadi.
4. Jujur secara akademik; menyampaikan data dan hasil penelitian sebagaimana adanya serta menghindari manipulasi dan plagiarisme.
5. Teliti dan sistematis; melaksanakan kegiatan ilmiah berdasarkan prosedur yang jelas dan dapat dipertanggungjawabkan.
6. Terbuka terhadap kritik; bersedia menerima pendapat, koreksi, dan temuan yang berbeda.
7. Bertanggung jawab; mampu mempertanggung jawab kan proses dan hasil kegiatan akademik.
8. Kolaboratif; mampu bekerja sama, menghargai kontribusi orang lain, dan membangun komunikasi ilmiah.
9. Reflektif; mampu mengevaluasi proses belajar dan mengambil pelajaran dari pengalaman ilmiah.
10. Berorientasi pada kemaslahatan; menggunakan pengetahuan dan keterampilan ilmiah untuk memberikan manfaat bagi manusia dan lingkungan.

Contoh dalam studi kasus Hukum Gauss di atas sangat cocok ditempatkan setelah materi “Integrasi Nilai Profetik dalam Kegiatan Belajar”, karena mahasiswa langsung melihat bagaimana nilai profetik diterapkan dalam aktivitas ilmiah yang konkret. Tentunya, materi Pembentukan Karakter Sainifik Mahasiswa, indikator sebaiknya dibuat operasional dan dapat diamati, terutama yang akan digunakan dalam pembelajaran Teori Medan Elektromagnet, Indikator Karakter Sainifik Mahasiswa dalam tabel 6.1.

Tabel 6.1
Indikator Karakter Sainifik Mahasiswa

No.	Karakter Sainifik	Indikator Perilaku Mahasiswa	Contoh dalam Teori Medan Elektromagnet
1	Rasa ingin tahu	Mengajukan pertanyaan tentang fenomena atau konsep elektromagnetik	Bertanya mengapa medan listrik memiliki arah tertentu pada distribusi muatan
2	Berpikir kritis	Menganalisis informasi, asumsi, dan bukti sebelum menarik kesimpulan	Memeriksa kesesuaian penggunaan Hukum Gauss dengan kondisi simetri
3	Objektivas	Menggunakan data, fakta, dan argumentasi ilmiah dalam mengambil keputusan	Tidak memilih hasil hanya karena sesuai dengan jawaban kelompok lain
4	Kejujuran ilmiah	Menyampaikan data, hasil perhitungan, dan kesalahan secara apa adanya	Tidak mengubah hasil perhitungan medan agar sesuai dengan teori

5	Ketelitian	Memeriksa prosedur, persamaan, satuan, tanda, dan hasil perhitungan	Memeriksa arah vektor, tanda positif/negatif, dan dimensi besaran
6	Sistematis	Melakukan analisis berdasarkan langkah dan prosedur yang logis	Menyelesaikan persoalan dari identifikasi sumber medan hingga memperoleh solusi
7	Terbuka terhadap kritik	Menerima koreksi dan menggunakan masukan untuk memperbaiki analisis	Merevisi penyelesaian setelah menemukan kesalahan dalam penerapan Persamaan Maxwell
8	Komunikasi ilmiah	Menjelaskan proses berpikir dan hasil analisis berdasarkan bukti	Mempresentasikan penurunan persamaan medan elektromagnetik secara logis
9	Kolaboratif	Bekerja sama dan menghargai pendapat anggota kelompok	Berdiskusi dalam menentukan pendekatan penyelesaian masalah medan
10	Tanggung jawab ilmiah	Menyelesaikan tugas dan mempertanggungjawabkan proses serta hasilnya	Menjelaskan sumber kesalahan ketika hasil analisis berbeda dari teori
11	Reflektif	Mengevaluasi proses belajar dan mengidentifikasi kekuatan serta kesalahan diri	Menuliskan refleksi setelah menyelesaikan persoalan elektromagnetik

12	Etis dan berintegritas	Menghindari manipulasi, plagiarisme, dan penggunaan hasil orang lain tanpa pengakuan	Menyusun laporan berdasarkan hasil analisis sendiri dan mencantumkan sumber yang digunakan
----	------------------------	--	--

B. Integrasi Nilai Profetik dalam Kegiatan Belajar

Ilmu (sains dan teknologi) terus berkembang maju (dinamis dan akumulatif) karena dikembangkan melalui riset (penelitian). Ilmuwan semakin tertantang untuk menemukan dan memecahkan misteri alam, masalah kehidupan, dan menyiapkan masa depan, termasuk menemukan jawaban dan solusi atas pertanyaan-pertanyaan yang tidak semua bisa dijawab oleh agama dan budaya. Temuan (teori) ilmu (sains) modern yang semakin maju itu kemudian difungsikan sebagai pemandu peradaban.

