

Edukasi Pemurnian Logam Tembaga melalui Elektrolisis untuk Siswa SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo

Kostiawan Sukamto^{1*}, Astin Lukum¹, Akram La Kilo¹, Wiwin Rewini Kunusa¹

¹Program Studi Kimia, Universitas Negeri Gorontalo

ABSTRACT

This community service activity aims to provide students at SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo with an understanding of the copper purification process through electrolysis and the application of environmentally friendly technology in the metallurgy industry. The activity was carried out using a combined approach of theoretical instruction and direct laboratory practicum. Students learned the basic principles of electrolysis, the mechanism of copper purification, and how this technology reduces environmental impact compared to traditional methods. During the practicum, students had the opportunity to apply the theory they had learned, observe the electrolysis process, and understand the results of copper purification. The evaluation results indicate that the activity was effective in enhancing students' understanding of electrolysis and the importance of sustainable technology in the industry. Additionally, the activity successfully sparked students' interest in the field of engineering and environmentally friendly industries.

Keywords: Community Service, Copper Purification, Laboratory Practicum, Student Engagement.

Received: 20.05.2025	Revised: 20.06.2025	Accepted: 27.06.2025	Available online: 30.06.2025
-------------------------	------------------------	-------------------------	---------------------------------

Suggested citation:

Sukamto, K., Lukum, A., La Kilo, A., & Kunusa, W.R (2025). Edukasi Pemurnian Logam Tembaga melalui Elektrolisis untuk Siswa SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo. *Damhil: Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, 4(1), 84-92.

Open Access | URL: <https://ejurnal.ung.ac.id/index.php/damhil/index>

¹ Corresponding Author: Program Studi Kimia, FMIPA Universitas Negeri Gorontalo; Jl. Prof. Dr. Ing. B. J. Habibie, Moutong, Tilongkabila, Bone Bolango 96119, Gorontalo; email: Kostiawan_sukamto@ung.ac.id

PENDAHULUAN

Pemurnian logam adalah salah satu aspek penting dalam industri metalurgi yang memiliki peran krusial dalam berbagai sektor, termasuk industri elektronika, konstruksi, energi, dan transportasi. Proses ini digunakan untuk menghilangkan kontaminan atau unsur-unsur tidak murni dari logam kasar sehingga diperoleh logam dengan tingkat kemurnian tinggi yang siap digunakan dalam berbagai aplikasi industri (Diallo et al., 2015; Park et al., 2023). Di antara metode pemurnian logam, elektrolisis adalah salah satu teknik yang paling efektif dan banyak diterapkan, terutama dalam pemurnian logam seperti tembaga, aluminium, dan seng (Budiyanto & Yuono, 2018; Suwardi et al., 2024; Ulum et al., 2019). Elektrolisis memungkinkan proses pemurnian logam dengan cara yang lebih efisien dan ramah lingkungan dibandingkan dengan metode tradisional lainnya (Amri et al., 2020; Wiyanto et al., 2017).

Tembaga, sebagai salah satu logam yang sering dimurnikan menggunakan metode elektrolisis, memiliki beragam aplikasi yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Tembaga banyak digunakan dalam pembuatan kabel listrik, alat elektronik, peralatan industri, dan berbagai komponen lainnya yang memerlukan konduktivitas tinggi (Liakyn et al., 2024; Rudnicki, 2010; Wang et al., 2022). Oleh karena itu, pemahaman tentang proses pemurnian tembaga tidak hanya relevan bagi industri, tetapi juga penting untuk diketahui oleh generasi muda yang akan menjadi penerus dalam bidang teknologi dan industri. Proses elektrolisis tembaga memberikan pemahaman yang mendalam tentang prinsip dasar elektrokimia, serta aplikasinya dalam industri metalurgi.

