

**PENGEMBANGAN BIO BATERAI BERBASIS LIMBAH KULIT
PISANG SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF UNTUK
MENDUKUNG PEMBELAJARAN ELEKTROKIMIA BERBASIS
*GREEN ENERGY***

SKRIPSI

Untuk memenuhi sebagai persyaratan mencapai derajat S-1



Disusun oleh :

KAMILA ISMA FADILLAH

22104060035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN KIMIA

FAKULTAS TARBIYAH DAN KEGURUAN

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN KALIJAGA

TAHUN AJARAN 2025/2026

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-993/Un.02/DT/PP.00.9/04/2026

Tugas Akhir dengan judul : PENGEMBANGAN BIO BATERAI BERBASIS LIMBAH KULIT PISANG SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF UNTUK Mendukung Pembelajaran ELEKTROKIMIA BERBASIS *GREEN ENERGY*

yang dipersiapkan dan disusun oleh:

Nama : KAMILA ISMA FADILLAH
Nomor Induk Mahasiswa : 22104060035
Telah diujikan pada : Kamis, 05 Maret 2026
Nilai ujian Tugas Akhir : A-

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

TIM UJIAN TUGAS AKHIR



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

Valid ID: 69aa63234e842



Penguji I
Jamil Suprihatiningrum, S.Pd.Si., M.Pd.Si.,
Ph.D.
SIGNED

Valid ID: 69ae1557b8ccc



Penguji II
Setia Rahmawan, M.Pd.
SIGNED

Valid ID: 69aa6212ee6f



Yogyakarta, 05 Maret 2026
UIN Sunan Kalijaga
Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

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

Valid ID: 694467084150

SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Kamila Isma Fadillah
NIM : 22104060035
Program Studi : Pendidikan Kimia
Fakultas : Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

Menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "Pengembangan Bio Baterai Berbasis Limbah Kulit Pisang Sebagai Sumber Energi Alternatif untuk Mendukung Pembelajaran Elektrokimia Berbasis *Green Energy*" merupakan hasil penelitian saya sendiri, tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi, dan sepanjang sepengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Yogyakarta, 6 April 2026

Penulis



Kamila Isma Fadillah
NIM. 22104060035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI



Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga



FM-UINSK-BM-05-04/R0

SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI/TUGAS AKHIR

Hal : Surat Persetujuan Skripsi/Tugas Akhir
Lamp : -

Kepada
Yth. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan
UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta
Di Yogyakarta

Assalamu 'alaikum wr. wb.

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

Nama : Kamila Isma Fadillah
NIM : 22104060035
Judul Skripsi : Pengembangan Bio Baterai Berbasis Limbah Kulit Pisang Sebagai Sumber Energi Alternatif untuk Mendukung Pembelajaran Elektrokimia Berbasis *Green Energy*.

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

Dengan ini kami berharap agar skripsi/tugas akhir Saudara tersebut di atas dapat segera dimunaqsyahkan. Atas perhatiannya kami ucapkan terimakasih.

Wassalamu 'alaikum wr.wb.

Yogyakarta, 6 April 2026

Pembimbing

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

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

ABSTRAK
PENGEMBANGAN BIO BATERAI BERBASIS LIMBAH KULIT
PISANG SEBAGAI SUMBER ENERGI ALTERNATIF UNTUK
MENDUKUNG PEMBELAJARAN ELEKTROKIMIA BERBASIS
GREEN ENERGY

Oleh :

Kamila Isma Fadillah

22104060035

Pembimbing : Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, M.Pd.

Pembelajaran elektrokimia di sekolah sering kali bersifat abstrak dan kurang didukung oleh kegiatan praktikum yang kontekstual. Selain itu, keterbatasan fasilitas laboratorium menyebabkan pemanfaatan media praktikum sederhana berbasis energi alternatif masih belum optimal. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan bio baterai berbasis limbah kulit pisang sebagai sumber energi alternatif dalam pembelajaran elektrokimia yang kontekstual sekaligus menumbuhkan kesadaran energi berkelanjutan. Penelitian ini menggunakan metode *Design-Based Research* (DBR) yang meliputi tahap analisis, perancangan, siklus berulang, dan refleksi. Prototipe bio baterai dikembangkan dengan memanfaatkan limbah kulit pisang yang direndam dalam larutan asam asetat dengan variasi konsentrasi 10%, 20%, dan 30%. Variasi waktu perendaman yang digunakan adalah 1 jam dan 24 jam. Tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem bio baterai kemudian diukur menggunakan multimeter untuk mengetahui potensi listrik yang terbentuk. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada waktu perendaman 1 jam belum terbentuk tegangan listrik pada seluruh variasi konsentrasi asam asetat. Namun setelah waktu perendaman diperpanjang menjadi 24 jam, sistem mulai menghasilkan tegangan listrik sebesar 0,0095 V pada konsentrasi 10%, 0,0125 V pada konsentrasi 20%, dan 0,0175 V pada konsentrasi 30%, dengan nilai tertinggi diperoleh pada konsentrasi 30%. Hasil ini menunjukkan bahwa variasi konsentrasi asam asetat dan lama waktu perendaman mempengaruhi aktivitas elektrokimia biomassa kulit pisang dalam menghasilkan potensi listrik. Berdasarkan hasil penelitian, bio baterai berbasis limbah kulit pisang memiliki potensi sebagai sumber energi alternatif sederhana yang dapat

dimanfaatkan sebagai media praktikum elektrokimia. Pengembangan alat ini juga mendukung penerapan prinsip *green energy* dan *green chemistry* dalam pembelajaran kimia, serta berpotensi meningkatkan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya energi terbarukan dan pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan.

