

**PERANAN *VIRTUAL EXPERIMENT* PENCEGAHAN KOROSI
PROTEKSI KATODIK DALAM MEMFASILITASI KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK**



SKRIPSI

diajukan untuk memenuhi sebagian syarat memperoleh gelar Sarjana Pendidikan
dari Program Studi Pendidikan Kimia

Disusun Oleh:
Avisa Zia Aurellia
2104021

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2025**

PERANAN *VIRTUAL EXPERIMENT* PENCEGAHAN KOROSI PROTEKSI
KATODIK DALAM MEMFASILITASI KEMAMPUAN BERPIKIR KRITIS
PESERTA DIDIK

Oleh
Avisa Zia Aurellia

Sebuah skripsi yang diajukan untuk memenuhi salah satu syarat untuk
memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Program Studi Pendidikan Kimia

© Avisa Zia Aurellia 2025
Universitas Pendidikan Indonesia
Agustus 2025

Hak Cipta dilindungi undang-undang Skripsi tidak boleh diperbanyak seluruhnya
atau sebagian dengan dicetak ulang, difotokopi atau cara lainnya tanpa izin
penulis

LEMBAR PENGESAHAN

AVISA ZIA AURELLIA

**PERANAN *VIRTUAL EXPERIMENT* PENCEGAHAN KOROSI
PROTEKSI KATODIK DALAM MEMFASILITASI KEMAMPUAN
BERPIKIR KRITIS PESERTA DIDIK**

Disetujui dan disahkan oleh:

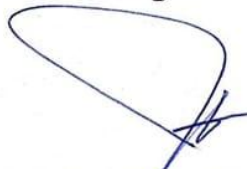
Pembimbing I



Dr. Ijang Rohman, M.Si.

NIP. 196310291987031001

Pembimbing II



Muhamad Nurul Hana, M.Pd

NIP. 197101191997021001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Pendidikan Kimia FPMIPA UPI



Prof. Dr. Wiji, M.Si

NIP. 197204302001121001

KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan ke Khadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul “Peranan *Virtual Experiment* Pencegahan Korosi Proteksi Katodik Dalam Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik”. Penyusunan skripsi ini sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Sarjana Pendidikan dari Program Studi Pendidikan Kimia, Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Pendidikan Indonesia.

Penulis pun menyadari dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Maka dari itu, penulis mengharapkan saran dan masukan dari pembaca agar dapat diperbaiki di kemudian hari. Besar harapan penulis agar skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca terutama untuk kepentingan akademik serupa dikemudian hari.

Bandung, Agustus 2025

Avisa Zia Aurellia

PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Avisa Zia Aurellia

NIM : 2104021

Program Studi : Pendidikan Kimia

Judul Karya : Peranan *Virtual Experiment* Pencegahan Korosi Proteksi
Katodik Dalam Memfasilitasi Kemampuan Berpikir Kritis
Peserta Didik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis ini merupakan hasil kerja saya dan pembimbing. Saya menjamin bahwa seluruh isi karya ini, baik sebagian maupun keseluruhan, bukan merupakan plagiarisme dari karya orang lain, kecuali pada bagian yang telah dinyatakan dan disebutkan sumbernya dengan jelas. Jika di kemudian hari ditemukan pelanggaran terhadap etika akademik atau unsur plagiarisme, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku di Universitas Pendidikan Indonesia.

Bandung, 12 Agustus 2025



Avisa Zia Aurellia

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan mengkaji peran virtual experiment Pencegahan Korosi Proteksi Katodik dalam memfasilitasi kemampuan berpikir kritis peserta didik. Metode yang digunakan adalah pre-experimental dengan desain one shot study case pada 30 peserta didik kelas XII di salah satu SMA Negeri Kota Bekasi. Tahapan penelitian meliputi analisis karakteristik media virtual experiment, pemilihan model pembelajaran, serta implementasi pada proses pembelajaran. Keterlaksanaan dianalisis melalui lembar observasi dan penilaian Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD), sedangkan kemampuan berpikir kritis diukur dengan tes uraian pada LKPD. Hasil menunjukkan bahwa media virtual experiment mampu mensimulasikan eksperimen laboratorium mencakup aktivitas menambahkan dan menuangkan larutan, dengan dukungan visualisasi alat dan perubahan warna seperti eksperimen di laboratorium sesungguhnya. Model pembelajaran yang digunakan adalah inkuiri terbimbing. Keterlaksanaan model menunjukkan tahap orientasi terlaksana sepenuhnya, tahap mengumpulkan data hampir seluruhnya terlaksana, sedangkan tahap menginterpretasi persoalan, menganalisis data, dan menyimpulkan sebagian besar terlaksana. Uji Chi-Square ($\chi^2(0,05; 4) = 9.49$) menunjukkan terdapat perbedaan signifikan pada kemampuan berpikir kritis, yang cenderung berada pada kategori sangat tinggi.

