Laporan Penelitian

Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berbasis Project-Based Learning Terintegrasi STEM melalui Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Terbarukan

Diajukan Oleh:

Ketua	: Dzikrul Rizki, M.Pd	1313019701
Anggota	: Zulhairi, M.Pd	1323049701
	: Nur Hidayah	25118029
	: Nabila Assahra	25118002
	: Alesya Fatima	25118020
	: Renofi Ananda	25118066
	: M Haikal Bustami	25118058

PROGRAM STUDI PENDIDIKAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS BINA BANGSA GETSEMPENA
BANDA ACEH

2026

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga laporan akhir penelitian yang berjudul "Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berbasis Project-Based Learning Terintegrasi STEM melalui Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Terbarukan" ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan penelitian ini disusun sebagai bentuk dokumentasi pelaksanaan penelitian pengembangan model pembelajaran kimia yang mengintegrasikan pendekatan Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) melalui Project-Based Learning (PjBL) dengan memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai konteks sumber energi terbarukan. Pengembangan model ini diharapkan dapat memberikan alternatif pembelajaran kimia yang lebih kontekstual, inovatif, dan berorientasi pada pengembangan literasi sains serta keterampilan abad ke-21.

Penelitian ini menggunakan pendekatan Research and Development (R&D) dengan model pengembangan Plomp dan Nieveen yang meliputi tahap penelitian pendahuluan, pengembangan/prototipe, dan penilaian. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan memiliki validitas dan kepraktisan yang baik serta efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Pemanfaatan konteks limbah kelapa sawit juga memberikan peluang untuk mengintegrasikan pembelajaran kimia dengan isu energi terbarukan dan keberlanjutan lingkungan.

Penyusunan laporan ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan kontribusi berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan selama proses pelaksanaan penelitian hingga penyusunan laporan akhir ini.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih memiliki keterbatasan. Oleh sebab itu, kritik dan saran yang konstruktif sangat diharapkan untuk penyempurnaan penelitian dan pengembangan model pembelajaran pada masa yang akan datang.

Akhirnya, penulis berharap laporan penelitian ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan pembelajaran kimia, khususnya dalam penerapan pembelajaran berbasis proyek dan STEM yang memanfaatkan potensi lokal serta mendukung pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan.

Banda Aceh, Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR i
DAFTAR ISI ii

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan Penelitian 3
1.4 Manfaat Penelitian 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5

2.1 Pembelajaran Kimia 5
2.2 Project-Based Learning (PjBL) 5
2.3 Pendekatan STEM 6
2.4 Integrasi STEM dalam Project-Based Learning 7
2.5 Literasi Sains 8
2.6 Energi Terbarukan 9
2.7 Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi 10

BAB III METODE PENELITIAN 12

3.1 Jenis dan Desain Penelitian 12
3.2 Prosedur Pengembangan 12
  3.2.1 Fase Preliminary Research 12
  3.2.2 Fase Development/Prototyping 13
  3.2.3 Fase Assessment 13
3.3 Subjek Penelitian 14
3.4 Instrumen Penelitian 15
3.5 Teknik Pengumpulan Data 16
3.6 Teknik Analisis Data 17

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 19

4.1 Hasil Penelitian 19
4.1.1 Hasil Pengembangan Model Pembelajaran 20
4.2 Hasil Validitas Model 21
4.3 Hasil Kepraktisan Model 22
4.4 Hasil Uji Efektivitas 23
4.5 Analisis N-Gain 24
4.6 Pembahasan 26

BAB V PENUTUP 28

5.1 Kesimpulan 28
5.2 Saran 29

DAFTAR PUSTAKA 30
LAMPIRAN 33

BAB I
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pendidikan abad ke-21 menuntut peserta didik tidak hanya menguasai konsep-konsep ilmiah, tetapi juga memiliki kemampuan berpikir kritis, kreatif, kolaboratif, komunikatif, serta mampu memecahkan berbagai permasalahan yang dihadapi dalam kehidupan nyata. Oleh karena itu, proses pembelajaran perlu diarahkan pada pembelajaran yang bersifat kontekstual, inovatif, dan berpusat pada peserta didik sehingga mampu membangun kompetensi yang sesuai dengan tuntutan perkembangan ilmu pengetahuan, teknologi, dan pembangunan berkelanjutan.

Salah satu kompetensi yang menjadi perhatian utama dalam pendidikan sains adalah **literasi sains**. Literasi sains merupakan kemampuan individu dalam menggunakan pengetahuan ilmiah untuk mengidentifikasi masalah, menjelaskan fenomena secara ilmiah, serta mengambil keputusan berdasarkan bukti ilmiah. Kemampuan ini menjadi indikator penting dalam pembelajaran kimia karena peserta didik diharapkan tidak hanya memahami konsep-konsep kimia secara teoritis, tetapi juga mampu mengaplikasikannya dalam kehidupan sehari-hari.

Namun demikian, berbagai hasil evaluasi nasional maupun internasional menunjukkan bahwa kemampuan literasi sains peserta didik Indonesia masih tergolong rendah. Kondisi ini menunjukkan bahwa proses pembelajaran yang berlangsung di sekolah masih berorientasi pada penguasaan konsep, hafalan, dan penyelesaian soal-soal rutin sehingga belum mampu mengembangkan kemampuan berpikir tingkat tinggi (*Higher Order Thinking Skills*), pemecahan masalah, dan literasi sains secara optimal. Hal tersebut menjadi tantangan bagi guru untuk menghadirkan model pembelajaran yang lebih inovatif, kontekstual, dan mampu menghubungkan konsep sains dengan permasalahan nyata di lingkungan sekitar.

Salah satu pendekatan yang dinilai efektif dalam menjawab tantangan tersebut adalah ***Project-Based Learning (*PjBL)** yang diintegrasikan dengan pendekatan ***Science, Technology, Engineering, and Mathematics*** **(STEM)**. Model pembelajaran PjBL memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk belajar melalui penyelesaian suatu proyek yang berkaitan dengan kehidupan nyata. Sementara itu, pendekatan STEM mengintegrasikan konsep sains, teknologi,

rekayasa, dan matematika dalam menyelesaikan suatu permasalahan secara komprehensif. Integrasi PjBL dan STEM mendorong peserta didik untuk melakukan penyelidikan, merancang solusi, bekerja sama dalam kelompok, serta menghasilkan produk yang memiliki nilai ilmiah dan praktis. Berdasarkan artikel penelitian, integrasi PjBL dan STEM menjadi dasar pengembangan model pembelajaran yang bertujuan meningkatkan literasi sains peserta didik dalam pembelajaran kimia.

Dalam konteks pembelajaran kimia, penerapan PjBL-STEM akan lebih bermakna apabila menggunakan permasalahan yang dekat dengan kehidupan peserta didik. Salah satu potensi lokal yang dapat dimanfaatkan adalah limbah kelapa sawit. Indonesia merupakan salah satu produsen kelapa sawit terbesar di dunia sehingga menghasilkan limbah biomassa dalam jumlah yang sangat besar. Limbah tersebut, seperti tandan kosong, cangkang, serat, dan limbah cair, memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber energi terbarukan melalui berbagai proses konversi energi. Dengan demikian, limbah kelapa sawit tidak hanya menjadi isu lingkungan, tetapi juga dapat dijadikan konteks pembelajaran kimia yang relevan dengan konsep energi, reaksi kimia, biomassa, dan keberlanjutan.

Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai konteks pembelajaran memberikan pengalaman belajar yang lebih autentik karena peserta didik dihadapkan pada permasalahan nyata yang memerlukan analisis ilmiah dan penyusunan solusi berbasis proyek. Melalui kegiatan tersebut, peserta didik tidak hanya mempelajari konsep kimia, tetapi juga memahami keterkaitan antara ilmu pengetahuan, teknologi, lingkungan, dan pembangunan berkelanjutan. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip Education for Sustainable Development (ESD) yang menekankan pentingnya pendidikan dalam membentuk generasi yang mampu menghadapi tantangan lingkungan dan energi di masa depan.

Penelitian ini mengembangkan model pembelajaran kimia berbasis ***STEM-Integrated Project-Based Learning*** dengan memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai konteks energi terbarukan. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dipublikasikan, model yang dikembangkan memenuhi kriteria **valid**, **praktis**, dan **efektif**. Hasil validasi ahli menunjukkan bahwa model memiliki kelayakan yang baik dari aspek desain pembelajaran, sintaks, perangkat pembelajaran, dan instrumen penilaian. Implementasi di kelas juga menunjukkan bahwa model dapat diterapkan dengan baik dan memperoleh respons positif dari guru maupun peserta didik. Selain itu, penerapan model ini mampu meningkatkan literasi sains peserta didik, hasil belajar

kognitif, serta keterampilan abad ke-21 seperti berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, dan kepedulian terhadap lingkungan.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini penting dilakukan untuk menghasilkan model pembelajaran kimia yang inovatif, kontekstual, dan berorientasi pada pengembangan literasi sains serta keterampilan abad ke-21. Melalui integrasi STEM, *Project-Based Learning*, dan pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan, diharapkan pembelajaran kimia menjadi lebih bermakna, relevan dengan kebutuhan masyarakat, serta mampu mendukung terwujudnya pendidikan yang berkelanjutan.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana mengembangkan model pembelajaran kimia berbasis STEM-Integrated Project-Based Learning dengan memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan?
2. Bagaimana tingkat validitas model pembelajaran yang dikembangkan berdasarkan hasil penilaian para ahli?
3. Bagaimana tingkat kepraktisan model pembelajaran berdasarkan hasil implementasi dan respons guru?
4. Bagaimana efektivitas model pembelajaran dalam meningkatkan literasi sains peserta didik pada pembelajaran kimia?
5. Bagaimana kontribusi model pembelajaran terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 dan pencapaian SDGs dalam pembelajaran kimia?

1.3. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mengembangkan model pembelajaran kimia berbasis STEM-Integrated Project-Based Learning dengan konteks pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan.
2. Mengetahui tingkat validitas model pembelajaran berdasarkan hasil validasi ahli.
3. Mengetahui tingkat kepraktisan model pembelajaran berdasarkan implementasi di kelas dan respons guru.

4. Menganalisis efektivitas model pembelajaran dalam meningkatkan literasi sains peserta didik.
5. Mendeskripsikan kontribusi model pembelajaran terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 dan implementasi pendidikan berkelanjutan.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Manfaat Teoretis

Penelitian ini diharapkan dapat memperkaya kajian mengenai pengembangan model pembelajaran kimia berbasis STEM dan Project-Based Learning, khususnya yang mengintegrasikan konteks energi terbarukan dan pemanfaatan limbah biomassa dalam pembelajaran.

2. Manfaat Praktis

- **Bagi Guru:** Menyediakan alternatif model pembelajaran yang inovatif dan kontekstual untuk meningkatkan kualitas pembelajaran kimia.
- **Bagi Peserta Didik:** Meningkatkan literasi sains, kemampuan berpikir kritis, kreativitas, kolaborasi, dan kesadaran terhadap isu energi terbarukan.
- **Bagi Sekolah:** Menjadi referensi dalam implementasi pembelajaran berbasis STEM yang mendukung kurikulum dan pendidikan berkelanjutan.
- **Bagi Peneliti Lain:** Menjadi dasar pengembangan penelitian lanjutan mengenai pembelajaran STEM, PjBL, dan energi terbarukan.

BAB II
KAJIAN TEORITIS

2.1 Pembelajaran Kimia

Pembelajaran kimia merupakan proses pendidikan yang bertujuan membantu peserta didik memahami berbagai fenomena materi dan perubahannya melalui konsep, prinsip, hukum, serta proses ilmiah. Kimia memiliki karakteristik yang berbeda dengan bidang ilmu lainnya karena konsep kimia dapat dipahami melalui tiga level representasi, yaitu **makroskopik, submikroskopik, dan simbolik**. Pada tingkat makroskopik, peserta didik mengamati fenomena atau perubahan yang dapat dilihat secara langsung. Pada tingkat submikroskopik, peserta didik memahami fenomena berdasarkan interaksi partikel seperti atom, molekul, dan ion. Sementara itu, tingkat simbolik menggunakan persamaan kimia, rumus, grafik, dan simbol untuk merepresentasikan fenomena tersebut.

Karakteristik tersebut menyebabkan pembelajaran kimia sering dianggap sulit oleh peserta didik apabila pembelajaran hanya dilakukan melalui penjelasan verbal dan hafalan. Artikel penelitian yang menjadi dasar laporan ini juga menempatkan pembelajaran kimia sebagai konteks yang memerlukan pendekatan pembelajaran yang mampu menghubungkan konsep dengan permasalahan nyata.

Pembelajaran kimia yang kontekstual dapat membantu peserta didik memahami bahwa konsep-konsep kimia tidak berdiri sendiri, tetapi memiliki hubungan dengan berbagai permasalahan kehidupan, termasuk energi, lingkungan, teknologi, dan keberlanjutan. Oleh karena itu, penggunaan isu limbah kelapa sawit sebagai konteks pembelajaran dapat memberikan pengalaman belajar yang lebih bermakna karena peserta didik mempelajari konsep kimia sekaligus memahami permasalahan lingkungan dan energi yang terdapat di lingkungan sekitar.

2.2 Literasi Sains

2.2.1 Pengertian Literasi Sains

Literasi sains merupakan salah satu kompetensi penting dalam pendidikan sains modern. Literasi sains tidak hanya berkaitan dengan kemampuan mengingat fakta dan konsep ilmiah, tetapi juga kemampuan menggunakan pengetahuan sains untuk memahami fenomena, memecahkan masalah, mengevaluasi informasi, dan mengambil keputusan berdasarkan bukti.

Bybee menjelaskan bahwa literasi sains berkaitan dengan kemampuan seseorang dalam menggunakan pengetahuan ilmiah untuk memahami dan mengambil keputusan terhadap berbagai

persoalan yang berkaitan dengan sains. Sementara itu, Norris dan Phillips menekankan bahwa literasi sains memiliki keterkaitan erat dengan kemampuan memahami, menggunakan, dan menginterpretasikan informasi ilmiah.

Dalam konteks penelitian ini, literasi sains menjadi salah satu hasil belajar utama yang diharapkan berkembang melalui penerapan model PjBL terintegrasi STEM. Artikel penelitian menunjukkan bahwa model yang dikembangkan efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik dalam pembelajaran kimia.

2.2.2 Dimensi Literasi Sains

Literasi sains dalam pembelajaran dapat dikembangkan melalui beberapa kemampuan, antara lain:

1. **Menjelaskan fenomena secara ilmiah**, yaitu kemampuan menggunakan konsep dan prinsip sains untuk menjelaskan suatu fenomena.
2. **Mengevaluasi dan merancang penyelidikan ilmiah**, yaitu kemampuan mengidentifikasi pertanyaan ilmiah, menentukan variabel, memilih prosedur, dan menggunakan bukti.
3. **Menafsirkan data dan bukti secara ilmiah**, yaitu kemampuan membaca, menganalisis, dan menarik kesimpulan berdasarkan data.
4. **Menggunakan pengetahuan ilmiah dalam pengambilan keputusan**, khususnya dalam menghadapi persoalan yang berkaitan dengan kehidupan dan lingkungan.