Dari sudut pandang pendidikan, teknik pembelajaran aktif seperti *discovery learning* dapat meningkatkan pemahaman siswa tentang elektrolisis. *Discovery learning* menempatkan siswa sebagai subjek aktif yang secara mandiri menemukan konsep melalui eksplorasi, percobaan, dan pemecahan masalah. Pendekatan ini mendorong siswa untuk mengamati fenomena, merumuskan pertanyaan, melakukan eksperimen (misalnya, elektrolisis larutan), serta menarik kesimpulan dari temuan mereka sendiri. Penelitian oleh Rudibyani menunjukkan bahwa metode ini efektif dalam meningkatkan keterampilan berpikir elaborasi siswa serta penguasaan konsep elektrolisis (Choirunnisa et al., 2024; Rudibyani, 2019).

Proses elektrolisis, yang melibatkan pemecahan senyawa melalui aliran arus listrik, dapat digunakan untuk berbagai aplikasi, termasuk produksi gas hidrogen dan pemurnian logam. Dengan pendekatan pendidikan yang tepat, siswa dapat lebih memahami konsep ini dan penerapannya di dunia nyata. Proses elektrolisis secara fundamental menggambarkan reaksi redoks di mana ion berinteraksi dengan elektroda untuk menghasilkan produk yang berbeda (Daffa Zulfany et al., 2024; Napitupulu & Karti, 2024). Kegiatan ini bertujuan untuk membuka wawasan siswa terhadap konsep-konsep ilmiah yang dapat diaplikasikan dalam dunia industri. Salah satu bentuk pengabdian masyarakat yang dapat memberikan kontribusi dalam hal ini adalah dengan mengadakan kegiatan yang melibatkan pemberian materi dan pendampingan langsung dalam praktik di laboratorium. Kegiatan semacam ini tidak hanya memberikan pengetahuan teori, tetapi juga memberikan pengalaman praktis yang sangat penting bagi perkembangan keterampilan teknis siswa.

SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo, sebagai salah satu lembaga pendidikan yang memiliki tujuan untuk menghasilkan lulusan yang kompeten di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi, menjadi sasaran yang ideal untuk melaksanakan kegiatan pengabdian ini. Dengan melibatkan siswa dalam edukasi tentang pemurnian logam tembaga melalui elektrolisis, kegiatan ini bertujuan untuk memperkenalkan teknik pemurnian logam yang relevan dengan kebutuhan industri modern. Selain itu, kegiatan ini juga diharapkan dapat memupuk minat siswa terhadap bidang teknik dan

ilmu pengetahuan, yang pada gilirannya dapat memberikan kontribusi bagi pengembangan industri di masa depan.

Dalam kegiatan ini, siswa tidak hanya akan diberikan materi yang berkaitan dengan teori dasar elektrolisis dan pemurnian logam, tetapi juga akan diajak untuk melakukan praktikum langsung di laboratorium. Praktikum ini memberikan siswa pengalaman langsung dalam penerapan elektrolisis untuk pemurnian tembaga, dengan pendampingan ahli untuk memperdalam pemahaman dan keterampilan praktis. Kegiatan ini bertujuan menginspirasi minat siswa terhadap teknologi ramah lingkungan, khususnya dalam metalurgi dan pemurnian logam. Selain itu, kegiatan ini juga menumbuhkan kesadaran akan pentingnya pengelolaan sumber daya alam yang bijak, serta bagaimana teknologi dapat mendukung industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan di masa depan.

METODE

Metode pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini dilaksanakan melalui pendekatan yang terdiri dari beberapa tahapan, yang melibatkan pemberian materi edukasi dan pendampingan praktikum langsung di laboratorium. Kegiatan ini dilaksanakan pada hari Selasa, 19 oktober 2024. Tahapan-tahapan kegiatan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut:

Persiapan Kegiatan

Pada tahap persiapan kegiatan, tim pengabdian melakukan koordinasi dengan pihak SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo untuk menentukan jadwal, peserta, dan fasilitas yang diperlukan. Selanjutnya, materi edukasi yang mencakup teori dasar elektrolisis, pemurnian logam tembaga, serta penerapan teknologi ramah lingkungan disusun. Terakhir, perlengkapan laboratorium, seperti alat elektrolisis, larutan elektrolit tembaga, dan perangkat keamanan, dipersiapkan untuk memastikan kelancaran praktikum.

