



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA

Jl. Tanah Merdeka No. 6, Kp. Rambutan, Ciracas, Jakarta Timur. Telp. (021) 8400941; Fax. (021) 87782739
Website : ft.uhamka.ac.id; E-mail : ftii@uhamka.ac.id

KEPUTUSAN
DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
NOMOR: 437/D/LL/2025

TENTANG

PENGANGKATAN PEMBIMBING SKRIPSI
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA STRATA SATU (S1)
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA (FTII)
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
TAHUN AKADEMIK 2024/2025

Bismillahirrahmanirrahim,

DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA

Menimbang : a. Bahwa dalam rangka persyaratan meraih gelar Sarjana Strata Satu (S1) Mahasiswa Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA perlu dilaksanakan pembimbing skripsi;

b. Bahwa untuk kelancaran dalam pelaksanaan pembimbing tersebut pada konsiderans a di atas, perlu diangkat pembimbing skripsi;

c. Bahwa untuk maksud konsiderans di atas, perlu ditetapkan dengan keputusan Dekan Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA.

Mengingat : 1. Undang – Undang RI Nomor 20 tahun 2003 tanggal 8 Juli 2003, tentang Sistem Pendidikan Nasional;

2. Undang – Undang RI Nomor 12 tahun 2012 tanggal 10 Agustus 2012, tentang pendidikan tinggi;

3. Peraturan pemerintah RI Nomor 4 tahun 2014 tanggal 30 Januari 2014, tentang pengelolaan dan penyelenggaraan perguruan tinggi;

4. Peraturan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi Nomor 53 Tahun 2023 tanggal 18 September 2023, tentang penjaminan mutu pendidikan tinggi;

5. Keputusan Dirjen Dikti Depdikbud RI. Nomor 138/DIKTI/Kep/1997. Tanggal 31 Mei 1997, tentang perubahan bentuk Institut Keguruan dan Ilmu Pendidikan (IKIP) Muhammadiyah Jakarta menjadi Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA;

6. Surat Keputusan Rektor Muhammadiyah Nomor 391/A.01.02/2021 tanggal 13 Ramadhan 1443 H / 25 April 2021 M, tentang pengangkatan Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA;

7. Pedoman Pimpinan Pusat Muhammadiyah nomor 02/PEND/1.0/B/2012. Tanggal 16 April 2012, tentang Perguruan Tinggi Muhammadiyah;

8. Statuta Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA tahun 2023;

9. Keputusan Badan Pelaksana Harian Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Nomor 001/A.01/1997. Tanggal 30 Agustus 1997, tentang pelimpahan wewenang pengangkatan dan pemberian wewenang Dosen Tetap dan Tenaga Administratif Tetap Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA;
10. Keputusan Rektor Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA. Nomor 828/A.01.02/2022. Tanggal 30 Shafar 1444 H/26 September 2022, tentang penetapan nama Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA;
11. Buku Panduan Akademik Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA Tahun Akademik 2023/2024.

Memperhatikan : Surat Permohonan Ketua Program Studi Teknik Informatika tanggal 10 Maret 2025 Tentang permohonan penerbitan Surat Keputusan Dekan mengenai pengangkatan Dosen pembimbing Skripsi Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri dan Informatika UHAMKA.

MEMUTUSKAN

Menetapkan :
 Pertama : Mengangkat pembimbing Skripsi Program Studi Teknik Informatika Jenjang Strata Satu (S-1) Fakultas Teknologi Industri dan Informatika Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA dengan nama mahasiswa sebagaimana terlampir;

Kedua : Penugasan dosen Pembimbing Skripsi ditetapkan oleh Pimpinan Fakultas dengan memperhatikan kualifikasi dan jabatan fungsional dosen;

Ketiga : Jika dosen pembimbing skripsi berhalangan atau karena sebab-sebab lain tidak dapat menyelesaikan tugasnya, maka penggantian dosen pembimbing ditentukan oleh Ketua Program Studi;

Keempat : Keputusan ini berlaku sejak tanggal ditetapkan sampai 30 Agustus 2026 ;

Kelima : Apabila ada kesalahan dan atau kekeliruan dalam surat ini akan diperbaiki sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Jakarta

Pada tanggal, 12 Syawal 1446 H.
10 April 2025 M.



Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si.

Keputusan ini disampaikan kepada yth.

1. Rektor (sebagai laporan);
 2. Wakil Dekan I;
 3. Ketua Program Studi Teknik Informatika;
 4. Arsip.
- Universitas Muhammadiyah Prof. DR. HAMKA

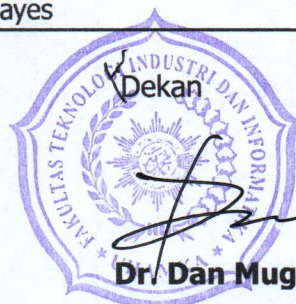
LAMPIRAN SK DEKAN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
NOMOR : **437/D/LL/2025**

TANGGAL : 12 Syawal 1446 H
10 April 2025 M

DOSEN PEMBIMBING SKRIPSI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA

Dosen Pembimbing : Atiqah Meutia Hilda, S.Kom., M.Kom
Tempat, Tgl Lahir : Jakarta, 31 Januari 1973
Pendidikan Terakhir : Strata 2 (S2)
NPD/NIDN : D010438/0331017304
Status Kepegawaian : Dosen Tetap
Jab. Akademik : Lektor

No	NIM	NAMA	JUDUL
Teknik Informatika			
1	2103015249	Fredianto	Rancang Bangun Augmented Reality Chemical Molecule On A T-Shirt
2	2103015014	Adrian Maulana Saputra	Rancang Bangun Sistem Loker Cerdas Berbasis Radio Frequency Identification (Rfid) Untuk Perpustakaan
3	2103015216	Annisa Mutia Khumairo	Analisis Pengelolaan Obat Di Klinik Aizar: Untuk Pengendalian Pengeluaran Menggunakan Algoritma Support Vector Machine (Svm)
4	1903015109	Muhamad Faisal Ramadhan	Peramalan Kebutuhan Obat Menggunakan Metode Exponential Smoothing Di Puskesmas Pabuaran Indah Cibinong Kabupaten Bogor
5	2103015124	Muhammad Fajri Winanda	Sistem Pembelajaran Adaptif Berbasis Web Lonewolf Academy Untuk Meningkatkan Keterlibatan Dan Personalisasi Pembelajaran
6	2103015183	Muhamad Fajarrudin	Penerapan Data Mining Untuk Klasifikasi Stok Barang Pada Toko Nibras Syari Menggunakan Algoritma Naïve Bayes



Dr. Dan Mugisidi, ST., M.Si.

**RANCANG BANGUN AUGMENTED REALITY
CHEMICAL MOLECULE ON A T-SHIRT**

SKRIPSI



Oleh:
Fredianto
2103015249

**PROGRAM STUDI TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN INFORMATIKA
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PROF. DR. HAMKA
JAKARTA
2025**

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN AUGMENTED REALITY CHEMICAL MOLECULE ON A T-SHIRT

SKRIPSI

Dibuat untuk Memenuhi Persyaratan Kelulusan Sarjana Teknik

Oleh:
Fredianto
2103015249

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan ke Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri dan
Informatika UHAMKA
Tanggal, 29 April 2025

Dosen Pembimbing,



Atiqah Meutia Hilda, S.Kom., M.Kom
NIDN.033107304

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Informatika



Mia Kamayani, S.T., M.T.
NIDN. 0312028704

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN AUGMENTED REALITY CHEMICAL MOLECULE ON A T-SHIRT

SKRIPSI

Oleh:
Fredianto
2103015249

Telah diuji dan dinyatakan lulus dalam Sidang Ujian Skripsi
Program Studi Teknik Informatika Fakultas Teknologi Industri dan
Informatika UHAMKA
Tanggal, 29 April 2025
Dosen Pembimbing,

