

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah. (2025). *Effectiveness of STEM Integration in Curriculum Development*.
- Agnafia. (2019). Kompetensi Sikap, Pengetahuan, dan Keterampilan dalam Kurikulum 2013. *Jurnal Pendidikan Karakter*.
- Agung, Suardana, & Repi. (2022). Integrasi Aspek Sains dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Ananda, & Fadhilaturrahmi. (2018). Strategi Pembelajaran untuk Meningkatkan Pemahaman Konsep. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Apriyanti, Fitriarini, Putri, & Fitriyah. (2024). *Critical Thinking and Perspective Analyzis in Learning*.
- Aqil. (2017). Implementasi Kurikulum 2013 dalam Pembelajaran Biologi. *Jurnal Kurikulum Dan Pembelajaran*.
- Armalia, Ardiyansyah, Putra, Reflis, & Utama. (2025). Analisis Pencemaran Air dan Udara di Wilayah Pesisir. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Arsyad, A. (2020). *Media Pembelajaran (Revisi (ed.))*. Rajawali Pers.
- Auliyah, N., Rahmawati, D., & Pratama, A. (2021). Indikator kemampuan berpikir kreatif siswa. *Jurnal Pendidikan Fisika*.
- Branch, R. M. (2020). *Instructional Design: The ADDIE Approach (Updated Edition)*. Springer.
- Bybee, R. W. (2020). *STEM Education: From Theory to Practice*. NSTA Press.
- Capobianco, & DeLisi. (2019). *Pengembangan Modul Digital STEM untuk Meningkatkan Keterampilan Abad 21 Siswa SMA melalui Isu Lingkungan Global*.
- Chania, Medriati, & Mayub. (2020). *Barriers in Developing Critical Thinking through STEM*.
- Ching, & Chang. (2020). Development of STEM-Based E-Module to Improve Critical Thinking in Environmental Science. *International Journal of Science Education*.
- Clem, H., & Diane, B. (2019). STEM Education as Innovation in 21st Century Learning. *International Journal of STEM Education*.
- Darmawan, Yusnaeni, Ismirawati, & Ristanto. (2021). Hakikat Biologi sebagai Ilmu dan Proses Penemuan dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Davidi, EIN, Sennen, & Suprdi. (2021). *Critical Thinking Skills in Education*.
- Dewi, & Widiatmoko. (2022). *Interactive STEM E-Module with Augmented Reality on Environmental Issues: Effects on Critical and Creative Thinking in Senior High School*.

- Djulia, E., Sari, R., & Pratama, A. (2020). Evaluasi dan penilaian hasil belajar biologi di sekolah menengah. *Jurnal Evaluasi Pendidikan*.
- Elmiana, & Kashardi (2016). Pengaruh Model Pembelajaran terhadap Pemahaman Konsep Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Facione. (2023). Critical Thinking: Core Skills and Assessment Indicators. *Journal of Educational Assessment*.
- Fazla, Sari, & Wardani. (2024). Modul Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kreatif. *Jurnal Pendidikan STEM*.
- Felia. (2022). Dampak Pencemaran Air terhadap Ekosistem Perairan. *Jurnal Sains Lingkungan*.
- Fiteriani, Diani, Hamidah, & Anwar (2021). Integrasi Teknologi dan Rekayasa dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Fitriani, Suhandi, & Rustaman. (2024). Integrasi STEM dalam Pembelajaran Berbasis Proyek. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*.
- Hadi, & Nurhayati. (2022). Contextual Learning to Improve Student Engagement and Motivation. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Hafiza, Sari, N., & Pratama, A. (2022). Pengembangan kemampuan berpikir kreatif dalam pembelajaran. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Harpian. (2023). Tantangan Integrasi STEM dalam Pendidikan Indonesia. *Jurnal Pendidikan Nasional*.
- Haryanto, Suyatno, & Supriyadi (2024). *STEM Project-Based Learning in High School Environmental Science: Impacts on Student Creativity and Problem-Solving*.
- Hidayat A., Sari, M., & Pratama, D. (2019). Analisis keterampilan berpikir kritis siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Hindun. (2021). Konsep dalam Pembelajaran Biologi dan Implikasinya terhadap Pemahaman Siswa. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Biologi*.
- Idayanti. (2024). *Pengembangan E-Modul untuk Meningkatkan Motivasi dan Hasil Belajar*.
- Ikhsan. (2021). Faktor Alam dan Antropogenik dalam Pencemaran Lingkungan. *Jurnal Lingkungan Hidup*.
- Intan. (2025). Evaluasi implementasi kurikulum STEM di sekolah Indonesia. *Jurnal Kebijakan Pendidikan*.
- Ismail. (2024). *Integrasi Aplikasi Digital dalam Pengembangan Buku Interaktif*.
- Izzani. (2019). Analisis Kendala Pembelajaran STEM di Sekolah. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Junita, S., & Kashardi. (2021). Pengembangan Soal Open-Ended Berorientasi pada Kemampuan Berpikir Kreatif Siswa Materi Operasi Pecahan untuk Siswa SMP Kelas VII.

- Kalengkongan, Regar, & Manglep. (2021). Analisis Pendekatan Konvensional dalam Pembelajaran Biologi SMA. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Kartini, & Santoso. (2023). Inovasi Teknologi dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan Teknologi*.
- Kementerian Pendidikan, Riset, dan Teknologi, K. (2022). *Kebijakan Pendidikan Nasional dan Implementasi Nilai Pancasila dalam Pembelajaran*. Kemdikbudristek.
- Khalid, & Owusu-Boateng. (2024). *Digital Transformation in Education and Adaptive Learning Materials*.
- Komalasari. (2024). Integration of STEM approach to improve higher order thinking skills in environmental learning. *Journal of Science Education Research*.
- Kwangmuang, Jarutkamolpong, Sangboonraung, & Daungtod. (2021). *Creative Thinking Skills in Education*.
- Laila. (2019). Pengembangan bahan ajar cetak dalam meningkatkan kualitas pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*.
- Laili. (2019). *E-Modul sebagai Modul Elektronik dalam Pembelajaran*.
- Lassig. (2021). *Developing Creative Potential in Students*.
- Lawe, Noge, Wade, & Itu. (2021). *Penggunaan Bahan Ajar Digital untuk Meningkatkan Keterampilan Proses Sains*.
- Lestari, Nulhakim, & Indah. (2022). Analisis Kelayakan E-modul sebagai Bahan Ajar Mandiri. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Lestari, Sarwi, & Sumarti. (2018). Peran Engineering dalam Pembelajaran Berbasis STEM. *Jurnal Inovasi Pendidikan Sains*.
- Lubis, & Ismaya. (2020). Bahan Ajar sebagai Instrumen Perencanaan Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Lufri, Yogica, Muttaqqin, & Fitri. (2020). Persepsi Peserta Didik terhadap Pembelajaran Biologi Berbasis Higher Order Thinking Skills. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Lumbantobing, & Azzahra. (2020). Implementasi Pendekatan STEM dalam Pembelajaran Tematik. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Magdalena, Sundari, Nurkamilah, Nasrullah, & Amalia. (2020). Konsep dan Fungsi Bahan Ajar dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran*.
- Manglep, Pinontoan, Runtu, Kumesan, & Tiwow. (2023). Strategi Pembelajaran Biologi dalam Mengembangkan Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.
- Marhadi, M., Siregar, R., & Pratama, A. (2023). Pengembangan LKPD dan modul sebagai

bahan ajar cetak. *Jurnal Pendidikan Sains*.

Mayer, R. E. (2021). *Multimedia Learning (3rd Edition)*. Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2023). *Principles of Multimedia Learning*. Cambridge University Press.

Melati, Fayola, Hita, Saputra, Zamzami, & Ninasari. (2023). *Transformasi Media Pembelajaran Visual Berbasis Teknologi*.

Monalisa, M., Sari, N., & Pratama, A. (2019). Analisis kreativitas siswa dalam pemecahan masalah. *Jurnal Pendidikan Sains*.

Mudrikah, S., Wulandari, R., & Prasetyo, A. (2022). Aksesibilitas media cetak dalam dunia pendidikan. *Jurnal Pendidikan Nasional*.

Mufid, & Budianta. (2021). Pencemaran Tanah dan Dampaknya terhadap Produktivitas Lahan. *Jurnal Lingkungan Dan Pembangunan*.

Muttaqin. (2023). *STEM Approach in Science Learning for Higher Order Thinking Skills*.

Nieveen, N. (2023). *Educational Design Research*. Netherlands Institute for Curriculum Development.

Novak, J. D. (2020). *Meaningful Learning: The Essential Factor for Conceptual Change*. Routledge.

Novitasari. (2023). Environmental Learning to Enhance Students' Conceptual Understanding. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*.

Novitasari, Adrian, & Kurnia. (2021). Pengembangan Bahan Ajar untuk Meningkatkan Pengalaman Belajar. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.

Nurangraeni, N., Wibowo, A., & Lestari, D. (2020). Karakteristik individu kreatif dalam proses pembelajaran. *Jurnal Psikologi Pendidikan*.

Nurdiyanto, Wulandari, Jamal, Karman, & Maslani. (2024). Karakteristik Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.

Nurhayati, & Supriatna. (2022). Project Based Learning Berbasis STEM untuk Keterampilan Abad 21. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.

Odume. (2022). Anthropogenic Environmental Pollution in the 21st Century. *Environmental Research Journal*.

Pahrudin, Alisis, Saregar, Asyhari, Anugrah, & Susilowati. (2019). Pengembangan Modul Elektronik dalam Pembelajaran Sains. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.

Prasetyo, & Sari. (2023). Interactive Digital Teaching Materials to Improve Learning Effectiveness. *Journal of Educational Technology*.

Pratama, Anggraini, Yusri, & Mufit. (2021). Struktur dan Desain E-modul dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*.

- Pratiwi, & Suyatno. (2023). Pembelajaran Kontekstual Berbasis STEM dalam Proyek Lingkungan. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*.
- Pujiati. (2020). STEM sebagai Solusi Pembelajaran Kontekstual di Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Purmana, R., Santoso, B., & Wulandari, D. (2024). Creative thinking development through contextual STEM-based learning. *Journal of Educational Innovation*.
- Putra, Avivudin, & Pertiwi. (2024). *Historical Development of STEM Education Approach*.
- Putri, R. N., Heriyadi, S., & Mudakir, I. (2023). *Pengembangan Model Pembelajaran Berbasis STEM pada Materi Pencernaan Lingkungan untuk Meningkatkan Literasi Sains dan Keterampilan Berpikir Kritis Siswa*.
- Rabbani, & Muftianti. (2020). *Konsep dan Pengembangan Bahan Ajar dalam Pembelajaran*.
- Riduwan. (2010). *Skala Pengukuran Variabel-Variabel Penelitian*. Alfabeta.
- Riduwan, & Sunarto. (2013). *Pengantar Statistika untuk Penelitian Pendidikan, Sosial, Ekonomi, dan Bisnis*. Alfabeta.
- Ridwan, Hidayanti, & Nilfatri. (2021). Pencemaran Lingkungan dan Dampaknya terhadap Ekosistem. *Jurnal Ilmu Lingkungan*.
- Rindaryati. (2021). *Kepraktisan dan Aksesibilitas Bahan Ajar Digital*.
- Rohmah, & Linuwih. (2024). Interactive STEM E-Module on Climate Change to Enhance 4C Skills of Senior High School Students. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Rukmi, & Diyana. (2024). Efektivitas E-modul dalam Meningkatkan Kompetensi Dasar Siswa. *Jurnal Pendidikan Digital*.
- Rustamana, Ridwan, Purnamasari, & Yasser. (2023). Penggunaan Media Noncetak dalam Pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Sahrul, Khumaedi, & Masrukan. (2022). *Creative Thinking in Problem Solving*.
- Sani, R. A., Abdullah, M., & Prasetyo, D. (2019). Strategi pengembangan berpikir kritis dan kreatif. *Jurnal Pendidikan Modern*.
- Saputra. (2020). Kemampuan Berpikir Kritis dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan*.
- Sembiring, Sudatha, & Simamora. (2021). Pengembangan E-modul Interaktif untuk Pembelajaran Mandiri. *Jurnal Teknologi Pembelajaran*.
- Seruni, Munawach, Kurniadewi, & Nurjayadi. (2019). *Pengembangan Modul Elektronik untuk Pembelajaran Mandiri*.
- Setiawan. (2019). Implementasi Kurikulum 2013 dalam Mata Pelajaran Biologi. *Jurnal Pendidikan Menengah*.

