

**PENGARUH *ELEKTRODA* DAN KONSENTRASI *ELEKTROLIT* TERHADAP  
TEGANGAN, ARUS LISTRIK DAN LAJU KOROSI PADA DESAIN  
PRAKTIKUM ELEKTROKIMIA BERBASIS *GREEN CHEMISTRY***

**SKRIPSI**

Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai gelar S-1



**Disusun oleh:**

**EMYLIA INDRI ASTUTI**

**21104060010**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA**

**FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN**

**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA**

**YOGYAKARTA**

**2025**

## HALAMAN PENGESAHAN



KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA  
FAKULTAS ILMU TARBIYAH DAN KEGURUAN

Jl. Marsda Adisucipto Telp. (0274) 513056 Fax. (0274) 586117 Yogyakarta 55281

### PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Nomor : B-645/Un.02/DT/PP.00.9/03/2025

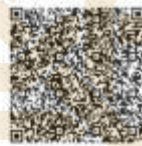
Tugas Akhir dengan judul : Pengaruh *Elektroda* Dan Konsentrasi *Elektrolit* Terhadap Tegangan, Arus Listrik Dan Laju *Korosi* Pada Desain Praktikum *Elektrokimia* Berbasis *Green Chemistry*

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : EMYLIA INDRI ASTUTI  
Nomor Induk Mahasiswa : 21104060010  
Telah diujikan pada : Rabu, 19 Februari 2025  
Nilai ujian Tugas Akhir : A

dinyatakan telah diterima oleh Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

#### TIM UJIAN TUGAS AKHIR



Ketua Sidang

Nina Hamidah, S.Si. M.A.  
SIGNED

Valid ID: 63c17019ea483



Penguji I

Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, S.Pd.,  
M.Pd.  
SIGNED

Valid ID: 67b696ce7001



Penguji II

Setia Rahmawan, M.Pd.  
SIGNED

Valid ID: 67c171ced51d



Yogyakarta, 19 Februari 2025  
UIN Sunan Kalijaga

Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd.  
SIGNED

Valid ID: 67c171ced51d

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN/BEBAS PLAGIASI

### SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Emylia Indri Astuti  
NIM : 2110406000  
Program Studi : Pendidikan Kimia  
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul " Pengaruh *Elektroda* dan Konsentrasi *Elektrolit* Terhadap Tegangan, Arus Listrik, dan Laju Korosi pada Desain Pratikum Elektrokimia Berbasis *Green Chemistry* " merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah dinalis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 21 Februari 2025



Emyilia Indri Astuti  
NIM. 21104060010

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## NOTA DINAS PEMBIMBING

### NOTA DINAS PEMBIMBING

Hal : Skripsi Emylia Indri Astuti  
Kepada :  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga  
Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:


Nama : Emylia Indri Astuti  
NIM : 21104060010  
Judul skripsi : Pengaruh *Elektroda* dan *Konsentrasi Elektrolit* Terhadap Tegangan, Arus Listrik, dan Laju Korosi pada Desain Pratikum Elektrokimia Berbasis *Green Chemistry*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 21 Februari 2025  
Pembimbing,

  
Nina Hamidah, S.Si, M.A.  
NIP. 19770630 200604 2 001

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## NOTA DINAS KONSULTAN I



UIN Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

### NOTA DINAS KONSULTAN I

Hal : Skripsi Emylia Indri Astuti  
Kepada :  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga  
Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Emylia Indri Astuti  
NIM : 21104060010  
Judul skripsi : Pengaruh *Elektroda* dan *Konsentrasi Elektrolit* Terhadap Tegangan Arus Listrik, dan Laju Korosi pada Desain Pratikum Elektrokimia Berbasis *Green Chemistry*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 21 Februari 2025  
Konsultan I,

Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, S.Pd., M.Pd.  
NIP. 19840901 200912 2 004

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA



Dipindai dengan CamScanner

## NOTA DINAS KONSULTAN II



UIN Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

## NOTA DINAS KONSULTAN II

Hal : Skripsi Emylia Indri Astuti  
Kepada :  
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga  
Yogyakarta

Assalamu'alaikum wr.wb.

Setelah membaca, meneliti, memberikan petunjuk dan mengoreksi serta mengadakan perbaikan seperlunya, maka kami selaku konsultan berpendapat bahwa skripsi Saudari:

Nama : Emylia Indri Astuti  
NIM : 21104060010  
Judul skripsi : Pengaruh *Elektroda dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Tegangan, Arus Listrik, dan Laju Korosi* pada Desain Pratikum Elektrokimia Berbasis *Green Chemistry*

sudah dapat diajukan kembali kepada Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata Satu dalam bidang Pendidikan Kimia.

Demikian yang dapat kami sampaikan. Atas perhatiannya kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 21 Februari 2025  
Konsultan II,

Setia Rahmawan, M.Pd.  
NIP. 19930626 202012 1 005

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

**PENGARUH *ELEKTRODA* DAN KONSENTRASI *ELEKTROLIT* TERHADAP  
TEGANGAN, ARUS LISTRIK DAN LAJU KOROSI PADA DESAIN  
PRAKTIKUM ELEKTROKIMIA BERBASIS *GREEN CHEMISTRY***