Kata Kunci: *Virtual Experiment; Proteksi Katodik; Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing; Kemampuan Berpikir Kritis*

ABSTRACT

This study aims to examine the role of cathodic corrosion protection virtual experiments in facilitating students' critical thinking skills. The method used is a pre-experimental one-shot study case design involving 30 twelfth-grade students at a public high school in Bekasi City. The research stages include analyzing the characteristics of virtual experiment media, selecting learning models, and implementing them in the learning process. The implementation was analyzed through observation sheets and Student Worksheet (LKPD) assessments, while critical thinking skills were measured using descriptive tests on the LKPD. The results showed that the virtual experiment media was able to simulate laboratory experiments, including activities such as adding and pouring solutions, with the support of visualizations of tools and color changes, just like in actual laboratory experiments. The learning model used was guided inquiry. The implementation of the model showed that the orientation stage was fully implemented, the data collection stage was almost fully implemented, while the stages of interpreting problems, analyzing data, and drawing conclusions were mostly implemented. The Chi-Square test ($\chi^2(0.05; 4) = 9.49$) showed that there was a significant difference in critical thinking skills, which tended to be in the very high category.

Key words: Virtual Experiment; Cathodic Protection; Guided Inquiry Learning Model; Critical Thinking Skills

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
KATA PENGANTAR.....	ii
PERNYATAAN BEBAS PLAGIARISME	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Tujuan Penelitian.....	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA	6
2.1 Media Pembelajaran	6
2.2 <i>Virtual Experiment</i>	7
2.3 Model Pembelajaran	8
2.3.1 Manfaat Model Pembelajaran.....	8
2.3.2 Cara Memilih Model Pembelajaran.....	10
2.3.3 Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing (<i>Guided Inquiry</i>).....	10
2.3.4 Model Pembelajaran POE (<i>Predict-Observe-Explain</i>).....	13
2.3.5 Model Pembelajaran <i>Discovery Learning</i>	14
2.3.6 Model Pembelajaran <i>Problem Based Learning</i> (PBL).....	15
2.4 Desain Pembelajaran	15
2.5 Keterampilan Berpikir Kritis	17
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	29
3.1 Metode Penelitian	29
3.2 Partisipan dan Tempat Penelitian	30
3.3 Alur Penelitian.....	30
3.4 Prosedur Penelitian	31
3.5 Instrumen Penelitian	31

3.6 Teknik Pengumpulan Data	33
3.7 Analisis Data.....	35
3.7.1 Analisis Data Hasil Identifikasi Karakteristik Media Pembelajaran	36
3.7.2 Analisis Data Hasil Analisis Model Pembelajaran.....	36
3.7.3 Analisis Data Hasil Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran.....	36
3.7.4 Analisis Data Hasil Penilaian Kemampuan Berpikir Kritis	37
3.7.5 Analisis Data Hasil Angket penggunaan media pembelajaran.....	39
BAB IV TEMUAN DAN PEMBAHASAN	40
4.1 Analisis Karakteristik <i>Virtual experiment</i> Pencegahan Korosi Proteksi Katodik	40
4.2 Penentuan Model Pembelajaran	50
4.3 Keterlaksanaan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbantuan <i>Virtual Experiment</i> Pencegahan Korosi Proteksi Katodik	57
4.3.1 Rancangan Pelaksanaan Pembelajaran Model Inkuiri Terbimbing berbantuan <i>Virtual Experiment</i> Pencegahan Korosi Proteksi Katodik....	57
4.3.2 Hasil Keterlaksanaan Pembelajaran Pencegahan Korosi Proteksi Katodik	64
4.4 Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik Setelah Menggunakan Media Pembelajaran <i>Virtual Experiment</i> Pencegahan Korosi Proteksi Katodik Dengan Menggunakan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing.....	70
4.4.1 Indikator Berpikir Kritis Memberikan Penjelasan Sederhana.....	74
4.4.2 Indikator Berpikir Kritis Membangun Keterampilan Dasar.....	80
4.4.3 Indikator Berpikir Kritis Menyimpulkan.....	83
4.4.4 Indikator Berpikir Kritis Memberikan Penjelasan Lanjut	90
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....	93
5.1 Simpulan.....	93
5.2 Saran	94
DAFTAR PUSTAKA	95
LAMPIRAN.....	101