- Shoffa, S., Hidayat, A., & Kurniawan, D. (2021). Media dan bahan ajar dalam perspektif komunikasi pembelajaran. *Jurnal Teknologi Pendidikan*.
- Siddiq, & Asrizal. (2023). *STEM-Based Learning and 21st Century Skills Development*.
- Slavin, R. E. (2021). *Educational Psychology: Theory and Practice*. Pearson.
- Sriwahyuni, Risdianto, & Johan. (2019). *Interaktivitas Bahan Ajar Digital Berbasis Multimedia*.
- Sriyanti. (2021). *Dampak Perkembangan Teknologi terhadap Berbagai Bidang Kehidupan*.
- Sugianto, Rusilowati, Widiyatmoko, Puspitasari, Arifa, & Roziqin. (2023). *Teachers' Challenges in Implementing STEM-Based Learning*.
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian dan Pengembangan (Research and Development R&D)*, Alfabeta.
- Sugiyono. (2022). *Metode Penelitian Pendidikan: Pendekatan Kuantitatif, Kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.
- Suharsaputra, U. (2023). *Metode Penelitian Kualitatif dan Kuantitatif: Pendekatan Riset Pendidikan*. Refika Aditama.
- Sumanti, Asprasto, & Suhandoko. (2025). Pengembangan Perangkat Pembelajaran Berbasis STEM untuk Meningkatkan Berpikir Kritis. *Jurnal Pendidikan Indonesia*.
- Sumaya, Salsabila, & Wijiningsih. (2021). Kelebihan dan Tantangan Implementasi STEM. *Jurnal Inovasi Pendidikan*.
- Sunaryo. (2020). *Fungsi E-Modul dalam Pembelajaran Efektif*.
- Susanti. (2022). Klasifikasi dan implementasi bahan ajar cetak dan noncetak. *Jurnal Pendidikan Indonesia*.
- Susanti, & Wijaya. (2025). Pengaruh Model STEM terhadap Keterampilan Berpikir Kritis Siswa. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Tartiyoso. (2025). Efektivitas E-Modul STEM dalam Meningkatkan Literasi Sains. *Jurnal Pendidikan Biologi*.
- Tasruddin. (2020). Pemanfaatan Media Digital dalam Proses Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dan Teknologi*.
- Tessmer, M. (2019). *Planning and Conducting Formative Evaluations*. Routledge.
- Thio. (2025). Project-based STEM learning to improve analytical and critical thinking skills. *International Journal of STEM Education*.
- Thomas, J. W. (2022). *Project-Based Learning: A Handbook for Middle and High School Teachers*. Buck Institute for Education.

- Tobing, & Sulastri. (2024). *Difficulties in Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*.
- Verdinandus, & Taufik. (2019). *Pendidikan Digital Berbasis Multimedia dalam Pembelajaran*.
- Wahyuni. (2024). Peran dan Inovasi Media Pembelajaran dalam Pendidikan Modern. *Jurnal Pendidikan Kontemporer*.
- Wardathi, & Pradipta. (2019). Efektivitas E-book STEM Berbasis Android dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Sains*.
- Widiyono, & Ghufron. (2024). STEM-Project Learning to Enhance Students' Creativity Skills. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*.
- Widodo, Sumaya, & Salsabill. (2025). Tahapan Engineering Design Process dalam Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan STEM*.
- Wulandari, Salsabila, Cahyani, Nurazizah, & Ulfiyah. (2023). *Implementasi E-Modul dalam Pembelajaran Digital*.
- Yonanda, Supriatna, Hakam, & Sopandi. (2022). Efektivitas Bahan Ajar Cetak dalam Pembelajaran. *Jurnal Pendidikan Dasar*.
- Yuliati, & Saputra. (2019). *Revolusi Industri 4.0 dan Implikasinya terhadap Pendidikan Sains*.
- Yunita. (2024). Peran Matematika dalam Pendekatan STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika*.
- Zalsa. (2025). Peran Matematika dalam Analisis Data Pembelajaran STEM. *Jurnal Pendidikan Matematika Modern*.
- Ziraluc. (2021). Peran Pembelajaran Biologi dalam Pengembangan Kompetensi Peserta Didik. *Jurnal Pendidikan IPA*.
- Zuhaida, & Widodo. (2023). Komponen Science dan Engineering dalam Model STEM. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*.

L

A

M

P

I

R

A

N



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

● Kampus 1, Jl. Sidi Kamping Bah, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38119
● info@umb.ac.id
● www.umb.ac.id

☎ 10736122765
☎ 10726120181

Nomor : /SI/DF-01/IL3.AU/C/2026
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala SMA Negeri 4 Bengkulu
di
Bengkulu

Assalamualaikum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Metia Viriansi
NPM : 2484105004
Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
Objek Penelitian : Siswa kelas X
Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setujui oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2026

Dekan



Drs. Santoso, M. Si
NIP. 1967061319933031004

● umb.ac.id
● humas@umb.ac.id
● 0822-3546-0301

● um bengkulu
● um bengkulu
● um bengkulu

● um bengkulu
● um bengkulu
● Nafis Jazrah, PM 104,3 M.Hz



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

● Kampus 1, Jl. Balukampung Kel. Teluk Segara Kota Bengkulu, 38219
● humas@umb.ac.id
● www.umb.ac.id

☎ 07381 22765
☎ 07361 26161

Nomor : /SU/DF-01/IEB.AU/C/2026
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala SMA Negeri 7 Bengkulu
di
Bengkulu

Assalamualaikum Wr. Wb.

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Metia Viniani
NPM : 2484165004
Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Projek Lingkungan untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
Objek Penelitian : Siswa kelas X
Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setuju oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2026



Drs. Santoso, M. Si
NIP. 1967061519933031004

● umb.ac.id
● humas@umb.ac.id
● 0822-3545-1994

● um.bengkulu
● un.bengkulu
● ur.bengkulu

● um.bengkulu
● umtv
● Radio Juara FM 104,3 MHz



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

● Kampus 1, R. Bak, Kumpang Tali, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38119
● fkip.umh.ac.id
● fkip@umh.ac.id

● (0736) 22757
● (0736) 26161

Nooror : /SI/DF-01/II.3.AU/C/2026
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala SMA Negeri 2 Bengkulu
di
Bengkulu

Asalamualaihum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Metia Viniani
NPM : 2484105004
Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Projek Lingkungan untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
Objek Penelitian : Siswa kelas X
Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setuju oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2026

Dekan

Drs. Santoso, M. Si
NIP. 1967061919933031004

● umh.ac.id
● humas@umh.ac.id
● 0822-3546-1991

● um.bengkulu
● um.bengkulu
● um.bengkulu

● um.bengkulu
● umh tv
● Radio Jernih FM 104,3 MHz



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

● Kampus I, Jl. Balaikampung Balu, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38119
● ika@umb.ac.id
● ika@umb.ac.id

● (0736) 22701
● (0736) 36161

Nomor : /SV DF-01/ IL3.AU/ C/ 2026
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala Badan Kesbangpol Provinsi Bengkulu
di
Bengkulu

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Mefia Viriani
NPM : 2484105004
Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Projek Lingkungan untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
Objek Penelitian : Siswa kelas X
Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setuju oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2026
Dekan



[Signature]
Drs. Santosa, M. Si
NIP. 1967067519933031004

● umb.ac.id
● bumis@umb.ac.id
● 0822-3546-1961

● um.bengkulu
● um.bengkulu
● um.bengkulu

● um.bengkulu
● umb.br
● Radio Jaman FM 104,3 MHz



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

● Kampus 1, Jl. Kuning Awi, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38113
● info@umh.ac.id
● www.umh.ac.id

☎ 07361 22765
☎ 07361 26161

Nomor : /SI/DF-01/IL3.AU/C/2026
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala Dinas DPMTSP Provinsi Bengkulu
di
Bengkulu

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Metia Vinliani
NPM : 2484105004
Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
Fakultatan : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
Objek Penelitian : Siswa kelas X
Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setujui oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2026

Dekan



Drs. Santoso, M. Si

NIP. 1967061519933031004

🌐 umh.ac.id
✉ info@umh.ac.id
☎ 0822-2506-1991

📺 um bengkulu
📺 um bengkulu
📺 um bengkulu

📺 um bengkulu
📺 umh tv
📻 Radio Iqrah FM 104,3 MHz



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH BENGKULU

FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN

● Kampus 1, Jl. Bait, Kumpang Bait, Teluk Segara, Kota Bengkulu, 38118
● info@umb.ac.id
● <http://www.umb.ac.id>

● (0780) 22763
● (0780) 26181

Nomor : /SI/DF-01/IL3AU/C/2026
Lampiran : 1 (Satu) Berkas
Perihal : Izin Penelitian

Kepada Yth.
Bapak/ Ibu Kepala Dikbud Provinsi Bengkulu
di
Bengkulu

Assalamualaikum Wr.Wb

Dalam rangka memperoleh data untuk penyusunan tesis, kami mohon kiranya bapak/ibu dapat memberikan izin penelitian kepada mahasiswa kami sebagai berikut :

Nama : Meria Vinliani
NPM : 2484105004
Program Studi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
Fakultas : Keguruan dan Ilmu Pendidikan

Untuk melakukan penelitian dengan judul tesis :
"Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Tempat Penelitian : SMA Negeri 7, SMA Negeri 2 dan SMA Negeri 4 Bengkulu
Objek Penelitian : Siswa kelas X
Lama Penelitian : 23 Januari s/d 23 Maret 2026

Sebagai bahan pertimbangan kami lampirkan proposal tesis yang telah di setuju oleh pembimbing.

Demikianlah surat ini kami sampaikan, atas bantuan dan kerjasama yang baik kami ucapkan terima kasih.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb

Bengkulu, 26 Februari 2026

Dekan



Drs. Saiful M. Si

NIP. 1967061519933031004

● umb.ac.id
● humas@umb.ac.id
● (0780) (549) 1981

● www.umb.ac.id
● www.umb.ac.id
● www.umb.ac.id

● www.umb.ac.id
● www.umb.ac.id
● Radio Jazirah FM 104,3 MHz



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
DINAS PENANAMAN MODAL DAN PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
Jalan Batang Hari No. 100, Kelurahan Tanah Patah, Kecamatan Ratu Agung, Kota Bengkulu
Website: <https://dpmtsp.bengkuluprov.go.id> | Email: dpmtsp@bengkuluprov.go.id
BENGKULU 38224

REKOMENDASI

Nomor : 303-82.020/93/DPMTSP-P.4/2026

TENTANG PENELITIAN

- Dasar :
1. Peraturan Gubernur Bengkulu Nomor 13 Tahun 2022 Tentang Pendefinisian Wewenang Penyelenggaraan Pelayanan Perizinan Berusaha Berbasis Risiko dan Non perizinan Kepada Kepala Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu.
 2. Surat Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu Nomor : 007/01/DF-01/ILJ.AK/C/2026, Tanggal 23 Januari 2026 Perihal Rekomendasi Penelitian. Penunjukan diterima tanggal 23 Januari 2026.

Nama / NPM	: METIA VINDIANU2484105004
Pekerjaan	: Mahasiswa
Maksud	: Melakukan Penelitian
Judul Proposal Penelitian	: Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Meningkatkan Kemampuan Berpikir Kritis dan Kreatif
Daerah Penelitian	: SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, SMA Negeri 2 Kota Bengkulu, SMA Negeri 4 Kota Bengkulu.
Waktu Penelitian/Kegiatan	: 16 Januari 2026 s.d 16 Maret 2026
Pemanggung Jawab	: Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Dengan ini merekomendasikan penelitian yang akan dilakukan dengan ketentuan :

- a. Sebelum melakukan penelitian harus melapor kepada Gubernur/Bupati/Walikota/Ce. Kepala Badan Keutuhan Bangsa dan Politik atau pejabat lain setempat.
- b. Harus mematuhi semua ketentuan Perundang-undangan yang berlaku.
- c. Selesai melakukan penelitian agar melaporkan/mengumpulkan hasil penelitian kepada Kepala Badan Keutuhan Bangsa dan Politik Provinsi Bengkulu.
- d. Apabila masa berlaku Rekomendasi ini sudah berakhir, sedangkan pelaksanaan penelitian belum selesai, perpanjangan Rekomendasi Penelitian harus diajukan kembali kepada instansi penerbit.
- e. Rekomendasi ini akan dicabut kembali dan dinyatakan tidak berlaku, apabila ternyata pemegang surat rekomendasi ini tidak mematuhi/mengantahikan ketentuan-ketentuan seperti tersebut di atas.