Dalam pembelajaran berbasis proyek, kemampuan tersebut dapat berkembang melalui proses identifikasi masalah, pencarian informasi, perancangan solusi, pelaksanaan proyek, analisis hasil, dan presentasi.

2.3 *Project-Based Learning* (PjBL)

2.3.1 Konsep *Project-Based Learning*

Project-Based Learning (PjBL) merupakan model pembelajaran yang menempatkan proyek sebagai inti proses pembelajaran. Peserta didik memperoleh pengetahuan dan keterampilan melalui proses penyelidikan terhadap masalah atau pertanyaan yang autentik dan menghasilkan suatu produk atau solusi.

Thomas menjelaskan bahwa PjBL memiliki karakteristik berupa keterpusatan pada proyek, pertanyaan atau masalah yang menjadi pendorong kegiatan, penyelidikan konstruktif, otonomi peserta didik, dan keterkaitan dengan kondisi nyata.

Dalam PjBL, peserta didik tidak hanya menerima informasi dari guru, tetapi terlibat secara aktif dalam proses membangun pengetahuan. Proses tersebut dapat mencakup:

- identifikasi masalah;
- perencanaan proyek;
- pencarian informasi;
- penyusunan desain;
- pelaksanaan proyek;
- pengujian produk;
- evaluasi;
- presentasi hasil.

Pendekatan tersebut sesuai dengan karakteristik penelitian karena peserta didik diberikan konteks nyata berupa pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan.

2.3.2 Karakteristik PjBL

Karakteristik utama PjBL meliputi:

1. **Berpusat pada peserta didik.**
2. **Menggunakan masalah atau pertanyaan autentik.**
3. **Melibatkan investigasi atau penyelidikan.**
4. **Menghasilkan produk atau solusi.**
5. **Mendorong kolaborasi.**
6. **Mengintegrasikan pengetahuan dan keterampilan.**
7. **Melibatkan refleksi dan evaluasi.**

Dengan karakteristik tersebut, PjBL dapat menciptakan lingkungan belajar yang mendorong peserta didik untuk berpikir kritis, kreatif, dan kolaboratif.

2.4 STEM *Education*

2.4.1 Konsep STEM

STEM merupakan pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan empat bidang, yaitu:

- ***Science*** – konsep dan proses ilmiah;
- ***Technology*** – pemanfaatan teknologi;
- ***Engineering*** – proses perancangan dan pengembangan solusi;
- ***Mathematics*** – penggunaan konsep matematika untuk analisis dan pemecahan masalah.

Integrasi STEM bertujuan menciptakan pengalaman pembelajaran yang memungkinkan peserta didik menghubungkan konsep dari berbagai disiplin ilmu untuk menyelesaikan permasalahan nyata.

Dalam pembelajaran kimia, STEM memungkinkan konsep kimia dihubungkan dengan teknologi dan proses rekayasa. Misalnya, ketika peserta didik mempelajari pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai energi, mereka dapat mempelajari karakteristik kimia biomassa, teknologi konversi energi, perancangan produk atau alat sederhana, serta melakukan perhitungan terhadap energi yang dihasilkan.

2.5 Integrasi STEM dengan *Project-Based Learning*

Integrasi STEM dan PjBL menghasilkan pembelajaran yang menempatkan masalah nyata sebagai titik awal pembelajaran sekaligus mengintegrasikan berbagai disiplin ilmu dalam proses penyelesaian masalah.

Pada model **STEM-PjBL**, peserta didik dapat mengikuti proses sebagai berikut:

Masalah nyata → Investigasi ilmiah → Perancangan solusi → Pengembangan produk → Pengujian → Evaluasi → Presentasi

Integrasi tersebut memberikan peluang kepada peserta didik untuk mengembangkan pengetahuan konseptual sekaligus keterampilan praktis.

Dalam penelitian ini, permasalahan yang digunakan adalah **pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan**. Peserta didik diarahkan untuk memahami permasalahan limbah, mengidentifikasi potensi energinya, mempelajari prinsip kimia yang berkaitan, merancang solusi, serta mengevaluasi hasil proyek.

2.6 Limbah Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas penting di Indonesia. Proses produksi minyak kelapa sawit menghasilkan berbagai jenis biomassa dan limbah, antara lain:

- tandan kosong kelapa sawit;
- serat;
- cangkang;
- pelepah;
- batang;
- limbah cair.

Limbah tersebut memiliki kandungan bahan organik dan energi yang memungkinkan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku energi terbarukan.

Pemanfaatan limbah kelapa sawit dapat dilakukan melalui beberapa teknologi, antara lain:

1. **Pembakaran langsung**, yaitu memanfaatkan biomassa sebagai bahan bakar.
2. **Gasifikasi**, yaitu mengubah biomassa menjadi gas yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar.
3. **Pirolisis**, yaitu proses pemanasan biomassa dalam kondisi terbatas oksigen untuk menghasilkan produk seperti biochar, bio-oil, dan gas.
4. **Produksi biogas**, khususnya dari limbah cair kelapa sawit melalui proses anaerobik.

Dalam konteks pendidikan, limbah kelapa sawit tidak hanya dipandang sebagai masalah lingkungan, tetapi dapat dijadikan **sumber belajar kontekstual** untuk mempelajari kimia dan energi terbarukan.

2.7 Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Terbarukan

Pemanfaatan biomassa kelapa sawit sebagai energi terbarukan memiliki potensi mendukung transisi menuju sumber energi yang lebih berkelanjutan. Limbah yang sebelumnya dianggap sebagai bahan buangan dapat dikonversi menjadi sumber energi sehingga memberikan nilai tambah.

Konsep tersebut dapat digunakan dalam pembelajaran kimia untuk menjelaskan berbagai materi, seperti:

- perubahan energi;
- reaksi pembakaran;
- reaksi kimia;
- senyawa organik;
- biomassa;
- energi alternatif;
- prinsip kimia hijau;
- pencemaran lingkungan.

Dengan demikian, penggunaan limbah kelapa sawit sebagai konteks pembelajaran memungkinkan peserta didik memahami hubungan antara konsep kimia dengan permasalahan energi dan lingkungan.

2.8 Pembelajaran Berorientasi Keberlanjutan

Pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (*Education for Sustainable Development/ESD*) bertujuan membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterampilan, nilai, dan sikap yang diperlukan untuk berkontribusi terhadap pembangunan berkelanjutan.

Pembelajaran kimia dapat menjadi salah satu sarana untuk mengembangkan kesadaran keberlanjutan karena banyak konsep kimia berkaitan langsung dengan persoalan lingkungan dan energi.

Pemanfaatan limbah kelapa sawit dalam pembelajaran dapat memperkenalkan konsep:

- pemanfaatan sumber daya secara efisien;
- pengurangan limbah;
- energi terbarukan;
- produksi berkelanjutan;
- pengelolaan lingkungan;
- ekonomi sirkular.

Dengan demikian, pembelajaran tidak hanya berorientasi pada pencapaian akademik, tetapi juga membangun kesadaran peserta didik terhadap persoalan lingkungan.