Idealnya, pendidikan dikembalikan kepada khitahnya, sebagai sarana liberasi (pembebasan dari kesyirikan, kebodohan, kemunduran, dan kemiskinan), humanisasi (berakhlak mulia, beradab, berkarakter positif), transendensi (bersikap, berpikir, dan bertindak dalam rangka taqarrub ila Allah), dan sebagaimana sistem pendidikan yang diwariskan oleh Nabi Muhammad SAW. Dengan kata lain, bagaimana memaknai dan mengembangkan pendidikan profetik berbasis wahyu, uswah hasanah Nabi SAW, dan akal rasional yang menghasilkan lulusan seperti para sahabatnya dengan aneka profil keadaban luhur dan keilmuan yang membuahkan amal shalih dan perilaku mushlih (membangun, memperbaiki, dan memajukan peradaban).

Integrasi nilai profetik dalam kegiatan belajar adalah proses memasukkan unsur kenabian ke dalam perencanaan, pelaksanaan, dan evaluasi pembelajaran untuk membentuk karakter mulia

mahasiswa. Dalam pembentukan karakter saintifik dapat diperkuat melalui integrasi nilai-nilai profetik dalam proses pembelajaran. Nilai profetik memberikan landasan moral sehingga kegiatan ilmiah tidak berhenti pada pencapaian kemampuan kognitif, tetapi juga membentuk pribadi yang berintegritas. Adapun nilai profetik yang dikembangkan terdapat dalam tabel dibawah ini.

Tabel 6.2
Empat nilai utama profetik

Nilai Profetik	Makna	Implementasi dalam Pembelajaran Sains
Şiddiq	Kejujuran	Menyajikan data eksperimen sesuai hasil sebenarnya dan tidak memanipulasi data
Amanah	Tanggung jawab	Menggunakan alat laboratorium dengan benar dan menyelesaikan tugas ilmiah secara bertanggung jawab
Tabligh	Menyampaikan ke benaran / komunikasi	Mengomunikasikan hasil penelitian secara jelas, terbuka, dan berdasarkan bukti
Faṭonah	Kecerdasan / kebijaksanaan	Berpikir kritis, memecahkan masalah, menganalisis fenomena, dan mengambil keputusan berdasarkan pertimbangan ilmiah

Integrasi tersebut dapat dilakukan melalui berbagai aktivitas, seperti eksperimen, diskusi, proyek, pemecahan masalah, presentasi, penelitian sederhana, dan refleksi pembelajaran. Sebagai contoh mahasiswa melakukan praktikum fisika, dosen tidak hanya menilai ketepatan hasil pengukuran, tetapi juga mengamati apakah mahasiswa mencatat data secara jujur (şiddiq), memelihara / menjaga

alat dan menyelesaikan tugas (amanah), mampu menjelaskan hasil pengamatan (tabligh), serta mampu menganalisis hubungan antara data dan konsep fisika (faṭonah). Dengan demikian, pembelajaran sains menjadi ruang untuk mengembangkan kompetensi ilmiah sekaligus karakter moral.

Tabel 6.3
Indikator Profetik

No	Nilai Profetik	Indikator
1	Siddiq / Kejujuran ilmiah	• Menyajikan hasil analisis sesuai fakta. • Tidak memanipulasi data atau perhitungan. • Mengakui kesalahan dalam proses penyelesaian masalah. • Mencantumkan sumber informasi secara benar.
2	Amanah / Tanggung jawab ilmiah	• Melaksanakan tugas sesuai prosedur. • Menggunakan alat dan sumber belajar secara bertanggung jawab. • Mempertanggungjawabkan hasil analisis. • Menyelesaikan tugas sesuai kesepakatan
3	Tabligh / Komunikasi ilmiah	• Menjelaskan konsep berdasarkan bukti dan argumentasi. • Mengomunikasikan hasil analisis secara sistematis. • Menghargai pendapat dalam diskusi. • Mampu memberikan dan menerima kritik secara akademik

4	Faʻtonah / Kecerdasan dan berpikir kritis	• Mengidentifikasi masalah secara tepat. • Menganalisis hubungan antar variabel. • Memilih metode penyelesaian yang sesuai. • Mengevaluasi hasil berdasarkan teori dan bukti. • Menarik kesimpulan secara logis.
---	---	--

Contoh bagaimana karakter saintifik itu dibentuk dan dinilai dalam pembelajaran Teori Medan Elektromagnet.

Tabel 6.4
Integrasi Karakter Saintifik, Aktivitas Pembelajaran, dan Nilai Profetik

No	Nilai Profetik	Indikator Karakter saintifik	Nilai Profetik Aktivitas Pembelajaran Teori Medan Elektromagnet	Bentuk Penilaian
1	Faʻtonah	Rasa ingin tahu	Mahasiswa mengamati fenomena medan listrik dan mengajukan pertanyaan tentang distribusi medan	Pertanyaan yang diajukan
2	Faʻtonah	Berpikir kritis	Mahasiswa menganalisis kesesuaian Hukum Gauss dengan berbagai bentuk distribusi muatan	Analisis masalah