Demikian Rekomendasi ini dikeluarkan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya



Ditetapkan di : Bengkulu
Pada tanggal : 23 Januari 2026

PR. KEPALA DINAS PENANAMAN MODAL DAN
PELAYANAN TERPADU SATU PINTU
PROVINSI BENGKULU

YULIZON HIKMAH PUTRA, S.E., M.M.
Pembina / IV.a
NIP. 19750714 199403 1 005

Terdapat di (kemudian ikuti YA)

1. Kepala Badan Keutuhan Bangsa dan Politik Provinsi Bengkulu
2. Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu
3. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu
4. Yang Berhormat



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
DINAS PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

Jalan S. Parman Nomor 7, Padang Jati, Ratu-Semban, Kota Bengkulu, Bengkulu 38227.
Telepon (0736) 21520, Faksimile (0736) 22117,
Laman: @kbud.bengkuluprov.go.id, Pab-ai dinas@dikbud.bengkuluprov.go.id

REKOMENDASI

NOMOR : B.000.9/73.B/Dikbud/2026

TENTANG PENELITIAN

- Dasar : 1. Surat dari Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Nomor : 067/ SV DF-01/ II.3.AU/ 3/ 2026, Tanggal 23 Januari 2026 Perihal : Izin Penelitian
2. Surat dari Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Nomor : 803/ 82.650/ 80/ DPMP-TSP-P.4/ 2026, tanggal 23 Januari 2026 tentang Penelitian.

Dengan ini memberikan rekomendasi kepada :

Nama	: METIA VINLIANI
NPM	: 2484105004
Judul Proposal Penelitian	: Pengembangan E-modul Berbasis STEM Terintegrasi Projek Lingkungan Untuk Mensinergikan Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif
Lokasi Penelitian	: SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, dan SMA Negeri 2 Kota Bengkulu SMA Negeri 4 Kota Bengkulu
Waktu Penelitian/Kegiatan	: 26 Januari 2026 s.d 26 Maret 2026
Penanggung Jawab	: Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Untuk melakukan penelitian yang akan diadakan dengan ketentuan :

- Sebelum melakukan penelitian harus melapor kepada Gubernur/Bupati/Walikota Cq. Kepala Badan/Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu atau sebutan lain selengkap.
- Harus menaati semua ketentuan Perundang-undangan yang berlaku.
- Selesai melakukan penelitian agar melaporkan/menyampaikan hasil penelitian kepada kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu.
- Apabila masa berlaku Rekomendasi ini sudah berakhir, sedangkan pelaksanaan penelitian belum selesai, maka perpanjangan Rekomendasi Penelitian harus diajukan kembali kepada instansi pemohon.
- Rekomendasi ini akan dicabut kembali dan dinyatakan tidak berlaku, apabila ternyata pemegang surat rekomendasi ini tidak menaati/mengindahkan ketentuan-ketentuan seperti tersebut di atas.

Demikian Rekomendasi ini dikeluarkan untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Bengkulu
pada tanggal 29 Januari 2026
s.d. Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan
Provinsi Bengkulu
Kepala Bidang Pembinaan SMA,



M. Syukur, S.Ag., M.Si
Penata Tingkat I (IIMd)
NIP 197704122006041006

Terselenggara :

- Kepala Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu
- Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Muhammadiyah Bengkulu
- Kepala SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, dan SMA Negeri 2 Kota Bengkulu SMA Negeri 4 Kota Bengkulu

Dokumen ini telah diandatangani secara elektronik menggunakan sertifikat elektronik yang diterbitkan oleh Badan Nasional Sertifikasi Elektronik (BSrE), Badan Siber dan Sandi Negara (BSSN)

E-MODUL BERBASIS ECO-STEM



Pokok Bahasan:

Pencemaran Lingkungan

SMA/MA
KELAS

X

Semester 2

Metia Vinliani

*Program Studi Pendidikan Biologi S2
Universitas Muhammadiyah Bengkulu*



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis berhasil menyusun E-Modul Biologi Berbasis eco-STEM Pada Materi Pencemaran Lingkungan untuk Siswa Kelas X SMA Semester 2. Modul ini disusun sebagai bahan ajar Biologi agar siswa dapat belajar secara mandiri dan dapat dengan mudah memahami konsep Biologi.

E-Modul ini akan memandu siswa untuk lebih memahami materi Biologi terkait dengan Pencemaran Air, Pencemaran Udara, dan Pencemaran Tanah. Diharapkan dengan modul ini dapat meningkatkan motivasi dan kemandirian peserta didik dalam belajar Biologi.

E-Modul ini memiliki kelebihan dibandingkan dengan bahan ajar cetak lainnya. Kelebihannya yaitu mengintegrasikan materi dengan beberapa aspek ilmu dalam eco-STEM dan memberikan pengetahuan tambahan bagi peserta didik berkenaan dengan materi dan pengaplikasiannya dalam kehidupan sehari-hari. Untuk mendukung peserta didik memperoleh tambahan informasi, dalam modul ini disajikan fitur-fitur yang menarik seperti fitur link youtube yang dapat langsung terhubung ke video berkaitan dengan topik yang sedang dibahas. Modul ini menggunakan permasalahan yang terjadi dalam kehidupan sehari-hari dan disajikan secara sederhana, ringkas, dan komunikatif agar mudah dipahami.

Bengkulu, 2025

Penulis



UNTUK SMA/MA KELAS X SEMESTER GENAP



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
PENDAHULUAN.....	1
A. Capaian Pembelajaran.....	1
B. Materi Pembelajaran.....	1
C. Identitas Modul.....	1
D. Peta Konsep.....	2
KEGIATAN PEMBELAJARAN I.....	3
A. Tujuan Pembelajaran.....	3
B. Uraian Materi.....	3
C. Rangkuman.....	12
D. Penugasan.....	13
E. Penilaian Diri.....	14
KEGIATAN PEMBELAJARAN II.....	15
A. Tujuan Pembelajaran.....	15
B. Uraian Materi.....	16
C. Rangkuman.....	25
D. Projek Eco-Enzyme.....	26
E. Latihan Soal.....	28
F. Penilaian Diri.....	30
DAFTAR PUSTAKA.....	32

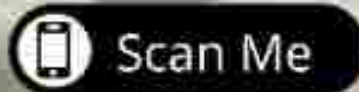




ECO-STEM

(ECOLOGICAL-SCIENCE, TECHNOLOGY, ENGINEERING AND MATHEMATICS)

eco-STEM (ecological-Science, Technology, Engineering, and Mathematics) adalah pendekatan pembelajaran yang mengintegrasikan prinsip STEM dengan nilai keberlanjutan lingkungan, menjadikan isu ekologis seperti penanganan sampah organik sebagai konteks bermakna untuk eksplorasi ilmiah dan inovasi solutif. Dalam e-modul ini, eco-STEM diwujudkan melalui **projek lingkungan pembuatan eco-enzyme dari limbah dapur**, sebuah kegiatan yang tidak hanya melatih keterampilan berpikir kritis dan kreatif melalui perancangan eksperimen, analisis data, serta rekayasa sederhana, tetapi juga menumbuhkan kesadaran ekologis dan tanggung jawab sosial sebagai bagian dari Profil Pelajar Pancasila. Melalui projek ini, ilmu pengetahuan tidak lagi abstrak ia hadir dalam botol daur ulang, berubah dari "sampah" menjadi solusi nyata bagi lingkungan sekitar. Anda dapat mengakses video pengenalan eco-enzyme, manfaat dan cara pembuatannya "Sampah organik pun bisa disulap menjadi eco-enzyme"





INDIKATOR PERPIKIR KRITIS

Facione (2023) mengemukakan bahwa terdapat enam hal yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kritis yaitu:

1. **Interpretasi:** Memahami dan mengungkap makna dari informasi, pengalaman, data, atau pernyataan secara tepat dan kontekstual.
2. **Analisis:** Mengidentifikasi hubungan logis antara pernyataan, konsep, atau deskripsi untuk memahami struktur argumen atau gagasan.
3. **Evaluasi:** Menilai kredibilitas sumber dan kekuatan logis suatu argumen atau klaim.
4. **Inferensi:** Menarik kesimpulan masuk akal, membentuk hipotesis, dan mempertimbangkan konsekuensi berdasarkan informasi yang ada.
5. **Penjelasan:** Menyajikan penalaran secara koheren dan meyakinkan, disertai justifikasi berbasis bukti, konsep, dan konteks.
6. **Pengaturan diri:** Merefleksikan dan mengevaluasi proses berpikir sendiri untuk memperbaiki atau memvalidasi hasil penalaran.





INDIKATOR PERPIKIR KREATIF

Auliyah et al (2021) mengemukakan bahwa terdapat lima hal yang menjadi indikator dalam mengukur kemampuan berpikir kreatif yaitu:

1. **Kelancaran** (berpikir lancar) menganalisis penerapan hukum Pascal dalam kehidupan sehari-hari. Menganalisis penerapan hukum Archimedes dalam kehidupan sehari-hari.
2. **Fleksibilitas** (berpikir fleksibel) menganalisis penerapan tekanan pada zat gas dalam kehidupan. Menganalisis daya apung.
3. **Orisinalitas** (pemikiran asli) menganalisis hubungan antar gaya dan luas permukaan terhadap besarnya tekanan.
4. **Elaborasi** (berpikir secara rinci) menganalisis hubungan antara gaya dan luas permukaan terhadap besarnya tekanan.
5. **Berpikir metaforis** (berpikir secara metaforis) makhluk hidup, menjelaskan pengertian konsep tekanan pada tekanan hidrostatik.





PENDAHULUAN



A. Capaian Pembelajaran

Peserta didik mampu menganalisis berbagai bentuk pencemaran lingkungan yang terjadi di sekitarnya, menjelaskan hubungan antara aktivitas manusia dan kerusakan ekosistem, serta menerapkan solusi berbasis sains lokal khususnya pemanfaatan limbah organik rumah tangga untuk menghasilkan eco-enzyme sebagai alternatif ramah lingkungan.

B. Materi Pembelajaran

E-modul ini terbagi menjadi 2 kegiatan pembelajaran dan di dalamnya terdapat uraian materi, penugasan, latihan soal, dan penilaian diri.

Pertemuan Pertama:

1. Definisi Pencemaran Lingkungan
2. Pencemaran Udara, Pencemaran Air, Pencemaran Tanah

Pertemuan Kedua:

1. Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Eco-Enzyme
2. Kaitannya Eco-Enzyme dengan eco-STEM

C. Identitas Modul

Mata Pelajaran	: Biologi
Kelas/Semester	: X/Genap
Alokasi Waktu	: 3x45 Menit (2 Pertemuan)
Judul Modul	: E-Modul Berbasis eco-STEM





Peta Konsep



Gambar 1. Pencemaran Lingkungan
Sumber: shutterstock.com





MATERI I



1. Definisi Pencemaran Lingkungan
2. Jenis-Jenis Pencemaran Lingkungan

A. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari e-modul ini, Siswa diharapkan mampu:

1. Menganalisis jenis-jenis pencemaran lingkungan (air, udara, dan tanah) serta dampaknya bagi ekosistem.
2. Mengidentifikasi penyebab dan sumber pencemaran di lingkungan sekitar.
3. Menganalisis hubungan sebab-akibat antara aktivitas manusia (industri, transportasi, konsumsi rumah tangga) dengan peningkatan beban pencemaran.
4. Memahami konsep pengolahan limbah organik secara berkelanjutan

B. Uraian Materi

1. Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan adalah masuknya zat, energi, atau komponen asing ke dalam lingkungan alam dalam jumlah atau konsentrasi yang



 Scan Me





melebihi daya dukung alam, sehingga mengganggu keseimbangan ekosistem, membahayakan kesehatan manusia, dan merusak keberlanjutan sumber daya (UNEP, 2024).