2.9 Keterampilan Abad ke-21

Model STEM-PjBL yang dikembangkan dalam penelitian juga berkaitan dengan pengembangan keterampilan abad ke-21. Berdasarkan hasil penelitian, penerapan model mendukung pengembangan *critical thinking, collaboration, creativity, dan environmental awareness.*

2.9.1 Berpikir Kritis

Peserta didik menganalisis permasalahan limbah kelapa sawit, mengevaluasi informasi, membandingkan alternatif solusi, dan menarik kesimpulan berdasarkan bukti.

2.9.2 Kreativitas

Peserta didik dituntut menghasilkan ide dan rancangan baru dalam memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi.

2.9.3 Kolaborasi

Pengerjaan proyek dilakukan secara berkelompok sehingga peserta didik belajar membagi tugas, berkomunikasi, mengambil keputusan, dan bertanggung jawab terhadap hasil kelompok.

2.9.4 Kesadaran Lingkungan

Peserta didik memahami dampak limbah terhadap lingkungan serta pentingnya pemanfaatan sumber daya secara berkelanjutan.

2.10 Hubungan PjBL-STEM dengan Literasi Sains

Hubungan antara model pembelajaran dan literasi sains dapat dijelaskan sebagai berikut:

Tabel 2.1. Hubungan Model PjBL-STEM dengan Literasi Sains

Tahap PjBL-STEM	Aktivitas Peserta Didik	Kompetensi Literasi Sains
Identifikasi masalah	Mengidentifikasi masalah limbah kelapa sawit	Memahami fenomena ilmiah
Investigasi	Mengumpulkan informasi dan data	Menggunakan pengetahuan ilmiah
Perancangan	Merancang solusi/produk	Merancang penyelidikan
Pengembangan proyek	Membuat dan menguji produk	Menerapkan konsep
Analisis	Menganalisis data hasil proyek	Menafsirkan data
Presentasi	Menjelaskan hasil dan argumentasi	Mengomunikasikan bukti ilmiah
Refleksi	Mengevaluasi solusi	Mengambil keputusan berdasarkan bukti

Dengan demikian, PjBL-STEM memiliki keterkaitan yang kuat dengan pengembangan literasi sains karena setiap tahapan pembelajaran memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk menerapkan pengetahuan dan keterampilan ilmiah.

BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Jenis dan Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian *Research and Development* (R&D) yang bertujuan mengembangkan model pembelajaran kimia berbasis *Project-Based Learning* (PjBL) terintegrasi STEM dengan memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai konteks sumber energi terbarukan.

Model pengembangan yang digunakan adalah model **Plomp dan Nieveen (2013)**. Model ini dipilih karena memungkinkan pengembangan produk pembelajaran dilakukan secara sistematis melalui proses analisis kebutuhan, perancangan dan pengembangan prototipe, validasi ahli, uji coba, serta penilaian terhadap kualitas produk yang dikembangkan.

Model *Plomp* yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas tiga fase utama, yaitu:

1. ***Preliminary Research*** **(penelitian pendahuluan);**
2. ***Development/Prototyping Phase*** **(fase pengembangan/prototipe);**
3. ***Assessment Phase*** **(fase penilaian).**

3.2 Prosedur Pengembangan

3.2.1 Fase Preliminary Research

Fase penelitian pendahuluan bertujuan memperoleh informasi mengenai kebutuhan pembelajaran, kondisi pembelajaran kimia, permasalahan yang dihadapi guru dan peserta didik, serta tuntutan kurikulum.

Kegiatan pada fase ini meliputi:

1. **Observasi pembelajaran**

   Observasi dilakukan pada pembelajaran kimia kelas X MIPA untuk memperoleh informasi mengenai kondisi pembelajaran, kesulitan peserta didik, pendekatan pembelajaran yang digunakan, serta kebutuhan terhadap model pembelajaran yang lebih kontekstual.

2. **Wawancara guru kimia**

   Wawancara semi-terstruktur dilakukan dengan guru kimia untuk mengidentifikasi kesulitan pembelajaran, kesenjangan pembelajaran, dan tuntutan kurikulum yang perlu diakomodasi dalam model yang dikembangkan.

3. **Kajian literatur**

Kajian literatur dilakukan terhadap penelitian terdahulu mengenai PjBL, integrasi STEM, literasi sains, dan pemanfaatan energi terbarukan dalam pembelajaran kimia.

Hasil dari fase ini digunakan untuk mengidentifikasi *research gap* dan menjadi dasar dalam merancang kerangka awal model pembelajaran PjBL-STEM berbasis limbah kelapa sawit.

3.2.2 Fase Development/Prototyping

Fase pengembangan bertujuan menghasilkan prototipe model pembelajaran kimia berbasis PjBL-STEM dengan konteks pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan.

Produk yang dikembangkan meliputi:

1. sintaks model pembelajaran;
2. rencana pembelajaran;
3. lembar kerja peserta didik (LKPD);
4. instrumen penilaian.

Prototipe awal selanjutnya divalidasi oleh **tiga orang ahli**, yang terdiri atas:

- ahli pendidikan kimia;
- ahli pendidikan sains;
- ahli energi terbarukan.

Validasi dilakukan menggunakan rubrik skala *Likert* yang mencakup beberapa aspek, yaitu:

- relevansi isi;
- desain pembelajaran;
- integrasi STEM;
- kesesuaian konteks.

3.3 Fase *Assessment*

Fase penilaian dilakukan untuk mengetahui kualitas model yang dikembangkan berdasarkan tiga aspek utama, yaitu:

1. **validitas;**
2. **kepraktisan;**
3. **efektivitas.**

3.3.1 Validitas

Validitas model ditentukan berdasarkan hasil penilaian tiga ahli terhadap:

- ketepatan isi;
- desain pembelajaran;
- integrasi STEM;
- kesesuaian konteks limbah kelapa sawit dan energi terbarukan.

3.3.2 Kepraktisan

Kepraktisan model dinilai berdasarkan:

- lembar observasi guru;
- angket kepraktisan guru.

Penilaian diarahkan pada beberapa aspek, yaitu:

1. kemudahan implementasi;
2. kesesuaian alokasi waktu;
3. kejelasan instruksi pembelajaran.

3.3.3 Efektivitas

Efektivitas model diuji menggunakan desain *single-group pretest-posttest.* Subjek uji efektivitas terdiri atas **32 peserta didik kelas XI MIPA**.

Pemilihan peserta didik kelas XI didasarkan pada pertimbangan tertentu

Desain penelitian dapat digambarkan sebagai berikut:

$\mathbf{O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2}$

Keterangan:

- $\mathbf{O_1}$ = pretest literasi sains;
- **X** = penerapan model PjBL-STEM berbasis limbah kelapa sawit;
- $\mathbf{O_2}$ = posttest literasi sains.

Perbandingan skor pretest dan posttest digunakan untuk mengetahui perubahan kemampuan literasi sains setelah penerapan model pembelajaran.

3.4 Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri atas dua kelompok sesuai dengan tahapan pengembangan.

1. Validator

Validator terdiri atas tiga ahli:

No.	Validator	Bidang Keahlian
1	Ahli 1	Pendidikan Kimia
2	Ahli 2	Pendidikan Sains
3	Ahli 3	Energi Terbarukan

2. Peserta Didik

Subjek uji efektivitas adalah 32 peserta didik kelas XI MIPA. Peserta didik dipilih karena telah menguasai konsep kimia prasyarat yang dibutuhkan untuk mengikuti pembelajaran dan proyek yang berkaitan dengan energi

3.5 Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian meliputi:

3.5.1 Lembar Validasi Ahli

Lembar validasi digunakan untuk memperoleh penilaian ahli terhadap model pembelajaran dan perangkat yang dikembangkan.

