

Analisis Miskonsepsi Siswa Pada Materi Elektrokimia Menggunakan *Two Tier Multiple Choice* (TTMC)

Dyah Puspitasari Ningthias* & Sukrina Pebrianti

FKIP, Universitas Mataram, Indonesia

*Corresponding author: puspitasari@staff.unram.ac.id

Article History

Received : November 12th, 2025

Revised : November 23th, 2025

Accepted : December 12th, 2025

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi miskonsepsi awal yang dialami oleh siswa pada materi elektrokimia kelas XII SMA. Metode yang digunakan pada penelitian ini yakni deskriptif kualitatif. Subjek penelitian yakni siswa kelas XII IPA di SMAN 2 Praya Tengah yang terdiri dari 66 siswa sebagai responden. Pengambilan data dilakukan setelah siswa selesai melaksanakan pembelajaran pada materi elektrokimia. Instrumen yang digunakan pada penelitian adalah tes two-tier multiple choice (TTMC). Soal yang digunakan sebanyak 15 soal yang sudah melalui validasi empirik dan validasi ahli. Realibilitas untuk instrumen yang digunakan sebesar 0,89 dalam kategori tinggi. Pengelompokan Hasil penelitian menunjukkan bahwa masih terdapat miskonsepsi siswa pada materi elektrokimia dengan persentasi yang berbeda. Persentase miskonsepsi terendah yakni 6,06% dan tertinggi sebesar 42,4%.

Keywords: elektrokimia, miskonsepsi, *two tier multiple choice*

PENDAHULUAN

Perkembangan abad 21 memberikan banyak inovasi yang mendukung peningkatan kualitas hidup masyarakat. Perkembangan tersebut hampir terjadi di seluruh sektor seperti bidang kedokteran, komunikasi, dan nanoteknologi (Rahayu, 2016). Untuk dapat memanfaatkan secara optimal maka diperlukan pengetahuan yang kuat, terutama di bidang sains. Salah satu cabang sains yakni kimia. Kimia dianggap sebagai ilmu sentral karena menghubungkan bidang lain seperti biologi, fisika, kedokteran, dan lingkungan. Pemahaman konsep kimia yang baik sangat dibutuhkan untuk menjelaskan fenomena alam, mengembangkan teknologi baru, serta menyelesaikan permasalahan di kehidupan sehari-hari (Trisnawati et al., 2025).

Salah satu materi yang memiliki peran penting yakni materi elektrokimia. Konsep elektrokimia sudah banyak digunakan pada bidang industri contohnya, penyimpanan dan konversi energi seperti baterai, fuel cell, dan elektrolisis (Badwal et al., 2014). Selain itu juga, elektrokimia berperan dalam teknologi pelapisan logam, pengolahan limbah industri melalui metode elektrokoagulasi, hingga inovasi baru dalam pemanfaatan emisi CO₂ menjadi produk bernilai tinggi. Dengan demikian pemahaman yang benar menjadi sangat penting

agar siswa mampu memahami teori dan juga mengaitkan dengan fenomena nyata yang ada di kehidupan siswa. Pada kenyataannya materi elektrokimia memiliki konsep yang kompleks sehingga cenderung menyebabkan siswa keliru dalam memahami konsep elektrokimia. Siswa harus memahami beberapa konsep dasar untuk memahami materi elektrokimia seperti, reaksi redoks, potensial sel, dan stoikiometri. Hal tersebut menyebabkan siswa memahami materi cenderung keliru, contohnya siswa menganggap bahwa arus listrik “mengalir” melalui larutan elektrolit, atau yang paling sederhana adalah elektroda yang positif selalu katoda.

Penelitian yang menunjukkan adanya miskonsepsi pada materi elektrokimia sudah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan oleh (Rahayu et al., 2011) sekitar 44% siswa di Indonesia yang benar-benar memahami konsep elektrokimia dan redoks, dikarenakan kedua materi tersebut sulit untuk dipahami. Hal ini didukung oleh penelitian (Asnawi et al., 2017) menjelaskan bahwa terdapat 20 jenis miskonsepsi yang dialami siswa SMA pada materi elektrokimia, contohnya kebanyakan siswa menganggap bahwa elektroda yang lebih mudah mengalami oksidasi adalah potensial reduksi positif, serta kesalahan memahami posisi anoda dan katoda pada sel elektrolisis. Penelitian lain juga mendukung adanya miskonsepsi pada materi elektrokimia, yakni