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sintaks Model pembelajaran Inkuiri Terbimbing (Guided Inquiry)	11
Tabel 2. 2 Indikator Keterampilan Berpikir Kritis	18
Tabel 3. 1 Konversi Skor	33
Tabel 3. 2 Interpretasi Tabel	37
Tabel 4. 1 Analisis Model Pembelajaran	51
Tabel 4. 2 Langkah-langkah Pembelajaran Setelah Revisi.....	58
Tabel 4. 3 Hasil Rangkuman Analisis Uji <i>Chi-Square</i> Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik.....	73

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Tampilan <i>Close-up</i> dari permukaan besi.....	25
Gambar 2. 2 Mekanisme terjadinya korosi	25
Gambar 2. 3 Reaksi penuh proses korosi pada besi	25
Gambar 2. 4 Reaksi Keseluruhan korosi pada besi.....	26
Gambar 2. 5 Uji proses paku terkorosi.....	26
Gambar 2. 6 Perlindungan tangga bawah tanah dengan proteksi katodik	28
Gambar 3. 1 Alur Penelitian.....	30
Gambar 3. 2 Konversi skor	37
Gambar 4. 1 Halaman <i>Splashscreen</i>	41
Gambar 4. 2 Halaman Menu Utama	42
Gambar 4. 3 Halaman Kompetensi	42
Gambar 4. 4 Halaman Tujuan Simulasi Uji Pendahuluan	43
Gambar 4. 5 Halaman perhatian pada uji pendahuluan	43
Gambar 4. 6 Halaman Tujuan Percobaan Proteksi Katodik	44
Gambar 4. 7 Halaman Simulasi Uji Pendahuluan.....	45
Gambar 4. 8 Halaman data pengamatan uji pendahuluan.....	45
Gambar 4. 9 Halaman Simulasi Proteksi Katodik	46
Gambar 4. 10 Fitur kaca pembesar yang mengarahkan ke data pengamatan	46
Gambar 4. 11 Halaman Contoh Data Pengamatan Simulasi Proteksi Katodik.....	46
Gambar 4. 12 Keterlaksanaan Sintak Inkuiri Terbimbing berdasarkan Frekuensi Peserta Didik.....	64
Gambar 4. 13 Distribusi Frekuensi Keterampilan Berpikir Kritis Peserta Didik .	72
Gambar 4. 14 Contoh jawaban peserta didik pada soal sub-indikator memfokuskan pertanyaan	75
Gambar 4. 15 Contoh jawaban peserta didik yang tepat dan lengkap	76
Gambar 4. 16 Contoh jawaban peserta didik yang belum menuliskan reaksi dengan tepat dan lengkap	76
Gambar 4. 17 Contoh jawaban peserta didik yang tidak tepat.....	76
Gambar 4. 18 Contoh jawaban peserta didik yang tidak tepat.....	77
Gambar 4. 19 Contoh jawaban peserta didik yang benar dan tepat	77
Gambar 4. 20 Contoh jawaban peserta didik yang benar dan lengkap	78
Gambar 4. 21 Contoh jawaban peserta didik yang kurang sesuai.....	78
Gambar 4. 22 Contoh jawaban peserta didik yang kurang lengkap.....	78
Gambar 4. 23 Contoh jawaban peserta didik yang benar dan lengkap	79
Gambar 4. 24 Contoh jawaban peserta didik yang benar tetapi kurang lengkap..	79
Gambar 4. 25 Contoh jawaban peserta didik yang kurang jelas	80
Gambar 4. 26 Contoh jawaban peserta didik untuk tabel pengamatan uji pendahuluan.....	81
Gambar 4. 27 Contoh jawaban peserta didik untuk tabel pengamatan percobaan proteksi katodik dengan lengkap	82
Gambar 4. 28 Contoh jawaban peserta didik untuk tabel pengamatan percobaan proteksi katodik yang kurang lengkap.....	82