Atiqah Meutia Hilda, S.Kom., M.Kom
NIDN.033107304

Penguji-1

Penguji-2

Arafat Febriandirza, S.T., M.TI. Ph.D
NIDN. 0224028603

E.Rizal, S.Kom, M.Kom
NIDN. 0302026504

Mengesahkan,
Dekan
Fakultas Teknik UHAMKA

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Informatika

Dr. Dan Mugisidi, S.T., M.Si.
NIDN. 0301126901

Mia Kamayani, S.T., M.T.
NIDN. 0312028704

ABSTRAK

Rancang Bangun *Augmented Reality Chemical Molecule On A T-Shirt*

Fredianto

Perkembangan gaya desain saat ini semakin dinamis dengan menyesuaikan kebutuhan pengguna di berbagai platform digital. *Augmented Reality* (AR) merupakan salah satu teknologi yang dapat memberikan pengalaman interaktif dan imersif, termasuk dalam bidang pendidikan. Pendidikan kimia menghadapi tantangan dalam menyampaikan materi abstrak seperti struktur molekul, ikatan kimia, dan reaksi yang sulit dipahami hanya melalui teks atau gambar dua dimensi. Berdasarkan hasil kuesioner, 61.66% responden belum mengenal teknologi AR, yang menunjukkan adanya kesenjangan pemahaman. Untuk menjawab tantangan ini, penelitian ini mengembangkan ARMOLT (*Augmented Reality Chemical Molecule on a T-Shirt*), yaitu media pembelajaran berbasis AR yang diintegrasikan dengan desain kaos. Dengan algoritma *Speeded Up Robust Features* (SURF), teknologi ini mampu mengenali pola dan menampilkan animasi molekul 3D secara real time dalam berbagai kondisi pencahayaan, sudut pandang, rotasi, dan suara. Hasil uji coba menunjukkan tingkat keberhasilan sebesar 70.48%, yang mengindikasikan bahwa ARMOLT berpotensi diterima dan dimanfaatkan secara efektif dalam pembelajaran kimia yang lebih visual dan mudah dipahami.

KataKunci: *Augmented Reality*, Molekul Kimia, Algoritma SURF, ARMOLT.

Building Design Augmented Reality chemical Molecule On A T-Shirt

Fredianto

The development of design styles today is increasingly dynamic by adjusting user needs on various digital platforms. Augmented Reality (AR) is one of the technologies that can provide interactive and immersive experiences, including in the field of education. Chemistry education faces challenges in conveying abstract material such as molecular structures, chemical bonds, and reactions that are difficult to understand only through text or two-dimensional images. Based on the results of the questionnaire, 61.66% of respondents are not familiar with AR technology, which indicates an understanding gap. To answer this challenge, this research developed ARMOLT (Augmented Reality Chemical Molecule on a T-Shirt), an AR-based learning media integrated with t-shirt design. With the Speeded Up Robust Features (SURF) algorithm, this technology is able to recognize patterns and display 3D molecule animations in real time under various lighting conditions, viewing angles, rotations, and sounds. The trial results show a success rate of 70.48%, which indicates that ARMOLT has the potential to be accepted and utilized effectively in learning chemistry that is more visual and easy to understand.

Keywords: *Augmented Reality*, Chemical Molecules, SURF Algorithm, ARMOLT.

DAFTAR ISI

BAB 1. PENDAHULUAN	14
1.1. Latar Belakang Masalah	14
1.2. Perumusan Masalah	16
1.3. Batasan Masalah	17
1.4. Tujuan Penelitian	17
1.5. Manfaat Penelitian	17
1.6. Sistematika Penulisan	18
BAB 2. LANDASAN TEORI	19
2.1. Kerangka Teori	19
2.2. Penelitian yang Relevan.....	20
2.3. Jenis Referensi.....	22
2.3.1. <i>Augmented Reality</i>	22
2.3.2. <i>T-Shirt</i>	22
2.3.3. Geometri Molekul	23
2.3.4. <i>Multimedia Development Life Cycle (MDLC)</i>	23
2.3.5. <i>Unity</i>	24
2.3.6. <i>Canva</i>	25
2.3.7. <i>Skala likert</i>	25
2.3.8. <i>Vuforia</i>	26
2.3.9. <i>Blender</i>	26
BAB 3. METODOLOGI.....	28
3.1. Diagram Alur Penelitian.....	28
3.2. Penjelasan Diagram Alur Penelitian	29
1. Pengumpulan Data	29
2. <i>Multimedia Development Life Cycle (MDLC)</i>	30
3. Implementasi	32
4. Testing.....	32
3.3. Waktu dan Tempat Penelitian	34
bab 4. Hasil DAN PEMBAHASAN	35
4.1. Perancangan	35
4.1.1. <i>Use Case Diagram</i>	36
4.1.2. <i>Activity Diagram</i>	37
4.1.3. <i>Activity Diagram Untuk Input Citra</i>	38
4.1.4. <i>Activity Diagram Untuk Pencarian Keypoints</i>	40
4.1.5. <i>Activity Diagram Untuk Render Objek</i>	41
4.1.6. <i>Activity Diagram Untuk Capter Marker Pada Algoritma SURF</i>	42
4.1.7. <i>Diagram Komponen</i>	43
4.1.8. <i>Deployment Diagram</i>	43
4.2. Hasil Pengujian	44