Pemberian Materi Edukasi

Pada sesi pemberian materi edukasi, tim pengabdian memulai dengan penyampaian teori elektrolisis, yang meliputi prinsip dasar elektrolisis, reaksi yang terjadi selama proses pemurnian logam, serta aplikasi teknik ini dalam industri. Selanjutnya, siswa dikenalkan dengan proses pemurnian tembaga, termasuk cara elektrolisis digunakan untuk memperoleh tembaga murni dari tembaga kasar. Selain itu, materi juga mencakup pembahasan mengenai pentingnya teknologi ramah lingkungan dalam industri, dengan fokus pada elektrolisis sebagai metode yang lebih bersih dan efisien dibandingkan dengan teknik lainnya.

Praktikum di Laboratorium

Kegiatan dimulai dengan demonstrasi praktikum elektrolisis oleh tim pengabdian, untuk menunjukkan cara kerja elektrolisis dalam pemurnian tembaga. Siswa melihat secara langsung bagaimana tembaga terlarut dari anoda dan mengendap di katoda. Setelah itu, siswa dibagi dalam kelompok kecil dan diberikan kesempatan untuk melakukan praktikum elektrolisis tembaga dengan pengawasan serta pendampingan dari tim pengabdian. Setiap kelompok melakukan percobaan menggunakan alat dan bahan yang telah disediakan. Setelah praktikum, siswa diminta untuk mengamati dan mendiskusikan hasil pemurnian tembaga, serta menganalisis proses dan hasil yang diperoleh dalam praktikum tersebut.

Diskusi dan Refleksi

Tanya jawab dilakukan untuk memastikan pemahaman siswa mengenai materi teori dan hasil praktikum yang telah dilaksanakan. Diskusi ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk mengajukan pertanyaan terkait teknik pemurnian logam dan aplikasinya dalam industri. Selanjutnya, siswa diminta untuk membuat refleksi singkat mengenai pengalaman mereka selama kegiatan, serta apa yang telah mereka pelajari tentang pemurnian logam, teknik elektrolisis, dan pentingnya penerapan teknologi ramah lingkungan dalam industri.

Evaluasi Kegiatan

Pada tahap evaluasi, pemahaman siswa dievaluasi melalui kuis singkat untuk mengukur sejauh mana siswa memahami materi yang telah diberikan, baik teori maupun praktikum. Penilaian praktikum juga dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana siswa dapat mengaplikasikan pengetahuan yang telah dipelajari selama kegiatan. Selain itu, umpan balik diberikan kepada siswa terkait hasil praktikum dan pemahaman materi. Evaluasi keseluruhan kegiatan juga dilakukan untuk menilai pelaksanaan kegiatan dan mengidentifikasi area yang dapat ditingkatkan guna meningkatkan kualitas pengabdian di masa depan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian masyarakat yang dilaksanakan di SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo mengenai pemurnian logam tembaga melalui elektrolisis berjalan dengan sukses dan memberikan dampak yang signifikan terhadap pemahaman siswa mengenai teknik pemurnian logam serta penerapan teknologi yang ramah lingkungan dalam industri. Secara keseluruhan, siswa sangat terlibat dalam setiap tahap kegiatan, baik dalam pemberian materi edukasi, praktikum di laboratorium, maupun diskusi dan refleksi yang diadakan di akhir kegiatan. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kombinasi antara teori dan praktik dapat meningkatkan pemahaman siswa secara mendalam mengenai konsep elektrolisis dan aplikasi praktisnya.

Pada sesi pemberian materi, tim pengabdian memulai dengan penjelasan mengenai teori dasar elektrolisis, yang merupakan metode dasar untuk memurnikan logam, termasuk tembaga. Siswa diberi pemahaman tentang prinsip dasar elektrolisis, yang melibatkan penggunaan arus listrik untuk menyebabkan reaksi kimia yang menghasilkan pemurnian logam. Dalam hal ini, elektrolisis digunakan untuk memisahkan tembaga dari kotoran atau unsur-unsur lain yang terkandung dalam tembaga kasar.