penelitian yang dilakukan oleh (Muti'ah, dkk. 2016) menunjukkan kesulitan siswa memahami fungsi jembatan garam. Siswa menganggap bahwa jembatan garam berfungsi sebagai medium mengalirnya elektron dan mempercepat reaksi elektrokimia. Penelitian ini didukung oleh penelitian (Dewata, 2016) yang melaporkan bahwa masih terdapatnya miskonsepsi pada siswa mengenai katoda yang dianggap berkutub positif dan terjadi reaksi oksidasi. Fakta ini menegaskan bahwa miskonsepsi pada elektrokimia tidak hanya pada siswa SMA tetapi juga pada mahasiswa perguruan tinggi. Jika miskonsepsi ini tidak teridentifikasi maka siswa akan kesulitan memahami aplikasi kimia modern serta menghambat siswa dalam mengembangkan kemampuan literasi sainsnya. Oleh karena itu, identifikasi miskonsepsi pada materi elektrokimia sangat penting untuk dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas pembelajaran kimia.

Identifikasi miskonsepsi dapat dilakukan dengan menggunakan instrumen two-tier multiple choice (TTMC). Instrumen ini pertama kali dikembangkan oleh (Treagust, 1988) sebagai alat untuk mengidentifikasi pemahaman konsep dan miskonsepsi pada siswa. TTMC terdiri dari dua bagian, pada tingkat pertama merupakan soal pilihan ganda yang menguji jawaban konsep, dan tingkat kedua berupa alasan yang mendasari jawaban tersebut (Siswaningsih, 2014). Distraktor ditingkat kedua disusun berdasarkan miskonsepsi umum yang ditemukan dalam penelitian sebelumnya. TTMC dianggap dapat menilai kebenaran konsep yang dimiliki siswa karena siswa dapat mengungkapkan alasan dari konsep yang dipilih pada tingkat pertama. TTMC dibandingkan dengan tes pilihan ganda biasa lebih efektif untuk mengidentifikasi apakah siswa hanya menghafal jawab atau benar-benar memahami

konsep dengan alasan yang tepat (Tüysüz, 2009).

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk memperoleh gambaran yang jelas mengenai pemahaman siswa pada materi elektrokimia. Secara khusus, tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk miskonsepsi yang dialami siswa SMA Negeri 1 Praya Tengah. Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang bermanfaat bagi uru dalam merancang strategi pembelajaran yang tepat sasaran

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode deskriptif kualitatif dengan tujuan mengidentifikasi miskonsepsi siswa pada materi elektrokimia. Teknik pengambilan sampelnya yakni non probabilitas - purposive sampling karena pemilihan subjek penelitian relevan dengan tujuan penelitian (Subhaktiyasa, 2024). Jumlah siswa yang dianalisis miskonsepsi pada penelitian ini sebanyak 66 siswa kelas XII IPA di SMAN 2 Praya Tengah, siswa diperoleh dari dua kelas IPA berbeda. Pengambilan data dilakukan setelah siswa selesai melaksanakan pembelajaran pada materi elektrokimia. Instrumen yang digunakan pada penelitian adalah tes two-tier multiple choice (TTMC). Instrumen yang digunakan terdiri 15 soal valid yang telah divalidasi empirik dan validasi isi oleh ahli. Pada tingkat pertama butir soal diberikan pertanyaan mengenai konsep elektrokimia, dan pada tingkat kedua berupa alasan dalam pemilihan jawaban pada tingkat pertama. Realibilitas untuk instrumen yang digunakan sebesar 0,89 dalam kategori tinggi. Analisis data miskonsepsi siswa menggunakan model analisis yang dilakukan oleh (Azizah et al., 2022) dengan kategori ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini.

Tabel 1. Kategori Analisis Miskonsepsi

Klasifikasi Respon Siswa	Kriteria
Paham	Siswa dapat memberikan jawaban yang benar pada kedua tier
Miskonsepsi-1 (Mi-1)	Siswa menjawab benar pada tier 1 dan menjawab salah pada tier-2
Miskonsepsi-2 (Mi-2)	Siswa menjawab salah pada tier 1 dan menjawab benar pada tier-2
Tidak Paham	Siswa menjawab salah pada tier 1 dan tier 2 atau tidak menjawab