Gambar 2. Pencemaran lingkungan
Sumber: banksampahindukbna.com



Gambar 3. Pencemaran lingkungan
Sumber: lingkarinews.id

Namun, yang sering kita lupa: pencemaran bukanlah “kesalahan alam”. Ia adalah cermin dari pilihan kolektif kita sebagai individu, masyarakat, dan sistem.

Mari kita telusuri tiga bentuk pencemaran utama yang paling nyata dirasakan di Indonesia dan bagaimana mereka saling terhubung dalam satu rantai masalah.

a. Pencemaran Udara

Ketika Napas Menjadi Komoditas yang Harus Diperjuangkan

Bayangkan paru-parumu bekerja 24 jam sehari, tanpa libur. Sekarang bayangkan setiap tarikan napas membawa partikel halus yang mampu





menembus dinding alveoli, masuk ke aliran darah, lalu mengendap di jantung, otak, atau plasenta.

Itulah kenyataan jutaan orang di kota-kota besar Indonesia.

Sumber Utama Pencemaran Udara di Indonesia:

1. **Emisi kendaraan bermotor:** Indonesia memiliki lebih dari 150 juta sepeda motor. Sebagian besar menggunakan bahan bakar fosil yang menghasilkan partikel halus (PM_{2.5}), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO_x) (World Bank & KLHK, 2024).
2. **Pembakaran sampah terbuka:** Di permukiman padat, membakar sampah masih jadi cara "praktis" menghilangkan limbah padahal, asapnya mengandung dioxin dan furan, senyawa karsinogenik yang bisa menyebabkan kanker dan gangguan reproduksi (WHO, 2023).
3. **Kebakaran hutan dan lahan:** Setiap musim kemarau, ribuan hektar lahan gambut terbakar di Sumatra dan Kalimantan. Asapnya tidak hanya menutupi langit lokal, tapi menyebar lintas negara menjadi bencana transnasional (Ge, C., et al, 2024).



Gambar 3. asap kendaraan
Sumber: economictimes.indiatimes.com



Gambar 4. Kebakaran hutan
Sumber: wri-indonesia.org





Gambar. dibawah ini dapat kita lihat bahwa pencemaran udara diakibatkan oleh kepulan asap yang berasal dari asap kendaraan bermotor (a), dan juga asap dari kebakaran hutan (c).

Fakta mengejutkan:

Menurut Laporan Kualitas Udara Dunia 2024 oleh IQAir, Jakarta menempati peringkat ke-6 kota dengan polusi udara terburuk di Asia Tenggara. Rata-rata konsentrasi PM2.5 di sana mencapai 2,7 kali batas aman WHO

Dampaknya nyata:

Anak-anak di sekolah pinggir jalan raya memiliki risiko 40% lebih tinggi terkena ISPA (Infeksi Saluran Pernapasan Akut). Guru sering mengeluh batuk kronis. Dan di hari-hari berkabut tebal, jumlah kunjungan ke puskesmas melonjak drastis.

b. Pencemaran Air

Ketika Sungai Jadi Tempat Pembuangan, Bukan Sumber Kehidupan

Sungai seharusnya mengalirkan kehidupan: menjadi sumber air, jalur transportasi, dan habitat ribuan spesies. Tapi banyak sungai di Indonesia kini lebih mirip selokan raksasa.





Ambil contoh **Sungai Citarum di Jawa Barat yang pernah disebut "sungai terkotor di dunia"** oleh Bank Dunia (World Bank, 2023). Warnanya tidak lagi bening, tapi cokelat pekat, hijau lumut, atau bahkan ungu tergantung limbah pabrik tekstil yang dibuang hari itu. Di beberapa titik, sampah plastik menumpuk setebal 1 meter, membentuk "jembatan sampah" yang bisa dilewati orang (KLIHK, 2023; World Bank, 2023).

Sumber pencemaran air sangat dekat dengan kehidupan kita:

1. **Limbah domestik:** Air bekas mencuci, mandi, dan memasak yang mengandung deterjen, minyak, dan sisa makanan sering langsung dialirkan ke selokan tanpa pengolahan. Deterjen mengandung fosfat yang memicu eutrofikasi: ledakan pertumbuhan alga, lalu kematian ikan karena kekurangan oksigen (Corcoran et al., 2023).
2. **Limbah industri:** Pabrik tekstil, makanan, dan kimia sering membuang cairan berwarna, beracun, dan bersuhu tinggi langsung ke badan air. Logam berat seperti timbal (Pb) dan kromium (Cr) menumpuk di dasar sungai, lalu masuk ke rantai makanan lewat ikan (Ali, Khan, & Sajad, 2024).
3. **Sampah plastik & limbah padat:** Botol, kantong, sedotan yang tidak terurai dalam ratusan tahun menyumbat saluran, memperparah banjir, dan melukai satwa laut (Rochman et al., 2023).





Gambar 5. Limbah industri
Sumber: nagumasprima.com



Gambar 6. Sampah plastik
Sumber: antarafoto.com

Gambar. Sungai di daerah perkotaan yang sudah tercemar (a), dan tercemar limbah industri (b)

Dan dampaknya menyentuh langsung ke dapur kita:

Ikan dari sungai tercemar mengandung logam berat yang menumpuk di hati dan ginjal manusia. Air tanah di permukiman padat mulai berbau dan berwarna karena terkontaminasi air lindi dari TPA atau septictank yang bocor.

c. Pencemaran Tanah

Ketika Bumi Kita Kehilangan "Ingatan" Menjadi Subur

Tanah adalah organisme tempat jutaan mikroba, cacing, dan jamur bekerja sama mengurai bahan organik, menyediakan nutrisi, dan menjaga struktur tanah. Tapi kini, banyak lahan pertanian dan permukiman kehilangan nyawa itu.





Penyebab Utamanya:

- 1. Tumpukan sampah di TPA (Tempat Pembuangan Akhir):** Indonesia menghasilkan sekitar 67,8 juta ton sampah per tahun (KLHK, 2023). Sekitar 60% adalah sampah organik, yang seharusnya bisa kembali ke tanah sebagai kompos. Tapi karena sistem pengelolaan yang buruk, hampir semua dikubur begitu saja di TPA terbuka. Di sana, tanpa oksigen, sampah organik membusuk dan menghasilkan gas metana (CH_4) gas rumah kaca 28 kali lebih kuat dari CO_2 serta air lindi, cairan hitam pekat yang meresap ke tanah dan mencemari sumber air bawah tanah (World Bank & KLHK, 2023).
- 2. Penggunaan pestisida & pupuk kimia berlebihan:** Petani sering terjebak “efek kecanduan” kimia semakin sering dipakai, tanah semakin keras, mikroba mati, dan hasil panen justru menurun. Residu kimia itu tersisa di tanah selama puluhan tahun (Setyanto et al., 2023).
- 3. Limbah plastik yang terpendam:** Plastik tidak terurai ia hanya pecah menjadi mikroplastik, lalu masuk ke rantai makanan lewat sayuran yang akarnya menyerap partikel itu (Li, Wang, & Rillig, 2023).



Gambar 7. Tumpukan sampah di TPA
Sumber: nagamasprima.com



Gambar 8. tanah mengering
Sumber: aktual.com





Gambar. Tumpukan sampah di TPA (a), tanah mengering akibat penggunaan peptisida berlebihan (b),

Di beberapa daerah, tanah sudah tidak bisa menahan air. Saat hujan, air langsung mengalir ke bawah (run-off), membawa lapisan tanah subur menyebabkan erosi dan banjir bandang. Saat kemarau, tanah retak-retak, tandus, tak bisa ditanami (FAO & UNEP, 2024).

Dan ironisnya: kita membuang “makanan” untuk tanah setiap hari. Kulit buah, sisa sayur, ampas kopi yang seharusnya jadi kompos alami justru dikirim ke TPA, memperparah pencemaran, alih-alih memperbaiki tanah.

d. Keterkaitan Antar Jenis Pencemaran

Satu Masalah Banyak Wajah

Pencemaran tidak pernah berdiri sendiri. Ia adalah sistem dan setiap bagian saling memperkuat kerusakan.





Contoh nyata:

1. **Sampah organik di TPA** → membusuk tanpa oksigen → menghasilkan gas metana (pencemaran udara) + air lindi (pencemaran air & tanah).
2. **Air lindi meresap ke tanah** → mencemari sumur warga → memicu penyakit pencernaan (dampak kesehatan).
3. **Tanah tercemar tidak subur** → petani pakai lebih banyak pupuk kimia → residu masuk ke sungai → ikan mati → nelayan kehilangan penghasilan (dampak sosial-ekonomi).

Inilah sebabnya kita butuh solusi yang holistik, berkelanjutan, dan berbasis sistem, bukan sekadar bersih-bersih sungai sekali setahun.



Gambar 9. Pembakaran hutan
Sumber: www.greeners.co



Gambar 10. Pencemaran lahan
Sumber: www.alodokter.com

Gambar. Pembakaran hutan (a), pencemaran lahan (b),





C. Rangkuman

Pencemaran lingkungan terjadi ketika zat, energi, atau bahan berbahaya masuk ke dalam lingkungan, baik udara, air, maupun tanah dalam jumlah yang melebihi daya dukung alam, sehingga menurunkan kualitas lingkungan dan mengancam kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, serta keseimbangan ekosistem. Sumber pencemaran sangat beragam: aktivitas industri menghasilkan limbah cair dan gas beracun seperti logam berat, sulfur dioksida, dan partikulat; kendaraan bermotor menyumbang polusi udara berupa karbon monoksida dan nitrogen oksida; pertanian intensif menggunakan pestisida dan pupuk kimia yang mencemari air tanah dan sungai; sementara sampah rumah tangga terutama plastik dan limbah elektronik menumpuk di TPA atau masuk ke perairan, merusak habitat alami. Dampaknya luas: pada kesehatan manusia muncul gangguan pernapasan, keracunan, bahkan penyakit kronis seperti kanker; pada ekosistem, terjadi kematian massal biota air akibat eutrofikasi atau tumpahan minyak, penurunan keanekaragaman hayati, serta degradasi lahan; secara global, emisi gas rumah kaca mempercepat perubahan iklim, menaikkan suhu bumi, dan memicu bencana alam ekstrem. Tanpa kesadaran kolektif dan tindakan nyata seperti pengelolaan limbah yang baik, penggunaan energi bersih, dan gaya hidup berkelanjutan dampak pencemaran akan terus memburuk bagi generasi kini dan mendatang.





D. Penugasan

Cermati berbagai gambar perubahan lingkungan di bawah ini:



Gambar 1. Tanah Longsor
Sumber: www.balipost.com



Gambar 2. Banjir
Sumber: www.dailymirror.lk



Gambar 3. Limbah Sampah
Sumber: envilife.co.id



Gambar 4. Asap Kendaraan
Sumber: aktual.com

1. Sebutkan faktor-faktor yang mengakibatkan perubahan lingkungan pada gambar 1, 2, 3 dan 4!
2. Jelaskan jenis pencemaran yang terjadi pada gambar 3 dan 4!
3. Jelaskan dampak perubahan lingkungan yang terjadi pada peristiwa di gambar 4 serta carilah alternatif penanggulangannya!
4. Dari keempat gambar, manakah yang menurutmu memiliki dampak paling serius terhadap kesehatan manusia dalam jangka panjang? Berikan alasanmu.

SCAN ME





E. Penilaian Diri

Nama : _____

Kelas : _____

Materi : Pencemaran Lingkungan (Dampak & Solusi)

Tanggal : _____

SCAN ME



Berilah tanda centang (✓) pada pernyataan yang paling sesuai dengan dirimu, lalu jawab pertanyaan refleksi di akhir.