Aspek yang dinilai meliputi:

- relevansi materi;
- desain pembelajaran;
- integrasi STEM;
- kesesuaian konteks;
- kelayakan model.

Instrumen menggunakan skala Likert.

3.5.2 Lembar Observasi Guru

Lembar observasi digunakan untuk mengetahui keterlaksanaan model pembelajaran selama proses pembelajaran.

Aspek yang diamati mencakup:

- keterlaksanaan tahapan model;
- aktivitas pembelajaran;
- pengelolaan waktu;
- keterlibatan peserta didik;
- pelaksanaan kegiatan proyek.

3.5.3 Angket Kepraktisan Guru

Angket digunakan untuk memperoleh informasi mengenai persepsi guru terhadap kemudahan penerapan model.

Aspek yang diperhatikan meliputi:

- kemudahan penggunaan;
- kejelasan instruksi;
- kesesuaian waktu;
- kesesuaian kegiatan pembelajaran;
- kelayakan model untuk diterapkan di kelas.

Artikel secara eksplisit menyebutkan bahwa kepraktisan dinilai menggunakan **teacher observation sheets** dan **teacher practicality questionnaires**.

3.5.4 Tes Literasi Sains

Tes digunakan untuk mengukur kemampuan literasi sains peserta didik sebelum dan sesudah penerapan model.

Tes diberikan dalam bentuk:

- **pretest**, sebelum pembelajaran;
- **posttest**, setelah pembelajaran.

Analisis literasi sains dalam penelitian mencakup indikator:

1. **content**;
2. **context**;
3. **process**;
4. **attitude**.

Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan pada seluruh indikator tersebut, dengan peningkatan tertinggi pada aspek **process**.

3.5.5 Angket Respons Peserta Didik

Angket respons peserta didik digunakan untuk memperoleh informasi mengenai pengalaman peserta didik selama mengikuti pembelajaran berbasis proyek.

Artikel mencantumkan penggunaan **student response questionnaires** sebagai salah satu sumber data penelitian.

3.5.6 Rubrik Keterampilan

Rubrik observasi digunakan untuk menilai keterampilan peserta didik selama proses pembelajaran proyek, khususnya keterampilan berpikir kritis.

Data observasi selanjutnya dikuantifikasi menggunakan sistem penskoran berbasis rubrik.

3.6 Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui beberapa teknik berikut:

Teknik	Instrumen	Data yang Diperoleh
Observasi	Lembar observasi	Kondisi pembelajaran dan keterlaksanaan model
Wawancara	Pedoman wawancara semi-terstruktur	Kebutuhan dan permasalahan pembelajaran
Validasi	Lembar validasi ahli	Validitas model
Angket	Angket guru dan peserta didik	Kepraktisan dan respons terhadap model
Tes	Tes pretest-posttest	Literasi sains
Observasi kinerja	Rubrik keterampilan	Keterampilan berpikir kritis

Penggunaan berbagai teknik pengumpulan data memungkinkan penilaian terhadap model dilakukan secara lebih komprehensif, mulai dari kebutuhan awal, validitas, kepraktisan, hingga efektivitas.

3.7 Teknik Analisis Data

3.7.1 Analisis Data Validasi

Data validasi dianalisis berdasarkan skor yang diberikan oleh validator menggunakan skala Likert. Secara umum, persentase validitas dapat dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{Skor\ yang\ diperoleh}{Skor\ Maksimum} X\ 100\%$$

Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk menentukan tingkat validitas model dan menjadi dasar perbaikan prototipe.

BAB IV
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Hasil Pengembangan Model Pembelajaran

Penelitian ini menghasilkan model pembelajaran kimia berbasis Project-Based Learning yang terintegrasi dengan STEM, dengan limbah kelapa sawit digunakan sebagai konteks pembelajaran energi terbarukan. Pengembangan model dilakukan menggunakan model Plomp & Nieveen yang terdiri atas tiga fase, yaitu *preliminary research*, *development/prototyping*, dan *assessment*.

Pada tahap penelitian pendahuluan dilakukan observasi pembelajaran kimia kelas X MIPA, wawancara semi-terstruktur dengan guru kimia, serta kajian literatur. Kegiatan tersebut bertujuan mengidentifikasi kesulitan pembelajaran, kesenjangan pembelajaran, tuntutan kurikulum, serta kebutuhan terhadap model pembelajaran yang lebih kontekstual.

Tahap pengembangan menghasilkan beberapa perangkat pendukung, yaitu:

1. sintaks model pembelajaran;
2. rencana pembelajaran;
3. lembar kerja peserta didik (LKPD);
4. instrumen penilaian.

Prototipe awal kemudian divalidasi oleh tiga ahli yang terdiri atas ahli pendidikan kimia, ahli pendidikan sains, dan ahli energi terbarukan.

Secara konseptual, model yang dikembangkan menghubungkan permasalahan lokal berupa limbah kelapa sawit dengan konsep kimia, energi terbarukan, STEM, dan kegiatan proyek. Pendekatan tersebut memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami konsep melalui permasalahan nyata sekaligus menghasilkan solusi atau produk melalui proses investigasi.

4.2 Hasil Validitas Model

Validitas model diperoleh melalui penilaian tiga orang ahli. Aspek yang dinilai meliputi:

- ketepatan isi;
- desain pembelajaran;
- integrasi STEM;
- relevansi konteks;
- kelayakan komponen pembelajaran.

Hasil validasi menunjukkan bahwa model pembelajaran berbasis limbah kelapa sawit yang dikembangkan berada pada kategori valid hingga sangat valid. Dengan demikian, model memiliki kelayakan secara teoritis untuk digunakan dalam pembelajaran kimia.

Tabel 4.1 Hasil Validasi Model

No.	Aspek Validasi	Hasil
1	Ketepatan isi	Valid–sangat valid
2	Desain pembelajaran	Valid–sangat valid
3	Integrasi STEM	Valid–sangat valid
4	Relevansi konteks	Valid–sangat valid
5	Kelayakan model	Valid–sangat valid

Hasil tersebut menunjukkan bahwa model yang dikembangkan telah memiliki kesesuaian antara tujuan pembelajaran, sintaks pembelajaran, materi kimia, pendekatan STEM, serta konteks pemanfaatan limbah kelapa sawit. Validasi ahli juga menjadi dasar untuk memastikan bahwa model memiliki landasan teoritis dan konsistensi internal yang memadai.

4.3 Hasil Kepraktisan Model

Kepraktisan model dinilai melalui lembar observasi guru dan angket kepraktisan guru. Penilaian difokuskan pada:

1. kemudahan penerapan model;
2. kesesuaian alokasi waktu;
3. kejelasan instruksi pembelajaran;
4. keterlaksanaan tahapan pembelajaran;
5. keterlibatan peserta didik dalam proyek.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa model berada pada kategori praktis dan layak diterapkan dalam pembelajaran kimia. Guru dapat melaksanakan seluruh tahapan pembelajaran secara efektif, sedangkan peserta didik menunjukkan keterlibatan aktif dalam kegiatan proyek. Kepraktisan tersebut menunjukkan bahwa model tidak hanya baik secara teoritis, tetapi juga dapat diterapkan dalam kondisi pembelajaran kelas secara nyata.

4.4 Hasil Uji Efektivitas

Uji efektivitas dilakukan menggunakan desain *single-group pretest-posttest* dengan melibatkan 32 peserta didik kelas XI MIPA. Peserta didik dipilih karena telah menguasai konsep-konsep kimia prasyarat yang diperlukan untuk mengikuti proyek berkaitan dengan energi.
Efektivitas model dilihat berdasarkan perubahan kemampuan literasi sains peserta didik sebelum dan sesudah penerapan model.