Pengolahan data untuk menunjukkan besarnya persentase siswa yang paham konsep (PK), setengah paham (SP), Miskonsepsi (M), tidak paham konsep (TP), dan tanpa respon (TP) dihitung menggunakan rumus sebagai berikut:

$$PSK = \frac{\sum \text{siswa per kategori}}{\text{jumlah siswa sampel}} \times 100\%$$

Sumber: (Laliyo et al., 2023)

Ket;

PSK = Presentase sesuai kategori

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pada penelitian ini dianalisis miskonsepsi siswa dengan 6 (enam) indikator ketercapaian tujuan pembelajaran yakni; 1) mendeskripsikan bagian-bagian dari sel volta (anode, katode, reaksi sel, beda potensial, dan notasi sel); 2) mendeskripsikan potensial elektrode, elektrode standar, dan cara mengukur potensial elektrode standar; 3) menganalisis hasil percobaan untuk mendeskripsikan hubungan antara potensial

elektrode dengan kekuatan/ daya reduksi dan daya oksidasi suatu zat; 4) menganalisis hubungan kuat arus listrik dan waktu dengan massa hasil elektrolisis pada proses elektrolisis; 5) menganalisis hasil percobaan untuk mendeskripsikan faktor-faktor yang mempercepat korosi; 6) merancang percobaan atau proyek untuk melakukan pencegahan korosi pada besi. Berdasarkan keenam indikator tersebut dianalisis secara lengkap mengenai miskonsepsi pada siswa. Berikut ini data persentase miskonsepsi setiap indikator dari sampel.

Tabel 2. Data persentase miskonsepsi siswa

Indikator	Nomor Soal	Paham		Miskonsepsi				Tidak Paham	
		Jumlah siswa	Persen	Mi-1		Mi-2		Jumlah siswa	Persen
				Jumlah siswa	Persen	Jumlah siswa	Persen		
mendeskripsikan bagian-bagian dari sel volta (anode, katode, reaksi sel, beda potensial, dan notasi sel)	1	40	60,6%	11	16,7%	11	16,7%	4	6,0%
	2	36	54,4%	10	15,4%	14	21,1%	6	9,1%
mendeskripsikan potensial elektrode, elektrode standar, dan cara mengukur potensial elektrode standar	3	12	18,2%	21	31,8%	25	37,9%	8	12,1%
	4	20	30,3%	26	39,4%	18	27,3%	2	3,0%
	5	4	6,0%	27	40,9%	4	6,06%	15	22,3%
	6	26	39,4%	28	42,4%	11	16,7%	1	1,5%
menganalisis hasil percobaan untuk mendeskripsikan hubungan antara potensial elektrode dengan kekuatan/ daya reduksi dan daya oksidasi suatu zat	7	4	6,0%	24	36,5%	17	25,7%	21	31,8%
	8	9	13,6%	9	13,6%	25	37,9%	23	34,9%
	9	16	24,2%	22	33,3%	9	13,6%	19	28,9%
	10	16	24,2%	9	13,6%	11	16,7%	30	45,4%
	11	16	24,2%	8	12,1%	5	7,6%	37	56,1%
menganalisis hubungan kuat arus listrik dan waktu dengan massa hasil elektrolisis pada proses elektrolisis	12	23	34,8%	27	40,9%	1	1,5%	15	22,7%
	13	15	22,7%	12	18,2%	6	9,1%	33	50%
menganalisis hasil percobaan untuk mendeskripsikan faktor-faktor yang mempercepat korosi	14	26	39,4%	21	31,8%	2	3,0%	17	25,8%
merancang percobaan atau proyek untuk melakukan pencegahan korosi pada besi	15	10	15,1%	27	40,9%	12	18,2%	17	25,8%

Berdasarkan Tabel 2 menunjukkan bahwa pada 66 siswa hasil yang beragam pada setiap indikator. Pada sebagian besar indikator terdapat 30 - 45% siswa yang mengalami miskonsepsi dan siswa yang paham konsep juga dalam kategori rata-rata, sisanya tergolong pada tidak paham konsep. Data ini mengindikasikan bahwa siswa masih kesulitan dalam memahami konsep elektrokimia yang memerlukan pemahaman representatif simbolik, submikroskopik, dan makroskopik (Treagust, 2014). Berikut ini dijelaskan lebih lanjut terkait miskonsepsi, pemahaman konsep, dan tidak paham konsep.