NO	PERNYATAAN	SERING	KADANG - KADANG	JARANG
1	Saya dapat menjelaskan minimal 3 jenis pencemaran (udara, air, tanah) beserta contoh penyebabnya.			
2	Saya memahami hubungan antara aktivitas manusia (misal: membuang sampah sembarangan, membakar lahan) dengan dampak lingkungan (banjir, kabut asap, kematian ikan).			
3	Saya bisa menyebutkan minimal 2 solusi konkret untuk mengurangi pencemaran di lingkungan sekolah/rumah (misal: pilah sampah, kompos, hemat listrik).			
4	Saya bisa menyebutkan minimal 2 solusi konkret untuk mengurangi pencemaran di lingkungan sekolah/rumah (misal: pilah sampah, kompos, hemat listrik).			
5	Saya tertarik untuk terlibat dalam kegiatan nyata terkait pengurangan pencemaran (misal: bersih-bersih lingkungan, kampanye sampah, proyek eco-enzyme).			





MATERI II

1. Pengelolaan Limbah Organik Menjadi Eco-Enzyme
2. Kaitannya Eco-Enzyme dengan eco-STEM



A. Tujuan Pembelajaran

1. Menjelaskan hubungan antara limbah organik dan pencemaran lingkungan dari sudut pandang sains.
2. Merancang dan merencanakan proses pembuatan eco-enzyme dengan pendekatan teknik sederhana.
3. Menggunakan matematika untuk menghitung rasio, menganalisis data, dan memprediksi dampak skala besar.
4. Mengembangkan ide kreatif dalam pemanfaatan eco-enzyme untuk kehidupan sehari-hari.
5. Mengajukan argumen berbasis bukti mengenai efektivitas solusi berkelanjutan.





B. Uraian Materi

Hai, Sobat Bumi!

Kamu pernah membuang kulit jeruk, nanas, atau apel ke tempat sampah? Tahukah kamu, limbah dapur yang sering kita abaikan itu bisa menjadi senjata ampuh melawan pencemaran lingkungan tanpa listrik, tanpa bahan kimia, dan tanpa biaya mahal.

Di e-modul ini, kamu tidak hanya belajar tentang masalah lingkungan, tapi juga **merancang, membuat, dan menguji solusi nyata: eco-enzyme**.

1. Limbah Organik

Limbah organik adalah sisa bahan yang berasal dari makhluk hidup (tumbuhan, hewan, manusia) dan mengandung senyawa karbon yang dapat diurai secara alami oleh mikroorganisme seperti bakteri, jamur, dan cacing. Kata kuncinya bukan “sampah”, tapi “bisa kembali ke alam” asalkan kondisinya mendukung (Kaza et al., 2024).

Ciri utamanya:

1. **Mudah terurai (biodegradable):** dalam kondisi ideal (lembab, beroksigen, suhu 30–40°C), limbah organik bisa terurai dalam hitungan minggu hingga bulan (Zhang et al., 2023).
2. **Kaya nutrisi:** mengandung karbon, nitrogen, fosfor, kalium unsur hara utama bagi tanaman (Lehmann et al., 2024).
3. **Berpeluang tinggi untuk didaur ulang hayati:** bisa diubah menjadi kompos, biogas, pupuk cair, atau eco-enzyme (Kurniawan et al., 2024).





Kenapa Kita Harus Peduli pada Sampah Organik?

Sampah bukan hanya soal "kotor" atau "bau". Ia adalah cermin dari pola konsumsi kita dan dampaknya nyata, bahkan jika kamu tidak melihatnya langsung.

Bayangkan ini:

Setiap hari, satu keluarga di Indonesia rata-rata menghasilkan sekitar satu kilogram sampah organik. Kalikan dengan 70 juta rumah tangga hasilnya adalah **puluhan juta ton limbah** yang berujung di tempat pembuangan akhir (TPA). Di sana, tanpa oksigen, sampah itu membusuk dan melepaskan gas metana, salah satu gas rumah kaca yang 25 kali lebih kuat dari karbon dioksida dalam mempercepat pemanasan global. Selain itu, air lindi (cairan hitam dari tumpukan sampah) meresap ke tanah dan sungai, mencemari sumber air minum serta membunuh biota air. Di banyak daerah, bau menyengat dari TPA bahkan mengganggu kesehatan warga sekitar (Sultoni et al., 2024).

Pertanyaannya bukan lagi apakah kita punya masalah, tapi: Apa yang bisa kita lakukan, mulai dari hal paling sederhana untuk mengubah arah cerita ini?





"DARI SAMPAH MENJADI SOLUSI"

**PROJEK ECO-ENZYME BERBASIS STEM
UNTUK MENUMBUHKAN JIWA KRITIS DAN KREATIF**



**"KARENA SETIAP KULIT BUAH PUNYA
POTENSI MENYELAMATKAN BUMI."**



UNTUK SMA/MA KELAS X SEMESTER GENAP



2. Eco-Enzyme

Apa Itu Eco-Enzyme?

Eco-enzyme pertama kali dipopulerkan oleh **Dr. Rosukon Poompanvong**, seorang praktisi pengobatan alternatif dan aktivis pertanian organik dari Thailand, pada awal tahun 2000-an. Ia memperkenalkan eco-enzyme sebagai solusi alami ramah lingkungan yang dibuat dari limbah dapur (terutama sisa buah-buahan), gula (biasanya gula merah atau molase), dan air melalui proses fermentasi anaerob selama 3 bulan (Arifin et al., 2023).

Eco-enzyme adalah cairan ajaib yang lahir dari proses alami fermentasi anaerobik. Kata "anaerobik" berarti "tanpa oksigen" jadi, proses ini terjadi dalam wadah tertutup, seperti botol plastik bekas (Chen et al., 2024).

Meskipun konsep fermentasi limbah organik telah lama dikenal dalam berbagai budaya, Dr. Rosukon mengembangkan dan menyebarkan formula spesifik dengan rasio 1 bagian gula : 3 bagian limbah buah : 10 bagian air, serta mempromosikan berbagai manfaatnya mulai dari pembersih rumah tangga, pupuk cair, hingga penjernih air (Kurniawan et al., 2024.)





Istilah "eco-enzyme" sendiri diciptakan oleh Dr. Rosukon untuk menekankan aspek ekologis dan enzimatik dari produk fermentasi ini, meskipun secara ilmiah cairan tersebut lebih tepat disebut sebagai **fermentat limbah organik** karena tidak mengandung enzim dalam arti biokimiawi murni (yaitu protein katalitik), melainkan mengandung asam organik, alkohol, dan mikroorganisme hasil fermentasi (Chen et al., 2024).

Bahan Utama Eco-Enzyme Sangat Sederhana:

1. **Limbah buah-buahan**, khususnya kulit yang kaya enzim dan minyak atsiri (jeruk, nanas, apel sangat ideal).
2. **Gula alami**, seperti gula merah atau tetes tebu, yang berfungsi sebagai "makanan" bagi mikroba baik.
3. **Air bersih**, sebagai media pelarut dan pengatur konsentrasi.

Dalam waktu 3 hingga 6 minggu, mikroorganisme alami terutama ragi dan bakteri asam laktat mulai bekerja. Mereka mengubah gula menjadi alkohol, lalu alkohol itu diubah lagi menjadi asam organik: asam asetat, asam laktat, dan asam sitrat. Hasil akhirnya adalah cairan berwarna cokelat kemerahan, beraroma asam segar seperti cuka buah, yang mengandung enzim aktif dan senyawa antimikroba alami.

Yang menakjubkan: eco-enzyme bisa digunakan sebagai pembersih lantai, penghilang bau, pelunak pakaian, pupuk cair, bahkan pengolahan air limbah domestik semua tanpa residu berbahaya.





3. Eco-STEM dalam Setiap Tetes Eco-Enzyme

Pendekatan eco-STEM bukan sekadar singkatan eco-STEM adalah cara berpikir menyeluruh untuk memecahkan masalah dunia nyata. Dan eco-enzyme adalah contoh sempurna integrasi keempat pilar itu.



Kata eco- pada eco-STEM berasal dari **ecological**, bukan sekadar "hijau" atau "alami".

Artinya: STEM yang dirancang dengan pertimbangan ekologis sebagai prinsip utama, bukan pelengkap (Zimmerman & Bell, 2024).



Sains membantu kita memahami mengapa proses ini bekerja: bagaimana mikroba mengurai senyawa organik, mengapa pH turun seiring waktu, dan bagaimana asam organik bisa melarutkan lemak atau menekan pertumbuhan bakteri



Teknologi muncul dalam bentuk sederhana: penggunaan botol daur ulang sebagai bioreaktor mini, aplikasi ponsel untuk mencatat perubahan harian, atau alat ukur pH digital yang membuat observasi lebih akurat.





Rekayasa (Engineering) hadir saat kita merancang proses: memilih wadah yang aman (tahan tekanan gas), menentukan rasio bahan agar fermentasi optimal, atau merancang sistem ventilasi sederhana agar gas tidak membuat botol meledak.



Matematika menjadi alat untuk memastikan keberhasilan: menghitung komposisi 1 bagian gula, 3 bagian limbah, dan 10 bagian air; menganalisis tren penurunan pH; memperkirakan penghematan biaya jika eco-enzyme menggantikan produk kimia komersial.

Langkah-Langkah Membuat Eco-Enzyme Sebuah Proses Rekayasa

Anda dapat mengakses video langkah-langkah membuat eco-enzyme pada Qr code berikut:





Siapkan Bahan



- Wadah plastik (bukan kaca) 1,6 liter, bersih dan kering. Pastikan tutupnya tidak bocor.
- Kulit buah segar: 300 gram (seperti kulit jeruk, nanas, apel), hindari buah berminyak seperti alpukat atau durian.
- Gula merah: 100 gram/molase
- Air bersih (bukan air panas): 1000ml

Langkah Pembuatan

1. Siapkan bahan dengan rumus 1:3:10.
2. Siapkan air bersih 1000ml lalu masukkan gula merah/molase.
3. Jika memakai gula merah aduk sampai larut lalu tuangkan air yang sudah tercampur gula merah sedikit demi sedikit ke dalam wadah eco-enzyme.
4. Masukkan potongan kulit buah, hindari buah yang berminyak, sudah busuk atau yang sudah berjamur.
5. Tutup wadah eco-enzyme dengan rapat. lalu buka 1-2 kali sehari selama 1-2 minggu pertama untuk membuang gas CO₂.
6. Simpan di tempat teduh, jauh dari sinar matahari langsung.
7. Tunggu waktu fermentasi minimal 3 bulan.





Refleksi – Menumbuhkan Kesadaran Mendalam

“Di akhir proyek, luangkan waktu untuk merenung secara pribadi atau dalam diskusi kelompok.

Tanyakan pada dirimu:

1. Apa momen paling mengejutkan selama eksperimen ini?
2. Apakah persepsiku tentang “sampah” berubah? Jika ya, bagaimana?
3. Jika proyek ini dilakukan oleh 100 sekolah di kotaku, berapa ton sampah yang bisa dialihkan dari TPA dalam satu tahun? Berapa karbon yang bisa dikurangi?
4. Apa hambatan terbesar dalam mengajak orang lain bergabung? Bagaimana cara mengatasinya?

Refleksi bukan sekadar formalitas. Ia adalah jembatan antara pengetahuan dan tindakan antara “tahu” dan “peduli”.





C. Rangkuman

Pemanfaatan limbah organik dapur (seperti kulit buah dan sisa sayur) untuk membuat eco-enzyme adalah solusi ramah lingkungan yang menerapkan pendekatan eco-STEM:

1. **Science**, fermentasi anaerob selama 3 bulan oleh mikroba alami menghasilkan enzim dan asam organik yang berfungsi sebagai pembersih, pengurai, atau pupuk cair.
2. **Technology**, proses ini memanfaatkan alat sederhana (botol daur ulang) dan aplikasi digital untuk memantau perkembangan fermentasi.
3. **Engineering**, siswa merancang variabel eksperimen (misalnya rasio 1:3:10 gula, limbah, air, atau modifikasi wadah) serta mengembangkan formulasi akhir sesuai kebutuhan.
4. **Mathematics**, dilakukan perhitungan rasio bahan, analisis data (rata-rata, persentase pengurangan noda/pertumbuhan tanaman), dan estimasi dampak (misal: 1 kg limbah/hari menghasilkan 30 liter eco-enzyme/tahun).

Sehingga kegiatan ini tidak hanya mengurangi sampah organik, tetapi juga memperkuat pemahaman sains terapan dan keterampilan berpikir kritis dan kreatif berbasis lingkungan.