Prinsip dasar elektrolisis yang dijelaskan melibatkan dua elektroda—anoda (elektroda positif) dan katoda (elektroda negatif)—yang dicelupkan ke dalam larutan elektrolit, yang dalam hal ini mengandung ion tembaga (Cu^{2+}) yang akan diproses. Ketika arus listrik dialirkan, tembaga pada anoda teroksidasi, yakni tembaga yang ada pada anoda akan terlepas dalam bentuk ion tembaga (Cu^{2+}) dan masuk ke dalam larutan elektrolit. Sementara itu, pada katoda, ion-ion tembaga (Cu^{2+}) tersebut akan mengalami reduksi dan mengendap sebagai tembaga murni (Wattimena, 2013). Siswa dengan jelas dapat memahami bagaimana proses ini berlanjut dan bagaimana arus listrik memainkan peran penting dalam mendorong reaksi kimia yang memungkinkan pemurnian tembaga. Penjelasan ini membantu siswa melihat elektrolisis sebagai sebuah siklus kimia yang memungkinkan logam dipisahkan dari impuritas dan menghasilkan produk yang lebih murni.



Gambar 1. Sesi pemberian materi eletrolisis

Selain itu, tim pengabdian juga menjelaskan mekanisme elektrolisis dalam konteks industri metalurgi, memberikan wawasan lebih luas kepada siswa tentang bagaimana proses ini diterapkan dalam industri untuk menghasilkan logam yang berkualitas tinggi. Materi ini tidak hanya terbatas pada aspek teknis, tetapi juga membahas pentingnya elektrolisis dalam meningkatkan efisiensi industri pemurnian logam. Siswa dapat menghubungkan teori yang mereka pelajari dengan penerapan nyata di sektor industri, memahami bagaimana elektrolisis memungkinkan produksi logam berkualitas tinggi yang digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti pembuatan kabel listrik dan alat elektronik.

Topik mengenai teknologi ramah lingkungan menjadi salah satu bagian yang mendapat perhatian khusus. Tim pengabdian menjelaskan bahwa elektrolisis merupakan metode pemurnian logam yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan proses pemurnian tradisional yang menggunakan bahan bakar fosil, seperti peleburan. Proses peleburan tembaga tradisional sering menghasilkan emisi gas berbahaya, seperti sulfur dioksida (SO_2), yang dapat mencemari udara dan merusak lingkungan. Selain itu, limbah padat dan cair yang dihasilkan juga dapat berbahaya bagi ekosistem jika tidak dikelola dengan baik. Sebagai perbandingan, elektrolisis memiliki keuntungan besar dalam mengurangi emisi dan limbah berbahaya, karena prosesnya tidak menghasilkan gas beracun dan lebih mudah untuk dikelola (Hermayanti et al., 2011). Dengan menggunakan elektrolisis, industri dapat mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan, yang sangat penting dalam upaya mencapai keberlanjutan industri.

Penyampaian materi mengenai pentingnya teknologi ramah lingkungan ini memberikan kesempatan bagi siswa untuk menyadari bahwa teknik pemurnian logam yang lebih efisien dan bersih tidak hanya berkontribusi pada peningkatan kualitas produk tetapi juga pada pengurangan dampak negatif terhadap alam. Hal ini mendorong siswa untuk berpikir lebih jauh tentang bagaimana ilmu pengetahuan dan teknologi dapat digunakan untuk menciptakan solusi yang lebih bertanggung jawab dalam hal keberlanjutan. Mereka juga belajar bahwa pengelolaan sumber daya alam yang bijaksana dan efisien sangat penting dalam menghadapi tantangan lingkungan yang semakin besar. Dengan memperkenalkan siswa pada teknologi yang lebih bersih, kegiatan ini tidak hanya memberi mereka pengetahuan tentang proses teknis pemurnian logam tetapi juga membentuk kesadaran mereka tentang pentingnya pengelolaan lingkungan yang lebih baik.