1. Miskonsepsi siswa pada konsep sel volta

Soal nomor 1 merupakan soal terkait pemahaman siswa mengenai definisi sel volta yang menunjukkan bahwa sebagian besar siswa sudah paham sebesar 60,6%. Miskonsepsi siswa pada soal nomor 1 yakni, siswa masih menganggap bahwa sel volta merupakan reaksi kimia tidak spontan. Kemudian diperkuat dengan soal nomor 2 mengenai dua elektroda yang dihubungkan dengan katoda dan anoda sehingga menghasilkan energi listrik dan hasil menunjukkan tidak jauh berbeda bahwa siswa yang memahami definisi sel volta sebesar 54,5%. Siswa mampu mengingat konsep dasar sel volta dan peran elektroda. Sedangkan untuk siswa yang mengalami miskonsepsi masih terdapat sekitar 10 – 14 siswa dengan presentasi 15% - 21%. Siswa yang tidak paham konsep sekitar 4-6 orang.

2. Miskonsepsi pada konsep potensial elektroda standar

Pada indikator yang kedua terkait mendeskripsikan potensial elektrode, elektrode standar, dan cara mengukur potensial elektrode standar. Pada indikator ini disediakan 4 soal yakni soal nomor 3, 4, 5, dan 6. Data menunjukkan miskonsepsi siswa masih tergolong tinggi baik pada miskonsepsi pertama (Mi-1) maupun miskonsepsi kedua (Mi-2). Kesalahan siswa sebagian besar adalah kekeliruannya dalam menentukan tanda potensial reduksi dan membedakan elektroda yang bertindak sebagai anoda atau katoda dalam reaksi spontan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Asnawi et al., 2017) yakni reaksi spontan tidak dapat terjadi apabila dua elektroda memiliki potensial reduksi standar berharga negatif. Kemudian siswa menganggap

bahwa elektroda dengan potensial reduksi lebih besar selalu bertindak sebagai anoda. Fakta yang sebenarnya adalah elektroda yang memiliki potensial reduksi lebih positif akan tereduksi dan bertindak sebagai katoda. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh (Garnett & Treagust, 2017) bahwa harga E^0 yang lebih positif dalam potensial reduksi standar bertindak sebagai anode. Miskonsepsi ini menunjukkan bahwa siswa tidak memahami makna fisik proses reduksi–oksidasi yang terjadi karena siswa hanya mengandalkan hafalan.

3. Miskonsepsi pada hubungan potensial sel dan reaksi spontan

Pada indikator ini, siswa mengalami miskonsepsi terkait reaksi yang dapat berlangsung spontan dan tidak spontan berdasarkan E^0_{sell} dan nilai ΔG . Terdapat beberapa contoh untuk menjelaskan miskonsepsi pada indikator ini. Contohnya ketika diberikan dua unsur dengan potensi elektroda yang berbeda yakni $\text{Cr}^{3+} E^0 = -0,74\text{V}$ dan $\text{Cd}^{2+} E^0 = -0,40\text{V}$. Siswa menganggap bahwa unsur dengan potensial reduksi lebih besar selalu bertindak sebagai anoda. Secara konsep elektrode dengan potensial reduksi lebih positif akan bertindak sebagai katoda dan mengalami reduksi. Hal ini juga ditemukan pada penelitian yang dilakukan oleh (Dorsah & Yaayin, 2021) yang menggunakan elektroda Zn^{2+} dan Cu^{2+} . Ion yang bertindak sebagai anoda selalu ion bermuatan negatif. Contoh yang kedua yakni, miskonsepsi yang terjadi yakni siswa menganggap bahwa ion yang mengalami oksidasi akan menangkap elektron karena ada peningkatan bilangan oksidasi, sedangkan ion yang mengalami reduksi akan melepaskan elektron. Selain itu, siswa menganggap bahwa apabila kedua elektrode memiliki potensial elektrode negatif maka reaksi tidak dapat berlangsung secara spontan.

4. Miskonsepsi siswa pada proses elektrolisis

Pada indikator ini berfokus pada konsep hubungan kuat arus listrik, waktu, dan massa hasil elektrolisis. Pada soal nomor 12 miskonsepsi sebanyak 27 orang siswa dengan persentase sebesar 40,9%. Sebagian besar siswa keliru memahami hukum Faraday. Siswa berasumsi bahwa semakin besar arus listrik maka semakin sedikit ion yang bereaksi di elektroda. Temuan yang sama juga diperoleh