Kata kunci : Elektrolisis air laut, *green energy*, kulit pisang, asam asetat, *Design-Based Research*, pembelajaran kimia.



MOTTO

“Diwajibkan atas kamu berperang, padahal berperang itu adalah sesuatu yang kamu benci. Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.”

(Q.S Al-Baqarah ayat 216)



PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan kepada :

Diri sendiri:

Kamila Isma Fadillah

Bapak dan Ibu tersayang:

Bapak Karyono dan Ibu Zul Muru'ah

Terimakasih untuk Ayah dan Ibu, pahlawan hidupku yang tak pernah menyerah mendampingi perjuanganku menuju sehat dan sarjana.

Adik tersayang:

Zuno Ahmad Alfarizky

Keluarga besar tercinta:

Keluarga Besar kakek Alm. Maslikan dan Nenek Almh. Kartem

Keluarga besar kakek Alm. Muslimin dan Nenek Almh. Fayakun

Almamater tercinta

Program Studi Pendidikan Kimia

Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan

UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengembangan Bio Baterai Berbasis Limbah Kulit Pisang Sebagai Sumber Energi Alternatif untuk Mendukung Pembelajaran Elektrokimia Berbasis *Green Energy*” dengan lancar dan baik. Sholawat serta salam semoga tercurahkan sampaikan kepada baginda Rasulullah Muhammad SAW sebagai tauladan terbaik bagi umatnya. Penulis mengucapkan terimakasih kepada seluruh pihak yang berpartisipasi dalam membantu serta mendukung penulisan skripsi ini sampai selesai. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini penulis memberikan ucapan terimakasih kepada:

1. Rektor UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Bapak Prof. Noorhaidi, M.A., M.Phil., Ph.D.
2. Dekan Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan, Bapak Prof. Dr. Sigit Purnama, S.Pd.I., M.Pd
3. Kepala Program Studi Pendidikan Kimia Fakultas Ilmu Tarbiyah dan Keguruan UIN Sunan Kalijaga Yogyakarta, Ibu Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, M.Pd.
4. Dosen Pembimbing Skripsi (DPS), Ibu Dr. Paed. Asih Widi Wisudawati, M.Pd. yang telah memberikan kelancaran arahan, bimbingan, motivasi dan nasehat kepada penulis sehingga penulis menyelesaikan skripsi di waktu yang tepat.
5. Seluruh Dosen Program Studi Pendidikan Kimia yang telah memberikan dedikasi dan segala ilmunya selama proses perkuliahan.
6. Teristimewa untuk kedua orang tua tersayang dan tercinta, Bapak Karyono dan Ibu Zul Muru'ah, Adik Zuno Ahmad Alfarizky dan seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, dukungan, motivasi, arahan dan semangat sehingga menyelesaikan skripsi dan sarjana ini.
7. Sepupu tersayang mas Rifqi Maulana, mba Sofia Zahra Annas, mba Nabila Najwa Annas, mba Amma yang penulis cintai dan sayangi yang selalu memberikan support dan mendampingi penulis ketika penulis di rawat di rumah sakit.
8. Dengan penuh rasa Syukur dan hormat kepada Dr. Amelia Nur Vidyanti dan Dr. Whisnu Nalendratama serta seluruh perawat lantai 7 RS Siloam Yogyakarta yang telah membersamai penulis selama menjalani terapi medis maupun rawat inap.

9. Sahabat tersayang dan tercinta Birrham, Gilang, Nabila, Icha, Mine, Safira, Alyana, Nanda, Sheema yang penulis banggakan, serta sahabat perantauan mba Ellen dan mba Vallent yang telah kebersamai dalam penulisan skripsi ini.
10. Rekan seperjuangan yang penulis sayangi dan cintai, Cheryl Salsabila, Febrianna Zalsabila, Yusri Hajjo Dwipa, Laras Setyaningrum yang telah kebersamai dalam penulisan skripsi ini dan selalu menjadi support system nomor satu penulis sekaligus menjadi rumah kedua untuk penulis selama menjalani masa pendidikan di Yogyakarta.
11. Teman – teman bimbingan Faizah, Ardina, Kiki, Septy, Rara, Almay, Edi, Imam yang telah berjuang dan berprogres Bersama selama penyusunan skripsi.
12. Seluruh teman mahasiswa Pendidikan Kimia 2022
13. Seluruh pihak yang terlibat dalam membantu penelitian skripsi ini yang tidak bisa disebutkan satu persatu

Yogyakarta, 6 April 2026

Penulis

Kamila Isma Fadillah

NIM: 22104060035

STATE ISLAMIC UNIVERSITY
SUNAN KALIJAGA
YOGYAKARTA

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN	ii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI.....	iii
SURAT PERSETUJUAN SKRIPSI.....	iv
ABSTRAK.....	v
MOTTO.....	vii
PERSEMBAHAN	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	7
C. Tujuan Penelitian	7
D. Manfaat Penelitian	7
E. Batasan Penelitian	9
BAB V	54
KESIMPULAN DAN SARAN.....	54
A. Kesimpulan	54
B. Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 rangkuman dari berbagai penelitian yang berkaitan dengan pengembangan energi terbarukan, bio baterai, dan pemanfaatan limbah organik **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Tegangan Listrik Baterai *Green energy* Berbasis Limbah Kulit Pisang dengan Variasi Asam Asetat dan Waktu Perendaman **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 2 Dokumentasi Hasil Pengukuran Tegangan Baterai *Green energy* dari Kulit Pisang Kepok dengan perendaman selama 24 jam..... **Error! Bookmark not defined.**