D. Projek Eco-Enzyme

1. Tahap Perencanaan (Minggu 1)

- Bentuk kelompok (4-5 orang).
- Lakukan survei kecil: catat jenis & volume limbah organik di rumah masing-masing (3 hari).
- Rancang eksperimen dengan 1 variabel bebas (contoh jenis limbah jeruk dan nanas dengan rasio gula 2:1 dan 3:1).
- Buat proposal singkat (1 halaman): latar belakang, tujuan, desain percobaan, dan pembagian tugas.

2. Tahap Pelaksanaan (Minggu 2-4)

- Buat eco-enzyme sesuai rancangan (gunakan wadah transparan berlabel).
- Lakukan observasi harian/mingguan: catat perubahan bau, warna dan gelembung gas.
- Dokumentasikan dengan foto/video.

3. Tahap Pelaporan & Presentasi (Minggu 4)

- Buat produk akhir berupa:
- Laporan tertulis (format sederhana: pendahuluan, metode, hasil & grafik, pembahasan, kesimpulan).
- Video singkat proses pembuatan dan proses fermentasi eco enzyme (3-5 menit) atau poster digital yang menjelaskan proses, hasil, dan pesan lingkungan.





Kisi-Kisi Tes Kemampuan Berpikir Kritis (Facione, 2023)

NO	Indikator Berpikir Kritis	PERNYATAAN	Bentuk Soal	No. Soal
1	Interpretasi	Memahami makna data pengamatan (gelembung gas, bau, kekeruhan) selama pembuatan eco-enzyme	Uraian	1
2	Analisis	Mengidentifikasi hubungan sebab-akibat antara komposisi bahan, waktu fermentasi, dan kualitas eco-enzyme	Uraian	2
3	Evaluasi	Menilai kredibilitas klaim "eco-enzyme bisa atasi pencemaran sungai" berdasarkan bukti ilmiah	Uraian	3
4	Inferensi	Menarik kesimpulan dari data eksperimen: apakah eco-enzyme efektif mengurangi BOD limbah cair?	Uraian	4
5	Ekspansi	Menjelaskan proses fermentasi dan peran mikroba dalam eco-enzyme secara ilmiah & logis	Uraian	5
6	Regulasi Diri	Merefleksi kelemahan desain eksperimen & memperbaiki proses berpikir	Terintegrasi dalam penilaian diri	-





E. Latihan Soal

1. Siswa mencatat perubahan selama 30 hari: hari ke-7: bau alkohol, hari ke-14: gelembung gas, hari ke-30: cairan bening berbau asam. Jelaskan makna perubahan tersebut dalam konteks proses fermentasi.

Jawaban:

.....
.....

2. Dua kelompok merancang campuran awal untuk pembuatan eco-enzyme dengan rasio bahan berbeda: Kelompok A menggunakan perbandingan 1:3:10 (gula : buah : air), sedangkan Kelompok B menggunakan perbandingan 1:1:10. Jelaskan secara ilmiah bagaimana perbedaan rasio gula dan buah dalam campuran awal dapat memengaruhi proses fermentasi yang akan terjadi nanti.

Jawaban:

.....
.....

3. Ada pernyataan yang beredar: "Karena eco-enzyme terbuat dari bahan alami, maka aman digunakan untuk mengolah semua jenis limbah." Evaluasilah pernyataan tersebut berdasarkan prinsip keamanan dan kelayakan penggunaan eco-enzyme.

Jawaban:

.....
.....





4. Dalam suatu uji coba, limbah kantin yang diolah dengan eco-enzyme menunjukkan pengurangan bau yang signifikan, namun endapan padat tetap tersisa. Apa kesimpulan logis yang dapat diambil mengenai kemampuan eco-enzyme berdasarkan hasil tersebut?

Jawaban:

.....
.....

5. Jika proses pembuatan eco-enzyme dilakukan dalam wadah yang tertutup rapat (kedap udara), apa dampaknya terhadap proses fermentasi dan keselamatan? Jelaskan dari segi biokimia dan keselamatan.

Jawaban:

.....
.....

Berikut link pengisian jawaban soal di atas:

SCAN ME





F. Penilaian Diri

Nama : _____

Kelas : _____

Kelompok : _____

Tanggal : _____

SCAN ME



Berilah tanda centang (✓) pada kolom yang paling sesuai dengan pengalaman dan usahamu selama proyek. Lalu, tuliskan penjelasan singkat atau contoh di kolom "Refleksi".

NO	PERNYATAAN	IYA	TIDAK
1	Saya memahami konsep ilmiah di balik fermentasi eco-enzyme (misal: peran mikroba, gas yang dihasilkan).		
2	Saya terlibat aktif dalam perencanaan & pelaksanaan eksperimen (misal: menyiapkan bahan, mencatat data, mengamati perubahan).		
3	Saya berusaha memecahkan masalah secara kreatif saat menghadapi kendala (misal: bau menyengat, wadah bocor, fermentasi gagal).		
4	Saya melakukan pengukuran atau perhitungan dengan teliti (misal: rasio bahan, perubahan tinggi tanaman, persentase keberhasilan).		
5	Saya berkontribusi dalam diskusi kelompok & menghargai pendapat teman.		
6	Saya mampu menghubungkan proyek ini dengan isu lingkungan di sekitar (misal: pengurangan sampah, penggunaan bahan kimia).		
7	Saya berani menyampaikan hasil/menjawab pertanyaan saat presentasi (lisan/tertulis/video).		





Refleksi Diri (Jawab dengan jujur dan Kritis)

1. Apa hal paling menarik atau mengejutkan yang kamu pelajari selama proyek ini?

.....
.....

2. Apa satu hal yang ingin kamu perbaiki jika mengulang proyek ini?

.....
.....

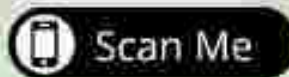
3. Bagaimana proyek ini mengubah cara pandangmu terhadap "sampah"?

.....
.....

4. Apa manfaat nyata eco-enzyme menurutmu untuk keluarga, sekolah, atau lingkungan?

.....
.....

Berikut link pengisian jawaban soal di atas





DAFTAR PUSTAKA

- Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2024). Heavy metal contamination in aquatic ecosystems: Sources, bioaccumulation, and ecotoxicological effects. *Journal of Hazardous Materials*, 462, 132789.
- Arifin, N., Sari, D. K., & Wijayanti, M. (2023). Eco-enzyme from kitchen waste: A sustainable alternative for agroecological farming. *Journal of Environmental Management*, 345, 118642.
- Chen, Y., Liu, X., & Wang, J. (2024). Biochemical characterization and application potential of fruit waste-derived eco-enzyme. *Bioresource Technology Reports*, 25, 101678.
- Corcoran, E., Scott, R., & UNEP. (2023). Wastewater Management and Eutrophication: A Global Review. *Environmental Science & Technology*, 57(12), 4567–4579.
- Dr. Roslan J. (2018). *Eco-Enzyme: The Miracle Solution for Environmental Problems*. Malaysia: Eco-Enzyme Research Centre.
- Food and Agriculture Organization (FAO) & United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). *Global Land Outlook: Thematic Report on Soil Health*. Rome: FAO.
- Ge, C., et al. (2024). Transboundary haze pollution from Indonesian peatland fires. *Nature Communications*, 15, 1123.
- Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2024). Organic waste management for circular economies: Principles and practices. *Journal of Cleaner Production*, 432, 139987.





- KLHK RI. (2023). Statistik Lingkungan Hidup Indonesia 2023.
- Kurniawan, T. A., Hapsari, D. R., & Ouyang, D. (2024). From waste to resource: Circular management of urban organic waste for soil regeneration in Southeast Asia. *Waste Management*, 175, 1–10.
- IQAir. (2024). World Air Quality Report 2024.
- Lehmann, J., Bossio, D., & Solomon, D. (2024). Organic waste recycling for soil health and climate resilience. *Nature Sustainability*, 6(5), 508–516.
- Li, W., Wang, J., & Rillig, M. C. (2023). Microplastic uptake by crop plants in agricultural soils: Evidence from field studies and implications for food safety. *Nature Food*, 4(9), 723–731.
- Rochman, C. M., Brookson, C., Bikker, J., Djuric, N., Earn, A., Bucci, K., ... & Vermeiren, P. (2023). Plastic pollution in the world's oceans and freshwater systems. *Nature Reviews Earth & Environment*, 4(5), 332–347.
- Setyanto, P., Mariana, A., & Fiantis, D. (2023). Soil health degradation due to intensive agrochemical use in Indonesian rice and vegetable farming systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 356, 108642.
- Sultoni, M. I., Prayoga, I. G. A. A., & Wijaya, A. (2024). Methane emissions from municipal solid waste landfills in tropical developing countries: A case study from Java, Indonesia. *Environmental Pollution*, 340, 122876.





- United Nations Environment Programme (UNEP). (2024). Global environment outlook: Environmental pollution and planetary health. United Nations.
- World Bank. (2023). Indonesia Solid Waste Management Program: Progress and Challenges.
- World Health Organization. (2023). Health Impacts of Open Waste Burning in Southeast Asia.
- World Bank & Ministry of Environment and Forestry RI. (2024). Urban Air Quality Management in Indonesia.ada
- Zhang, Y., Venkataraman, K., & Wang, C. (2023). Kinetics and microbial dynamics of organic waste decomposition under controlled composting. *Bioresource Technology*, 387, 129678.
- Zimmerman, A., & Bell, P. (2024). Reimagining STEM education through an ecological lens: Toward eco-STEM as a transformative framework. *Journal of Research in Science Teaching*, 61(2), 1-24.



**ANGKET VALIDASI AHLI KONTEN E-MODUL BERBASIS STEM
TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen **Keterangan**
 Nama Validator Dr. NurNurYani, M.Pd
 Bidang Keahlian Ahli Konten Ahli Media
 Jabatan/Instansi Dosen UMB
 Pendidikan Terakhir S3
 Tanggal Pengisian 19 / 01 / 2026

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap konten E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam instrumen penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkboxmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

Skor	Keterangan
1	Sangat Tidak Baik
2	Tidak Baik
3	Cukup Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

3. Apabila Bapak/Ibu menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bapak/Ibu dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
5. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda centang (checkboxmark) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

No	Aspek Penilaian	Indikator	Sub-Indikator	Skor					
				1	2	3	4	5	
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian dengan capaian pembelajaran (CP)	Kesesuaian materi pencemaran lingkungan CP					✓	
			Keterkaitan antara						

			materi dan CP						✓
2.	Akurasi Konten Ilmiah	Ketepatan konsep STEM	Ketepatan konsep sains tentang pencemaran						✓
			Keterpaduan sains, teknologi, teknik, dan matematika						✓
3.	Keterpaduan dengan Proyek Lingkungan	Relevansi aktivitas proyek	Kesesuaian aktivitas proyek dengan masalah lingkungan nyata						✓
			Keterhubungan teori dan praktik						✓
4.	Kejelasan Penyajian Informasi	Struktur penyajian	Urutan materi logis dan runtut						✓
			Bahasa mudah dipahami siswa SMA						✓
5.	Kualitas Ilustrasi & Media Pembelajaran	Relevansi gambar/diagram	Gambar mendukung pemahaman konsep						✓
6.	Keterlibatan Peserta Didik	Aktivitas belajar siswa	Adanya tugas reflektif/eksploratif						✓
			Keterlibatan dalam proses proyek						✓
7.	Ketepatan Penilaian & Instrumen Evaluasi	Evaluasi formatif	Variasi soal sesuai level kognitif						✓
			Instrumen proyek jelas						✓
8.	Originalitas & Kebaruan Konten	Kebaharuan materi	Ide atau pendekatan baru						✓
			Kebebasan plagiarisme					✓	

D. Kriteria Penilaian

Kriteria	Kategori
Kelayakan E-Modul secara umum	Sangat layak digunakan tanpa revisi
	Layak digunakan dengan revisi kecil
	Cukup Layak digunakan dengan revisi besar
	Belum layak digunakan