4.2.1	Pengujian Augmented Reality.....	45
4.2.2.	Pengujian Button Credit.....	46
4.2.3.	Pengujian <i>Main Menu</i>	49
4.2.4.	Pengujian Button Panduan	51
4.2.5.	Pengujian <i>Audio</i>	53
4.2.6.	Implementasi Ekstrasi Fitur	55
4.2.7.	Hasil Pengujian User.....	58
BAB 5. SIMPULAN		60
5.1. Simpulan		60
5.2. Saran		60

DAFTAR REFERENSI

- Ahmad, I., Samsugi, S., & Irawan, Y. (2022). Penerapan Augmented Reality Pada Anatomi Tubuh Manusia Untuk Mendukung Pembelajaran Titik Titik Bekam Pengobatan Alternatif. *Jurnal Teknoinfo*, 16(1), 46. <https://doi.org/10.33365/jti.v16i1.1521>
- Ariska, N. N., Sholeh, M. I., & Laksono, P. J. (2023). Pengembangan E-Book Kimia Berbasis Augmented Reality (AR) pada Materi Bentuk Molekul. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(2), 197–207. <https://doi.org/10.19109/ojpk.v7i2.20159>
- Fahmizher, M., Ruuhwan, R., & Hartono, R. (2023). Pembuatan Aplikasi Denah Berbasis Augmented Reality (Ar) Model Marker Basic Tracking Menggunakan Metode Mdmc. *Jurnal Informatika Dan Teknik Elektro Terapan*, 11(3s1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v11i3s1.3550>
- Haryanto, E., & Fiyanto, A. (2022). Arty: Jurnal Seni Rupa FORTIFICATION THROUGH TREND-LED REDESIGNS OF SCREEN-PRINTED T-SHIRT TO DIVERSIFY TOURIST SOUVENIRS IN KUDUS PEMBERDAYAAN PERANCANGAN DESAIN KAOS KEKINIAN PADA INDUSTRI SABLON LOKAL SEBAGAI UPAYA DIVERSIFIKASI SOUVENIR OBYEK WISATA D. *Arty*, 11(3), 2022. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/arty>
- Kartini, K. S., & Lukman, N. H. (2024). Implementasi Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Mata Pelajaran Molekul Kimia Tingkat Sma. *Jurnal Widya Laksmi: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 4(1), 130–134. <https://doi.org/10.59458/jwl.v4i1.70>
- Rahmatika, A., Manurung, A. A., & Ramadhani, F. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality untuk Meningkatkan Empati Anak Usia Dini dengan Metode MDLC (Multimedia Development Life Cycle). *Sudo Jurnal Teknik Informatika*, 2(3), 122–130. <https://doi.org/10.56211/sudo.v2i3.330>
- Sada Harahap, K. (2020). Kajian Pengendalian Mutu Produk Tuna Loin Precooked Frozen Menggunakan Metode Skala Likert Di Perusahaan Pembekuan Tuna X Study of Quality Control of Tuna Loin Precooked Frozen Products Using the Likert Scale Method in Tuna Freezing Company X. *AURELIA JOURNAL (Authentic Research of Global Fisheries Application Journal)*, 2(1), 29–38. 2715-7113
- Samala, A. D., Ranuharja, F., Fajri, B. R., Indarta, Y., & Agustiarmi, W. (2022). ViCT—Virtual Campus Tour Environment with Spherical Panorama: A Preliminary Exploration. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(16), 205–225. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i16.32889>
- Sari, I. P., Batubara, I. H., Hazidar, A. H., & Basri, M. (2022). Pengenalan Bangun Ruang Menggunakan Augmented Reality sebagai Media Pembelajaran. *Hello*