oleh (Dewata & Melyanti 2016) yakni siswa beranggapan bahwa jumlah massa zat yang dihasilkan pada katode dan anode berbanding terbalik dengan jumlah listrik yang digunakan. Konsep yang tepat yakni massa zat yang dihasilkan pada anoda dan katoda sebanding dengan jumlah muatan listrik yang dialirkan ($Q = I \times t$). Dapat diketahui bahwa siswa kurang bisa memaknai hubungan matematis antara kuat arus, waktu, dan jumlah hasil elektrolisis. Pada indikator ini siswa juga menganggap bahwa dalam sel elektrolisis kation akan mengalir dari anoda ke katoda. Temuan yang sama juga pada penelitian yang dilakukan oleh (Dorsah & Yaayin, 2021) bahwa pada sel elektrolisis kation mengalir dari anoda ke katoda dan anion akan mengalir dari katoda ke anoda.

5. Miskonsepsi siswa pada faktor-faktor yang mempercepat korosi

Pada indikator 5 dan 6 sebagian besar siswa paham konsep yakni sebesar 39,4% dan sebagian lagi tidak paham konsep sebesar 25,8%, tetapi masih terdapat juga siswa yang mengalami miskonsepsi sebesar 31,8%. Siswa beranggapan bahwa logam yang lebih reaktif akan bertindak sebagai katoda. Siswa diberikan kasus terkait pipa baja yang dihubungkan dengan seng (Zn) yang lebih reaktif maka Zn bertindak sebagai katoda dan baja bertindak sebagai anoda. Siswa belum memahami proses redoks yang melibatkan aliran elektron dari anoda ke katoda. Secara konsep yang tepat adalah unsur dengan potensial reduksi yang lebih negatif akan berfungsi sebagai anoda. Artinya, logam Zn akan bertindak sebagai anoda dan akan mengalami korosi lebih dulu dibandingkan pipa baja sehingga pipa baja tidak akan berkarat.

6. Miskonsepsi siswa pada merancang percobaan atau proyek untuk mencegah korosi pada besi.

Pada indikator ini jumlah siswa yang mengalami miskonsepsi masih tinggi yakni sekitar 40,9% pada Mi-1 dan 18,2% pada Mi-2. Siswa yang tidak paham konsep juga masih sekitar 25,8%. Mahasiswa keliru dalam memutuskan bahan yang dapat mencegah korosi pada rantai motor, alasan yang diberikan juga masih banyak yang keliru. Siswa menganggap bahwa cat dapat mencegah korosi pada rantai motor. Hal ini dikarenakan tumpang tindih dengan pemahaman mereka mengenai

pengecahan korosi pada besi. Dalam menjelaskan konsep juga masih keliru yakni bahan-bahan mencegah korosi dengan mengubah struktur kimia logam agar tidak korosi. Konsep yang sebenarnya bahwa bahan pencegah korosi melakukan perlindungan dengan bertindak sebagai lapisan pelindung dan pelumas, melindungi rantai motor dari kelembapan dan gesekan.

KESIMPULAN

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa masih terdapat miskonsepsi dan tidak paham konsep pada materi elektrokimia. Miskonsepsi terdapat pada submateri sel volta, potensial elektroda standar, hubungan potensial sel dan elektroda standar, proses sel elektrolisis, faktor-faktor yang mempercepat korosi, dan cara pencegahan korosi. Jumlah miskonsepsi untuk setiap indikator beragam baik pada kategori Mi-1 maupun Mi-2. Persentase miskonsepsi terendah yakni 6,06% dan tertinggi sebesar 42,4%. Ini mengarahkan kita pada kenyataan bahwa siswa masih kesulitan dalam memahami konsep elektrokimia. Temuan ini menyarankan kepada guru kimia untuk mengimplementasikan pendekatan pembelajaran kimia yang dapat mengubah pemahaman konsep siswa dengan pembelajaran yang lebih bermakna.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada mahasiswa atas nama Sukrina Pebrianti yang telah banyak membantu dalam proses validasi empirik dan pengumpulan data. Terimakasih juga kepada Kepala Sekolah dan Guru Kimia Kelas XI SMAN 1 Praya Tengah yang telah memberikan izin selama proses penelitian dilaksanakan.