3	Şiddiq	Kejujuran ilmiah	Mahasiswa menyajikan hasil perhitungan tanpa mengubah hasil agar sesuai dengan teori	Laporan/hasil analisis
4	Amanah	Ketelitian	Mahasiswa memeriksa arah medan, tanda, satuan, dan langkah matematis	Lembar kerja
5	Şiddiq, Faṭonah	Objektivitas	Mahasiswa membandingkan hasil perhitungan dengan teori berdasarkan argumentasi matematis	Argumentasi ilmiah
6	Amanah	Sistematis	Mahasiswa menyelesaikan persoalan berdasarkan tahapan identifikasi masalah, pemilihan persamaan, perhitungan, dan interpretasi	Proses penyelesaian
7	Tabligh	Komunikasi ilmiah	Mahasiswa mempresentasikan hasil analisis medan elektromagnetik dan menjawab pertanyaan kelompok lain	Presentasi dan diskusi
8	Tabligh	Kolaborasi	Mahasiswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan	Observasi kerja kelompok

			persoalan Persamaan Maxwell	
9	Tabligh, Fa'tonah	Terbuka terhadap kritik	Mahasiswa menerima koreksi terhadap kesalahan konsep atau matematis dan memperbaiki hasilnya	Revisi hasil analisis
10	Amanah	Tanggung jawab	Mahasiswa menyelesaikan tugas dan mempertanggungjawabkan setiap langkah analisis	Tugas individu/ kelompok
11	Şiddiq, Amanah	Integritas akademik	Mahasiswa menggunakan sumber ilmiah secara benar dan menghindari plagiarisme	Laporan dan daftar pustaka
12	Şiddiq, Amanah Fa'tonah	Refleksi ilmiah dan spiritual	Mahasiswa merefleksikan hubungan antara keteraturan hukum elektromagnetik, proses ilmiah, dan tanggung jawab manusia dalam menggunakan ilmu	Jurnal/ refleksi

C. Refleksi Nilai Religius, Etis, dan Ilmiah dalam Pembelajaran Sains

Sains (Fisika, Biologi, Kimia) karakteristik keilmuannya berhubungan sangat erat dengan kehidupan dan fenomena alam

semesta, dimana cara mempelajarinya melalui serangkaian proses penemuan (inkuiri) yang dikenal dengan metode ilmiah. Sementara ditinjau dari hakikat pembelajarannya yang mengedepankan 4 domain: proses, produk, sikap, serta teknologi sebagai bentuk aplikasi dari sains. Sains sebagai proses, artinya pembelajaran sains sebagai cara untuk memperoleh pengetahuan melalui sejumlah kegiatan keterampilan proses sains sehingga nilai-nilai sikap ilmiah seperti: kejujuran, keuletan, tanggung jawab, disiplin, rasa ingin tahu, dll. Pembelajaran sains dapat menjadi sarana bagi mahasiswa untuk melakukan refleksi terhadap hubungan antara ilmu pengetahuan, nilai moral, dan tanggung jawab kepada Tuhan serta sesama manusia. Refleksi dapat diarahkan pada tiga dimensi.

1. Nilai religious, mahasiswa diajak menyadari bahwa keteraturan alam yang dipelajari melalui sains merupakan bagian dari kebesaran dan keteraturan ciptaan Tuhan. Pemahaman terhadap fenomena alam dapat mendorong rasa syukur, kekaguman, dan kesadaran akan keterbatasan manusia
2. Nilai etis, Mahasiswa memahami bahwa ilmu pengetahuan harus digunakan secara bertanggung jawab. Dalam penelitian dan praktikum, misalnya, mahasiswa harus menghindari manipulasi data, plagiarisme, penyalahgunaan informasi, serta tindakan yang dapat merugikan orang lain atau lingkungan.
3. Nilai ilmiah, Mahasiswa dibiasakan menggunakan bukti, data, logika, dan prosedur ilmiah dalam mengambil keputusan. Mereka juga perlu memahami bahwa kesimpulan ilmiah harus terbuka terhadap pengujian dan kemungkinan perubahan apabila ditemukan bukti baru.

Ketiga dimensi tersebut dapat dipadukan melalui kegiatan refleksi setelah pembelajaran. Misalnya, setelah melakukan eksperimen, refleksi menjadi jembatan antara pengetahuan ilmiah, kesadaran religius, dan tanggung jawab etis.

D. Peran Dosen dalam Menumbuhkan Budaya Ilmiah dan Spiritual

Pendidikan tinggi memiliki peran krusial dalam membentuk masa depan yang berkualitas. Di balik kesuksesan pendidikan tinggi, terdapat peran yang tak ternilai dari para dosen yang memiliki budaya akademik yang kuat. Dosen bukan hanya pengajar, tetapi juga pemimpin dalam membentuk budaya akademik yang berkualitas di dalam institusi pendidikan. Dosen berbudaya akademik memiliki integritas yang tinggi dalam menjalankan tugas-tugas mereka. Mereka menjunjung tinggi etika profesi dan mempertahankan standar akademik yang tinggi. Integritas ini penting dalam membentuk budaya akademik yang adil, jujur, dan dapat dipercaya. Dosen berbudaya akademik menjadi panutan bagi mahasiswa, mengajarkan mereka pentingnya kejujuran, etika kerja, dan nilai-nilai moral dalam kehidupan profesional mereka.