Setelah pemberian materi teori, siswa melanjutkan kegiatan dengan praktikum elektrolisis di laboratorium. Pada tahap ini, tim pengabdian melakukan demonstrasi elektrolisis, di mana siswa dapat melihat langsung bagaimana elektrolisis bekerja untuk memurnikan tembaga. Demonstrasi ini bertujuan untuk memperlihatkan secara visual bagaimana tembaga kasar dapat terlarut pada anoda dan mengendap di katoda. Setelah demonstrasi, siswa dibagi menjadi kelompok kecil dan diberi kesempatan untuk melakukan percobaan mereka sendiri, menggunakan alat dan bahan yang telah disiapkan. Setiap kelompok diberi kesempatan untuk mengatur percobaan, mengatur waktu, dan mengamati perubahan yang terjadi pada elektrolit serta elektrode selama proses berlangsung.



Gambar 2. Kegiatan praktikum elektrolisis

Pada praktikum, siswa sangat antusias dan terbukti memiliki keinginan yang kuat untuk mempraktikkan apa yang telah mereka pelajari. Meskipun demikian, tantangan utama yang dihadapi adalah dalam hal ketelitian pengamatan terhadap perubahan yang terjadi pada larutan elektrolit dan katoda. Beberapa kelompok mengalami kesulitan dalam mengidentifikasi perubahan yang terjadi pada larutan atau mendeteksi tembaga yang mengendap di katoda dengan lebih tepat. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun siswa telah memahami prinsip dasar elektrolisis, mereka masih memerlukan bimbingan lebih lanjut dalam hal keterampilan praktis, seperti teknik pengamatan yang lebih teliti terhadap reaksi yang terjadi. Beberapa siswa juga membutuhkan waktu tambahan untuk memantau dan mengukur perubahan secara akurat, sehingga

pendampingan yang lebih intensif di masa depan sangat diperlukan untuk mengatasi tantangan ini.

Setelah praktikum, sesi tanya jawab dilakukan untuk memberikan kesempatan kepada siswa untuk menyampaikan pertanyaan atau kebingungannya terkait eksperimen yang baru saja dilakukan. Siswa mengajukan berbagai pertanyaan yang mencerminkan ketertarikan mereka terhadap topik ini. Mereka bertanya tentang variasi yang mungkin terjadi pada hasil pemurnian tembaga apabila dilakukan dengan konsentrasi elektrolit yang berbeda, atau bagaimana suhu dapat memengaruhi proses elektrolisis. Beberapa siswa juga bertanya mengenai penerapan teknik ini dalam industri dan potensi penggunaannya untuk memurnikan logam lain selain tembaga. Pertanyaan-pertanyaan ini menunjukkan bahwa siswa tidak hanya mengerti konsep dasar elektrolisis, tetapi juga tertarik untuk mendalami lebih lanjut mengenai aplikasi dan variabel yang mempengaruhi hasil proses elektrolisis dalam pemurnian logam.

Di akhir kegiatan, siswa diminta untuk melakukan refleksi tentang apa yang telah mereka pelajari selama kegiatan. Hasil refleksi siswa menunjukkan bahwa mereka tidak hanya memahami teknik pemurnian tembaga, tetapi juga menyadari pentingnya teknologi ramah lingkungan dalam industri. Banyak siswa yang menulis bahwa mereka semakin tertarik dengan bidang teknik metalurgi dan pengolahan logam setelah mengetahui bagaimana elektrolisis dapat mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan oleh proses pemurnian logam tradisional. Selain itu, siswa juga menunjukkan kesadaran tentang pentingnya pengelolaan sumber daya alam secara efisien dan berkelanjutan, yang sangat relevan dengan perkembangan industri saat ini. Refleksi ini mengungkapkan betapa pentingnya kegiatan ini dalam membuka wawasan siswa tentang keterkaitan antara teknologi, keberlanjutan, dan pengelolaan lingkungan.