**Oleh:**

**Emylia Indri Astuti**

**21104060010**

**ABSTRAK**

Penggunaan bahan kimia dalam praktikum elektrokimia di sekolah menengah dapat membahayakan keselamatan peserta didik dan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan merancang praktikum elektrokimia berbasis *green chemistry* untuk mengurangi korosi elektroda dan menggunakan larutan elektrolit yang ramah lingkungan. Metode yang digunakan adalah *Design-Based Research* (DBR) dengan pendekatan kualitatif, yang mencakup analisis, perancangan desain, siklus berulang, dan refleksi. Siklus berulang melibatkan optimasi jenis elektroda serta variasi jenis dan konsentrasi larutan elektrolit, yang bertujuan menganalisis pengaruh variasi tersebut terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi. Data diperoleh dari *literatur review*, wawancara dengan guru kimia, dan eksperimen, dengan teknik pengolahan data yang mencakup analisis kualitatif dan kuantitatif.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi elektroda logam berat (Cu, Zn, Fe, Pb, Al) dan larutan elektrolit lemah campuran asam sitrat dan natrium bikarbonat berpengaruh terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi. Pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan tegangan dan arus listrik tertinggi, sementara laju korosi tertinggi terjadi pada elektroda Fe dengan konsentrasi elektrolit 15%. Penelitian ini menekankan aspek keberlanjutan, di mana penggunaan asam sitrat dan natrium bikarbonat sebagai elektrolit, meskipun kedua larutan menyebabkan korosi karena pH rendah, laju korosi tidak terlalu cepat, sehingga limbah logam yang dihasilkan dari praktikum cukup rendah.

**Kata kunci:** elektrokimia, *green chemistry*, korosi

## HALAMAN MOTTO

“Dengan Bismillah, setiap langkahku dimulai dengan keyakinan pada diri sendiri, meski kadang terjebak malas. Setiap tantangan kuhadapi dengan keberanian, dan setiap impian kutempa dengan harapan serta tekad untuk meraihnya.”



## HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Puji Syukur Alhamdulillah atas kehadiran ALLAH SWT, yang telah memberikan kanurianya sehingga penelitian ini dapat terselesaikan dengan tepat waktu.

Karya ini saya persembahkan untuk:

**Bapak Sukarjo, Alm.Sulami, Wihardyastuti dan David Setiyawan**

**Sebagai keluarga tercinta**

Terimakasih atas dukungan, dan pelajaran kehidupan yang sudah diberikan.

**Almamater Terbaik**

**Program Studi Pendidikan Kimia**

**Fakultas Ilmu Tarbiyah Dan Keguruan**

**Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga**

**Yogyakarta**

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## KATA PENGANTAR

*Alhamdulillah*, Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas segala nikmat kesehatan dan kesempatan yang diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi berjudul “Pengaruh Elektroda dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Tegangan, Arus Listrik dan Laju Korosi pada Desain Praktikum Elektrokimia Berbasis *Green Chemistry*” dengan baik. Semoga sholawat dan salam selalu tercurah kepada Nabi Muhammad SAW, yang syafaatnya kita harapkan di hari kiamat.

Penulis menyadari bahwa penyelesaian skripsi ini tidak lepas dari dukungan banyak pihak. Oleh karena itu, dengan penuh hormat, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua yang telah memberikan bantuan dan dukungan, baik secara moral maupun materil, sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, S.Pd. M.Pd., selaku Ketua Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga.
2. Ibu Nina Hamidah, S.Si. M.A, selaku Dosen Pembimbing Skripsi (DPS) yang selalu memberikan motivasi, nasihat, dan bimbingan, serta dengan sabar mengingatkan penulis hingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Seluruh Dosen Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta atas seluruh ilmu yang sangat luar biasa selama masa perkuliahan.
4. Bapak dan Ibu Tenaga Pendidik Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga yang senantiasa membantu dalam mengurus segala administrasi dalam penyelesaian tugas akhir.
5. Bapak dan Ibu Guru Kimia SMA yang sudah berkenan diwawancarai dan memberikan ilmu serta pengalaman berharga selama proses penelitian ini.
6. Kedua orang tuaku Bapak Sukarjo dan Alm. Sulami, serta seluruh keluarga yang selalu menyemangati dan membantu penulis.
7. Seluruh keluarga Pendidikan Kimia 2021 dan semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini yang tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan dan belum sempurna, sehingga penulis sangat mengharapkan kritik dan saran untuk mencapai hasil yang lebih baik. Penulis juga berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi para pembaca.

Yogyakarta, 07 Maret 2025



Penulis



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN/BEBAS PLAGIASI .....	iii
NOTA DINAS PEMBIMBING .....	iii
NOTA DINAS KONSULTAN I .....	iv
NOTA DINAS KONSULTAN II.....	v
ABSTRAK.....	vii
HALAMAN MOTTO.....	viii
KATA PENGANTAR .....	x
DAFTAR ISI .....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN .....	xvi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Identifikasi Masalah .....	4
C. Rumusan Masalah .....	4
D. Tujuan Penelitian .....	5
E. Batasan Penelitian .....	5
F. Manfaat Penelitian .....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	7
A. Kajian Teori.....	7
1. Elektrokimia .....	7
2. Elektroda .....	9
3. Elektrolit.....	10

4. Korosi.....	11
5. <i>Design Based Research</i> .....	15
6. <i>Green chemistry</i> .....	17
B. Kajian Penelitian Yang Relevan .....	19
C. Kerangka Berpikir .....	20
BAB III METODE PENELITIAN.....	22
A. Jenis Penelitian .....	22
B. Teknik Pengambilan Data .....	22
C. Teknik Analisis Data .....	25
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	26
A. Tahap 1. Analisis Hambatan Pelaksanaan Pembelajaran Materi Elektrokimia .....	26
B. Tahap 2. Perancangan.....	27
C. Tahap 3. Siklus Berulang.....	30
D. Tahap 4 Refleksi.....	44
BAB IV PENUTUP.....	47
A. Kesimpulan .....	47
B. Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA .....	48
LAMPIRAN .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Potensial Reduksi Standar Pada Suhu 25°C .....	8
Tabel 4. 1 Jenis dan Variasi Konsentrasi Larutan .....	32
Tabel 4. 2 Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Arus Listrik .....	38
Tabel 4. 3 Pengaruh Variasi Elektroda (Cu-Zn) Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Laju Korosi .....	39
Tabel 4. 4 Pengaruh Variasi Elektroda (Cu-Fe) Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Laju Korosi .....	40
Tabel 4. 5 Pengaruh Variasi Elektroda (Cu-Al) Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Laju Korosi .....	41
Tabel 4. 6 Pengaruh Variasi Elektroda (Cu-Pb) Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Laju Korosi .....	42
Tabel 4. 7 Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Laju Korosi Yang Dihasilkan .....	43
Tabel 4. 8 Kompetensi Dasar .....	44