Dosen memiliki posisi strategis dalam pembentukan karakter saintifik mahasiswa. Dosen bukan hanya sebagai penyampai pengetahuan, tetapi juga sebagai teladan, fasilitator, pembimbing, dan pengarah perkembangan karakter mahasiswa. Beberapa peran penting dosen adalah:

1. Sebagai teladan ilmiah dan moral, dosen menunjukkan kejujuran akademik, ketelitian, keterbukaan terhadap kritik, dan tanggung jawab dalam menjalankan kegiatan akademik.
2. Sebagai fasilitator budaya ilmiah, Dosen menciptakan lingkungan pembelajaran yang mendorong mahasiswa bertanya, berdiskusi, melakukan eksperimen, menyampaikan pendapat, dan menguji gagasan berdasarkan bukti.
3. Sebagai pengintegrasikan nilai profetik, Dosen menghubungkan aktivitas pembelajaran dengan nilai *ṣiddiq*, amanah, *tabligh*, dan *faṭonah* tanpa memisahkan antara penguasaan ilmu dan pembentukan karakter.

4. Sebagai pembimbing refleksi, Dosen memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk merefleksikan pengalaman belajar, termasuk aspek ilmiah, etis, dan spiritual yang diperoleh selama proses pembelajaran.
5. Sebagai pengembang budaya akademik yang sehat, Dosen membangun budaya yang menghargai kejujuran, kerja sama, argumentasi berbasis bukti, penghargaan terhadap perbedaan pendapat, serta tanggung jawab terhadap hasil kerja.

EVALUASI

Kerjakan soal dibawah ini dengan teliti !

1. Jelaskan pengertian karakter saintifik dan sebutkan minimal lima cirinya!
2. Mengapa kejujuran ilmiah merupakan bagian penting dari karakter saintifik mahasiswa?
3. Jelaskan hubungan antara nilai *ṣiddiq*, amanah, *tabligh*, dan *faṭonah* dengan kegiatan pembelajaran Teori Medan Elektromagnet!
4. Mengapa mahasiswa harus tetap menyampaikan hasil perhitungan meskipun hasil tersebut berbeda dengan teori?
5. Jelaskan bagaimana kegiatan diskusi dan presentasi dapat mengembangkan karakter saintifik mahasiswa!
6. Kasus : Dalam menyelesaikan persoalan medan listrik menggunakan Hukum Gauss, kelompok A memperoleh hasil yang berbeda dengan kelompok B. Setelah diperiksa, kelompok A menemukan bahwa terdapat kesalahan dalam menentukan arah vektor medan listrik. Salah seorang mahasiswa mengusulkan agar hasil tersebut diubah supaya sama dengan hasil kelompok B dan terlihat benar.
 - a. Apa yang seharusnya dilakukan kelompok A?

- b. Karakter saintifik apa yang harus ditunjukkan mahasiswa dalam situasi tersebut?
- c. Nilai profetik apa yang paling berkaitan dengan kasus tersebut? Jelaskan!
- d. Mengapa mengubah hasil perhitungan tanpa memperbaiki proses analisis merupakan tindakan yang tidak sesuai dengan etika ilmiah?
- e. Bagaimana mahasiswa dapat menunjukkan sikap faʿlonah dalam menyelesaikan masalah tersebut?

DAFTAR PUSTAKA

- A. Majid (2006), *Perencanaan Pembelajaran*, Bandung: PT Remaja Rosdakarya, hal. 15
- Asshagab, S. M., Ledang, I., Asshagab, M., Asshagab, S. M., & Enggal, E. (2025). Developing scientific–religious character through the integration of Islamic values and self-regulated learning in science education. *Indonesian Journal of Science and Education*, 9(2), 156–173.
- Bell, R & Lederman, N. 2003. Understandings of the Nature of Science and Decision making on Science and Technology based issues. *Science Education*, 87, 352-377
- Boas, Mary L. (1983), *Mathematical Methods in The Physical Sciences*. Jhon Wiley & Sons. Inc
- David.J.Griffiths.(1999). *Introduction To Elektrodynamics* , Prentice Hall, New Jersey.
- David. J. Griffiths, (2014). *Instructor's Solution Manual Introduction to Electrodynamics*, Pearson Education.
- Edminister, Josep A. (1984), *Theory And Problems Of Electromagnetics (Schaum Series)*, Mc Graw – Hill. Inc
- Fatonah, S., Prasetyo, Z. K., Utami, A. D., Chasanah, U., Lusiana, L., & Siregar, V. V. (2020). Scientific attitude and its effect on students' productivity. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Fayol, H. (2016). *General and Industrial Management*. London: Martino Fine Books.
- Gagne, R. M., Wager, W. W., Golas, K. C., & Keller, J. M. (2019). *Principles of Instructional Design* (6th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2018). *Fundamentals of Physics* (11th ed.). Wiley.

