

Kajian Elektrolisis dalam Proses Pembentukan dan Pelepasan lapisan

Esmar Budi^{1,2,*}, Teguh Budi Prayitno², Arsyah Fadillah², Irsya Luthfiah Ramadhyagita² dan Muhammad Fajrin Sofyan^{1,2}

¹Program Studi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta
Jl. Rawamangun Muka Raya Jakarta 13220 Indonesia
²Program Studi Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta
Jl. Rawamangun Muka Raya Jakarta 13220 Indonesia

*)Email: esmarbudi@unj.ac.id

Abstract

Various problems related to the environment, society and industry such as corrosion, wear, pollutions and renewable energy are challenge due to a lack of infrastructure and funds in addition to a lack of understanding of concepts and technical skills in solving these problems. Electrolysis is powerfull method in many field including clean rust, material protection from corrosion and hydrogen production for energy. Involvement of the community and partner institutions is important so that solving the problems. To overcome the constraints on facilities and infrastructure as well as funds, the electrolysis are utilized due to simple, cheap, and high-rate process as well as provided abundant raw materials. The method is used as practical learning or field experiments, trials and comparative studies etc. In this activity, a training on electrolysis (including electrodeposition) process is performed to improve the basic skill of community. In this study, school's students in community of Majalaya vilagge, West Cikalong, Cianjur District, Province of West Java are chosen as the participants while lectures, staffs and undergraduate students as executor and facilitator. The aim of this activity is to empower the community in solving environment and society problems through the formation and removal of layers using electrolysis process. The result shows that the students's ability and skill in electrolysis and electrochemitry process have increased especially in observing gas production during the electrolysis and electrochemistry process.

Keywords: *electrolysis, physics learning*

Abstrak

Berbagai permasalahan yang berkaitan dengan lingkungan, masyarakat dan industri seperti korosi, keausan, polusi dan energi terbarukan menjadi tantangan karena kurangnya infrastruktur dan dana di samping kurangnya pemahaman konsep dan keterampilan teknis dalam menyelesaikan permasalahan tersebut. Elektrolisis adalah metode yang ampuh di banyak bidang termasuk pembersihan karat, perlindungan material dari korosi, dan produksi hidrogen untuk energi. Keterlibatan masyarakat dan lembaga mitra menjadi penting untuk menyelesaikan

permasalahan tersebut. Untuk mengatasi keterbatasan sarana dan prasarana serta dana, maka dilakukan elektrolisis karena prosesnya yang sederhana, murah, dan berkecepatan tinggi serta ketersediaan bahan baku yang melimpah. Metode tersebut digunakan sebagai pembelajaran praktek atau percobaan lapangan, uji coba dan studi banding dll. Dalam kegiatan ini dilakukan pelatihan proses elektrolisis dan elektrokimia untuk meningkatkan keterampilan dasar masyarakat. Dalam penelitian ini siswa sekolah di lingkungan Desa Majalaya, Cikalong Barat, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat dipilih sebagai peserta sedangkan dosen, staf dan mahasiswa S1 sebagai pelaksana dan fasilitator. Tujuan dari kegiatan ini adalah untuk memberdayakan masyarakat dalam memecahkan permasalahan lingkungan dan masyarakat melalui pembentukan dan penghilangan lapisan menggunakan proses elektrolisis. Hasil pelatihan menunjukkan bahwa kemampuan dan keterampilan siswa dalam proses elektrolisis dan elektrokimia mengalami peningkatan khususnya dalam pengamatan gelembung gas yang dihasilkan selama proses elektrolisis dan elektrokimia berlangsung.

Kata Kunci: elektrolisis, elektrodeposisi, pembelajaran fisika, laboratorium.

PENDAHULUAN

Pada tahun 2024 ini, pemenuhan energi alternatif selain bahan bakar minyak seperti hydrogen, menjadi perhatian khususnya akibat krisis energi di Eropa akibat peperangan (Blanchard, 2024). Produksi hydrogen dilakukan melalui proses elektrolisis dengan menguraikan air menggunakan listrik. Saat ini tengah dikembangkan teknologi elektrolisis untuk air laut (Din, 2024). Namun demikian tantangan terbesar dalam pengembangan teknologi ini agar efektif dan ekonomis adalah ancaman korosi dari air laut.