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Deret Volta.....	9
Gambar 2. 2 Langkah-langkah Penelitian Design Based Research.....	16
Gambar 3. 1 Langkah-langkah Penelitian Design Based Research.....	22
Gambar 4. 1 Rancangan Rangkaian Seri .....	29
Gambar 4. 2 Realisasi Rancangan Rangkaian Seri.....	29
Gambar 4. 3 Optimasi Jenis Elektroda .....	31
Gambar 4. 4 Proses Pembuatan Larutan Elektrolit.....	32
Gambar 4. 5 Tahapan Uji Coba Sel Volta .....	33
Gambar 4. 6 Grafik Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Penurunan Tegangan Pada Konsentrasi 5% .....	34
Gambar 4. 7 Grafik Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Penurunan Tegangan Pada Konsentrasi 10% .....	35
Gambar 4. 8 Grafik Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Penurunan Tegangan Pada Konsentrasi 15% .....	35
Gambar 4. 9 Grafik Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Penurunan Tegangan Pada Konsentrasi 20% .....	36
Gambar 4. 10 Grafik Pengaruh Variasi Elektroda Dan Konsentrasi Elektrolit Terhadap Penurunan Tegangan Pada Konsentrasi 25% .....	37
Gambar 4. 11 Pengukuran Laju Korosi .....	39

STATE ISLAMIC UNIVERSITY  
SUNAN KALIJAGA  
YOGYAKARTA

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Tahapan Percobaan .....	54
Lampiran 2. Perhitungan Laju Korosi .....	57
Lampiran 3. Modul Praktikum .....	66
Lampiran 4. Surat Izin Wawancara .....	80
Lampiran 5. Surat Pernyataan Bebas Pustaka .....	82
Lampiran 6. Curriculum Vitae .....	83



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Pembelajaran kimia mencakup aspek kognitif, afektif, dan psikomotorik, yang mengharuskan peserta didik untuk terlibat secara aktif guna menguasai materi kimia dengan baik (Zakiah et al., 2015). Pada penerapannya banyak peserta didik yang belum menguasai materi kimia, baik secara konsep maupun penerapan praktikum (Wulandari & Kristiawan, 2017). Salah satu materi kimia yang dianggap sulit untuk dipahami oleh peserta didik adalah materi elektrokimia (Yilmaz & Bayrakçeken, 2015). Elektrokimia adalah materi kimia yang menyajikan data numerik dan kegiatan berbasis proyek ilmiah dengan tingkat keabstrakan yang tinggi (Purwanto et al., 2020). Keabstrakan yang tinggi menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami konsep dasar elektrokimia (Setiawan et al., 2020). Konsep dasar elektrokimia yang diberikan di tingkat sekolah menengah, biasanya mencakup arus listrik, potensial elektroda, korosi, hukum Faraday, dan reaksi redoks. Reaksi redoks menjadi faktor utama yang menyebabkan peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami materi elektrokimia (Andriani & Gazali, 2024). Sering kali peserta didik mengalami kesulitan dalam memahami reaksi yang terjadi baik pada katoda maupun anoda, serta mengidentifikasi elemen anion dan kation. Di samping itu, kemampuan numerik juga menjadi hambatan peserta didik dalam memahami materi elektrokimia (Rokhim et al., 2022). Untuk itu, perlu diupayakan adanya integrasi antara pembelajaran tentang teori elektrokimia dengan praktiknya, supaya materi ini lebih mudah untuk dipahami.

Kegiatan praktikum untuk materi elektrokimia sering kali masih menggunakan bahan kimia yang mengandung logam berat. Salah satu upaya yang dapat digunakan untuk mengurangi bahaya dari limbah bahan kimia yang dapat dilakukan dengan merancang praktikum yang terintegrasi dengan prinsip kimia hijau (Afifah & Milama, 2024). Kimia hijau, yang juga dikenal sebagai kimia berkelanjutan, digunakan untuk merancang produk dan prosedur kimia dengan tujuan mengurangi produksi bahan kimia yang berbahaya (Martínez et al., 2022). Saat ini konsep kimia hijau masih banyak belum dipahami oleh peserta didik, begitu pun

untuk penerapannya dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini disebabkan oleh kurangnya aktivitas yang melibatkan pemanfaatan lingkungan sekitar dalam proses pembelajaran (Jumirah et al., 2021). Pembelajaran yang melibatkan aktivitas peserta didik dengan memanfaatkan bahan ramah lingkungan dapat meningkatkan transfer pengetahuan didasarkan pada pemahaman tentang kebutuhan peserta didik (Cloonan & Fingeret, 2020). Kebutuhan pemahaman peserta didik melalui penggunaan bahan ajar yang interaktif berbasis praktikum dapat memberikan pengalaman belajar yang realistis (Li et al., 2020). Yang nantinya diharapkan dapat meningkatkan aktivitas dan pemahaman peserta didik dalam mempelajari reaksi kimia serta pentingnya penggunaan bahan ramah lingkungan (Mashami & Ahmadi, 2024).