- Hamzah B. Uno,(2008). Perencanaan Pembelajaran, Jakarta: Bumi Aksara, hal. 82
- Hamzah B. Uno, (2016). *Teori Motivasi dan Pengukurannya: Analisis di Bidang Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Hasanah, N., & Suyanto, T. (2022). Manajemen pembelajaran berbasis nilai profetik di perguruan tinggi. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran*, 29(3), 145–156. <https://doi.org/10.23887/jpp.v29i3.33245>
- Hopkins, Aiden (2018). Electromotive Forces. Scientific e-Resources. Pp.209. ISBN 9781839473814.
- Husaini Usman, (2006), Manajemen Teori, Praktek dan Riset Pendidikan, Jakarta: Bumi Aksara, hal. 3
- Kamali, Mohammad Hashim (2016)*. Islamic Perspectives on Science and Technology: Selected Conference Papers. Springer. hlm. 248. ISBN 9789812877789.
- Kemendikbudristek. (2021). *Panduan Implementasi Pembelajaran Inovatif di Perguruan Tinggi*.
- Kereh, C. T., Paais, R., & Limba, A. (2017). Scientific approach to build students' scientific attitudes and its effectiveness toward their achievement in physics. Proceedings of the 4th International Conference on Research, Implementation, and Education of Mathematics and Science (ICRIEMS).
- Kuntowijoyo. (2001). *Paradigma Islam: Interpretasi untuk Aksi*. Bandung: Mizan.
- Kurniawan, D. A., Astalini, & Sari, D. K. (2019). An evaluation analysis of students' attitude towards physics learning at senior high school. *Jurnal Penelitian dan Evaluasi Pendidikan*, 23(1). <https://doi.org/10.21831/pep.v23i1.20821>
- Musaddiq Musbach, (2015) , Teori Medan Elektromagnet , Jakarta,Karunika

- Purcell, E. M., & Morin, D. (2013). *Electricity and Magnetism*. Cambridge University Press.
- Saekhan Muchit,(2008) Pembelajaran Kontekstual, semarang : Rasail Media Grup, hal 110.
- Sagala, S. (2013). *Manajemen Strategik dalam Peningkatan Mutu Pendidikan*. Bandung: Alfabeta.
- Serway, R. A., & Jewett, J. W. (2018). *Physics for Scientists and Engineers with Modern Physics* (10th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Supriyanto, E. (2022). *Model Manajemen Pembelajaran Sains di Perguruan Tinggi*. Yogyakarta: Deepublish.
- Terry, G. R., & Rue, L. W. (2019). *Principles of Management*. New York: McGraw-Hill.
- Uno, H. B. (2016). *Teori Motivasi dan Pengukurannya: Analisis di Bidang Pendidikan*. Jakarta: Bumi Aksara.

GLOSARIUM

Amanah	: Nilai profetik yang berarti tanggung jawab moral dan etika dalam melaksanakan tugas
Arus induksi	: Arus yang terjadi akibat adanya perubahan kuat medan magnet atau perubahan jumlah garis gaya magnet dalam kumparan atau arus induksi adalah arus yang terjadi karena tegangan induksi
Arus Listrik	: Aliran muatan listrik, umumnya elektron, melalui konduktor.
Biot-Savart	: Hukum fisika yang menentukan besar dan arah medan magnet yang dihasilkan oleh arus listrik konstan.
Elektromagnet	: Cabang fisika yang mempelajari hubungan antara medan listrik dan medan magnet.
Elektromagnetisme	: Cabang fisika yang mempelajari interaksi antara partikel bermuatan listrik melalui medan listrik dan magnet.
Elektrostatik	: Studi tentang muatan listrik dalam keadaan
Divergensi	Ukuran seberapa banyak medan vektor menyebar keluar dari suatu titik.
Fathonah	: Nilai profetik yang bermakna kecerdasan, kebijaksanaan, dan

	kreativitas dalam berpikir dan bertindak.
Feromagnetisme	: bentuk magnetisme terkuat dan satu-satunya bentuk yang menciptakan gaya yang cukup kuat untuk dirasakan oleh tangan manusia. Suatu zat feromagnetik sangat tertarik oleh magnet.
Fisika	: Salah satu cabang ilmu pengetahuan alam (sains) yang berisi kajian tentang sifat dasar materi (zat) dan energi serta interaksi antara materi (zat) dengan energi tersebut.
Fluks Magnetik	: Jumlah garis-garis gaya magnetic yang menembus tegak lurus suatu permukaan bidang
Garis Gaya Listrik	: Beda potensial antara ujung-ujung penghantar sebelum dialiri arus listrik. Gaya gerak listrik disingkat dengan GGL, dengan satuan volt.
Gelombang Elektromagnet	: Getaran medan listrik dan medan magnet yang merambat sebagai energi
Generator	: Mesin yang mengubah energy kinetik menjadi energi listrik
Generator AC	: Generator yang menghasilkan listrik arus bolak-balik
Generator DC	: Generator yang menghasilkan listrik arus searah.
Induksi Elektromagnet	: Proses terbentuknya arus listrik akibat perubahan fluks magnet