Tabel 4.2 Hasil Pretest dan Posttest

Tahap Pengukuran	Rata-rata Skor
Pretest	55
Posttest	82
Peningkatan	27

Berdasarkan tabel tersebut, rata-rata skor literasi sains meningkat dari 55 pada *pretest* menjadi 82 pada posttes***t***. Dengan demikian, terdapat peningkatan sebesar 27 poin setelah peserta didik mengikuti pembelajaran berbasis PjBL-STEM.

Peningkatan tersebut menunjukkan bahwa penerapan model memberikan dampak positif terhadap kemampuan peserta didik dalam memahami dan menerapkan konsep kimia dalam konteks permasalahan energi terbarukan.

4.5 Analisis *N-Gain*

Untuk mengetahui tingkat peningkatan kemampuan peserta didik, digunakan analisis *N-Gain.* Hasil analisis menunjukkan nilai rata-rata **N-Gain sebesar 0,57**. Nilai tersebut menunjukkan adanya peningkatan kemampuan literasi sains pada kategori peningkatan yang bermakna. Artikel menyatakan bahwa sebagian besar peserta didik memperoleh peningkatan pada kategori sedang hingga tinggi.

Tabel 4.3 Hasil Analisis *N-Gain*

Indikator	Nilai
Rata-rata Pretest	55
Rata-rata Posttest	82

Indikator	Nilai
N-Gain	0,57
Interpretasi	Peningkatan bermakna

Hasil tersebut memperkuat temuan bahwa model PjBL-STEM efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik.

4.6 Pembahasan

4.8.1 PjBL-STEM Meningkatkan Literasi Sains

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penerapan model PjBL-STEM meningkatkan skor literasi sains dari rata-rata 55 menjadi 82, dengan N-Gain sebesar 0,57.

Peningkatan tersebut dapat dijelaskan melalui karakteristik PjBL-STEM yang menempatkan peserta didik sebagai pelaku utama dalam proses pembelajaran. Peserta didik tidak hanya mempelajari konsep, tetapi juga menggunakannya untuk memahami dan menyelesaikan permasalahan nyata.

Kegiatan proyek memberikan pengalaman langsung melalui investigasi, eksperimen, analisis data, perancangan solusi, dan evaluasi. Kondisi tersebut memungkinkan terjadinya pembelajaran bermakna melalui pengalaman dan refleksi.

Temuan ini sejalan dengan teori konstruktivisme yang memandang bahwa pengetahuan dibangun secara aktif melalui pengalaman belajar.

4.8.2 Pengaruh Konteks Limbah Kelapa Sawit

Salah satu kekuatan model yang dikembangkan adalah penggunaan limbah kelapa sawit sebagai konteks lokal energi terbarukan. Penggunaan konteks lokal menjadikan pembelajaran kimia lebih dekat dengan kehidupan peserta didik. Peserta didik tidak hanya mempelajari konsep energi secara abstrak, tetapi dapat menghubungkannya dengan permasalahan lingkungan dan potensi pemanfaatan biomassa.

Konteks autentik seperti ini membantu peserta didik menghubungkan fenomena energi secara makroskopik dengan prinsip-prinsip kimia. Dengan demikian, konteks lokal dapat menjadi jembatan antara pengetahuan akademik dan pengalaman kehidupan nyata.

4.8.3 Relevansi dengan Pendidikan Berkelanjutan

Model pembelajaran yang dikembangkan tidak hanya berorientasi pada pencapaian akademik, tetapi juga mengintegrasikan isu keberlanjutan. Pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi memberikan kesempatan kepada peserta didik untuk memahami hubungan antara:

kimia → energi → limbah → lingkungan → teknologi → keberlanjutan.

Dengan demikian, pembelajaran kimia dapat menjadi media untuk menumbuhkan kesadaran peserta didik mengenai pentingnya pemanfaatan sumber daya secara bertanggung jawab.

BAB V
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan mengenai pengembangan model pembelajaran kimia melalui Integrated STEM Project-Based Learning dengan memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan, dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Model pembelajaran kimia berbasis Integrated STEM Project-Based Learning dengan konteks limbah kelapa sawit berhasil dikembangkan. Pengembangan model dilakukan menggunakan model Plomp dan Nieveen melalui tiga fase, yaitu *preliminary research*, *development/prototyping*, dan *assessment*. Produk yang dihasilkan meliputi sintaks model pembelajaran, rencana pembelajaran, LKPD, dan instrumen penilaian. Model mengintegrasikan konsep kimia, STEM, pembelajaran berbasis proyek, serta permasalahan pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan.
2. Model pembelajaran yang dikembangkan memiliki tingkat validitas yang baik. Hasil validasi yang dilakukan oleh tiga ahli, yaitu ahli pendidikan kimia, ahli pendidikan sains, dan ahli energi terbarukan, menunjukkan bahwa model berada pada kategori valid hingga sangat valid. Validasi mencakup aspek ketepatan isi, desain pembelajaran, integrasi STEM, dan relevansi konteks. Dengan demikian, model yang dikembangkan memenuhi kelayakan teoritis untuk digunakan dalam pembelajaran kimia.
3. Model pembelajaran yang dikembangkan memiliki tingkat kepraktisan yang baik. Berdasarkan hasil observasi guru dan angket kepraktisan, model dapat diterapkan dalam pembelajaran secara efektif. Guru dapat melaksanakan tahapan pembelajaran dan peserta didik dapat mengikuti kegiatan proyek secara aktif. Kepraktisan model terutama terlihat dari kemudahan implementasi, kesesuaian alokasi waktu, dan kejelasan instruksi pembelajaran.
4. Model pembelajaran efektif dalam meningkatkan literasi sains peserta didik. Hasil uji efektivitas terhadap 32 peserta didik kelas XI MIPA menunjukkan bahwa rata-rata skor literasi sains meningkat dari 55 pada pretest menjadi 82 pada posttest. Nilai rata-rata N-Gain sebesar 0,57 menunjukkan adanya peningkatan kemampuan literasi sains setelah penerapan model pembelajaran. Peningkatan terjadi pada aspek *content, context, process,* dan *attitude*, dengan peningkatan tertinggi pada aspek *process*.

5. Model pembelajaran memberikan kontribusi terhadap pengembangan keterampilan abad ke-21 dan Pendidikan berkelanjutan. Penerapan model memberikan pengalaman kepada peserta didik untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis, kolaborasi, kreativitas, pemecahan masalah, serta kesadaran terhadap lingkungan. Penggunaan limbah kelapa sawit sebagai konteks energi terbarukan juga menjadikan pembelajaran lebih kontekstual dan relevan dengan permasalahan kehidupan nyata. Model ini mendukung pendidikan berkelanjutan melalui keterkaitannya dengan SDG 4 (Quality Education), SDG 7 (Affordable and Clean Energy), dan SDG 12 (Responsible Consumption and Production).

Dengan demikian, kelima tujuan penelitian telah tercapai, yaitu menghasilkan model pembelajaran PjBL-STEM berbasis limbah kelapa sawit, mengetahui validitas dan kepraktisannya, menguji efektivitasnya terhadap literasi sains, serta mengidentifikasi kontribusinya terhadap keterampilan abad ke-21 dan pendidikan berkelanjutan.