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan dengan empat guru kimia SMA di Yogyakarta terdapat beberapa hambatan dalam melaksanakan pembelajaran materi elektrokimia. Hambatan yang dialami selama pembelajaran elektrokimia diantaranya yaitu pada kemampuan peserta didik, materi elektrokimia itu sendiri, keterbatasan waktu mengajar dan kurangnya fasilitas berupa sarana dan prasarana yang menunjang. Guru menyatakan bahwa kemampuan peserta didik dalam memahami materi elektrokimia masih rendah. Hal ini disebabkan oleh kompleksitas materi yang sulit dipahami, serta rendahnya kemampuan peserta didik dalam mengingat dan menganalisis data akibat kurangnya pemahaman konsep dasar. Selain itu, materi elektrokimia biasanya disampaikan secara teori tanpa kegiatan praktikum, yang membuat peserta didik cenderung bosan dalam proses belajar. Keterbatasan waktu mengajar pada Fase F (kelas 11 dan 12), akibat beban materi yang padat, waktu belajar yang lebih sedikit dan kurangnya sumber daya seperti tenaga laboran dan alat bahan, menyebabkan sulit terlaksananya kegiatan praktikum.

Kegiatan praktikum elektrokimia di sekolah umumnya menggunakan bahan kimia berupa asam, basa kuat seperti  $\text{FeSO}_4$ ,  $\text{CuSO}_4$ ,  $\text{ZnSO}_4$ , dan baterai dengan harga relatif mahal (Hadi, 2019a). Oleh karena itu, perlu adanya upaya untuk mencari alternatif bahan yang lebih murah dan mudah didapatkan untuk mendukung kegiatan praktikum elektrokimia di sekolah. Kegiatan praktikum elektrokimia terdiri dari dua jenis yaitu sel elektrolisis dan sel galvani atau sel volta. Sel elektrolisis adalah sel yang menggunakan arus listrik untuk mengubah senyawa kimia (Napitupulu & Karti, 2024). Sedangkan sel volta adalah sel yang dapat mengubah energi kimia menjadi

energi listrik (Habibi et al., 2024). Kegiatan praktikum sel galvani atau sel volta dapat diadaptasi dengan menggunakan bahan ramah lingkungan melalui pemilihan elektroda serta jenis dan konsentrasi larutan elektrolit yang digunakan. Konsentrasi larutan elektrolit yang tinggi dapat menurunkan konsentrasi ion hidrogen sehingga aliran anoda ke katoda akan mengakibatkan bertambahnya lapisan pada katoda yang menyebabkan terjadinya korosi pada elektroda (Asroni et al., 2021). Hasil dari proses korosi dapat mengakibatkan perubahan warna logam menjadi kuning atau munculnya lubang-lubang pada permukaannya (Sugeng et al., 2022). Korosi dapat dikurangi melalui penggunaan larutan elektrolit lemah dengan tingkat konsentrasi yang rendah agar diperoleh tingkat korosi yang rendah (Candra et al., 2024).

Menurut (Pandia & Sumarni, 2021) larutan elektrolit lemah adalah jenis larutan yang memiliki daya hantar listrik yang rendah, dengan derajat ionisasi berada dalam rentang  $0 < \alpha < 1$ . Dalam larutan ini, zat yang terlarut hanya terdisosiasi menjadi ion dalam jumlah yang terbatas saat dilarutkan dalam air. Salah satu contoh dari elektrolit lemah yang dapat digunakan adalah asam sitrat dan natrium bikarbonat sebagai upaya dalam mengurangi tingkat korosi pada elektroda. Asam sitrat adalah asam organik lemah yang mudah diperoleh, murah dan ramah lingkungan (Rusdiana et al., 2021). Natrium bikarbonat adalah senyawa kimia yang berbentuk kristal putih dan mudah larut dalam air (Prabowo et al., 2017). Penelitian (Firnanda & Barita, 2020) menyatakan bahwa natrium bikarbonat dapat menghasilkan gas yang efisiensi lebih besar dari larutan air jeruk nipis. Dengan menggunakan bahan-bahan ramah lingkungan seperti asam sitrat dan natrium bikarbonat, peserta didik tidak hanya belajar tentang konsep elektrokimia tetapi juga memahami pentingnya aspek keberlanjutan. Praktikum elektrokimia berbasis *green chemistry* tidak hanya meningkatkan kemampuan kognitif dan kepedulian terhadap lingkungan (Hernani & Khoerunnisa, 2023), tetapi juga mampu meningkatkan literasi sains peserta didik (Purwanti, 2021).

Berdasarkan permasalahan yang telah dijabarkan penelitian ini berupaya menghadirkan inovasi dalam pembelajaran kimia dengan merancang praktikum elektrokimia yang mengintegrasikan beberapa prinsip aspek berkelanjutan. Melalui penggunaan bahan ramah lingkungan dan variasi eksperimen, diharapkan praktikum ini dapat memfasilitasi peserta didik dalam memahami konsep elektrokimia dan

korosi, sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Fokus penelitian adalah merancang praktikum yang meminimalkan korosi pada elektroda dengan variasi jenis elektroda dan penggunaan larutan elektrolit lemah, serta mengukur pengaruh variasi tersebut terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi. Dengan demikian, desain praktikum ini diharapkan menjadi alternatif pembelajaran kimia yang mudah, terjangkau, dan berkelanjutan.

## **B. Identifikasi Masalah**

Terdapat beberapa hambatan dalam melaksanakan pembelajaran kimia diantaranya yaitu pada materi, peserta didik, dan kurangnya fasilitas sarana dan prasarana.