Gambar 3. Kegiatan tanya jawab dan refleksi

Evaluasi kegiatan dilakukan melalui kuis singkat dan penilaian praktikum. Kuis singkat yang diadakan setelah pemberian materi menunjukkan bahwa sebagian besar siswa berhasil memahami konsep elektrolisis, meskipun ada beberapa siswa yang masih perlu lebih banyak bimbingan untuk menguasai konsep dasar elektrolisis dengan lebih mendalam. Penilaian praktikum mengindikasikan bahwa sebagian besar kelompok dapat melaksanakan eksperimen dengan baik, meskipun beberapa kelompok masih memerlukan pendampingan lebih lanjut dalam hal pengamatan hasil eksperimen yang lebih teliti. Secara keseluruhan, evaluasi menunjukkan bahwa

kegiatan ini berhasil mencapai tujuannya untuk memberikan pemahaman yang lebih mendalam kepada siswa tentang pemurnian logam melalui elektrolisis dan penerapan teknologi yang ramah lingkungan.

Kegiatan pengabdian ini memberikan dampak yang positif dan berhasil menginspirasi siswa untuk lebih tertarik pada bidang teknologi dan industri yang ramah lingkungan, khususnya dalam hal teknik metalurgi dan pengolahan logam. Meskipun terdapat beberapa aspek yang masih dapat diperbaiki, terutama dalam meningkatkan keterampilan praktis siswa di laboratorium, kegiatan ini telah memberikan pengalaman berharga yang mengenalkan siswa pada potensi besar dalam bidang teknik. Evaluasi terhadap pelaksanaan kegiatan ini menunjukkan bahwa program ini sangat efektif dalam memperdalam pemahaman siswa serta membuka peluang bagi mereka untuk mengeksplorasi lebih jauh dunia teknik dan industri yang berkelanjutan.

SIMPULAN

Kegiatan pengabdian masyarakat di SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo tentang pemurnian logam tembaga melalui elektrolisis berhasil memberikan pemahaman yang mendalam kepada siswa mengenai prinsip dasar elektrolisis dan aplikasinya dalam industri metalurgi. Melalui kombinasi materi teori dan praktikum langsung, siswa tidak hanya memperoleh pengetahuan teknis, tetapi juga memahami pentingnya teknologi ramah lingkungan dalam industri. Meskipun ada beberapa aspek yang masih perlu diperbaiki, terutama dalam keterampilan praktis siswa di laboratorium, kegiatan ini berhasil memberikan pengalaman berharga dan membuka peluang bagi siswa untuk mengeksplorasi lebih jauh bidang teknik yang berkelanjutan. Evaluasi kegiatan menunjukkan bahwa program ini efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa serta mendorong mereka untuk mempertimbangkan karir di industri yang berfokus pada keberlanjutan dan inovasi teknologi.

Ucapan Terimakasih

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak SMA Terpadu Wira Bhakti Gorontalo atas kerjasama yang luar biasa dalam pelaksanaan kegiatan pengabdian masyarakat ini. Terima kasih juga kepada seluruh siswa yang telah berpartisipasi aktif dalam kegiatan ini, serta kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan, baik materiil maupun moril, sehingga kegiatan ini dapat terlaksana dengan baik. Kami juga mengucapkan terima kasih kepada tim pengabdian yang telah bekerja keras dalam menyusun materi, melaksanakan praktikum, serta memberikan pendampingan kepada siswa.

REFERENSI

- Amri, I., Awalsya, F., & Irdoni, I. (2020). Pengolahan limbah cair industri pelapisan logam dengan proses elektrokoagulasi secara kontinyu. *Chempublish Journal*, 5(1), 15–26. <https://doi.org/10.22437/CHP.V5I1.7650>
- Budiyanto, E., & Yuono, L. D. (2018). Peranan Aerasi Sel Elektrolisis Dalam Pembentukan Pori Pada Proses Anodizing Logam Aluminium. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 7(2). <https://doi.org/10.24127/TRB.V7I2.811>