Terkait dengan korosi, maka proses elektrokimia menjadi dasar dimana terjadi proses reaksi oksidasi dan reduksi melalui pertukaran antara energi listrik menjadi energi kimia yang ditandai dengan terbentuknya lapisan korosi pada elektroda (Zumdahal, 2007). Namun demikian proses elektrokimia juga menjadi dasar dalam perlindungan bahan terhadap korosi melalui pembentukan lapisan. Proses pembentukan lapisan dapat melalui proses *electroplating* maupun elektrodeposisi (Cui, 2023; Gugua, 2024). Penerapan proses elektrodeposisi banyak digunakan di berbagai industri khususnya mealalui pembentukan lapisan komposit. Kaidah ini menerapkan prinsip *electrolytic co-deposition* dimana partikel penguat akan diendapkan pada matriks komposit (Walsh et al., 2014; Gamburg & Zangari, 2011). Kaidah elektrodeposisi dalam pembentukan lapisan komposit banyak dipilih karena tingkat produksinya yang relatif mudah dan cepat.

Selain itu, proses elektrokimia juga dapat digunakan untuk membersihkan karat melalui proses elektrokimia atau elektrolisis terbalikan (Zhu, 2020; Guo, 2019). Proses ini terjadi melalui

pembentukan kembali lapisan pasif pada permukaan bahan. Namun demikian proses elektrolisis memerlukan sel tertentu sehingga terbatas untuk penerapan yang lebih massif.

Lebih lanjut, proses elektrokimia dan elektrolisis secara umum juga terjadi dalam keseharian melalui teknologi aplikasi seperti baterai yang mengkonversi reaksi kimia menjadi energi listrik (elektro) melalui reaksi oksidasi dan reduksi (Zumdahal, 2007). Selain itu proses elektrokimia dapat terjadi secara alamiah seperti pada proses oksidasi dan korosi khususnya pada bahan logam yang memberikan dampak secara kinerja, ekonomi maupun penampakan.

Menghadapi permasalahan diatas beserta upaya penyelesaiannya, maka perlu diupayakan diseminasi atau penyebaran pengetahuan dan ketrampilan melalui program pemberdayaan masyarakat khususnya masyarakat pendidikan guna meningkatkan kesadaran dan ketrampilan dalam penerapan proses elektrolisis dan elektrodeposisi di lingkungan sekitar. Tujuan dari kegiatan ini adalah memberdayakan masyarakat pendidikan dalam permasalahan yang berkaitan dengan energi dan lingkungan melalui penerapan kaidah elektrolisis dan elektrokimia (elektrodeposisi) dalam menghasilkan energi alternatif dan perlindungan bahan terhadap korosi.

Program kegiatan ini merupakan bagian dari Program Pengabdian kepada Masyarakat (P2M) Program Studi Fisika dan Pendidikan Fisika FMIPA UNJ tahun 2024. Sasaran dari kegiatan adalah masyarakat pendidikan (sekolah) dengan melibatkan dosen, tenaga kependidikan, mahasiswa dan lembaga mitra.

PELAKSANAAN DAN METODE

1. Alat dan Bahan

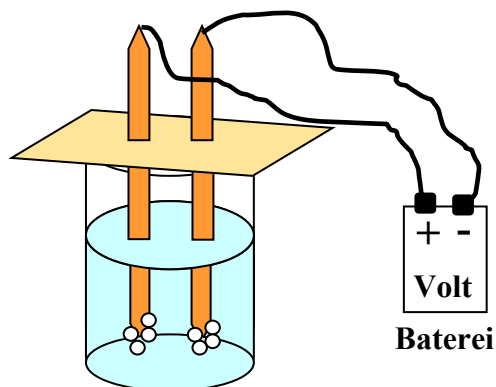
Persiapan bahan dan alat percobaan serta pelatihan mahasiswa dan laboran (tenaga kependidikan) sebagai pendamping dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Program Studi Fisika dan Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Jakarta.

Alat dan bahan yang digunakan adalah:

- a) Baterai 1,5 - 9 Volt (masing-masing satu buah)
- b) Multimeter (1 buah)
- c) Aquades (1 botol)
- d) Garam (1 botol)
- e) Kabel dengan penjepit buaya (2 buah)
- f) Pensil 1-6 B (masing-masing 2 buah)
- g) Gelas kimia/gelas plastik 250 ml

2. Percobaan

Percobaan 1 adalah percobaan elektrolisis (Gambar 1). Tujuan dari percobaan 1 ini adalah untuk mengamati dan mempelajari karakteristik proses elektrolisis. Alat dan bahan yang digunakan meliputi 2 buah pensil (2B dst) sebagai elektroda, catu daya searah atau baterai, 2 buah kabel dengan penjepit buaya, aquades dan garam serta gelas kimia.