Tabel 4. 3 Pemetaan Keterkaitan Kurikulum Merdeka, CP, TP, Materi Kimia, dan Implementasi Hasil Penelitian..... **Error! Bookmark not defined.**



DAFTAR GAMBAR

- Gambar 3. 1 tahapan penelitian *design based research* (Anderson & Shattuck, 2012)
..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 3. 2 Tahapan penelitian *Design-Based Research* (Akker et al., 2011)..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4. 1 Alat dan bahan yang digunakan..... **Error! Bookmark not defined.**
- Gambar 4.2 skema cara kerja membuat bio baterai dari limbah kulit pisang **Error! Bookmark not defined.**

BAB I

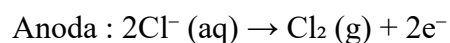
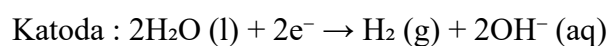
PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Permasalahan energi merupakan isu global yang terus berkembang, terutama dalam menghadapi keterbatasan sumber daya energi fosil dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Ketergantungan yang tinggi terhadap energi berbasis bahan bakar fosil telah menyebabkan peningkatan emisi karbon serta memperparah krisis iklim. Menurut laporan *World Energy Outlook 2023* oleh International Energy Agency (*World Energy Outlook, 2023*), transisi menuju energi bersih menjadi prioritas utama global karena meningkatnya emisi CO₂ dari sektor energi.

Kondisi krisis energi dunia mendorong berbagai negara untuk mencari dan mengembangkan sumber energi alternatif yang efisien dan ramah lingkungan. Salah satu potensi energi terbarukan yang dapat dimanfaatkan adalah energi hidrogen yang diperoleh melalui proses elektrolisis air. Pada proses elektrolisis air, energi listrik digunakan untuk memecah molekul air (H₂O) sehingga menghasilkan gas hidrogen (H₂) pada katoda dan gas oksigen (O₂) pada anoda. Namun, ketika elektrolisis dilakukan menggunakan air laut, mekanisme reaksinya menjadi lebih kompleks karena air laut mengandung berbagai ion terlarut, terutama ion klorida (Cl⁻). Keberadaan ion klorida tersebut menyebabkan reaksi oksidasi pada anoda tidak hanya menghasilkan oksigen, tetapi juga berpotensi menghasilkan gas klorin (Cl₂) melalui oksidasi ion klorida.

Secara elektrokimia, reaksi yang dapat terjadi pada proses elektrolisis air laut melibatkan reaksi reduksi pada katoda dan reaksi oksidasi pada anoda. Pada katoda, molekul air mengalami reduksi sehingga menghasilkan gas hidrogen dan ion hidroksida. Sementara itu, pada anoda ion klorida yang terkandung dalam air laut dapat mengalami oksidasi sehingga menghasilkan gas klorin. Reaksi elektrokimia yang terjadi dapat dituliskan sebagai berikut.



Gas klorin yang terbentuk pada anoda selanjutnya dapat bereaksi dengan air membentuk senyawa hipoklorit (HOCl) yang bersifat oksidator kuat. Oleh karena itu, produk yang dihasilkan pada anoda dalam elektrolisis air laut tidak hanya oksigen, tetapi juga dapat berupa klorin (Cl_2) atau senyawa hipoklorit (HOCl) tergantung pada kondisi elektrolisis, jenis elektroda yang digunakan, serta konsentrasi ion klorida dalam larutan. Keberadaan gas klorin dalam proses elektrolisis air laut perlu diperhatikan dari aspek keselamatan kerja (K3). Gas klorin bersifat toksik dan dapat menyebabkan iritasi pada saluran pernapasan, mata, serta kulit apabila terhirup dalam konsentrasi tertentu. Oleh karena itu, eksperimen elektrolisis yang melibatkan larutan yang mengandung ion klorida sebaiknya dilakukan pada ruang yang memiliki ventilasi udara yang baik serta memperhatikan prosedur keselamatan laboratorium yang memadai.

Indonesia, dengan sumber daya air laut yang melimpah, memiliki peluang besar dalam pemanfaatan air laut sebagai bahan elektrolit untuk menghasilkan gas hidrogen. Pemanfaatan air laut sebagai media elektrolisis menjadi relevan karena kandungan elektrolit alaminya mampu mendukung penghantaran arus listrik selama proses berlangsung. Gas hidrogen yang dihasilkan melalui proses ini dikenal sebagai bahan bakar masa depan karena bersifat ramah lingkungan dan hanya menghasilkan uap air sebagai produk samping (Aburrahman et al., 2021; Serna-Jimenez et al., 2021).