- a. Materi elektrokimia merupakan sebuah materi yang bersifat abstrak berupa reaksi terjadinya proses elektrokimia, dan tergolong sulit untuk dipahami apabila hanya secara teori. Kemampuan peserta didik dalam memahami materi elektrokimia tergolong rendah.
- b. Beberapa sekolah belum menerapkan kegiatan praktikum pada materi elektrokimia karena tidak memiliki laboratorium, apabila memiliki laboratorium namun memiliki banyak kendala sehingga tidak dilaksanakannya kegiatan praktikum elektrokimia
- c. Kurangnya fasilitas sarana dan prasarana dalam menyediakan alat dan bahan praktikum untuk melaksanakan praktikum.
- d. Bahan kimia yang sering digunakan dalam proses praktikum elektrokimia merupakan limbah yang berbahaya bagi lingkungan.

## **C. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana penerapan metode *Design-Based Research* (DBR) pada pengembangan desain praktikum elektrokimia pengaruh jenis pasangan elektroda terhadap tegangan, arus listrik dan laju korosi yang dihasilkan berbasis *green chemistry*?
2. Bagaimana penerapan metode *Design-Based Research* (DBR) pada pengembangan desain praktikum elektrokimia pengaruh konsentrasi larutan elektrolit terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi yang dihasilkan berbasis *green chemistry*?

#### **D. Tujuan Penelitian**

1. Untuk menganalisis penerapan metode *Design-Based Research* (DBR) pada pengembangan desain praktikum elektrokimia pengaruh jenis elektroda yang digunakan terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi yang dihasilkan berbasis *green chemistry*.
2. Untuk menganalisis penerapan metode *Design-Based Research* (DBR) pada pengembangan desain praktikum elektrokimia pengaruh variasi konsentrasi larutan elektrolit terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi yang dihasilkan berbasis *green chemistry*.

#### **E. Batasan Penelitian**

1. Elektroda yang digunakan terbatas yaitu alumunium, besi, seng, timbal dan tembaga yang tersedia di pasaran sehingga bersifat teknis, tanpa informasi kemurnian bahannya.
2. Larutan yang digunakan adalah campuran antara larutan asam sitrat dan natrium bikarbonat dengan variasi konsentrasi larutan elektrolit yang terdiri dari 5 variasi yaitu 5%-25%.
3. Wadah sel elektrokimia terbuat dari bahan plastik.
4. Penelitian ini hanya dilakukan untuk menganalisis proses pembuatan desain praktikum sel elektrokimia untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda, konsentrasi elektrolit dan laju korosi yang dihasilkan. Penelitian ini tidak diimplementasikan pada peserta didik.

#### **F. Manfaat Penelitian**

Adapun penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

##### **a. Bagi Peserta didik**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dan dapat digunakan untuk mempermudah pemahaman peserta didik dalam memahami materi elektrokimia dan aplikasi praktisnya dalam konteks *green chemistry*.

##### **b. Bagi Guru**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat dijadikan sebagai alternatif bahan ajar yang dapat yang mudah, sederhana dan ramah lingkungan yang dapat meningkatkan kualitas pengajaran dan keterlibatan peserta didik dalam proses belajar.

c. Bagi Peneliti

Hasil penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan pengetahuan tentang pengaruh pemilihan jenis elektroda dan variasi konsentrasi larutan elektrolit terhadap tegangan, arus listrik, dan laju korosi. Penelitian ini juga berpotensi mengurangi laju korosi dan meningkatkan efisiensi energi, sehingga dapat mengurangi limbah berbahaya dan dampak negatif terhadap lingkungan.



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan desain praktikum elektrokimia melalui metode *Design-Based Research* (DBR). Dengan menggunakan variasi elektroda logam berat (Cu, Zn, Fe, Pb, Al) penelitian ini menunjukkan pengaruh terhadap tegangan sel, arus listrik dan laju korosi. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pasangan elektroda Cu-Zn menghasilkan tegangan dan arus listrik tertinggi, sementara laju korosi tertinggi terjadi pada elektroda Fe pada konsentrasi elektrolit 15%. Desain praktikum yang dihasilkan tidak hanya mudah dan terjangkau, tetapi juga berfokus pada aspek keberlanjutan lingkungan melalui penerapan prinsip *green chemistry*.
2. Melalui metode *Design-Based Research* (DBR) dan penggunaan variasi konsentrasi larutan elektrolit juga berpengaruh terhadap tegangan dan laju korosi, dimana semakin tinggi tingkat konsentrasi maka semakin besar tegangan dan laju korosi yang dihasilkan. Aspek keberlanjutan sangat ditekankan dalam penelitian ini, di mana penggunaan asam sitrat dan natrium bikarbonat sebagai elektrolit lemah terbukti efektif dalam meminimalisir laju korosi, sehingga aman bagi lingkungan

#### **B. Saran**

Berdasarkan kesimpulan yang telah dipaparkan, penelitian ini memberikan beberapa saran yaitu sebagai berikut:

1. Desain praktikum elektrokimia berbasis *green chemistry* yang telah dikembangkan perlu ditambahkan. Pertama, variasi jenis logam yang digunakan sebagai elektroda. Kedua, perlu dilakukan pengujian dengan rentang konsentrasi elektrolit yang lebih luas. Ketiga, penerapan metode pengukuran laju korosi yang lebih akurat dan efisien akan meningkatkan kualitas data.
2. Desain praktikum ini, meskipun dilakukan dengan mengadaptasi DBR, pada praktiknya belum diimplementasikan di sekolah. Untuk itu, desain praktikum ini dapat diterapkan dalam pembelajaran elektrokimia di sekolah menengah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afifah, N., & Milama, B. (2024). *Identifikasi Prinsip Green chemistry pada Buku Teks Kimia SMA Materi Hidrokarbon dan Minyak Bumi*. 1(1), 22–33.
- Andriani, R., & Gazali, Z. (2024). Pengembangan Modul Kimia Berbasis Masalah untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis pada Materi Reaksi Redoks. *Jurnal Pendidikan Mipa*, 14(2), 455–465.
- Asroni, A., Budiyanto, E., Wahyudi, T. C., & Suarca, I. W. (2021). Pengaruh *temperatur* elektrolit terhadap ketebalan dan kuat lekat baja karbon rendah pada proses elektroplating. *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 10(2), 60–66.
- Bagotsky, V. S. (2005). *Fundamentals of electrochemistry*. John Wiley & Sons.
- Candra, R., Budiarto, U., & Yudo, H. (2024). Pengaruh *Temperatur* dan Tegangan Listrik pada proses Elektroplating Lapisan Seng Terhadap Laju Korosi pada Baja Karbon Rendah A36. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(2).
- Chang, Raymond. 2003. *General Chemistry: The essential Concepts*. Diterjemahkan oleh Suminar Setiadi Achmadi, Ph.D. Erlangga. Jakarta. 189- 196, 443-454 hlm.
- Cloonan, M., & Fingeret, A. L. (2020). Developing teaching materials for learners in surgery. *Surgery*, 167(4), 689–692.
- Cotton, W., Lockyer, L., & Brickell, G. (2009). *A journey through a Design-Based Research project*. 1364–1371.
- Damayanti, N., Maryam, S., & Subagia, I. (2019). Analisis pelaksanaan praktikum kimia. *Jurnal Pendidikan Kimia Undiksha*, 3(2), 52–60.
- Dorsah, P., & Yaayin, B. (2019). Altering *students* misconceptions in *electrochemistry* using conceptual change texts. *International Journal of Innovative Research & Development*, 8(11), 33–44.
- Duangpummet, P., Chaiken, P., & Chenprakhon, P. (2019). Lipase-catalyzed esterification: An inquiry-based laboratory activity to promote high school students' understanding and positive perceptions of *green chemistry*. *Journal of Chemical Education*, 96(6), 1205–1211.
- Farandy, G., Suwandi, S., & Fitriyanti, N. (2020). Pengaruh Konsentrasi Dan *Temperatur* Terhadap Daya Dan Tegangan Keluaran Listrik Pada Baterai Air Garam Dengan Metode Sel Elektrokimia. *Proceedings of Engineering*, 7(3).
- Farida, E., Djatmika, E. T., Siswoyo, B. B., & Witjaksono, M. (2017). Pengembangan model pembelajaran kewirausahaan berbasis proyek untuk menumbuhkan semangat wirausaha mahasiswa Prodi Pendidikan Ekonomi IKIP PGRI Bojonegoro. *JPEK (Jurnal Pendidikan Ekonomi Dan Kewirausahaan)*, 1(1), 8.

- Febiyanti, A. D., Sidauruk, S., & Fatah, A. H. (n.d.). Difficulties of Students Class XII Senior High School in Palangka Raya City Academic Year 2018/2019 in Understanding the Electrolysis Cell Concept Traced Using Two Tier Multiple Choiche Instruments. *Jurnal Ilmiah Kanderang Tingang*, 11(1), 1–13.
- Firnanda, H., & Barita, B. (2020). Pengaruh Variasi Larutan Elektrolit Pada Generator HHO. *Mekanik*, 6(2), 69–76.
- Habibi, M., Setiawan, B., & Budi, E. S. (2024). The Konverter Energi Terbarukan Sel Volta Memanfaatkan Air Garam Dengan Topologi Buck: Buck Konverter. *Jurnal Elektronika Dan Otomasi Industri*, 11(1), 75–84.
- Hadi, K. (2019a). Desain dan Uji Coba Praktikum *Green chemistry* dengan Memanfaatkan Logam Bekas pada Sel Volta. *Konfigurasi: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Terapan*, 3(2).
- Hadi, K. (2019b). Desain dan Uji Coba Praktikum *Green chemistry* dengan Memanfaatkan Logam Bekas pada Sel Volta. *Konfigurasi: Jurnal Pendidikan Kimia Dan Terapan*, 3(2).
- Haq, S. Z. N., Kurniawan, E., & Ramdhani, M. (2018). Analisis Pembangkit Elektrik Menggunakan Media Air Garam Sebagai Larutan Elektrolit. *eProceedings of Engineering*, 5(3).
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1).
- Hasanah, H. (2021). Model Discovery Learning Dalam Meningkatkan Aktivitas Dan Hasil Belajar Peserta Didik Pada Materi Reaksi Redoks Dan Elektrokimia Kelas 12 Ipa. *JIRA: Jurnal Inovasi Dan Riset Akademik*, 2(3), 342–366.
- Hernani, H., & Khoerunnisa, F. (2023). Profil Literasi Sains Peserta Didik SMK pada Penerapan Pembelajaran Proyek Electroplating Berbasis *Green chemistry*. *Orbital: Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(1), 1–10.
- <https://amaldoft.wordpress.com/2015/12/13/deret-volta-redoks-dan-elektrokimia/>
- Isyanto, H., Fadlioni, F., & Budiyanto, B. (2018). Studi Simulasi Dan Eksperimen Pada Karakteristik Listrik Sel Surya Yang Terhubung Secara Seri. *Prosiding Semnastek*.
- Jumirah, J., Sari, P. A., Kusnadi, E., & Oktaviani, A. D. (2021). Analisis kesadaran lingkungan siswa sekolah pada kegiatan green-chemistry dalam kondisi new normal pandemi Covid-19. *DIKSAINS: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains*, 2(1), 31–36.
- Kruger, J. (2001). Corrosion of metals: Overview. *Encyclopedia of Materials: Science and Technology*, 1701–1706.