Gambar 1. Ilustrasi percobaan elektrolisis menggunakan batang pensil dan aquades serta garam

Percobaan 2 adalah proses pembentukan dan pelepasan lapisan menggunakan logam besi dan tembaga serta air cuka sebagai elektrolit (Gambar 2).



Gambar 2. Percobaan elektrokimia menggunakan batang tembaga dan paku besi serta air cuka

Alat dan bahan yang digunakan pada percobaan 2 meliputi:

- Baterai 1,5 – 9 Volt (masing-masing 1 buah)
- Catu daya (1 buah)
- Multimeter (1 buah)
- Rangkaian arus pulsa (1 buah)

- e) Air cuka/air aki (1 botol)
- f) Aquades (1 botol)
- g) Gelas kimia (1 buah)
- h) Kawat (paku) besi (1 buah)
- i) Kawat tembaga/alumunium (1 buah)
- j) kabel jepit buaya (2 buah)

3. Lokasi dan Waktu Pelaksanaan

Lokasi pelaksanaan kegiatan pelatihan di masyarakat dilakukan di Desa Majalaya, Cikalong Kulon, Kab. Cianjur, Jawa Barat. Waktu pelaksanaan mulai dari persiapan, pelaksanaan hingga pelaporan adalah pada Maret- November 2024. Pelaksanaan kegiatan pelatihan dilaksanakan pada 29-30 Juli 2024.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pelatihan penerapan kaidah elektrolisis dan elektrokimia (elektrodeposisi) pada masyarakat sekolah di SDN Langkob di kampung Langkob, Desa Majalaya, Kec. Cikalong Kulon, Kab. Cianjur, Jawa Barat. Lokasi sekolah hanya dapat dilalui kendaraan roda 2 melewati area persawahan dan rumah penduduk kampung (Gambar 3).



Gambar 3. Lokasi kegiatan Desa Majalaya

Kegiatan dilaksanakan pada 30 Juli 2024 jam 09.00-10.30 WIB. Peserta kegiatan masyarakat Pendidikan atau siswa sekolah dasar kelas 5 dan 6 dengan jumlah peserta sekitar 40 siswa dengan fasilitator dan instruktur terdiri dari dsen ketua pelaksana dan anggota, laboran dan mahasiswa (Gambar 4).

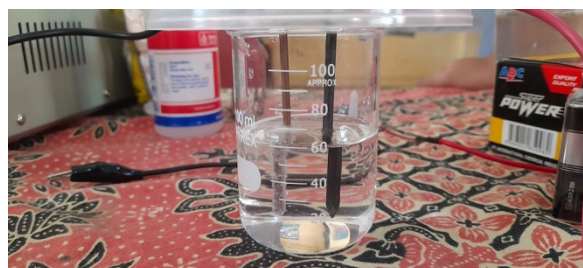


Gambar 4. Pembukaan dan pembekalan pelatihan di SDN Langkob

Kegiatan pertama adalah memberikan penjelasan dan demo percobaan elektrolisis serta percobaan elektrokimia (elektrodeposisi) untuk pembentukan dan pelepasan lapisan (Gambar 5).



(a)



(b)

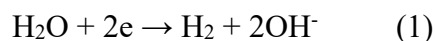
Gambar 5. (a) Peragaan proses elektrolisis; (b) Peragaan proses elektrokimia di SDN Langkob

Hasil percobaan elektrolisis menunjukkan bahwa gelembung gas (hydrogen) dihasilkan pada pensil katoda didalam laurtan garam NaCl. Semakin besar tegangan searah yang diberikan, semakin banyak gelembung yang terjadi. Peristiwa ini menunjukkan bahwa proses elektrolisis terjadi melalui penguraian molekul air menjadi gas oksigen dan hydrogen (Blanchard, 2024; Din, 2024). Karena potensial reduksi H₂O lebih besar dari NaCl, maka molekul yang mengalami reaksi reduksi di elektroda (katoda) adalah molekul air.

Percobaan pertama yaitu elektrolisis mula-mula menggunakan air aquades tanpa garam yang hasilnya menunjukkan tidak ada gelembung gas yang dihasilkan. Setelah ditambahkan garam

kedalam aquades maka gelembung gas terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrolisis air dapat dipercepat atau ditingkatkan dengan menambah garam.