Air laut memiliki potensi besar sebagai media elektrolit dalam proses elektrokimia karena mengandung berbagai ion terlarut seperti Na^+ , Cl^- , Mg^{2+} , dan SO_4^{2-} yang meningkatkan konduktivitas listrik larutan. Proses elektrolisis air laut dapat digunakan untuk menghasilkan gas hidrogen yang memiliki nilai kalor tinggi, dan bahkan berpotensi sebagai bahan bakar alternatif masa depan (Abdurahman et al., 2021). Namun, keberhasilan proses elektrolisis sangat bergantung pada sumber energi listrik yang digunakan untuk memisahkan molekul air menjadi gas hidrogen dan oksigen. Air laut memiliki kandungan elektrolit alami, terutama natrium klorida (NaCl), yang berperan penting dalam meningkatkan konduktivitas listrik selama proses elektrolisis. Dengan demikian, air laut dapat digunakan sebagai media elektrolit yang murah dan mudah diperoleh untuk menghasilkan gas hidrogen sebagai bahan bakar alternatif yang

berkelanjutan. Hidrogen hasil elektrolisis dapat dimanfaatkan dalam berbagai sektor, mulai dari transportasi hingga pembangkit listrik, sehingga menjadi bagian penting dalam transisi menuju *green energy* (Pauzi & Wicakasana, 2020). Penelitian sebelumnya membuktikan bahwa variasi luas penampang elektroda dan konsentrasi larutan elektrolit sangat mempengaruhi efisiensi produksi gas hidrogen melalui elektrolisis, dengan efisiensi tertinggi mencapai 99,16%.

Proses elektrolisis air laut memerlukan sumber energi listrik. Untuk menjawab tantangan keberlanjutan, dibutuhkan sumber energi ramah lingkungan, mudah diperoleh, serta terjangkau secara ekonomi. Dalam konteks ini, pemanfaatan limbah organik seperti kulit pisang menjadi pilihan yang relevan. Hal ini disebabkan oleh kandungan karbon, lignin, dan selulosa pada kulit pisang yang dapat dikarbonisasi menjadi bahan elektroda aktif, serta kemampuannya menghasilkan senyawa organik asam yang mendukung reaksi elektrokimia.

Selain untuk produksi hidrogen, sumber energi terbarukan juga dapat dihasilkan dari limbah organik melalui reaksi elektrokimia sederhana, di mana bahan organik seperti biomassa, limbah makanan, atau *biochar* dapat diubah menjadi listrik atau bahan bakar melalui proses oksidasi dan reduksi yang melibatkan transfer elektron dalam sel elektrokimia. Proses ini memungkinkan konversi limbah menjadi energi yang bersih dan berkelanjutan, sekaligus mengurangi pencemaran lingkungan dan emisi gas rumah kaca (Tian et al., 2023) ; (Apollon et al., 2025). Kedua penelitian tersebut menunjukkan bahwa reaksi elektrokimia terhadap limbah organik baik melalui *microbial electrochemical cells* maupun *direct carbon fuel cells* dapat menghasilkan energi listrik atau hidrogen dengan efisiensi tinggi. Teknologi ini termasuk dalam kategori *waste-to-energy*, mendukung prinsip *green energy* karena menggunakan sumber daya terbarukan dan meminimalkan dampak lingkungan.

Salah satu pendekatan yang menjanjikan adalah pemanfaatan energi terbarukan dari limbah organik dan sumber daya alam yang melimpah, seperti kulit pisang, yang mengandung senyawa organik kompleks seperti selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang berpotensi tinggi untuk dikonversi menjadi energi. Melalui proses biokonversi seperti fermentasi anaerobik, kulit pisang dapat menghasilkan biogas yang kaya metana dan digunakan sebagai bahan bakar

alternatif ramah lingkungan (Rahim et al., 2019). Selain itu, kandungan karbohidrat pada kulit pisang juga memungkinkan produksi bioetanol melalui proses fermentasi mikroba, yang dapat menjadi sumber energi cair terbarukan (Olorunshola et al., 2025). Bahkan, penelitian terbaru menunjukkan bahwa kulit pisang dapat dimanfaatkan dalam sistem *microbial fuel cell (MFC)* untuk menghasilkan listrik melalui aktivitas elektrokimia mikroorganisme yang memanfaatkan senyawa organik sebagai sumber elektron (Rincón-Catalán et al., 2022). Dengan demikian, pemanfaatan kulit pisang tidak hanya membantu mengurangi limbah organik, tetapi juga membuka peluang besar dalam pengembangan teknologi energi hijau yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Penelitian menunjukkan bahwa karbon aktif dari kulit pisang mampu digunakan sebagai elektroda dalam superkapasitor, di mana kapasitansi spesifik tertinggi mencapai 55,2 F/g pada suhu aktivasi 800°C (Taer et al., 2016). Bahkan, karbon aktif dari kulit pisang juga efektif dalam proses adsorpsi pencemar air, dengan efisiensi penyisihan BOD dan minyak mencapai 97% (Rofikoh et al., 2024). Fakta ini memperkuat dasar ilmiah pemilihan kulit pisang dalam penelitian ini sebagai sumber energi hijau yang murah, mudah didapat, dan ramah lingkungan.