Gambar 4. 29 Contoh jawaban peserta didik pada nomor 1 tahap menganalisis data.....	83
Gambar 4. 30 Contoh jawaban peserta didik pada soal nomor 5 yang benar dan penjelasan yang lengkap	84
Gambar 4. 31 Contoh jawaban peserta didik pada soal nomor 6 yang benar dan penjelasan yang lengkap	84
Gambar 4. 32 Contoh jawaban peserta didik pada soal nomor 7 yang benar dan penjelasan yang lengkap	85
Gambar 4. 33 Contoh jawaban peserta didik pada soal nomor 8 yang benar dan penjelasan yang lengkap	85
Gambar 4. 34 Contoh jawaban peserta didik pada soal nomor 9 yang benar dan penjelasan yang lengkap	85
Gambar 4. 35 Contoh jawaban peserta didik pada soal nomor 10 yang benar dan penjelasan yang lengkap	85
Gambar 4. 36 Contoh jawaban peserta didik yang kurang tepat pada nomor 7, 8, dan 10.	86
Gambar 4. 37 Contoh jawaban peserta didik yang kurang lengkap pada nomor 5, 6, 7, 8, 9 dan 10.	87
Gambar 4. 38 Contoh jawaban peserta didik menarik kesimpulan sesuai dengan hasil analisis data	89
Gambar 4. 39 Contoh jawaban peserta didik menarik kesimpulan kurang lengkap	89
Gambar 4. 40 Contoh jawaban peserta didik soal indikator memberikan penjelasan lanjut	91

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Karakteristik Aplikasi	101
Lampiran 2. Penentuan Model Pembelajaran.....	126
Lampiran 3. Modul Ajar Pembelajaran Pencegahan Korosi Proteksi Katodik Sebelum Revisi	131
Lampiran 4. Modul Ajar Pembelajaran Pencegahan Korosi Proteksi Katodik Setelah Revisi	141
Lampiran 5. Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD)	150
Lampiran 6. Pemetaan Indikator dan Sub Indikator Berpikir Kritis Menurut Ennis yang digunakan.....	160
Lampiran 7. Lembar Penilaian Pengukuran Kemampuan Berpikir Kritis Peserta Didik	161
Lampiran 8. Lembar Validasi soal uraian	180
Lampiran 9. Lembar Observasi Keterlaksanaan Pembelajaran Pencegahan Korosi Proteksi Katodik Berbasis Virtual Experiment dengan Model Inkuiri Terbimbing	198
Lampiran 10. Lembar Angket Tanggapan	209
Lampiran 11. Hasil Observasi Keterlaksanaan Sintak Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing	214
Lampiran 12. Hasil Tes Uraian Berpikir Kritis.....	217
Lampiran 13. Hasil Tes Uraian Berpikir Kritis Setiap Indikator	220
Lampiran 14. Klasifikasi Tingkat Berpikir Kritis Peserta Didik	225
Lampiran 15. Hasil Analisis Uji Chi-Square.....	227
Lampiran 16. Surat Permohonan Izin Penelitian	237
Lampiran 17. Surat Balasan Izin Penelitian	238
Lampiran 18. Dokumentasi Penelitian	239