REFERENSI

- Asnawi, R., Effendy, & Yahmin. (2017). Kemampuan Berpikir Ilmiah Siswa dan Miskonsepsi pada Materi Elektrokimia. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 23(1), 25–33.
- Azizah, N. L., Mahardiani, L., & Yamtinah, D. S. (2022). Analisis Miskonsepsi dengan Tes Diagnostik Two-Tier Multiple Choice dan In-Depth Interview pada Materi Asam Basa. *Jurnal Pendidikan*

- Kimia*, 11(2), 168–177. <https://jurnal.uns.ac.id/JPKim/article/view/60345>
- Badwal, S. P. S., Giddey, S. S., Munnings, C., Bhatt, A. I., & Hollenkamp, A. F. (2014). Emerging electrochemical energy conversion and storage technologies. *Frontiers in Chemistry*, 2(SEP), 1–28. <https://doi.org/10.3389/fchem.2014.00079>
- Dewata, Indang; Okmi Melyanti, N. (2007). *Analisis proses pembelajaran pokok bahasan elektrokimia di kelas xii sman 1 panti*.
- Dewata, I. (2016). Analisis Proses Pembelajaran Pokok Bahasan Elektrokimia Di Kelas Xii Sman 1 Panti. *Ta'dib*, 14(1). <https://doi.org/10.31958/jt.v14i1.195>
- Dorsah, P., & Yaayin, B. (2021). *Altering Students Misconceptions in Electrochemistry Using Conceptual Altering Students Misconceptions in Electrochemistry*. November 2019. <https://doi.org/10.24940/ijird/2019/v8/i11/NOV19021>
- Garnett, P. J., & Treagust, D. F. (2017). *Conceptual difficulties experienced by senior high school students of electrochemistry: Electric circuits and oxidation-reduction equations*. *Conceptual Difficulties Experienced by Senior High School Students of Electrochemistry: Electric Circuits and Oxidation-Reduction Equations*. November. <https://doi.org/10.1002/tea.3660290204>
- Laliyo, L. A. R., Langi, R., Pikoli, M., Munandar, H., Thayban, T., Kurniawati, E., & Sangkota, V. D. A. (2023). Identifikasi Miskonsepsi Siswa pada Materi Asam Basa Menggunakan Instrumen Two-Tier Multiple Choice. *Jambura Journal of Educational Chemistry*, 5(2), 130–135. <https://doi.org/10.34312/jjec.v5i2.13229>
- Muti'ah; Siahaan, J. S. (2016). Efek Media Demonstrasi Kimia yang Dimodifikasi Terhadap Pemahaman Mahasiswa. *Jurnal Pijar Mipa*, XI(2), 81–86.
- Rahayu, S. (2016). Menyiapkan Calon Guru Dalam Berliterasi Sains Melalui Pembelajaran Berkonteks Eksplisit Nature of Science (Nos). *Konvensi Nasional Pendidikan Indonesia (KONASPI) VIII Tahun 2016, October 2016*, 9.
- Rahayu, S., Treagust, D. F., Chandrasegaran, A. L., Kita, M., & Ibnua, S. (2011). Assessment of electrochemical concepts: A comparative study involving senior high-school students in Indonesia and Japan. *Research in Science and Technological Education*, 29(2), 169–188. <https://doi.org/10.1080/02635143.2010.536949>
- Siswaningsih, W. (2014). Pengembangan Tes Diagnostik Two-Tier Untuk Mengidentifikasi Miskonsepsi Pada Materi Kimia Siswa Sma. *Jurnal Pengajaran Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 19(1), 117. <https://doi.org/10.18269/jpmipa.v19i1.487>
- Subhaktiyasa, P. G. (2024). Pendekatan Metodologi Penelitian Kuantitatif dan Kualitatif. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 9(4), 2721–2731.
- Treagust, D. F. (1988). Development and use of diagnostic tests to evaluate students' misconceptions in science. *International Journal of Science Education*, 10(2), 159–169. <https://doi.org/10.1080/0950069880100204>
- Treagust, D. F. (2014). *The development of a two-tier multiple-choice diagnostic instrument for evaluating secondary school students' ability to describe and explain chemical reactions using multiple levels of representation*. May. <https://doi.org/10.1039/B7RP90006F>
- Trisnawati, A., Kimia, A. P.-: J. K., & 2025, undefined. (2025). Enhancing Students' Chemical Literacy with Environmental Problem-Based Learning Models through Lesson Study Practices. *E-Journal.Undikma.Ac.Id*, 13(April). <https://e-journal.undikma.ac.id/index.php/hydrogen/article/view/15246>
- Tüysüz, C. (2009). Development of two-tier diagnostic instrument and assess students' understanding in chemistry. *Scientific Research and Essays*, 4(6), 626–631.