Selain aspek teknis, penting juga mempertimbangkan pengembangan alat berbasis prinsip *green chemistry* dan *green energy* dalam konteks pendidikan sains. *Green energy* atau energi hijau merupakan energi yang bersumber dari proses alami yang dapat diperbarui dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti energi surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi (Guo et al., 2020). Energi ini disebut “hijau” karena dihasilkan dengan cara yang meminimalkan emisi karbon, tidak menimbulkan limbah beracun, serta berperan penting dalam mengurangi efek perubahan iklim dan mendukung keberlanjutan ekosistem global. Menurut Sousa et al. (2018), *green energy* juga menjadi pendorong utama dalam terciptanya *green economy*, karena penerapan inovasi energi hijau di sektor pendidikan maupun industri mampu meningkatkan efisiensi energi dan menciptakan kesadaran ekologis yang lebih luas. Dengan mengintegrasikan prinsip *green chemistry* yang menekankan pada efisiensi reaksi dan pencegahan limbah bersama dengan *green energy* yang berfokus pada

penggunaan sumber energi terbarukan pengembangan alat pembelajaran dapat memberikan nilai edukatif sekaligus ekologis. Inovasi alat yang sederhana dan berbahan ramah lingkungan tidak hanya mendukung pengurangan limbah, tetapi juga menjadi media pembelajaran kontekstual yang menanamkan nilai-nilai keberlanjutan. Sebagai contoh, Wicaksana (2019) mengembangkan sel volta berbasis air laut dengan kombinasi elektroda Cu–Zn yang dilengkapi rangkaian penguat arus (*joule thief*), menunjukkan keberhasilan pemanfaatan teknologi sederhana dalam menghasilkan penerangan di daerah pesisir (Pauzi & Wicaksana, 2020). Dengan demikian, pengembangan alat dalam penelitian ini diharapkan dapat menjadi jembatan antara inovasi teknologi hijau dan pembelajaran sains berbasis proyek yang berorientasi pada keberlanjutan. Di sisi lain, pengembangan media pembelajaran berbasis energi terbarukan telah dilakukan oleh Ridwan et al. (2021) melalui pembuatan prototipe kincir angin Savonius yang digabungkan dengan sel surya sebagai alat pembelajaran fisika. Hasilnya menunjukkan bahwa integrasi teknologi hijau dapat diterima dengan baik oleh siswa dan guru serta memiliki potensi edukatif yang tinggi (Ridwan et al., 2021). Penelitian ini memiliki relevansi yang kuat dengan upaya penulis dalam mengintegrasikan konsep *green energy* ke dalam pembelajaran kimia melalui pengembangan prototipe bio-baterai berbasis limbah kulit pisang yang dapat digunakan sebagai media eksperimen elektrokimia sederhana dalam pembelajaran.

Meskipun berbagai penelitian mengenai energi terbarukan dan pemanfaatan limbah organik telah berkembang, penerapannya dalam konteks pendidikan sains, khususnya dalam pembelajaran kimia di sekolah, masih relatif terbatas. Pembelajaran kimia pada materi elektrokimia sering kali bersifat abstrak karena melibatkan konsep reaksi redoks, perpindahan elektron, serta proses elektrolisis yang sulit diamati secara langsung oleh siswa. Kondisi ini menyebabkan siswa mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antara konsep kimia dengan fenomena nyata dalam kehidupan sehari-hari.

Selain itu, keterbatasan fasilitas laboratorium di beberapa sekolah juga menjadi kendala dalam pelaksanaan kegiatan praktikum kimia. Banyak sekolah yang belum memiliki alat praktikum elektrokimia yang memadai, sehingga pembelajaran lebih sering dilakukan secara teoritis tanpa didukung oleh kegiatan

eksperimen langsung. Padahal, kegiatan praktikum memiliki peran penting dalam membantu siswa memahami konsep kimia secara lebih konkret dan kontekstual.

Dalam konteks Kurikulum Merdeka, pembelajaran sains diharapkan tidak hanya berfokus pada penguasaan konsep, tetapi juga menekankan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) yang mendorong siswa untuk melakukan eksplorasi, eksperimen, serta pemecahan masalah nyata di lingkungan sekitar (Naibaho & Suryani, 2023). Oleh karena itu, diperlukan inovasi media pembelajaran yang mampu mengintegrasikan konsep kimia dengan isu keberlanjutan lingkungan dan energi terbarukan.

Salah satu pendekatan yang dapat dilakukan adalah melalui pengembangan alat pembelajaran berbasis *green energy*. *Green energy* merupakan energi yang bersumber dari proses alami yang dapat diperbarui dan tidak menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan, seperti energi surya, angin, air, biomassa, dan panas bumi (Guo et al., 2020). Penerapan teknologi energi hijau dalam pembelajaran dapat meningkatkan kesadaran ekologis siswa sekaligus memperkuat pemahaman konsep sains melalui pengalaman belajar yang kontekstual (Sousa et al., 2018).

Berdasarkan kondisi tersebut, diperlukan pengembangan media praktikum kimia yang sederhana, ramah lingkungan, dan mudah direplikasi di sekolah. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan adalah melalui pengembangan prototipe bio-baterai berbasis limbah kulit pisang yang direndam dalam larutan asam asetat sebagai media elektrolit. Pengembangan media ini diharapkan dapat menjadi sarana pembelajaran yang membantu peserta didik memahami konsep elektrokimia, khususnya hubungan antara proses ionisasi dalam larutan elektrolit dengan terbentuknya beda potensial listrik dalam suatu sistem elektrokimia sederhana. Selain itu, kegiatan praktikum ini juga diharapkan dapat menumbuhkan kesadaran peserta didik terhadap pentingnya pemanfaatan energi alternatif berbasis biomassa serta pengelolaan limbah organik secara berkelanjutan.

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan prototipe bio-baterai berbasis limbah kulit pisang sebagai media pembelajaran

kimia yang mengintegrasikan konsep elektrokimia, prinsip *green energy*, serta nilai keberlanjutan lingkungan dalam proses pembelajaran.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana proses perancangan dan pengembangan prototipe bio-baterai berbasis limbah kulit pisang yang direndam dalam larutan asam asetat sebagai media elektrolit sebagai wujud penerapan prinsip *green energy* dalam pembelajaran kimia?
2. Bagaimana pengaruh variasi perlakuan pada bahan energi alternatif (kulit pisang dan larutan asam asetat) terhadap besar tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem bio-baterai sederhana?

C. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dikemukakan, tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Merancang dan mengembangkan prototipe bio-baterai berbasis limbah kulit pisang yang direndam dalam larutan asam asetat sebagai media elektrolit sebagai penerapan konsep *green energy* dalam pembelajaran kimia.
2. Menguji pengaruh variasi perlakuan bahan energi alternatif (kulit pisang dan asam asetat) terhadap tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem bio-baterai sederhana.

D. Manfaat Penelitian

Adapun penelitian ini dapat diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

a. Bagi guru

Penelitian ini dapat menjadi referensi pengembangan media pembelajaran kimia berbasis *green energy* yang sederhana, aplikatif, dan relevan dengan konteks kehidupan sehari-hari. Alat elektrolisis air laut yang dikembangkan dari energi limbah kulit pisang dapat digunakan sebagai sarana untuk mengajarkan konsep reaksi redoks, elektrolisis, dan energi

terbarukan, serta mendukung penerapan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*) dalam Kurikulum Merdeka.

b. Bagi siswa

Melalui penggunaan alat elektrolisis air laut berbasis energi dari limbah kulit pisang, siswa dapat:

1. Memahami hubungan antara reaksi kimia, energi listrik, dan prinsip keberlanjutan lingkungan melalui kegiatan praktikum langsung.
2. Mengembangkan keterampilan proses sains, berpikir kritis, dan pemecahan masalah dalam konteks nyata.
3. Menumbuhkan kesadaran terhadap pentingnya inovasi energi terbarukan dan pengelolaan limbah organik sebagai solusi berkelanjutan.

c. Bagi sekolah

Hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif inovasi praktikum kimia yang ekonomis dan ramah lingkungan, khususnya bagi sekolah dengan keterbatasan fasilitas laboratorium. Alat yang dikembangkan dapat digunakan sebagai contoh eksperimen sederhana yang mendukung pembelajaran kimia berbasis *green energy*.

d. Bagi peneliti

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pengembangan kajian energi alternatif berbasis limbah organik serta penerapannya dalam konteks pendidikan kimia. Selain itu, penelitian ini membuka peluang penelitian lanjutan terkait optimalisasi sumber energi biomassa dan pengembangan alat pembelajaran berbasis *green energy*.

E. Batasan Penelitian

Penelitian ini memiliki batasan agar ruang lingkup penelitian lebih terarah, sebagai berikut:

1. Penelitian difokuskan pada pengembangan sumber energi alternatif berupa bio baterai berbasis limbah kulit pisang yang berpotensi digunakan dalam sistem pembelajaran elektrokimia berbasis *green energy*.
2. Pengujian yang dilakukan terbatas pada pengukuran tegangan listrik yang dihasilkan oleh sistem bio baterai dengan variasi konsentrasi asam asetat dan waktu perendaman.
3. Penelitian ini tidak diimplementasikan secara langsung pada peserta didik di kelas, sehingga penelitian tidak mengukur peningkatan hasil belajar atau pemahaman peserta didik.
4. Hasil penelitian hanya menunjukkan potensi pemanfaatan bio baterai sebagai media praktikum kimia yang berpotensi mendukung pembelajaran elektrokimia secara kontekstual.

Penelitian ini tidak mencakup analisis kuantitatif efisiensi energi maupun uji daya tahan sumber energi dalam jangka panjang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan alat elektrolisis air laut berbasis energi dari limbah kulit pisang dengan pendekatan *Design-Based Research* (DBR), dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penelitian ini berhasil mengembangkan prototipe bio-baterai atau sel elektrokimia sederhana berbasis limbah kulit pisang yang direndam dalam larutan asam asetat sebagai media elektrolit. Sistem yang dikembangkan mampu menghasilkan beda potensial listrik dalam skala milivolt (mV) yang terdeteksi menggunakan multimeter dengan probe sebagai elektroda pengukuran. Tegangan listrik yang terukur berkaitan dengan keberadaan ion dalam larutan yang memungkinkan terjadinya pergerakan muatan listrik dalam sistem biomassa. Namun demikian, prototipe yang dikembangkan dalam penelitian ini belum diuji untuk menjalankan proses elektrolisis.
2. Prototipe bio-baterai yang dikembangkan memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai media pembelajaran elektrokimia berbasis *green energy*, karena memanfaatkan limbah kulit pisang sebagai sumber energi listrik alternatif dalam skala sederhana. Penggunaan alat ini dalam pembelajaran dapat membantu peserta didik memahami hubungan antara proses ionisasi dalam larutan elektrolit dengan terbentuknya beda potensial listrik dalam suatu sistem elektrokimia sederhana.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan beberapa saran sebagai berikut:

1. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan untuk mengembangkan sistem dengan penambahan elektroda konduktif ramah lingkungan atau melakukan perlakuan awal seperti karbonisasi biomassa kulit pisang agar tegangan dan arus listrik yang dihasilkan menjadi lebih besar dan stabil.