DAFTAR PUSTAKA

- Agustine, J., & Nawawi, S. (2020). Analisis keterampilan berpikir kritis peserta didik SMA kelas X IPA pada materi virus (Analysis of science ten grades students ' critical thinking skills toward virus concepts). *Indonesian Journal of Biology Education*, 3(1), 7–11.
- Alfauzia, R. (2023). Pengaruh Penggunaan Laboratorium Virtual PhET (Physics Education Technology) Terhadap Motivasi Belajar Peserta didik.
- Ali Haji Jl Politeknik Senggarang, U., & Riau Kode Pos, K. (2018). Penggunaan Rasch Model Untuk Mengembangkan Instrumen Pengukuran Kemampuan Berikir Kritis Peserta didik Pada Topik Ikatan Kimia. *Jurnal Zarah*, 6(2), 68–75.
- Alifiyanti, I. F., & Ishafit, I. (2018). Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing berbantuan PhET Simulation untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik pada pokok bahasan teori kinetik gas di MAN 3 Ngawi. In *Quantum: Seminar Nasional Fisika, dan Pendidikan Fisika* (pp. 392-400).
- Amaliyah, N., Fatimah, W. and Abustang, P. B. (2019) Model Pembelajaran Inovatif Abad 21. Yogyakarta: Samudra Biru.
- Ambarwati, S., & Prodjosantoso, A. (2018). Analisis Kelengkapan Alat, Bahan Laboratorium, Dan Keterlaksanaan Praktikum Kimia Di SMA Negeri 2 Yogyakarta. *Jurnal Pembelajaran Kimia*, 7(1).
- Amin, & Sumendap, L. Y. S. (2022). 164 Model Pembelajaran kontemporer. In Pusat Penerbitan LPPM Universitas Islam 45 Bekasi (1st ed.). Pusat Penerbitan LPPM Universitas Islam 45 Bekasi.
- Anisa, D. N. (2020). Pengaruh Model Pembelajaran Poe (Predict, Observe, And Explanation) Dan Sikap Ilmiah Terhadap Prestasi Belajar Peserta didik Pada Materi Asam, Basa. Unila
- Arikunto, S. (2013). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktik (Revisi ke-15)*. Rineka Cipta.
- Azhar, A. (2011). Media pembelajaran. Jakarta: Rajawali Pers, 27-28.
- Azwar, S. (2014). *Tes Prestasi*. Pustaka Pelajar
- Bahtiar, & Azmar. (2022). *Virtual Laboratory Alternative Model* (1st ed.). CV. Literasi Nusantara Abadi.
- Badan Standar, Kurikulum dan Asesmen Pendidikan (BSKAP) Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi. 2022. Capaian pembelajaran tertuang dalam SK BSKAP Nomor 08/H/KR/2022 Tentang Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar dan Jenjang Pendidikan Menengah pada Kurikulum Merdeka. Jakarta: Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi.
- Budhu, M. (2002). Virtual Laboratories for Engineering Education. Paper presented at International Conference on Engineering Education. Manchester, U.K., August 18-21
- Changwong, K. (2018). Critical Thinking Skill Development: Analysis of a New Learning Management Model for Thai High Schools. *Journal of International Studied*, 11(2).

- Costa, A. L. (1991). *Developing minds : a resource book for teaching thinking*. Association for Supervision and Curriculum Development.
- Djamarah, Syaiful bahri dan Zain, Aswan. (2014). *strategi belajar mengajar*. Jakarta : PT. Rineka Cipta
- Dochy, F., Segers, M., den Bossche, P., & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 13(5), 533–568.
- Ennis, R. H. (1962). *A Concept of Critical Thinking: Vol. 32(1)*. Harvard Educational Review.
- Ennis, R.H. (1985). A logical basic for measuring critical thinking skills. *Educational. Leadership*, 43 (1), hlm. 44-48.
- Ennis, R. H. (2011). The nature of critical thinking: An outlines of critical thinking dispositions and abilities. University of Illinois.
- Fadly, W. (2022). *Model-Model Pembelajaran untuk Implementasi Kurikulum Merdeka* (1st ed.). Bening Pustaka.
- Fananto, S., & Nurita, T. (2020). LKS Berbasis Guided Inquiry Untuk Melatihkan Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik SMP. *Pensa E-Jurnal: Pendidikan Sains*, 168-173.
- Fitriyah, s. J., Affriyenni, Y., & Hamimi, E. (2021). Efektifitas Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing untuk Meningkatkan Kemampuan Bepikir Kritis Mahasiswa. *Biormatika: Jurnal ilmiah fakultas keguruan dan ilmu pendidikan*, 122-129.
- Hamed, G., & Aljanazrah, A. (2020). The Effectiveness of Using Virtual Experiments on Students' Learn. *Journal of Information Technology Education: Research*, 19, 976-995
- Haryanti, I., Kurniawati, Y., & Lubis, F. H. (2023). Penerapan Virtual Laboratory Dengan Menggunakan Model Problem Based Learning (PBL) Untuk Mendukung Proses Pembelajaran Kimia. *Journal of Chemistry Education and Integration*, 2(1), 42-49.
- Hasan, M., Supatminingsih, T., Mustari, Ahmad, M. I. S., Rijal, S., & Ma'ruf, M. I. (2020). The Development of Pocketbook Learning Media based on Mind Mapping in Introductory Economics Course. *Universal Journal of Educational Research*, 8(12B), 8274-8281
- Hendrajanti, P., & Rochmiyati, S. (2023). Peningkatan Keterampilan Berpikir Kritis dengan Discovery Learning Berbantuan Virtual Chemistry Laboratory. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sains Indonesia*, 6(1).
- Herlinda. (2020). *Penggunaan Statistik Non-Parametrik Dalam Penelitian*. (Tesis). Universitas Sriwijaya, Palembang.
- Hermansyah, H., Gunawan, G., & Herayanti, L. (2015). Pengaruh penggunaan laboratorium virtual terhadap penguasaan konsep dan kemampuan berpikir kreatif peserta didik pada materi getaran dan gelombang. *Jurnal Pendidikan Fisika Dan Teknologi*, 1(2), 97–102.
- Hmelo-Silver, C. E. (2004). Problem-Based Learning: What and How Do Students Learn? *Educational Psychology Review*, 16(3).
- Hussin, W. N. T. W., Harun, J., & Shukor, N. A. (2019). Problem based learning to enhance students critical thinking skill via online tools. *Asian Social Science*, 15(1), 14–23. <https://doi.org/10.5539/ass.v15n1p14>