Induktansi Diri	: perubahan kuat arus 1 Ampere setiap detik yang menyebabkan timbulnya GGL sebesar 1 volt
Kuat Medan Listrik	: Gaya per satuan muatan yang bekerja pada suatu titik dalam ruang, diukur dalam Volt per meter (V/m)
Kuat Medan Magnet	: Ukuran intensitas medan magnetisasi yang dihasilkan oleh arus listrik atau magnet permanen, diukur dalam ampere per meter (A/m)
Magnet Batang	: magnet permanen dengan panjang magnetik lebih besar daripada diameternya atau diameter efektif untuk magnet batang persegi panjang. Magnet ini memiliki kutub utara dan kutub selatan yang biasanya terletak di ujung yang berlawanan.
Manajemen Pembelajaran	: Proses pengelolaan aktivitas belajar agar berjalan efektif, efisien, dan bermakna
Maxwell	: Kumpulan empat persamaan dasar (persamaan diferensial parsial) yang mendasari teori elektromagnetik, menjelaskan hubungan antara muatan, arus, medan listrik, dan medan magnet
Medan Listrik	: Wilayah di sekitar muatan listrik yang menimbulkan gaya terhadap muatan lain.

Medan Magnet	: Wilayah di sekitar magnet atau arus listrik yang menimbulkan gaya magnetik.
Metode Ilmiah	: Serangkaian Langkah - langkah dalam melakukan identifikasi masalah, mengumpulkan data dalam cakupan masalah yang ada, memilah data untuk mencari hubungan, merumuskan hipotesis atau dugaan ilmiah sementara, menguji hipotesis secara tepat dan mengonfirmasi hipotesis/dugaan ilmiah apabila terdapat temuan-temuan baru dalam eksperimen yang dilakukan
Potensial Elektrostatik	: Energi potensial listrik per satuan muatan pada titik tertentu.
Profetik	: Bersifat kenabian; mengacu pada nilai-nilai moral yang dicontohkan oleh para nabi, khususnya Nabi Muhammad
Shidiq	: Nilai profetik yang berarti kejujuran, integritas, dan kebenaran dalam berpikir dan bertindak.
Solenoida	: kumparan yang lilitannya rapat dan berbentuk lurus
Toroida	: solenoida yang melengkung berbentuk lingkaran
Thabliq	: Nilai profetik yang berarti kemampuan menyampaikan kebenaran dan pengetahuan dengan hikmah.

Teori Medan Elektromagnet	: Teori fisika yang menjelaskan interaksi antara medan listrik dan magnet, diformulasikan secara komprehensif dalam Persamaan Maxwell.
Transformator	: Alat yang mampu menaikkan atau menurunkan tegangan listrik
Transformator Step Up	: Transformator yang berfungsi menaikkan tegangan.
Transformator Step Down	: Transformator yang berfungsi menurunkan tegangan listrik.
Vektor Medan	: Besaran yang memiliki arah dan nilai, yang menggambarkan medan listrik atau magnet di setiap titik ruang

RIWAYAT PENULIS



Imas Ratna Ermawati, Dr., M.Pd. Lahir di Jakarta, pada tahun 1968 adalah dosen tetap persyarikatan Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA. Menyelesaikan pendidikan S-1 dari jurusan Fisika, Universitas Nasional di Jakarta pada tahun 1992 dan lulus dari program Magister Pendidikan (Teknologi Pendidikan) Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2005, dan lulus program Doktor Universitas Pakuan Bogor tahun 2021 bidang Manajemen Pendidikan.

Saat ini adalah staf pengajar pada jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA (UHAMKA) dan mengajar mata kuliah Fisika dasar, kalkulus, fisika matematika, fisika statistik dan aljabar linier, pengelolaan laboratorium, metodologi penelitian ,administrasi pendidikan. Imas Ratna Ermawati aktif dalam bidang pendidikan dan pelatihan untuk kepala sekolah dan guru – guru, baik di sekolah menengah atas maupun sekolah dasar. Juga terlibat sebagai asesor pada penilaian jabatan fungsional, asesor untuk penilaian beban kerja dosen, mengajar untuk kegiatan sertifikasi guru dalam jabatan maupun dalam jabatan rayon 37 UHAMKA sejak tahun 2009 sampai sekarang. Ia juga aktif mengajar di P4TKIPA dengan program Didamba serta menjadi instruktur PEKERTI. Selain itu juga aktif membimbing mahasiswa dalam kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) baik bidang penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat, mulai tahun 1996 sampai sekarang. Karya berupa buku yang telah diterbitkan adalah 100% Kuasai Materi dan Soal-soal Penting

Matematika dan IPA (2012) Terbitan PT Grasindo ; Bahas Tuntas Matematika & IPA SMA (2013) terbitan PT Grasindo; Konsep Dasar Fisika (2014) terbitan Uhamka Press ; Aljabar Linier (2013) terbitan Uhamka Press ; Fisika Dasar 1 (2014) terbitan Alia Media; Fisika Dasar 1 Berbasis Nilai (2016) terbitan Uhamka Press ; Fisika Matematika (2017) terbitan Uhamka Press ; Praktik Mengajar (2022) terbitan Ferniks Muda ; Fisika Statistika (2023) terbitan Elite Media Kreazi (El Markazi) ; Manajemen Pengelolaan Laboratorium (2024) terbitan Elite Media Kreazi (El Markazi); Manajemen Pembelajaran Berbasis Nilai (2024) Terbitan Green Publisher ; Manajemen Laboratorium Untuk Universitas (2025) Terbitan UNJ Press ; Metodologi Penelitian Pendidikan (2026) Terbitan UHAMKA Press.