E. Komentar dan Saran

Sudah diperbaiki & layak +/- digunakan

Bengkulu, 19 Januari 2026

Nyzi

Dr. Nurriyani, M.Pd

NP. 198811032017012128

**ANGKET VALIDASI AHLI KONTEN E-MODUL BERBASIS STEM
TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen Keterangan
Nama Validator Herita Triani
Bidang Keahlian Ahli Konten Ahli Media
Jabatan/Instansi Guru / STMAN II Kota Bengkulu
Pendidikan Terakhir SA
Tanggal Pengisian 23 / 01 / 2024

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap konten E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah teruat dalam instrumen penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

Skor	Keterangan
1	Sangat Tidak Baik
2	Tidak Baik
3	Cukup Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

3. Apabila Bapak/Ibu menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bapak/Ibu dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
5. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda centang (checkmark) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

No	Aspek Penilaian	Indikator	Sub-Indikator	Skor					
				1	2	3	4	5	
1	Kelayakan Isi	Kesesuaian dengan capaian	Kesesuaian materi pemecahan lingkungan CP						✓

		pembelajaran (CP)	Keterkaitan antara materi dan CP					
2	Akurasi Konten Ilmiah	Ketepatan konsep STEM	Ketepatan konsep sains tentang pencemaran					✓
			Keterpaduan sains, teknologi, teknik, dan matematika					✓
3	Keterpaduan dengan Proyek Lingkungan	Relevansi aktivitas proyek	Kesesuaian aktivitas proyek dengan masalah lingkungan nyata					✓
			Keterhubungan teori dan praktik					✓
4	Kejelasan Penyajian Informasi	Struktur penyajian	Urutan materi logis dan runtut					✓
			Bahasa mudah dipahami siswa SMA					✓
5	Kualitas Ilustrasi & Media Pembelajaran	Relevansi gambar/diagram	Gambar mendukung pemahaman konsep					✓
6	Keterlibatan Peserta Didik	Aktivitas belajar siswa	Adanya tugas reflektif/eksploratif					✓
			Keterlibatan dalam proses proyek					✓
7	Ketepatan Penilaian & Instrumen Evaluasi	Evaluasi formatif	Variasi soal sesuai level kognitif					✓
			Instrumen proyek jelas					✓
8	Originalitas & Kebaruan Konten	Kebaruan materi	Ide atau pendekatan baru					✓
			Kebebasan plagiarisme					✓

D. Kriteria Penilaian

Kriteria	Kategori
Kelayakan E-Modul secara umum	Sangat layak digunakan tanpa revisi
	Layak digunakan dengan revisi kecil
	Cukup Layak digunakan dengan revisi besar
	Belum layak digunakan

E. Komentar dan Saran

Bengkulu, Januari 2026



Herich M. Pd.

**ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI
PROJEK LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen	Keterangan
Nama Validator	<u>Dr. NoPriyani, M.Pd</u>
Bidang Keahlian	<input type="checkbox"/> Ahli Konten <input checked="" type="checkbox"/> Ahli Media
Jabatan/Instansi	<u>Dosen UMB</u>
Pendidikan Terakhir	<u>S3</u>
Tanggal Pengisian	<u>19 / 01 / 2024</u>

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap produk E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam instrumen penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

Skor	Keterangan
1	Sangat Tidak Baik
2	Tidak Baik
3	Cukup Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

3. Apabila Bapak/Ibu menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bapak/Ibu dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
5. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda centang (checkmark) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

No	Aspek	Indikator	Skor				
			1	2	3	4	5
A Aspek Tampilan							
1	Konsistensi Desain	Konsistensi tata letak, font, dan skema warna di seluruh e-modul.				✓	
2	Keterbacaan Teks	Penggunaan jenis, ukuran, dan warna font yang mudah dibaca.				✓	

3	Tata Letak (Layout)	Organisasi elemen visual (teks, gambar, video) yang seimbang dan tidak padat.					✓
4	Kualitas Grafis	Kualitas gambar, ilustrasi, dan diagram yang jelas dan relevan dengan materi lingkungan.					✓
5	Desain Antarmuka (Interface)	Tampilan antarmuka menarik, ramah pengguna, dan intuitif.				✓	
B Aspek Fungsional							
6	Navigasi	Kemudahan berpindah antar halaman/menu (tombol navigasi berfungsi dengan baik).					✓
7	Interaktivitas	Fitur interaktif (kuis, simulasi, tautan eksternal) berfungsi optimal dan mendukung pembelajaran STEM.					✓
8	Kompatibilitas	E-modul dapat diakses dengan baik di berbagai perangkat (komputer, tablet, smartphone).					✓
9	Pemuatan (Loading)	Waktu pemuatan e-modul dan elemen di dalamnya cepat dan efisien.					✓
C Aspek Media & Integrasi Proyek Lingkungan							
10	Pemanfaatan Media	Penggunaan media (video, audio, animasi) mendukung pemahaman konsep STEM dan proyek lingkungan.					✓
11	Relevansi Proyek Lingkungan	Media yang digunakan relevan untuk memfasilitasi kegiatan proyek nyata terkait isu lingkungan.					✓
12	Kejelasan Instruksi Proyek	Instruksi terkait tahapan proyek lingkungan dalam e-modul disajikan secara jelas.					✓

D. Kriteria Penilaian

Kriteria	Kategori
Kelayakan E-Modul secara umum	Sangat layak digunakan tanpa revisi
	Layak digunakan dengan revisi kecil
	Cukup Layak digunakan dengan revisi besar
	Belum layak digunakan

E. Komentar dan Saran

Sudah diberikan layak / Asuransi

Bengkulu, 19 Januari 2026



Dr. Nonriyeni, M.Pd
NP. 198811032017012128

**ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI
PROJEK LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen	Keterangan
Nama Validator	<u>Deddy Pitalosa</u>
Bidang Keahlian	<input type="checkbox"/> Ahli Konten <input type="checkbox"/> Ahli Media
Jabatan/Instansi	<u>Guru / SMPN 11 Kota Bengkulu</u>
Pendidikan Terakhir	<u>S2</u>
Tanggal Pengisian	<u>25 / 01 / 2024</u>

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap produk E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam instrumen penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

Skor	Keterangan
1	Sangat Tidak Baik
2	Tidak Baik
3	Cukup Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

3. Apabila Bapak/Ibu menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bapak/Ibu dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
5. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda centang (checkmark) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

No	Aspek	Indikator	Skor				
			1	2	3	4	5
A. Aspek Tampilan							
1	Konsistensi Desain	Konsistensi tata letak, font, dan skema warna di seluruh e-modul.					✓
2	Keterbacaan Teks	Penggunaan jenis, ukuran, dan warna font yang mudah dibaca.					✓

		pembelajaran (CP)	Keterkaitan antara materi dan CP					
2	Akurasi Konten Ilmiah	Ketepatan konsep STEM	Ketepatan konsep sains tentang pencemaran					✓
			Keterpaduan sains, teknologi, teknik, dan matematika					✓
3	Keterpaduan dengan Proyek Lingkungan	Relevansi aktivitas proyek	Kesesuaian aktivitas proyek dengan masalah lingkungan nyata					✓
			Keterhubungan teori dan praktik					✓
4	Kejelasan Penyajian Informasi	Struktur penyajian	Urutan materi logis dan runtut					✓
			Bahasa mudah dipahami siswa SMA					✓
5	Kualitas Ilustrasi & Media Pembelajaran	Relevansi gambar/diagram	Gambar mendukung pemahaman konsep					✓
6	Keterlibatan Peserta Didik	Aktivitas belajar siswa	Adanya tugas reflektif/eksploratif					✓
			Keterlibatan dalam proses proyek					✓
7	Ketepatan Penilaian & Instrumen Evaluasi	Evaluasi formatif	Variasi soal sesuai level kognitif					✓
			Instrumen proyek jelas					✓
8	Originalitas & Kebaruan Konten	Kebaruan materi	Ida atau pendekatan baru					✓
			Kebebasan plagiarisme					✓

D. Kriteria Penilaian

Kriteria	Kategori
Kelayakan E-Modul secara umum	Sangat layak digunakan tanpa revisi
	Layak digunakan dengan revisi kecil
	Cukup Layak digunakan dengan revisi besar
	Belum layak digunakan

E. Komentur dan Saran

.....
.....
.....

Bengkulu, Januari 2026


.....
Dedy Prasetyo

**ANGKET VALIDASI AHLI MEDIA E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI
PROJEK LINGKUNGAN**

A. Identitas Validator

Komponen Keterangan
 Nama Validator Fatma M. Pda
 Bidang Keahlian Ahli Konten Ahli Media
 Jabatan/Instansi Guru / SMPN 11 Kota Bengkulu
 Pendidikan Terakhir S2
 Tanggal Pengisian 13 / 01 / 2024

B. Petunjuk Pengisian

1. Dimohon Bapak/Ibu untuk memberikan penilaian terhadap produk E-Modul berbasis STEM terintegrasi proyek lingkungan yang telah dibuat sesuai dengan kriteria yang telah termuat dalam instrumen penelitian.
2. Berilah tanda centang (checkmark) pada kolom yang telah tersedia, dengan memilih alternatif jawaban yang tersedia. Terdapat lima alternatif jawaban, yaitu:

Skor	Keterangan
1	Sangat Tidak Baik
2	Tidak Baik
3	Cukup Baik
4	Baik
5	Sangat Baik

3. Apabila Bapak/Ibu menilai kurang sesuai atau terdapat beberapa hal yang perlu diperbaiki, dimohon untuk memberikan tanda sehingga dapat dilakukan revisi lebih lanjut lagi.
4. Bapak/Ibu dimohon memberikan saran pada halaman yang telah disediakan.
5. Bapak/Ibu dimohon memberikan tanda centang (checkmark) terhadap hasil akhir penilaian penelitian terhadap pengembangan E-Modul ini.

C. Lembar Penilaian Ahli

No	Aspek	Indikator	Skor				
			1	2	3	4	5
A	Aspek Tampilan						
1	Konsistensi Desain	Konsistensi tata letak, font, dan akema warna di seluruh e-modul.					
2	Keterbacaan Teks	Penggunaan jenis, ukuran, dan warna font yang mudah dibaca.					

3	Tata Letak (Layout)	Organisasi elemen visual (teks, gambar, video) yang seimbang dan tidak padat.					
4	Kualitas Grafis	Kualitas gambar, ilustrasi, dan diagram yang jelas dan relevan dengan materi lingkungan.					
5	Desain Antarmuka (Interface)	Tampilan antarmuka menarik, ramah pengguna, dan intuitif.					
B Aspek Fungsional							
6	Navigasi	Kemudahan berpindah antar halaman/menu (tombol navigasi berfungsi dengan baik).					
7	Interaktivitas	Fitur interaktif (quiz, simulasi, tautan eksternal) berfungsi optimal dan mendukung pembelajaran STEM.					
8	Kompatibilitas	E-modul dapat diakses dengan baik di berbagai perangkat (komputer, tablet, smartphone).					
9	Pemuatan (Loading)	Waktu pemuatan e-modul dan elemen di dalamnya cepat dan efisien.					
C Aspek Media & Integrasi Projek Lingkungan							
10	Pemanfaatan Media	Penggunaan media (video, audio, animasi) mendukung pemahaman konsep STEM dan projek lingkungan.					
11	Relevansi Projek Lingkungan	Media yang digunakan relevan untuk memfasilitasi kegiatan projek nyata terkait isu lingkungan.					
12	Kejelasan Instruksi Projek	Instruksi terkait tahapan proyek lingkungan dalam e-modul disajikan secara jelas.					

D. Kriteria Penilaian

Kriteria	Kategori
Kelayakan E-Modul secara umum	Sangat layak digunakan tanpa revisi
	Layak digunakan dengan revisi kecil
	Cukup Layak digunakan dengan revisi besar
	Belum layak digunakan


E. Komentar dan Saran

.....

.....

.....