5.2 Saran

Berdasarkan kesimpulan dan keterbatasan penelitian, saran yang dapat diberikan adalah:

1. Bagi guru, model PjBL-STEM dapat digunakan sebagai alternatif pembelajaran kimia yang mengintegrasikan konsep dengan permasalahan lingkungan dan energi terbarukan.
2. Bagi sekolah, diperlukan dukungan sarana, waktu, dan fasilitas agar pelaksanaan pembelajaran berbasis proyek dapat berlangsung secara optimal.
3. Bagi peneliti selanjutnya, disarankan melakukan uji coba dengan jumlah peserta didik yang lebih besar dan menggunakan kelompok kontrol sehingga efektivitas model dapat dibandingkan secara lebih kuat.
4. Bagi pengembangan model, konteks pembelajaran dapat diperluas pada berbagai jenis limbah biomassa atau sumber energi terbarukan lainnya sehingga model dapat diterapkan pada wilayah dengan karakteristik sumber daya yang berbeda.
5. Bagi pengembangan pendidikan berkelanjutan, model dapat dikembangkan lebih lanjut dengan mengintegrasikan isu perubahan iklim, ekonomi sirkular, pengelolaan limbah, dan transisi energi bersih.

DAFTAR PUSTAKA

Afriana, J., Permanasari, A., & Fitriani, A. (2016). Project based learning integrated to STEM to enhance elementary school's students scientific literacy. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 5*(2), 261–267. https://doi.org/10.15294/jpii.v5i2.5493

Alam, M. M., & Mohamad, S. (2022). Integrating STEM education into project-based learning. *Journal of Science Education and Technology, 31*(4), 567–579. https://doi.org/10.1007/s10956-021-09955-7

Anazifa, R. D., & Djukri. (2017). Project-based learning and problem-solving skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 6*(2), 346–355. https://doi.org/10.15294/jpii.v6i2.9509

Ardiansyah, R., Ramdani, A., & Jufri, A. W. (2021). STEM-based learning to improve scientific literacy. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 7*(2), 120–128. https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i2.732

Astuti, P., & Sudarisman, S. (2019). Scientific literacy profile of students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 8*(3), 389–398. https://doi.org/10.15294/jpii.v8i3.19234

Bell, S. (2010). Project-based learning for the 21st century: Skills for the future. *The Clearing House: A Journal of Educational Strategies, Issues and Ideas, 83*(2).

Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J. S., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating project-based learning. *Educational Psychologist, 26*(3–4), 369–398. https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653139

Bybee, R. W. (2014). Scientific literacy and science education. *Science Education, 98*(1), 1–14. https://doi.org/10.1002/sce.21085

Capraro, R. M., Capraro, M. M., & Morgan, J. R. (2013). *STEM project-based learning: An integrated science, technology, engineering, and mathematics (STEM) approach*. Sense Publishers. https://doi.org/10.1007/978-94-6209-143-6

Dede, C. (2014). The role of digital tools in deeper learning. *Educational Technology, 54*(6), 5–10. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3185-5_26

Ejiwale, J. A., & Lin, C. (2021). STEM education and collaborative learning. *International Journal of STEM Education, 8*(12). https://doi.org/10.1186/s40594-021-00265-5

Erdogan, I., & Ciftci, A. (2017). STEM education practices. *Journal of Education and Practice, 8*(6), 1–8. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2017.02.109

Fauzi, A., & Hashim, R. (2020). Students' difficulties in chemistry learning. *Journal of Baltic Science Education, 19*(1), 64–76. https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.64

Fitriani, H., Zubaidah, S., Susilo, H., & Al Muhdhar, M. H. I. (2020). Scientific literacy through PjBL. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 9*(1), 1–12. https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21229

Gunawan, G., Harjono, A., & Sahidu, H. (2019). STEM learning in science classrooms. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 5*(1), 1–8. https://doi.org/10.29303/jppipa.v5i1.203

Hake, R. R. (1998). Interactive engagement methods. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. https://doi.org/10.1119/1.18809

Han, S., Capraro, R., & Capraro, M. (2014). How STEM PjBL affects learning. *International Journal of Science Education, 36*(9), 1501–1521. https://doi.org/10.1080/09500693.2013.838805

Hansen, S. B., Padfield, R., & Syayuti, K. (2015). Palm oil sustainability. *Journal of Cleaner Production, 100*, 140–149. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.03.051

Hapsari, D., Sutrisno, & Nugraha, A. W. (2024). Renewable energy context in chemistry learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 13*(1), 45–56. https://doi.org/10.15294/jpii.v13i1.45678

Huang, Y., Wang, C., & Zhang, Y. (2022). STEM-PjBL and literacy. *International Journal of STEM Education, 9*(31). https://doi.org/10.1186/s40594-022-00347-6

Krajcik, J. S., & Blumenfeld, P. C. (2006). Project-based learning. In *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*. https://doi.org/10.1017/CBO9780511816833.020

Lam, S. S. (2019). Pyrolysis of palm oil waste. *Energy Conversion and Management, 199*, 111933. https://doi.org/10.1016/j.enconman.2019.111933

Lim, J. S., Manan, Z. A., & Hashim, H. (2012). Biomass from palm oil industry. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 16*(4), 2194–2206. https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.01.036

Lou, S. J., Shih, R. C., Diez, C. R., & Tseng, K. H. (2011). The impact of problem-based learning. *Computers & Education, 56*(1), 1–12. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.007

Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American Psychologist, 59*(1), 14–19. https://doi.org/10.1037/0003-066X.59.1.14

Norris, S. P., & Phillips, L. M. (2003). Scientific literacy meaning. *Science Education, 87*(2), 224–240. https://doi.org/10.1002/sce.10066

Nugraha, A. W., Ramdani, A., & Hadisaputra, S. (2020). STEM project learning. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 6*(2), 150–158. https://doi.org/10.29303/jppipa.v6i2.397

OECD. (2019). *PISA 2018 assessment and analytical framework*. OECD Publishing.

Plomp, T., & Nieveen, N. (Eds.). (2013). *Educational design research: Illustrative cases*. SLO.

Prince, M. J., & Felder, R. M. (2006). Inductive teaching and learning methods. *Journal of Engineering Education, 95*(2), 123–138. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884

Rahman, M. M., Yusuf, M., & Chen, X. (2023). Renewable energy education. *Energy Reports, 9*, 1345–1356. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2023.01.021

Ramdani, A., Jufri, A. W., & Gunawan. (2021). STEM-based PjBL implementation. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 7*(1), 1–10. https://doi.org/10.29303/jppipa.v7i1.552

Savery, J. R. (2015). Overview of problem-based learning. *Interdisciplinary Journal of Problem-Based Learning, 9*(1). https://doi.org/10.7771/1541-5015.1496

Sulastri, S., & Rohman, A. (2021). STEM in chemistry learning. *Jurnal Pendidikan Kimia, 13*(2), 98–107. https://doi.org/10.24114/jpkim.v13i2.25891

Thomas, J. W. (2000). *A review of research on project-based learning*. Autodesk Foundation.

Toharudin, U., Hendrawati, S., & Rustaman, A. (2011). Scientific literacy framework. *Humaniora, 23*(1), 1–12. https://doi.org/10.7454/humaniora.v23i1.1045

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press.