Onny Fitriana Sitorus, lahir di Jakarta Tanggal 7 November 1972 merupakan anak pertama dari pasangan Mangara Sitorus dan Mimin Aminah. Menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN Mekarjaya XVII Depok

Tahun 1986. Menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMPN 3 Depok Tahun 1988. Menyelesaikan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Depok tahun 1990

Menyelesaikan Pendidikan Strata 1 (S1) di IKIP Muhammadiyah Jakarta sekarang Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA) Tahun 1995. Menyelesaikan Pendidikan Strata 2 (S2) di IKIP Jakarta sekarang Universitas Negeri Jakarta (UNJ) Tahun 1999, dan Tahun 2018 menyelesaikan Pendidikan Strata 3 (S3) di kampus yang sama. Aktivitas kerja mulai Tahun 1999 mengabdikan di UHAMKA dan menjadi Dosen Tetap Persyarikatan Muhammadiyah pada Tahun 2004 hingga kini.

Periode 2004 sd 2011 diamanahi Plh Sekretaris Program Studi Magister Administrasi Pendidikan PPs UHAMKA. Periode 2017 sd 2021 diamanahi sebagai Sekretaris Program Studi Pendidikan Ekonomi FKIP UHAMKA dan mulai Tahun 2021 hingga ini sebagai Ketua Program Studi Pendidikan Ekonomi FKIP UHAMKA. Pengalaman sebagai Instruktur Diklat Penguatan Kepala Sekolah (PKS) Tahun 2019 sd 2021 dan sebagai Instruktur Pendidikan Profesi Guru (PPG) Tahun 2017 hingga kini. Aktivitas lain sebagai Focal Point Gender pada Pusat Studi Gender dan Perlindungan Anak (PSGPA) UHAMKA.



Ir. Harry Ramza, ST, MT, PhD. Lahir di Jakarta 1970 adalah Dosen Tetap pada Program Studi Teknik Elektro, Universitas Muhammadiyah Prof. Dr. HAMKA. Menyelesaikan Pendidikan S1 Teknik Elektro bidang RF Telecommunication, Institut Teknologi Indonesia, Serpong Tangerang pada tahun 1996. Menyelesaikan Program Magister Teknik Bidang Optoelektroteknika dan Aplikasi Laser, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Jakarta pada tahun 2002. Melanjutkan program S3 (PhD Program) bidang Fiber Optic Sensor, Faculty of Engineering and Built Environment, Universiti Kebangsaan Malaysia, Selangor, Malaysia, selesai pada tahun 2017. Kemudian mengikuti Program Profesi Insinyur, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta pada tahun 2025. Dr. Harry aktif sebagai pengurus bidang I Pengembangan Anggota, Perhimpunan Peneliti Indonesia (PPI) Cabang Jakarta, serta Pengurus Bidang 4 (Pengembangan Society, Forkom PTS & Vokasi), Forum Teknik Elektro Indonesia (FORTEI) Regional 2 DKI Jakarta dan Jawa Barat. Selain itu juga

aktif sebagai pembimbing mahasiswa magang penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat dalam bidang pendidikan dan pelatihan untuk guru – guru, baik di sekolah menengah atas, mulai tahun 2005 sampai sekarang.



Sugianto, M.Si. Lahir di Sibeia, pada tahun 1985 adalah dosen tetap persyarikatan Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA. Menyelesaikan pendidikan S-1 dari jurusan Fisika, Universitas Tadulako di Sulawesi pada tahun 2009 dan lulus dari program Magister Biofisika Institut Pertanian Bogor pada tahun 2014 .

Saat ini adalah staf pengajar pada jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA (UHAMKA) dan mengajar mata kuliah Fisika dasar, praktikum fisika dasar, kimia dasar, Fisika Kuantum, fisika statistik dan gelombang optik. Sugianto aktif dalam bidang pendidikan dan pelatihan untuk guru – guru, baik di sekolah menengah atas. Selain itu juga aktif membimbing mahasiswa dalam kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM) baik bidang penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat , mulai tahun 2015 sampai sekarang.



Martin, M.Pd Lahir di Manggar, Belitung Timur pada tahun 1991 adalah dosen tetap persyarikatan Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA. Menyelesaikan pendidikan S-1 dari jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA di Jakarta pada tahun 2013 dan lulus dari program Magister Pendidikan Fisika Universitas Negeri Jakarta pada tahun 2018.