Reaksi kimia untuk proses elektrolisis air garam adalah sbb:



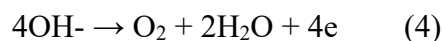
Elektoda positif (anoda) terhubung dengan kutub positif catu daya menyerap elektron sementara elektroda negative (katoda) melepaskan electron. Agar aliran muatan listrik dalam sel elektrolisis berlangsung secara daur (siklus), maka molekul air didekat permukaan katoda akan terurai menjadi ion positif hydrogen (H^+) dan ion negative OH^- .



Kemudian ion H^+ bereaksi dengan electron yang dilepaskan dari permukaan katoda membentuk atom hydrogen netral. Jika dua atom netral hydrogen berikatan membentuk molekul gas hydrogen H_2 yang terlepas dari permukaan katoda berupa gelembung gas.



Sementara itu di permukaan anoda terjadi reaksi oksidasi H_2O atau Cl^- bergantung pada konsentrasi garam yang dilarutkan dalam air dan potensial listrik yang diberikan. Untuk konsentrasi larutan garam yang rendah, maka H_2O yang mengalami oksidasi. Pada reaksi oksidasi, permukaan anoda menyerap ion OH^- dan melepaskan kelebihan electron dan membentuk molekul oksigen dan air. Gas oksigen yang terbentuk teramati dalam bentuk gelembung gas oksigen pada permukaan anoda.



Fungsi garam yang dicampur kedalam air adalah untuk menjadi netralitas air agar siklus muatan listrik terus berlangsung selama proses elektrolisis.

Untuk percobaan pembentukan dan pelepasan lapisan yang dilakukan melalui proses pelapisan logam besi paku dengan tembaga dan sebaliknya berhasil dilakukan seperti pada gambar berikut (Gambar 6.a). Permukaan logam besi paku yang semula berwarna kehitaman berubah menjadi kekuningan setelah terlapisi oleh logam tembaga. Laju pelapisan bergantung pada besar arus atau tegangan yang diberikan (Zhu, 2020).



(a)



(b)

Gambar 6. Hasil proses elektrokimia



(a)

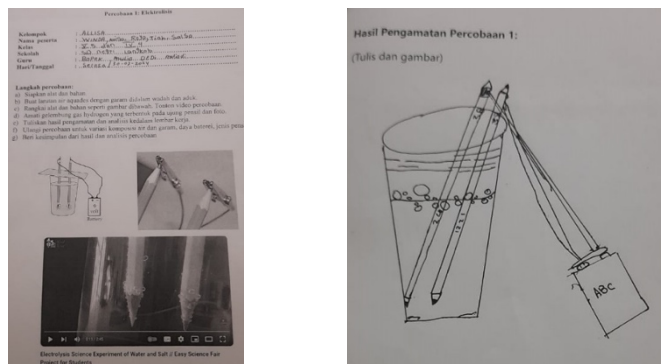


(b)

Gambar 7. (a) Pelatihan proses elektrolisis; (b) pelatihan proses elektrokimia di SDN Langkob

Selanjutnya dilakukan percobaan oleh peserta siswa secara berkelompok sebanyak 10 kelompok. Lima kelompok melakukan percobaan elektrolisis dan lima kelompok lain melaksanakan percobaan elektrokimia. Selama pelaksanaan pelatihan tim pelaksana dibantu oleh tim panitia mahasiswa

(Gambar 7). Setiap kelompok percobaan diberikan lembar kerja yang berisi petunjuk pelaksanaan kegiatan pelatihan serta isian data hasil pengamatan dan kesimpulan (Gambar 8).



Gambar 8. Hasil lembar kerja percobaan elektrolisis peserta pelatihan

Tahap akhir pelatihan adalah paparan dan diskusi hasil percobaan oleh perwakilan kelompok didepan kelas. Setiap perwakilan kelas menyampaikan hasil pengamatan kelompoknya dipandu dan dibimbing oleh tim pelaksana kegiatan. Presentasi hasil percobaan dilakukan di sesi akhir dimana setiap kelompok ataupun perwakilannya maju kedepan kelas dan menyampaikan hasil percobaan atau hasil pengamatan kelompoknya (Gambar 9).