2. Penelitian lanjutan dapat mengkaji aspek lain, seperti efisiensi konversi energi, daya tahan sumber energi, serta pengaruh variasi waktu perendaman yang lebih panjang terhadap performa sistem biomassa kulit pisang.
3. Bagi pendidik dan institusi pendidikan, alat yang dikembangkan dalam penelitian ini dapat dijadikan alternatif media praktikum elektrokimia sederhana, dengan catatan perlu dilakukan pengembangan dan uji implementasi lebih lanjut sebelum digunakan secara langsung dalam pembelajaran di kelas.
4. Bagi institusi pendidikan, diharapkan hasil penelitian ini dapat menjadi referensi dalam pengembangan media pembelajaran kimia berbasis *green energy* dan *Project-Based Learning*, guna mendukung implementasi Kurikulum Merdeka dan pembelajaran sains yang berorientasi pada keberlanjutan.
5. Perlu dilakukan uji implementasi langsung kepada peserta didik untuk mengetahui respons, keterlibatan, serta efektivitas alat dalam meningkatkan pemahaman konsep elektrokimia dan kesadaran lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurahman, R., Eliza, R., Manggala, A., Suci Ningsih, A., & Effendy A, S. (2021). PRODUKSI GAS HIDROGEN BERDASARKAN PENGARUH LUAS PENAMPANG TERHADAP KONSENTRASI LARUTAN ELEKTROLIT DAN SUPLAI ARUS DENGAN METODE ELEKTROLISIS. *Jurnal Pendidikan dan Teknologi Indonesia*, 1(11), 447–451. <https://doi.org/10.52436/1.jpti.103>
- Akker, J. J. H. van den, Gravemeijer, K., McKenney, S., & Nieveen, N. (Eds.). (2011). *Educational design research*. Routledge, Taylor & Francis Group.
- Anderson, T., & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. <https://doi.org/10.3102/0013189X11428813>
- Anggraeni, E. S., Putri, R. A., Tristania, A. W., Maharani, T., Wirhanuddin, W., & Rahmadani, A. (2024). Kajian Literatur Penerapan Kimia Hijau dan Tujuan Pembangunan Berkelanjutan dalam Pembelajaran Kimia. *Arfak Chem: Chemistry Education Journal*, 7(2), 604–616. <https://doi.org/10.30862/accej.v7i2.739>
- Anisa, Z., & Setyaningrum, D. (2022). Pemanfaatan Elektrolit Air Laut Sebagai Sumber Energi Listrik Baterai Dengan Elektroda Tembaga “Aluminium. *Sainmatika: Jurnal Ilmiah Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, 156–162. <https://doi.org/10.31851/sainmatika.v19i2.9583>
- Apollon, W., Rusyn, I., Paucar, N. E., Hibbert, M., Kamaraj, S.-K., & Sato, C. (2025). Energy Recovery from Organic Wastes Using Microbial Fuel Cells: Traditional and Nonconventional Organic Substrates. *Resources*, 14(3), 47. <https://doi.org/10.3390/resources14030047>

- Arizona, R., Kurniadi, S., & Fernando, Y. (n.d.). *DIRECTION FLOW (DC) ELECTRIC ENERGY PRODUCTION THROUGH UTILIZATION OF BANANA LEATHER AND PAPAYA LEATHER WASTE TO BE AN ENVIRONMENTALLY FRIENDLY BIOBATTERY*. 04.
- Church, F. C. (2021). Active Learning: Basic Science Workshops, Clinical Science Cases, and Medical Role-Playing in an Undergraduate Biology Course. *Education Sciences*, 11(8), 370. <https://doi.org/10.3390/educsci11080370>
- Farkhan, M. R., & Maragustam, M. (2022). THE EFFECT OF *PROJECT-BASED LEARNING* ON SCIENTIFIC THINKING SKILL. *Jurnal Tatsqif*, 20(1), 56–67. <https://doi.org/10.20414/jtq.v20i1.5914>
- Guo, M., Nowakowska-Grunt, J., Gorbanyov, V., & Egorova, M. (2020). Green Technology and Sustainable Development: Assessment and Green Growth Frameworks. *Sustainability*, 12(16), 6571. <https://doi.org/10.3390/su12166571>
- Harahap, M. R. (2016). Sel Elektrokimia: Karakteristik dan Aplikasi. *CIRCUIT: Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*, 2(1). <https://doi.org/10.22373/crc.v2i1.764>
- Manogaran, M. D., Phua, Y. H., Shamsuddin, M. R., Lim, J. W., & Mansor, N. (2022). Application of organic additives as voltage enhancers for vermicompost-derived bio-battery. *Energy Nexus*, 8, 100163. <https://doi.org/10.1016/j.nexus.2022.100163>
- Naibaho, S., & Suryani, O. (2023). Pengembangan Modul Pembelajaran Kimia Berbasis PBL untuk Sekolah Penggerak Fase F SMA/MA pada Materi Hidrolisis Garam. *FONDATIA*, 7(2), 356–370. <https://doi.org/10.36088/fondatia.v7i2.3441>
- Olorunshola, P., Jude, K., Chuku, S., Uzoma, M., Bakpo, E., & Numbere, A. (2025). Bioethanol Production from Agricultural Food Waste – Banana Peels and