- Iman, R., Khaldun, I., & Nasrullah. (2017). Meningkatkan kemampuan berpikir kritis peserta didik dengan model inkuiri terbimbing pada materi pesawat sederhana. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 5(1), 52–58. <http://jurnal.unsyiah.ac.id/JPSI/article/view/8407>
- Joyce, B., Weil, M., & Calhoun Emily. (2011). *Models Of Teaching (8th ed.)* (8th ed.). Pearson Education, Inc. https://archive.org/details/ison_9789332551794
- Judijanto, L., Mata, R., & Putra, H. R. F. (2025). Transformasi Digital di Dunia Pendidikan: Integrasi Teknologi dalam Kurikulum Sekolah. *Jurnal Ilmiah Edukatif*, 11(1), 37-46.
- Kemendikbud. (2018). Peraturan Menteri Pendidikan Dan Kebudayaan Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2018 Tentang Kompetensi Inti Dan Kompetensi Dasar Pelajaran Pada Kurikulum 2013 Pada Pendidikan Dasar Dan Pendidikan Menengah.
- Kristanto, A. (2016). Media Pembelajaran. Surabaya: Bintang Surabaya
- Kumalaretna, W. N. D. dan Mulyono, M. (2017) “Kemampuan komunikasi matematis ditinjau dari karakter kolaborasi dalam Pembelajaran Project Based Learning (Pjbl),” *Unnes Journal of Mathematics Education Research*, 6(2), hal. 195–205.
- Lestari, L., Aprilia, L., Fortuna, N., Cahyo, R. N., Fitriani, S., Mulyana, Y., & Kusumaningtyas, P. (2023). Laboratorium Virtual untuk Pembelajaran Kimia di Era Digital. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 5(1), 1-10.
- Maryam, M., Kusmiyati, K., Merta, I. W., & Artayasa, I. P. (2020). Pengaruh model pembelajaran inkuiri terhadap keterampilan berpikir kritis peserta didik. *Jurnal Pijar MIPA*, 15(3), 206–213. <https://doi.org/10.29303/jpm.v15i3.1355>
- Miswari, M., Silitonga, M., & Fajriyah, F. (2020). Identifikasi Kemampuan Berpikir Kritis Peserta didik Kelas X IPA Ditinjau Dari Indikator Kemampuan Berpikir Kritis Dan Gender. *Jurnal Pelita Pendidikan*, 8(1), 110-117.
- Muliyati, D., Bakri, F., & Ambarwulan, D. (2018). Aplikasi android modul digital fisika berbasis discovery learning. *Jurnal Wahana Pendidikan Fisika*, 3(1), 74-79. <https://doi.org/10.17509/wapfi.v3i1.10944>.
- Mulyasa. (2008). Menjadi guru Professional Menciptakan Pembelajaran Kreatif Dan Menyenangkan. Bandung: Remaja Rosda Karya.
- Mulyani, H., & Insani, M. N. (2023). Kompetensi Guru Sekolah Penggerak dalam Menyusun Modul Ajar Kurikulum Merdeka. *Jurnal Lingkar Mutu Pendidikan*, 20(1), 1–10. <https://doi.org/10.54124/jlmp.v20i1.95>
- Murnaka, N. P., Almaisurie, Q., & Arifin, S. (2019). Method on guided inquiry learning to improve students’ critical thinking abilities in facing the industrial revolution 4.0. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 8(9), 439–441. https://www.ijstr.org/paper_references.php?ref=IJSTR-0919-21961
- Musyawir, Ansori, S., Irani, U., Kartika Delimayanti, M., Surwuy, G. S., Nurul Hidayah, S., Sihotang, C., Massang, B., Puspitasari, T., Magfirah, I., Agung, A. S., & Elvianasti, M. (2022). *Model-Model Pembelajaran Inovatif* (Sarwandi, Ed.; 1st ed.). PT. Mifandi Mandiri Digital.