- Kusuma, R. A., Suyati, L., & Rahmanto, W. H. (2018). Effect of Lactose Concentration as *Lactobacillus bulgaricus* Substrate on Potential Cells Produced in Microbial Fuel Cell Systems. *Jurnal Kimia Sains Dan Aplikasi*, 21(3), 144–148.
- Li, Y., Wang, K., Xiao, Y., & Froyd, J. E. (2020). Research and trends in STEM education: A systematic review of journal publications. *International Journal of STEM Education*, 7, 1–16.
- Lidinillah, D. A. M. (2012). Design Research Sebagai Model Penelitian Pendidikan. *Tasikmalaya: Universitas Pendidikan Indonesia Kampus Tasikmalaya*.
- Martínez, J., Cortés, J. F., & Miranda, R. (2022). *Green chemistry* metrics, a review. *Processes*, 10(7), 1274.
- Mashami, R. A., & Ahmadi, A. (2024). Pembelajaran Eksperimen Kimia Bagi Siswa Pondok Pesantren Nurul Hakim. *Indonesian Journal of Education and Community Services*, 4(1), 9–16.
- Napitupulu, N., & Karti, K. (2024). Analisis Tegangan dan Arus DC pada Busbar Menuju Plat Anoda dan Katoda dalam Proses Elektrolisis di Unit Chemical Plant PT. Toba Pulp Lestari, Tbk. *IRA Jurnal Teknik Mesin Dan Aplikasinya (IRAJTMA)*, 3(1), 72–77.
- Nuha, D. F., Haryono, H., & Mulyani, B. (2015). Kontribusi Laboratorium Terhadap Pembelajaran Kimia SMA. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 4(1), 82–88.
- Nuriskasari, I., Handaya, D., Ramadhan, M. T. N., Alghifary, H. Z., & Nuraisah, P. (2021). Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga Air Gambut Menggunakan Logam Bekas Sebagai Elektroda. *Austenit*, 13(1), 1–7.
- Pandia, A. B., & Sumarni, W. (2021). Pengembangan Alat Peraga Uji Daya Hantar Listrik Berbasis STEM dan Pengaruhnya Terhadap Literasi Kimia Peserta Didik. *Chemistry in Education*, 10(1), 30–37.
- Pattireuw, K. J., Rauf, F. A., & Lumintang, R. C. A. (2013). Analisis laju korosi pada baja karbon dengan Menggunakan air laut dan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. *Jurnal Poros Teknik Mesin UNSRAT*, 2(1).
- Pauzi, G. A., Pratiwi, N. A., Surtono, A., & Suciwati, S. W. (2022). Analisis Pengaruh Variasi PH Larutan Acid Zinc Pada Sel Volta Dua Kompartemen dengan Elektrode Cu (Ag)-Zn. *Journal of Energy, Material, and Instrumentation Technology*, 3(1).
- Prabowo, M. D., Sambodho, P., Harjanti, D., & Santosa, S. (2017). Pengaruh Penambahan Baking Soda Dalam Pakan Terhadap Kandungan Serum Glutamat Piruvat Transaminase Dan Serum Glutamat Oksaloasetat Transaminase Sapi Perah Laktasi (Effect Of Sodium Bicarbonate in Addition Feed Content Serum Glutamic Pyruvic Transaminase And Serum Glutamic Oxaloacetic Transaminase Dairy Cows Lactation). *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Peternakan*, 5(3), 128–132.

- Prakoso, J. W., Suwandi, S., & Fitriyanti, N. (2020). Pengaruh Variasi Luas Penampang Elektroda Dan Konsentrasi Larutan Elektrolit Terhadap Potensial Sel Volta Dengan Metode Sel Elektrokimia. *eProceedings of Engineering*, 7(2).
- Praswanto, D. H., & Setyawan, E. Y. (2023). Analisa Karakteristik Model BioBaterai dari Campuran Limbah Kulit Kacang dan Bambu Ori dengan Katalis Gel Elektrolit. *Prosiding SENIATI*, 7(1), 149–155.
- Purwanti, A. D. (2021). *Analisis Muatan Literasi Sains dan Higher Order Thinking Skills Dalam Buku Ajar Kimia SMA Kelas X pada Materi Reaksi Redoks*.
- Purwanto, A., Nurjayadi, M., & Tantaruna, J. E. (2020). Pengembangan e-modul elektrokimia terintegrasi lingkungan berbasis kontekstual untuk SMK kompetensi keahlian Teknik Otomotif. *Jurnal Riset Pendidikan Kimia (JRPK)*, 10(1), 18–26.
- Putri, A. R., & Maruf, A. (2018). Energi alternatif dengan menggunakan reaksi elektrokimia. *Jurnal Ilmiah Penelitian Dan Pembelajaran Informatika*, 3, 62–68.
- Putri, D. F. (2019). Pengembangan Penuntun Pratikum Kimia Berbasis *Green chemistry* untuk Kelas XI SMA/MA. *Ranah Research: Journal of Multidisciplinary Research and Development*, 2(1), 244–253.
- Qusayyi, A. A., & Amiruddin, W. (2024). Analisis Pengaruh Salinitas Air dan Waktu Penyemprotan Sandblasting terhadap Laju Korosi dengan Coating dan Tanpa Coating pada Baja ST 60. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 12(3).
- Riastuti, R. (2023). Corrosion never sleeps: Peristiwa korosi di sekitar kita. *Universitas Indonesia*.
- Rokhim, D. A., Widarti, H. R., & Syafruddin, A. B. (2022). Analisis Kebutuhan Bahan Ajar pada Materi Elektrokimia Topik Korosi berbasis Pendekatan STEM-PjBL berbantuan Video Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan Sains*, 10(1), 50–61.
- Rosman, A., Risdiana, R., Yuliani, E., & Vovi, V. (2020). Karakteristik Arus Dan Tegangan pada Rangkaian Seri dan Rangkaian Paralel dengan Menggunakan Resistor. *D'ComPutarE: Jurnal Ilmiah Information Technology*, 9(2), 40–43.
- Rusdiana, F. L., Nuroini, F., & Ariyadi, T. (2021). *Perbedaan Kualitas Preparat Ginjal Tikus Yang Dideparafinisasi Menggunakan Xylol Dan Daun Belimbing Wuluh Dengan Asam Sitrat (Citrin)*. 4.
- Samiun, M. I., & Nuryanti, S. (2022). Analisis Peran Guru dalam Pemanfaatan Laboratorium Kimia di Sekolah. *Media Eksakta*, 18(2), 127–132.
- Setiawan, N. C. E., Dasna, I. W., & Muchson, M. (2020). Pengembangan Digital Flipbook untuk Memfasilitasi Kebutuhan Belajar Multiple Representation pada Materi Sel Volta. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 8(2), 107–115.