- Sugarcane Bagasse. *Journal of Botanical Research*, 7(2), 1–15.
<https://doi.org/10.30564/jbr.v7i2.12494>
- Pamungkas, A. J., Yuwono, S., & Kurniawan, E. (n.d.). *DC CHOPPER SYSTEM AS INPUT VOLTAGE FOR SEA WATER ELECTROLYSIS*.
- Paupi, A. G., & Wicaksana, B. (2020). Analisis Pemanfaatan *Joule thief* Tipe Toroida Pada Sel Volta Menggunakan Elektroda (Cu(Ag)-Zn) Berbahan Elektrolit. *Jurnal Fisika Indonesia*, 24(1), 7. <https://doi.org/10.22146/jfi.v24i1.51858>
- Peka, Y., Indah, E. Y., & Misa, D. (2025). *Perubahan Kurikulum dalam Sistem Pendidikan Indonesia Perspektif Historis dan Tantangan Implementasinya*. 01(04).
- Prastuti, O. P. (2017). Pengaruh Komposisi Air Laut dan Pasir Laut Sebagai Sumber Energi Listrik. *Jurnal Teknik Kimia dan Lingkungan*, 1(1), 35–41.
<https://doi.org/10.33795/jtkl.v1i1.13>
- Priadi, M. A., Yolida, B., Marpaung, R. R., & Priyambodo, P. (2025). *PBL BERORIENTASI SDGs: STRATEGI UNTUK MENINGKATKAN LITERASI SAINS DAN KESADARAN LINGKUNGAN SISWA*. 12(2).
- Pulungan, N., Febria, M. A., Desma, I., Dian, R., & Nila, Y. (n.d.). *Pembuatan Bio Baterai Berbahan Dasar Kulit Pisang*.
- Ridwan, M., Yuliani, H., & Syar, N. I. (2021). Pengembangan Prototipe Kincir Angin Savonius Menggunakan Bilah Baling Sel Surya Sebagai Media Pembelajaran Fisika. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 5(2), 239.
<https://doi.org/10.20527/jipf.v5i2.2949>
- Rincón-Catalán, N. I., Cruz-Salomón, A., Sebastian, P. J., Pérez-Fabiel, S., Hernández-Cruz, M. D. C., Sánchez-Albores, R. M., Hernández-Méndez, J. M. E.,

- Domínguez-Espinosa, M. E., Esquinca-Avilés, H. A., Ríos-Valdovinos, E. I., & Nájera-Aguilar, H. A. (2022). Banana Waste-to-Energy Valorization by Microbial Fuel Cell Coupled with Anaerobic Digestion. *Processes*, 10(8), 1552. <https://doi.org/10.3390/pr10081552>
- Risna, R., Hasan, M., & Supriatno, S. (2019). PENERAPAN MODEL INKUIRI TERBIMBING BERORIENTASI *GREEN CHEMISTRY* UNTUK MENINGKATKAN HASIL BELAJAR SISWA PADA MATERI LARUTAN PENYANGGA. *Jurnal IPA & Pembelajaran IPA*, 3(2), 106–118. <https://doi.org/10.24815/jipi.v3i2.14726>
- Rofikoh, V., Zaman, B., & Samadikun, B. P. (2024). Penyisihan BOD, Minyak Dan Lemak Dalam Air Limbah Domestik Dengan Menggunakan Karbon Aktif Dari Kulit Pisang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia*, 23(1), 59–66. <https://doi.org/10.14710/jkli.23.1.59-66>
- Salawali, R. T., & Lestari, S. A. (2024). *Utilization of Biomass Waste from Banana (Musa Paradisiaca) and Breadfruit (Artocarpus Communis) Peel for Development of Bio-Batteries*. 2(1).
- Sarah, M., Zelfi, E. R., Kuswara, M. P., & Hasibuan, I. M. (2024). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Garam Dapur (NaCl) sebagai Larutan Elektrolit dan pH Bahan Baku dalam Pembuatan Biobaterai Kering Berbasis Limbah Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 13(1), 32–39. <https://doi.org/10.32734/jtk.v13i1.11622>
- Septiorini, D., & Pamurti, A. A. (2023). Kajian Penerapan Konsep Green City di Kelurahan Sekayu, Kota Semarang. *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, 7(4), 1440–1450. <https://doi.org/10.33379/gtech.v7i4.3192>

- Serna-Jiménez, J. A., Luna-Lama, F., Caballero, Á., Martín, M. D. L. Á., Chica, A. F., & Siles, J. Á. (2021). Valorisation of banana peel waste as a precursor material for different renewable energy systems. *Biomass and Bioenergy*, *155*, 106279. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2021.106279>
- Sinaga, M., & Silaban, S. (2020). Implementasi Pembelajaran Kontekstual untuk Aktivitas dan Hasil Belajar Kimia Siswa. *Gagasan Pendidikan Indonesia*, *1*(1), 33. <https://doi.org/10.30870/gpi.v1i1.8051>
- Taer, E., Hartati, S. D., Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293, Sugianto, S., Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau, Jl. HR. Soebrantas KM 12,5 Simpang Baru, Pekanbaru 28293, Taslim, R., & Jurusan Teknik Industri Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru 28293. (2016). PENGARUH VARIASI SUHU AKTIVASI FISIKA TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON SUPERKAPASITOR DARI LIMBAH KULIT PISANG. *Spektra: Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, *1*(2), 165–170. <https://doi.org/10.21009/SPEKTRA.012.11>
- Tian, J.-H., Lacroix, R., Yaqoob, A. A., Bureau, C., Midoux, C., Desmond-Le Quéméner, E., & Bouchez, T. (2023). Study of a Pilot Scale Microbial Electrosynthesis Reactor for Organic Waste Biorefinery. *Energies*, *16*(2), 591. <https://doi.org/10.3390/en16020591>
- World Energy Outlook 2023*. (n.d.).