- Ningsih, R. D., Natasyah, E., Ananta, S., Fitra, P., Novianty, R., & Rahma, N. (2019). Pegasus: Penerapan Teknologi Menggunakan Chemcollective's Virtual Chemistry Laboratory. *Jurnal Pengabdian UntukMu NegeRI*, 3(1), 73–79.
- Nursalim, M., Laksmiwati, H., Syafiq, M., Budiani, M. S., Savira, S. I., Khairunisa, R. N., & Satwika, Y. W. (2017). Psikologi pendidikan. Unesa University Press.
- Oladejo, A. I., & Ebisin, A. F. (2021). Virtual Laboratory: An Alternative Laboratory for Science Teaching and Learning. *Journal of Pure & Applied Science*, 3(1), 82-91.
- Parwati, G. A. P. U., Rapi, N. K., & Rachmawati, D. O. (2020). Penerapan model pembelajaran inkuiri terbimbing untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis dan sikap ilmiah peserta didik SMA. *Jurnal Pendidikan Fisika Undiksha*, 10(1), 49–60. <https://doi.org/10.23887/jjpf.v10i1.26724>
- Paul, R., & Elder, L. (2008). *The Miniature Guide to Critical Thinking: Concepts and Tools*. The Foundation for Critical Thinking. www.criticalthinking.org
- Putrawangsa, S. (2018). Desain Pembelajaran: Design Research sebagai Pendekatan Desain Pembelajaran. Mataram: CV. Reka Karya Amerta
- Rahma, A. A. (2021). Efektivitas penggunaan virtual lab phet sebagai media pembelajaran fisika terhadap hasil belajar peserta didik. *Pedagogy: Jurnal Ilmiah Ilmu Pendidikan*, 8(2), 47-51.
- Rahmawati, I., Hidayat, A., & Rahayu, S. (2016). Analisis Keterampilan Berpikir Kritis Peserta didik SMP Pada Materi Gaya dan Penerapannya. *Pros. Semnas Pend. IPA Pascasarjana UM*, 1.
- Riduwan. (2014). Dasar-Dasar Statistika. Bandung: Alfabeta.
- Rofa'ah, R. A. (2016) Pentingnya Kompetensi Guru dalam Kegiatan Pembelajaran dalam Perspektif Islam. Yogyakarta: Deepublish.
- Salamun, Widyastuti, dkk. (2023). Model-model Pembelajaran Inovatif. Medan: Yayasan Kita Menulis
- Sanjaya, W. (2014). *Strategi Pembelajaran: Berorientasi Standar Proses Pendidikan*. Kencana Prenadamedia Group
- Sanjaya, Wina. (2006). Strategi Pembelajaran Berorientasi Standar Proses Pendidikan. Rawamangun-Jakarta: Kencana Perdana Media Group
- Sanova, A. (2017). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Praktikum Virtual Kimia SMA Menggunakan Program Chem Collective Berbasis Scientific Approach. *Jurnal Sains Sosio Humaniora*, 1(2), 220–230
- Saputra, H. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis Matematis. *Perpustakaan IAI Agus Salim*, 2(3).
- Sarifah, F., & Nurita, T. (2023). Implementasi Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Untuk. *Pensa E-Jurnal : Pendidikan Sains*, 26.
- Sarini, P. (2012). Pengaruh Virtual Experiment Terhadap Hasil Belajar Fisika Ditinjau dari Motivasi Belajar Peserta didik SMA Negeri 1 Singaraja. *Jurnal pendidikan dan pembelajaran IPA Indonesia*, 2(2).