- World Jurnal Ilmu Komputer*, 1(4), 209–215.
<https://doi.org/10.56211/helloworld.v1i4.142>
- Septian, D., Fatman, Y., Nur, S., Islam, U., & Bandung, N. (2021). Implementasi MDLC (Multimedia Development Life Cycle) Dalam Pembuatan Multimedia Pembelajaran Kitab Safinah Sunda. *Jurnal Computech & Bisnis*, 15(1), 15–24.
- Solikhin, F., Rohiat, S., Ariffiando, N. F., & Elvia, R. (2022). Pelatihan Pembuatan Media Pembelajaran Berbasis Augmented Reality Kepada Guru Kimia Kota Bengkulu sebagai Upaya Meningkatkan Visualisasi 3 Dimensi Siswa terhadap Bentuk Molekul. *Andromeda: Jurnal Pengabdian Masyarakat Rafflesia*, 2(2), 26–33. <https://doi.org/10.33369/andromeda.v2i2.25111>
- Thayban, T., Kurniawati, E., & Munandar, H. (2023). *Competencia representacional (CR) en química: investigando su correlación con la comprensión de la geometría molecular*. 485–492.
- Ulfami, P. dan S. (2020). Pengaruh desain produk, keragaman produk, dan harga terhadap keputusan pembelian pada online shop giyomi melalui shopee. *Jurnal Pendidikan Tata Niaga (JPTN)*, 08(01), 702–708.
- Bahriah, E. S., Agung, S., & Nur, A. I. (2022). Development of Augmented Reality Technology-Based Interactive Learning Media in Chemical Bonding Materials. *JCER (Journal of Chemistry Education Research)*, 6(2), 93–99. <https://doi.org/10.26740/jcer.v6n2.p93-99>
- Díaz, M. J., Álvarez-Gallego, C. J., Caro, I., & Portela, J. R. (2023). Incorporating Augmented Reality Tools into an Educational Pilot Plant of Chemical Engineering. *Education Sciences*, 13(1). <https://doi.org/10.3390/educsci13010084>
- Eriksen, K., Nielsen, B. E., & Pittelkow, M. (2020). Visualizing 3D Molecular Structures Using an Augmented Reality App. *Journal of Chemical Education*, 97(5), 1487–1490. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.9b01033>
- Fitriyah, I. J., Setiawan, A. M., Marsuki, M. F., & Hamimi, E. (2021). Development of augmented reality teaching materials of chemical bonding. *AIP Conference Proceedings*, 2330(July). <https://doi.org/10.1063/5.0043235>
- Fombona-Pascual, A., Fombona, J., & Vicente, R. (2022). Augmented Reality, a Review of a Way to Represent and Manipulate 3D Chemical Structures. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 62(8), 1863–1872. <https://doi.org/10.1021/acs.jcim.1c01255>
- Haryanto, E., & Fiyanto, A. (2022). Arty: Jurnal Seni Rupa FORTIFICATION THROUGH TREND-LED REDESIGNS OF SCREEN-PRINTED T-SHIRT TO DIVERSIFY TOURIST SOUVENIRS IN KUDUS PEMBERDAYAAN PERANCANGAN DESAIN KAOS KEKINIAN PADA INDUSTRI SABLON LOKAL SEBAGAI UPAYA DIVERSIFIKASI SOUVENIR OBYEK WISATA D. *Arty*, 11(3), 2022.