Gambar 9. Presentasi hasil pelatihan proses elektrolisis dan elektrokimia di SDN Langkob

Percobaan pertama yaitu elektrolisis mula-mula menggunakan air aquades tanpa garam yang hasilnya menunjukkan tidak ada gelembung gas yang dihasilkan. Setelah ditambahkan garam kedalam aquades maka gelembung gas terlihat. Hal ini menunjukkan bahwa proses elektrolisis air dapat dipercepat atau ditingkatkan dengan menambah garam.

Percobaan kedua yaitu pembentukan dan pelepasan lapisan logam menunjukkan bahwa lapisan tembaga terbentuk pada permukaan logam besi setelah dilakukan proses elektrokimia menggunakan larutan asam cuka.

Secara keseluruhan, peserta pelatihan mampu memberikan uraian hasil pengamatan terhadap percobaan elektrolisis menggunakan elektroda grafit yaitu munculnya gelembung gas pada grafit pensil. Gelembung tersebut merupakan pertanda terbentuknya gas hydrogen hasil elektrolisis air. Untuk percobaan pembentukan dan pelepasan lapisan, peserta pelatihan mampu mengamati gelembung yang sama disekitar elektroda batang paku dan tembaga. Semakin lama warna paku yang semula hitam berubah menjadi berwarna coklat kuning. Hasil ini menunjukkan proses pelapisan batang paku oleh bahan tembaga. Jika kedudukan elektroda terhadap kutub positif dan negative catu daya diubah, maka terjadi pelepasan bahan tembaga pada permukaan batang paku yang menunjukkan terjadinya proses pelepasan lapisan.

PENUTUP

Simpulan

Telah dilaksanakan kegiatan pelatihan percobaan elektrolisis dan elektrokimia untuk menghasilkan gas hydrogen sebagai energi alternatif dan pembentukan serta pelepasan lapisan logam sebagai bagian dari program pengabdian kepada masyarakat program studi Fisika dan Pendidikan Fisika FMIPA UNJ di Lembaga Pendidikan dasar, wilayah binaan Desa Majalaya, Cikalong Kulon, Kab. Cianjur, Jawa Barat. Dari hasil percobaan diamati bahwa penambahan air garam dan tegangan meningkatkan proses elektrolisis dengan indikasi meningkatnya jumlah gelembung gas pada elektroda pensil. Demikian juga laju pelapisan logam meningkat seiring peningkatan tegangan listrik yang diberikan. Hasil pelatihan telah memberikan pengetahuan dan ketrampilan bagi peserta didik dalam proses elektrolisis dan pelapisan logam.

Saran

Perlu dilakukan penumpulan data hasil percobaan elektrolisis dan elektrokimia untuk analisis lebih lanjutan.

Ucapan Terima Kasih

Kegiatan ini dibiayai oleh hibah WBUF BLU FMIPA UNJ dengan No. Kontrak 79/SPK-PKM/FMIPA/2024.

DAFTAR PUSTAKA

A. Blanchard. Strategic investments: Electrolysis vs. Storage for Europe's Energy Security in the Hydrogen Era. *Energy Policy* **195** (2024) 114371

- M.A.U. Din, M.R. Krishnan and E.H. Alsharaeh. Design Strategies for Cost-Effective High-Performance Electrocatalysts in Seawater Electrolysis to Produce Hydrogen. *Journal of Energy Chemistry* 2024.
- L. Cui, K. Yliniemi, J. Vapaavuori and M. Lundstrom. Recent Developments of Electrodeposition-Redox Replacement in Metal Recovery and Functional Materials: A review. *Chemical Engineering Journal* **465** (2023) 142737
- E.C. Gugua, C.O. Ujah, C.O. Asadu , D.V.V. Kallon and B.N. Ekwueme. Electroplating in the Modern Era, Improvements and Challenges: A Review. *Hybrid Advances* **7** (2024) 100286
- Z. Zhu, M. Sugimoto, U. Pal, S. Gopalan and S. Basu. Electrochemical cleaning: An in-Situ Method to Reverse Chromium Poisoning in Solid Oxide Fuel Cell Cathodes. *Journal of Power Sources* **471** (2020) 228474.
- S. Guo, R. Si, Q. Dai, Z. You, Y. Ma and J. Wang. A Critical Review of Corrosion Development and Rust Removal Techniques on the Structural/Environmental Performance of Corroded Steel Bridges. *Journal of Cleaner Production* **233** (2019) 126-146