- Septiyowati, T., & Prasetyo, T. (2021). Efektivitas model pembelajaran problem based learning dan discovery learning terhadap kecakapan berfikir kritis peserta didik sekolah dasar. *Jurnal Basicedu*, 5(3), 1231-1240.
- Silberberg, M. S. (2013). *Principles of General Chemistry* (3rd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Simamora, I. A. R., Febriani, H., & Rohani, R. (2024). Pengaruh Model Pembelajaran Predict, Observe, Explain (Poe) Pada Materi Sistem Indera Terhadap Keterampilan Proses Sains Dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa Kelas XI SMA Swasta Persiapan Stabat. *Innovative: Journal Of Social Science Research*, 4(4), 11391-11406.
- Siregar, S. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif*. Jakarta: PT Fajar Interpratama Mandiri.
- Siringoringo, R. G., & Alfaridzi, M. Y. (2024). Pengaruh integrasi teknologi pembelajaran terhadap efektivitas dan transformasi paradigma pendidikan era digital. *Jurnal Yudistira: Publikasi Riset Ilmu Pendidikan Dan Bahasa*, 2(3), 66-76.
- Siyoto, S. (2015). *Dasar Metodologi Penelitian* (Ayup). Literasi Media Publishing.
- Smaldino, Sharon E, James D. Russel, Robert Heinich, Michael Molenda. 2008. *Instructional Technology and Media for Learning*. Ohio: Pearson Merrill Prentice Hall.
- Sugiyono. (2013). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*. Alfabeta.
- Suhada, H. (2017). Model pembelajaran inquiry dan kemampuan berpikir kritis terhadap keterampilan proses sains peserta didik kelas V pada mata pelajaran IPA. *Jurnal Pendidikan Dasar*. 8(2), 13-24.
- Sunarya Amijaya, L., Ramdani, A., & Merta, W. (2018). Effect Of Guided Inquiry Learning Model Towards Student Learning Outcomes And Critical Thinking Ability. *J. Pijar MIPA*, 13(2), 94–99. <https://doi.org/10.29303/jpm.v13.i2.468>
- Sutinah, C. (2022). Pengaruh Pembelajaran Hands-On Dan Virtual Lab Terhadap Pemahaman Konsep Dan Berpikir Kritis Peserta Didik. *Journal of Elementary Education*, 05, 3.
- Suyanto, S. dan Djihad, A. (2012). *Bagaimana Menjadi Calon Guru dan Guru Profesional*. Yogyakarta: Multi Pressindo
- Taruklimbong, Eka S.W. dan Murniarti, E. (2024). Analisis Peluang dan Tantangan Pembelajaran Kimia pada Kurikulum Merdeka pada Satuan Pendidikan Sekolah Menengah Atas. *Edukatif : Jurnal Ilmu Pendidikan*, 6(4), 3013 – 3021. <https://doi.org/10.31004/edukatif.v6i4.7177>
- Warsono, & Hariyanto. (2012). *Pembelajaran Aktif Teori dan Assesmen*. PT Remaja Rosdakarya
- Whitten, K. H., Davis, R.E., Peck, M.L. & Stanley,G.G. (2013). *Chemistry 10th*. US of America: Cengage Learning.
- Wibawanto, W. (2020). *Laboratorium Virtual Konsep Dan Pengembangan Simulasi Fisika*. LPPM UNNES.

- Wibowo, A. (2024). *Kemampuan Berpikir Kritis* (J. T. Santoso, Ed.). Semarang: Yayasan prima Agus Teknik.
- Widhia Sabekti, A., Khoirunnisa Program Studi Pendidikan Kimia, F., Maritim Raja Ali Haji Jl Politeknik Senggarang, U., & Riau Kode Pos, K. (2018). Penggunaan Rasch Model Untuk Mengembangkan Instrumen Pengukuran Kemampuan Berikir Kritis Siswa Pada Topik Ikatan Kimia. *Jurnal Zarah*, 6(2), 68–75.
- Widia, I. W. (2020). Penerapan model discovery learning berbantuan media phet untuk meningkatkan kompetensi peserta didik. *Indonesian Journal of Educational Development*, 1(2), 262-273. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4004185>.
- Winkel, W.S. 2009. Psikologi Pengajaran. Yogyakarta: Media Abadi.
- Zubaidah, S. (2016). Keterampilan Abad Ke-21: Keterampilan Yang Diajarkan Melalui Pembelajaran. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan IPA Pascasarjana UM. Malang*.