- Choirunnisa, S. A., Suad, S., & Sumaji, S. (2024). The Difference and Effectiveness of the Discovery Learning and Direct Learning Model on the Science Learning Outcomes. *ASEANA Science and Education Journal*, 4(1), 16–20. <https://doi.org/10.53797/ASEANA.V4I1.3.2024>
- Daffa Zulfany, M., Manggala, A., Pratiwi, I., Energi, T., Politeknik, T., & Sriwijaya, N. (2024). Produksi Gas Hidrogen Dengan Proses Elektrolisis Air Laut Ditinjau Dari Konsentrasi KOH. *Jurnal Redoks*, 9(2), 105–113. <https://doi.org/10.31851/REDOKS.V9I2.15012>
- Diallo, M. S., Kotte, M. R., & Cho, M. (2015). Mining Critical Metals and Elements from Seawater: Opportunities and Challenges. *Environmental Science & Technology*, 49(16), 9390–9399. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.5B00463>
- Hermayanti, S., Widodo, D. S., & Hastuti, R. (2011). Pengaruh Ligan NH₃ pada Pengambilan Logam Tembaga dari Serpihan Sisa Produksi Kuningan Kabupaten Pati Secara Elektrolisis. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 14(2), 54–57. <https://doi.org/10.14710/JKSA.14.2.54-57>
- Liakyn, L., Mamyachenkov, S., Onalbayeva, Zh. S., Анисимова, О. С., & Daumova, G. (2024). Purification of Complex Solution of Zinc Sulfate from Copper Ions by Electrodeposition Method. *Trudy Universiteta*, 3(96). https://doi.org/10.52209/1609-1825_2024_3_47
- Napitupulu, N., & Karti, K. (2024). Analysis of DC Voltage and Current on the Busbar to the Anode and Cathode Plates in the Electrolysis Process at the Chemical Plant Unit of PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 3(1), 72–77. <https://doi.org/10.56862/IRAJTMA.V3I1.92>
- Park, E., Kim, M., Pin, M. W., Park, H., & Kim, Y. H. (2023). Precious Metal Recovery from Waste Electrical and Electronic Equipment through Oxidative Refining. *Recycling*, 8(5). <https://doi.org/10.3390/RECYCLING8050080>
- Rudibyani, R. B. (2019). Peningkatkan Keterampilan Berpikir Elaborasi dan Penguasaan Konsep Elektrolisis Siswa Melalui Discovery Learning. *Jurnal Sains Dan Edukasi Sains*, 2(2), 60–69. <https://doi.org/10.24246/JUSES.V2I2P60-69>
- Rudnicki, S. A. (2010). Prevention and Treatment of Peripheral Neuropathy after Bariatric Surgery. *Current Treatment Options in Neurology*, 12(1), 29–36. <https://doi.org/10.1007/S11940-009-0052-2>
- Suwardi, S., Lidiawati, L., & Haidul, H. (2024). Reduksi Kadar Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Proses Etching PCB di Laboratorium Fisika Menggunakan Metode Elektrolisis. *Jurnal Pengelolaan Laboratorium Pendidikan*, 7(1), 32–40. <https://doi.org/10.14710/JPLP.7.1.32-40>
- Ulum, B., Kurniawan, F., & Ulfin, I. (2019). Sintesis Senyawaan Seng Secara Elektrolisis. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/J23373520.V7I2.29581>
- Wang, D., Hu, S., Kremenakova, D., & Militky, J. (2022). The electromagnetic shielding effectiveness of the copper plated nonwoven fabric and its' related comfort properties. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 17. <https://doi.org/10.1177/15589250221133462>
- Wattimena, R. M. (2013). *Analisa Pembuatan Serbuk Tembaga Hasil Proses Electrorefining Metode Laboratorium*. <https://doi.org/10.32497/RM.V8I1.393>
- Wiyanto, E., Harsono, B., Makmur, A., Pangputra, R., Julita, J., & Kurniawan, M. S. (2017). Penerapan Elektrokoagulasi Dalam Proses Penjernihan Limbah Cair. *Jetri: Jurnal Ilmiah Teknik Elektro*. <https://doi.org/10.25105/JETRI.V12I1.1449>

Copyright and License



This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

© 2025 Kostiawan Sukamto, Astin Lukum, Akram La Kilo, Wiwin Rewini Kunusa