<http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/arti>

- Hemme, C. L., Carley, R., Norton, A., Ghumman, M., Nguyen, H., Ivone, R., Menon, J. U., Shen, J., Bertin, M., King, R., Leibovitz, E., Bergstrom, R., & Cho, B. (2023). Developing virtual and augmented reality applications for science, technology, engineering and math education. *BioTechniques*, 75(1), 343–352. <https://doi.org/10.2144/btn-2023-0029>
- Khairani, R. N., & Prodjosantoso, A. K. (2023). Application of Augmented Reality on Chemistry Learning: A Systematic Review. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 9(11), 1221–1228. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v9i11.4412>
- Levy, J., Chagunda, I. C., Iosub, V., Leitch, D. C., & McIndoe, J. S. (2024). MolecuLAR: An Augmented Reality Application for Understanding 3D Geometry. *Journal of Chemical Education*, 101(6), 2533–2539. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c01045>
- Moreira, L. C. de S., Rebello, C. M., Costa, E. A., Sánchez, A. S., Ribeiro, L. S., & Nogueira, I. B. R. (2024). Digital Transformation in the Chemical Industry: The Potential of Augmented Reality and Digital Twin. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(24). <https://doi.org/10.3390/app142411607>
- Rebello, C. M., Deiró, G. F., Knuutila, H. K., Moreira, L. C. de S., & Nogueira, I. B. R. (2024). Augmented reality for chemical engineering education. *Education for Chemical Engineers*, 47(April), 30–44. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2024.04.001>
- Ripsam, M., & Nerdel, C. (2024). Augmented reality for chemistry education to promote the use of chemical terminology in teacher training. *Frontiers in Psychology*, 15(July), 1–23. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1392529>
- Roshandel, H., Shammami, M., Lin, S., Wong, Y. P., & Diaconescu, P. L. (2023). App-Free Method for Visualization of Polymers in 3D and Augmented Reality. *Journal of Chemical Education*, 100(5), 2039–2044. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c01131>
- Sakshuwong, S., Weir, H., Raucci, U., & Martínez, T. J. (2022a). Bringing chemical structures to life with augmented reality, machine learning, and quantum chemistry. *Journal of Chemical Physics*, 156(20). <https://doi.org/10.1063/5.0090482>
- Sakshuwong, S., Weir, H., Raucci, U., & Martínez, T. J. (2022b). Bringing chemical structures to life with augmented reality, machine learning, and quantum chemistry. *Journal of Chemical Physics*, 156(20), 1–9. <https://doi.org/10.1063/5.0090482>
- Sakshuwong, S., Weir, H., Raucci, U., & Martínez, T. J. (2022c). Bringing chemical structures to life with augmented reality, machine learning, and quantum chemistry. *Journal of Chemical Physics*, 156(20). <https://doi.org/10.1063/5.0090482>

- Samala, A. D., Ranuharja, F., Fajri, B. R., Indarta, Y., & Agustiarini, W. (2022). ViCT—Virtual Campus Tour Environment with Spherical Panorama: A Preliminary Exploration. *International Journal of Interactive Mobile Technologies*, 16(16), 205–225. <https://doi.org/10.3991/ijim.v16i16.32889>
- SOLANKI, D. M., LADDHA, H., KANGDA, M. Z., & NOROOZINEJAD FARSANGI, E. (2023). Augmented and Virtual Realities: the Future of Building Design and Visualization. *Civil and Environmental Engineering Reports*, 33(1), 17–38. <https://doi.org/10.59440/ceer-2023-0002>
- Souto, A. A. (2023). Step by Step to Make Augmented Reality Filters for Molecular Models. *Journal of Chemical Education*, 100(2), 941–945. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00768>
- Thayban, T., Kurniawati, E., & Munandar, H. (2023). *Competencia representacional (CR) en química: investigando su correlación con la comprensión de la geometría molecular*. 485–492.
- Whatoni, A. S., & Sutrisno, H. (2022). Development of A Learning Module Supported by Augmented Reality on Chemical Bonding Material to Improve Interest and Motivation of Students Learning for Senior High School. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 8(4), 2210–2218. <https://doi.org/10.29303/jppipa.v8i4.2057>
- Yamtinah, S., Elfi Susanti, V. H., Saputro, S., Ariani, S. R. D., Shidiq, A. S., Sari, D. R., & Ilyasa, D. G. (2023). Augmented reality learning media based on tetrahedral chemical representation: How effective in learning process? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 19(8). <https://doi.org/10.29333/ejmste/13436>
- Zhou, Z., Oveissi, F., & Langrish, T. (2024). Applications of augmented reality (AR) in chemical engineering education: Virtual laboratory work demonstration to digital twin development. *Computers and Chemical Engineering*, 188(April), 108784. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2024.108784>