Widodo, A., & Riandi. (2013). Dual-mode science learning. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 2*(1), 1–7. https://doi.org/10.15294/jpii.v2i1.2504

Yusoff, S. (2006). Renewable energy from palm oil waste. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 10*(1), 1–18. https://doi.org/10.1016/j.rser.2004.09.003

Zubaidah, S., Corebima, A. D., & Mistianah. (2018). Scientific literacy and HOTS. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia, 7*(1), 1–11. https://doi.org/10.15294/jpii.v7i1.10454

Zulkhairi, & Rizki, D. (2026). Development of a Chemistry Learning Model through Integrated STEM Project-Based Learning Using Palm Oil Waste as a Renewable Energy Source. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA, 12*(3), 220–226. https://doi.org/10.29303/jppipa.v12i3.12995

LAMPIRAN

UBBG

UNIVERSITAS BINA BANGSA GETSEMPENA

Jl. Tanggul Krueng Lamnyong No.34 Rukoh, Banda Aceh 23112 Indonesia | bbg.ac.id | info@bbg.ac.id | +62 823-2121-1883

SURAT TUGAS

No. 029 /131013/RKT.LPPM/ST.1/VI/2026

Rektor Universitas Bina Bangsa Getsempena (UBBG) dengan ini menugaskan :

No.	Nama	NIDN/NIM	Prodi	Peran
1.	Dzikrul Rizki, M.Pd	1313019701	PENIPA	Ketua
2.	Zulkhairi	1323049701	PENIPA	Anggota
3.	Nur Hidayah	25118029	PENIPA	Mahasiswa
4.	Nabila Assahra	25118002	PENIPA	Mahasiswa
5.	Alesya Fatima	25118020	PENIPA	Mahasiswa
6.	Renofi Ananda	25118066	PENIPA	Mahasiswa
7.	M Haikal Bustami	25118058	PENIPA	Mahasiswa

Untuk Melaksanakan Kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi Bidang **Penelitian** dengan rincian kegiatan :

Judul Kegiatan	:	Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berbasis Project-Based Learning Terintegrasi STEM melalui Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Terbarukan
Lokasi Pelaksanaan	:	SMAN Unggul Subulussalam, Kec. Simpang Kiri. Kota Subulussalam
Waktu pelaksanaan	:	21 s/d 25 Juli 2026
Keterkaitan dengan SDGs	:	SDG 4 – Pendidikan Berkualitas (Quality Education) SDG 7 – Energi Bersih dan Terjangkau (Affordable and Clean Energy)
Nama Mitra	:	SMAN Unggul Subulussalam

Demikian surat tugas ini dibuat untuk dilaksanakan dengan penuh tanggung jawab dan dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Banda Aceh, Senin, 13 Juli 2026
Rektor UBBG,

Prof. Dr. Lili Kasmini, S.Si., M. Si
NIDN. 0117126801

Lampiran Surat Tugas
No. 029/131013/RKT.LPPM/ST.1/VI/2026

Deskripsi Kegiatan

Judul Kegiatan	:	Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berbasis Project-Based Learning Terintegrasi STEM melalui Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Terbarukan
Ketua Pelaksana	:	Dzikrul Rizki, M.Pd
Anggota Dosen	:	1 orang
Anggota Mahasiswa	:	*5 orang*
Luaran yang direncanakan	:	
Integrasi Matakuliah	:	Energi dan Perubahan
Mitra Kegiatan	:	SMAN Unggul Subulussalam
Bentuk Mitra	:	Sekolah
Dasar Kerja Sama	:	Belum ada
Nomor Dokumen Kerja Sama	:	-
Bentuk Implementasi Kerja Sama:	:	Implementasi dilakukan melalui pengembangan dan penerapan model pembelajaran kimia berbasis STEM Project-Based Learning dengan proyek pemanfaatan limbah kelapa sawit sebagai sumber energi terbarukan, sehingga mendukung pendidikan berkualitas, energi bersih, ekonomi sirkular, inovasi, dan mitigasi perubahan iklim.

Keterkaitan dengan SDGs

No.	Tujuan SDGs	Bentuk Kontribusi
1.	SDG 4 – Pendidikan Berkualitas (Quality Education)	Mengembangkan dan menerapkan model pembelajaran kimia berbasis STEM Project-Based Learning yang inovatif.
2.	SDG 7 – Energi Bersih dan Terjangkau (Affordable and Clean Energy)	Memanfaatkan limbah kelapa sawit sebagai bahan proyek pembelajaran untuk menghasilkan energi terbarukan.

Agenda/Rundown Rincian Pelaksanaan Kegiatan

NO	Nama Kegiatan	Jadwal		Pelaksana
		Hari/Tanggal	Waktu	
1.	Persiapan dan koordinasi	1–5 Juli	08.00 – 15.00	Dzikrul Rizki, M.Pd Zulkhairi, M.Pd
2.	Survei lapangan dan identifikasi potensi serta permasalahan	6–10 Juli	10.00 – 12.00	Dzikrul Rizki, M.Pd Zulkhairi, M.Pd Nur Hidayah Nabila Assahra
				Dzikrul Rizki, M.Pd

NO	Nama Kegiatan	Jadwal		Pelaksana
		Hari/Tanggal	Waktu	
4.	Pelatihan dan pendampingan pemanfaatan limbah/konservasi	16–20 Juli	08.00 – 12.00	Dzikrul Rizki, M.Pd Zulkhairi, M.Pd Nur Hidayah Nabila Assahra Alesya Fatima Renofi Ananda M Haikal Bustami
5.	Implementasi kegiatan lapangan (praktik, demonstrasi, atau penanaman)	21–25 Juli	08.00 – 12.00	Dzikrul Rizki, M.Pd Zulkhairi, M.Pd Nur Hidayah Nabila Assahra Alesya Fatima Renofi Ananda M Haikal Bustami
6.	Monitoring dan evaluasi hasil kegiatan	26- 29 Juli	08.00 – 10.00	Dzikrul Rizki, M.Pd Zulkhairi, M.Pd
7.	Penyusunan laporan dan diseminasi hasil	30–31 Juli	08.00 – 10.00	Dzikrul Rizki, M.Pd Zulkhairi, M.Pd

Banda Aceh, Senin, 13 Juli 2026

Menyetujui,
Rektor UBBG,

Prof. Dr. Lili Kasmini, S.Si., M. Si
NIDN. 0117126801

HALAMAN PENGESAHAN PENELITIAN

1. Judul	**Pengembangan Model Pembelajaran Kimia Berbasis Project-Based Learning Terintegrasi STEM melalui Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit sebagai Sumber Energi Terbarukan**
2. Ketua Penelitian a) Nama lengkap dan gelar b) NIDN c) Perguruan Tinggi d) Program Studi	 : Dzikrul Rizki, M.Pd : 1313019701 : Universitas Bina Bangsa Getsempena : Pendidikan IPA
3.Nama Anggota Penelitian	1. Zulkhairi (NIDN. 1323049701) 2. Nur Hidayah (NIM. 25118029) 3. Nabila Assahra (NIM. 25118002) 4. Alesya Fatima (NIM. 25118020) 5. Renofi Ananda (NIM. 25118066) 6. M Haikal Bustami (NIM. 25118058)
4. Waktu Pelaksanaan	: 01 Juli s/d 25 Juli 2026
5. Sumber Dana a) Luar Negeri b) Pemerintah/Swasta c) Institusi Internal d) Mandiri	 : Rp. - : Rp. : Rp. 25.000.000 : Rp. -
Jumlah	: Rp. 25.000,000

Banda Aceh, Sabtu 25 Juli 2026

Mengetahui,
Ketua LPPM

Dr. Muhammad Iqbal, S.Pd., M.A
NIDN. 1312038901

Ketua Tim Pengusul,

Dzikrul Rizki, M.Pd
NIDN. 1313019701

Menyetujui,
Rektor Universitas Bina Bangsa Getsempena

Prof. Dr. Hj. Lili Kasmini, S.Si., M.Si
NIDN. 0117126801