- Setiyana, S. (2020). Modul pembelajaran SMA kimia kelas XII: sel volta dan aplikasinya dalam kehidupan.
- Sharma, R., Yadav, S., Gupta, R., & Arora, G. (2019). Synthesis of magnetic nanoparticles using potato extract for dye degradation: A *green chemistry* experiment. *Journal of Chemical Education*, 96(12), 3038–3044.
- Sidok, S. Y. I., Agung, B. H., & Wea, K. N. (2024). Analisis Penggunaan Model Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Berbasis Eksperimen Terhadap Keterampilan Proses Sains Siswa Kelas X Sma Negeri 1 Maumere Pada Materi Energi Terbarukan. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran (JRPP)*, 7(1), 2095–21012.
- Sukmawati, W., Kadarohman, A., Sumarna, O., & Sopandi, W. (2020). Pengembangan bahan ajar kimia dasar berbasis conceptual change text pada materi redoks. *EDUSAINS*, 12(2), 243–251.
- Sundari, L., & Setiawan, A. A. (2023). Pemanfaatan Limbah Stockpile Batubara Sebagai Media Elektrolit Untuk Menghasilkan Tegangan Listrik Dengan Kombinasi Elektroda. *Jurnal Redoks*, 8(2), 88–95.
- Susanti, L. Y. (2022). Pengembangan Modul Praktikum berbasis *Green chemistry* untuk Menanamkan Karakter Peduli Lingkungan pada Calon Guru IPA. *Jurnal Pendidikan MIPA*, 12(3), 798–807.
- Sutantri, N. (2022). Studi literatur: Kesulitan siswa pada pembelajaran kimia SMA topik sel volta. *Jurnal Kajian Pendidikan IPA*, 2(1), 111–116.
- Syahara, H., Rosidah, A. A., Suheni, S., & Ubaidulloh, D. A. (2024). *Analisis Pengaruh Variasi Inhibitor dan Konsentrasi Media Korosi terhadap Laju Korosi dan Kekuatan Impak Baja AISI 1020 pada Media Asam. 1.*
- Syawalain, M. A. R., Yohana, Y., & Kahar, A. (2019). Pengaruh kuat arus dan tegangan terhadap perubahan kandungan logam pada lindi TPA sampah dengan metode elektrolisis. *Jurnal Chemurgy*, 3(1), 6–10.
- Tampubolon, M., Gultom, R. G., Siagian, L., Lumbangaol, P., & Manurung, C. (2020). Laju Korosi Pada Baja Karbon Sedang Akibat Proses Pencelupan Pada Larutan Asam Sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) dan Asam Klorida (HCl) dengan Waktu Bervariasi. *Sprocket Journal of Mechanical Engineering*, 2(1), 13–21.
- Van den Akker, J., Gravemeijer, K., & McKenney, S. (2006). Introducing educational design research. In *Educational design research* (pp. 15-19). Routledge.
- Winarsih, T., Erari, I. S., & Muslimin, A. M. (2020). Kajian tentang variasi konsentrasi NaCl dengan ketersediaan energi listrik pada sel volta Cu-Zn. *Jurnal Natural*, 16(2), 74–84.

- Wulandari, Y., & Kristiawan, M. (2017). Strategi sekolah dalam penguatan pendidikan karakter bagi siswa dengan memaksimalkan peran orang tua. *JMKSP (Jurnal Manajemen, Kepemimpinan, Dan Supervisi Pendidikan)*, 2(2), 290–302.
- Yilmaz, A., & Bayrakçeken, S. (2015). Determining of the prospective teachers' understandings of electrochemistry. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 174, 2831–2838.
- Yulianingtyas, E., Budiasih, E., & Marfuah, S. (2017). *Pengaruh penggunaan jurnal belajar dalam model pembelajaran learning cycle 6e terhadap kesadaran metakognitif siswa SMAN 8 Malang pada materi redoks.*
- Yusaerah, N., Anugra, N., Anwar, D., & Nurfadillah, N. (2023). Ethnochemistry: Exploring the Silk Ecoprint Steaming of Kampung Sabbeta as a Source of Learning Chemistry. *Hydrogen: Jurnal Kependidikan Kimia*, 11(5), 593–607.
- Zakiah, Z., Silalahi, A., & Muchtar, Z. (2015). Pengembangan Penuntun Praktikum Tipe Discovery dan Tipe Project Based Learning pada Pembelajaran Elektrolit dan Non Elektrolit di SMA. *Jurnal Pendidikan Kimia*, 7(1), 83–94.