Saat ini adalah staf pengajar pada jurusan Pendidikan Fisika, Universitas Muhammadiyah Prof DR HAMKA (UHAMKA) dan mengajar mata kuliah Fisika Dasar, Elektronika, Praktikum Elektronika, Statistik Pendidikan, Pengelolaan Laboratorium dan Astrofisika. Selain aktif dalam kegiatan pengajaran, Martin juga terlibat dalam berbagai kegiatan pendidikan dan pelatihan bagi guru pada jenjang sekolah dasar maupun sekolah menengah. Sejak tahun 2019 hingga sekarang, ia aktif membimbing mahasiswa dalam Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), baik pada bidang penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat. Berbagai aktivitas tersebut menjadi bagian dari komitmennya untuk terus berkontribusi dalam pengembangan pendidikan dan pembelajaran fisika di Indonesia.



Feli Cianda Adrin Burhendi, S.Pd., M.Si.

merupakan dosen tetap Persyarikatan Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA (UHAMKA). Sejak tahun 2018, ia menjadi dosen pada Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan (FKIP) UHAMKA. Ia menyelesaikan pendidikan Sarjana (S1) Pendidikan Fisika di FKIP UHAMKA pada periode 2007-2011 dan pendidikan Magister (S2) Fisika Murni dan Terapan di Universitas Indonesia pada periode 2012-2015. Sejak tahun 2022, ia menempuh pendidikan Doktor (S3) Pendidikan Fisika di Universitas Negeri Malang.

2019-2021: Unit Penjaminan Mutu Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UHAMKA, dengan tugas monitoring kinerja akademik program studi dan implementasi evaluasi berkelanjutan.

2021-2025: Ketua Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UHAMKA. Pada periode ini terlibat dalam penguatan mutu program studi, implementasi MBKM, dan peningkatan akreditasi program studi menjadi Unggul. **2021 dan 2024:** Ketua Pengembang Kurikulum Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UHAMKA, dengan fokus pada pengembangan kurikulum inovatif, kurikulum OBE, integrasi teknologi pendidikan, serta evaluasi dan penyempurnaan kurikulum. **2022-2025:** Penanggung Jawab Club Robotik Berbasis Arduino Program Studi Pendidikan Fisika FKIP UHAMKA, termasuk pengembangan media pembelajaran berbasis Arduino dan robot edukasi. Bidang keahlian yang dikembangkan meliputi Arduino, Augmented Reality, Scratch, Artificial Intelligence (AI) untuk pembelajaran, koding sederhana, media pembelajaran digital, robotika pendidikan, serta inovasi pembelajaran fisika. Mata kuliah yang diampu antara lain Kalkulus, Fisika Modern, Statistika/Statistik Pendidikan, Fisika Kuantum, Robotika, dan mata kuliah terkait teknologi pembelajaran fisika. Dan aktif dalam pendidikan dan pelatihan bagi guru serta pengembangan media pembelajaran berbasis teknologi. Selain itu, aktif membimbing mahasiswa dalam kegiatan Program Kreativitas Mahasiswa (PKM), baik pada bidang penelitian maupun pengabdian kepada masyarakat.

TEORI MEDAN ELEKTROMAGNET :

DARI KONSEP HINGGA
PRAKTIK INSPIRATIF DI KELAS

Buku “*Pengelolaan Pembelajaran Teori Medan Elektromagnet*” merupakan karya yang dirancang untuk menjawab kebutuhan pembelajaran fisika tingkat lanjut yang sistematis, terstruktur, dan berorientasi pada penguatan pemahaman konseptual mahasiswa. Teori medan elektromagnet sebagai salah satu pilar utama dalam fisika sering kali dipandang kompleks dan abstrak, sehingga diperlukan pendekatan pembelajaran yang tidak hanya menekankan aspek materi, tetapi juga pengelolaan proses pembelajaran secara efektif.

Buku ini mengintegrasikan konsep-konsep inti medan elektromagnet meliputi medan listrik, medan magnet, hukum-hukum dasar elektromagnetik, hingga aplikasi gelombang elektromagnetik dengan prinsip-prinsip manajemen pembelajaran yang mencakup perencanaan, pengorganisasian, pelaksanaan, pengendalian, dan evaluasi pembelajaran. Melalui pendekatan ini, pembelajaran tidak hanya berfokus pada *apa* yang diajarkan, tetapi juga *bagaimana* proses pembelajaran tersebut dirancang dan di implementasikan secara optimal.

Selain itu, buku ini juga menekankan pentingnya integrasi strategi pembelajaran aktif dan pemanfaatan teknologi dalam mendukung pemahaman konsep abstrak dalam teori medan elektromagnet. Dengan demikian, buku ini tidak hanya berfungsi sebagai sumber belajar, tetapi juga sebagai panduan praktis bagi dosen dan pendidik dalam mengelola pembelajaran fisika yang lebih efektif, inovatif, dan bermakna.

**Penerbit Uwais Inspirasi Indonesia**Depan kantor perhutani, Bedagan,
Pulung, Kec. Pulung, Kabupaten Ponorogo,
Jawa Timur 63481, Indonesiawww.penerbituwais.com

0812-3004-1340

penerbituwais@gmail.compenerbituwais.id[Penerbit Uwais](#) [@Penerbituwais](#)

ISBN 978-634-320-125-0



9

786343

201250

NON FIKSI