Bengkayu, Januari 2026


.....
F. TI '24

ANGKET RESPON PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN

Mata Pelajaran : Biologi
 Materi : Pencemaran Lingkungan
 Jenjang : SMA
 Responden : Peserta Didik

A. Identitas Peserta Didik

Komponen	Keterangan
Nama Peserta Didik	<u>Rahma Murimah</u>
Kelas	<u>X-12</u>
Tanggal Pengisian	<u>13 / 02 / 2026</u>

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

- 4 = Sangat Setuju (SS)
- 3 = Setuju (S)
- 2 = Tidak Setuju (TS)
- 1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

C. Lembar Penilaian

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1	Kemudahan Penggunaan (Usability)	E-modul mudah diakses melalui perangkat yang saya gunakan (HP/Laptop).			✓	
		Petunjuk penggunaan e-modul disajikan dengan jelas dan mudah dipahami.			✓	
		Navigasi (menu, tombol, tautan) pada e-modul mudah digunakan.			✓	
		Saya tidak mengalami kesulitan teknis saat menggunakan e-modul.				✓
2	Kejelasan Materi dan Penyajian	Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan runtut.				✓
		Bahasa yang digunakan dalam e-modul mudah dipahami.				✓
		Contoh dan ilustrasi dalam e-modul membantu saya memahami materi.			✓	
		Keterkaitan konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) dijelaskan dengan jelas.				✓

3	Keterpaduan Projek Lingkungan	Projek lingkungan yang disajikan relevan dengan materi pencemaran lingkungan.			✓
		Langkah-langkah pelaksanaan projek dijelaskan dengan jelas.			✓
		Projek mendorong saya untuk mengamati permasalahan lingkungan di sekitar.			✓
		Projek dalam e-modul dapat dilaksanakan dengan alat dan bahan yang mudah diperoleh.			✓
4	Kemenarikan dan Motivasi Belajar	Tampilan e-modul menarik dan tidak membosankan.			✓
		E-modul membuat saya lebih tertarik mempelajari materi pencemaran lingkungan.			✓
		Aktivitas dalam e-modul mendorong saya untuk belajar secara mandiri.			✓
		E-modul meningkatkan motivasi saya untuk menjaga lingkungan.			✓
5	Kepraktisan dalam Pembelajaran	E-modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja.			✓
		Waktu pembelajaran menjadi lebih efisien dengan menggunakan e-modul ini.			✓
		E-modul membantu saya memahami materi tanpa harus selalu ditimbing guru.			✓
		Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi.			✓

D. Saran dan Masukan

Bengkulu, Februari 2026

Handwritten signature

**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN E-MODUL BERBASIS
STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
 Materi : Pencemaran Lingkungan
 Jenjang : SMA
 Responden : Peserta Didik

A. Identitas Peserta Didik

Komponen Keterangan
 Nama Peserta Didik Mela Elviana
 Kelas X K
 Tanggal Pengisian 05/02/2026

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

- 4 = Sangat Setuju (SS)
- 3 = Setuju (S)
- 2 = Tidak Setuju (TS)
- 1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

C. Lembar Penilaian

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1	Kemudahan Penggunaan (Usability)	E-modul mudah diakses melalui perangkat yang saya gunakan (HP/Laptop).				✓
		Petunjuk penggunaan e-modul disajikan dengan jelas dan mudah dipahami.			✓	
		Navigasi (menu, tombol, tautan) pada e-modul mudah digunakan.				✓
		Saya tidak mengalami kesulitan teknis saat menggunakan e-modul.				✓
2	Kejelasan Materi dan Penyajian	Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan runtut.				✓
		Bahasa yang digunakan dalam e-modul mudah dipahami.				✓
		Contoh dan ilustrasi dalam e-modul membantu saya memahami materi.				✓
		Keterkaitan konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) dijelaskan dengan jelas.				✓

3	Ketepatan Projek Lingkungan	Projek lingkungan yang diajikan relevan dengan materi pencemaran lingkungan.			✓
		Langkah-langkah pelaksanaan projek dijelaskan dengan jelas.			✓
		Projek mendorong saya untuk mengamati permasalahan lingkungan di sekitar.			✓
		Projek dalam e-modul dapat dilaksanakan dengan alat dan bahan yang mudah diperoleh.			✓
4	Kemenarikan dan Motivasi Belajar	Tampilan e-modul menarik dan tidak membosankan.			✓
		E-modul membuat saya lebih tertarik mempelajari materi pencemaran lingkungan.			✓
		Aktivitas dalam e-modul mendorong saya untuk belajar secara mandiri.			✓
		E-modul meningkatkan motivasi saya untuk menjaga lingkungan.			✓
5	Kepraktisan dalam Pembelajaran	E-modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja.			✓
		Waktu pembelajaran menjadi lebih efisien dengan menggunakan e-modul ini.			✓
		E-modul membantu saya memahami materi tanpa harus selalu dibimbing guru.			✓
		Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi.			✓

D. Saran dan Masukan
E-modulnya sangat mudah diakses dan mudah dipahami

Bengkulu, Februari 2026



Meta Elviana

**ANGKET RESPON PESERTA DIDIK MENGGUNAKAN E-MODUL BERBASIS
STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
 Materi : Pencemaran Lingkungan
 Jenjang : SMA
 Responden : Peserta Didik

A. Identitas Peserta Didik

Komponen Keterangan
 Nama Peserta Didik Violita Indah Sakar
 Kelas X-10
 Tanggal Pengisian 10 / 02 / 2026

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

- 4 = Sangat Setuju (SS)
- 3 = Setuju (S)
- 2 = Tidak Setuju (TS)
- 1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

C. Lembar Penilaian

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1	Kemudahan Penggunaan (Usability)	E-modul mudah diakses melalui perangkat yang saya gunakan (HP/Laptop).				✓
		Petunjuk penggunaan e-modul disajikan dengan jelas dan mudah dipahami.				✓
		Navigasi (menu, tombol, tautan) pada e-modul mudah digunakan.				✓
		Saya tidak mengalami kesulitan teknis saat menggunakan e-modul.				✓
2	Kejelasan Materi dan Penyajian	Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan runtut.				✓
		Bahasa yang digunakan dalam e-modul mudah dipahami.				✓
		Contoh dan ilustrasi dalam e-modul membantu saya memahami materi.				✓
		Keterkaitan konsep sains, teknologi, teknik, dan matematika (STEM) dijelaskan dengan jelas.			✓	

3	Keterpahan Projek Lingkungan	Projek lingkungan yang disajikan relevan dengan materi pencemaran lingkungan.			✓
		Langkah-langkah pelaksanaan projek dijelaskan dengan jelas.			✓
		Projek mendorong saya untuk mengamati permasalahan lingkungan di sekitar.			✓
		Projek dalam e-modul dapat dilaksanakan dengan alat dan bahan yang mudah diperoleh.			✓
4	Kemenarikan dan Motivasi Belajar	Tampilan e-modul menarik dan tidak membosankan.			✓
		E-modul membuat saya lebih tertarik mempelajari materi pencemaran lingkungan.			✓
		Aktivitas dalam e-modul mendorong saya untuk belajar secara mandiri.			✓
		E-modul meningkatkan motivasi saya untuk menjaga lingkungan.			✓
5	Kepraktisan dalam Pembelajaran	E-modul dapat digunakan kapan saja dan di mana saja.			✓
		Waktu pembelajaran menjadi lebih efisien dengan menggunakan e-modul ini.			✓
		E-modul membantu saya memahami materi tanpa harus selalu dibimbing guru.			✓
		Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi.			✓

D. Saran dan Masukan

Saya jadi banyak mengetahui manfaat limbah organik, salah satunya dibuat menjadi eco-enzyme

Bengkulu, Februari 2026


Violeta Indan Sibar

**ANGKET UJI KEPRAKTISAN GURU
E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Pencemaran Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Guru SMA

A. Identitas

Komponen	Keterangan
Nama	<u>Morcherry Susanti</u>
Jabatan/Instansi	<u>Guru</u>
Pendidikan Terakhir	<u>SI</u>
Tanggal Pengisian	<u>19 / 07 / 2016</u>

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

- 4 = Sangat Setuju (SS)
- 3 = Setuju (S)
- 2 = Tidak Setuju (TS)
- 1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

C. Lembar Penilaian

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1	Kesesuaian dengan Kurikulum dan Pembelajaran	E-modul sesuai dengan capaian pembelajaran/kompetensi pada materi pencemaran lingkungan SMA.				✓
		Tujuan pembelajaran dalam e-modul dirumuskan dengan jelas.				✓
		Materi dalam e-modul mendukung penerapan pembelajaran berbasis proyek.				✓
		Integrasi pendekatan STEM dalam e-modul sesuai dengan karakteristik materi.				✓
2	Kemudahan Penggunaan oleh Guru	E-modul mudah digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran di kelas.				✓
		Petunjuk penggunaan e-modul bagi guru disajikan dengan jelas.				✓
		Guru tidak memerlukan pelatihan khusus				✓

		untuk menggunakan e-modul ini.					
		E-modul mudah dipadukan dengan metode pembelajaran yang biasa digunakan guru.					✓
3	Kejelasan Materi dan Aktivitas Pembelajaran	Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan mudah dipahami peserta didik.					✓
		Aktivitas pembelajaran dalam e-modul mendukung keterlibatan aktif peserta didik.					✓
		Tugas dan latihan dalam e-modul sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik SMA.					✓
		Projek lingkungan dalam e-modul membantu peserta didik mengaitkan materi dengan masalah nyata.					✓
4	Kepraktisan Pelaksanaan Projek Lingkungan	Langkah-langkah pelaksanaan projek dijelaskan dengan jelas dan mudah diikuti.					✓
		Alat dan bahan yang diperlukan dalam projek mudah diperoleh di lingkungan sekolah.					✓
		Waktu pelaksanaan projek sesuai dengan alokasi waktu pembelajaran.					✓
		Projek lingkungan dalam e-modul memungkinkan penerapan pembelajaran kontekstual.					✓
5	Efisiensi dan Manfaat dalam Pembelajaran	Penggunaan e-modul membantu guru dalam mengelola pembelajaran.					✓
		E-modul mengurangi ketergantungan pada sumber belajar lain.					✓
		E-modul membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pencemaran lingkungan.					✓
		Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi SMA.					✓

D. Saran dan Masukan

.....

.....

.....

Bengkulu, Februari 2026


Arif Nur Hafid Sulanti

**ANGKET UJI KEPRAKTISAN GURU
E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Pencemaran Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Guru SMA

A. Identitas

Komponen	Keterangan
Nama	<u>HELMI MARDIA</u>
Jabatan/Instansi	<u>GURU</u>
Pendidikan Terakhir	<u>S1</u>
Tanggal Pengisian	<u>13 / 02 / 2024</u>

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Setuju (SS)

3 = Setuju (S)

2 = Tidak Setuju (TS)

1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

C. Lembar Penilaian

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1	Kesesuaian dengan Kurikulum dan Pembelajaran	E-modul sesuai dengan capaian pembelajaran/kompetensi pada materi pencemaran lingkungan SMA.				✓
		Tujuan pembelajaran dalam e-modul dirumuskan dengan jelas.				✓
		Materi dalam e-modul mendukung penerapan pembelajaran berbasis proyek.				✓
		Integrasi pendekatan STEM dalam e-modul sesuai dengan karakteristik materi.				✓
2	Kemudahan Penggunaan oleh Guru	E-modul mudah digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran di kelas.				✓
		Petunjuk penggunaan e-modul bagi guru disajikan dengan jelas.			✓	
		Guru tidak memerlukan pelatihan khusus				✓

		untuk menggunakan e-modul ini.			✓
		E-modul mudah dipadukan dengan metode pembelajaran yang biasa digunakan guru.			✓
3	Kejelasan Materi dan Aktivitas Pembelajaran	Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan mudah dipahami peserta didik.		✓	
		Aktivitas pembelajaran dalam e-modul mendukung keterlibatan aktif peserta didik.			✓
		Tugas dan latihan dalam e-modul sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik SMA.			✓
		Projek lingkungan dalam e-modul membantu peserta didik mengaitkan materi dengan masalah nyata.			✓
4	Kepraktisan Pelaksanaan Projek Lingkungan	Langkah-langkah pelaksanaan projek dijelaskan dengan jelas dan mudah diikuti.			✓
		Alat dan bahan yang diperlukan dalam projek mudah diperoleh di lingkungan sekolah.			✓
		Waktu pelaksanaan projek sesuai dengan alokasi waktu pembelajaran.			✓
		Projek lingkungan dalam e-modul memungkinkan penerapan pembelajaran kontekstual.			✓
5	Efisiensi dan Manfaat dalam Pembelajaran	Penggunaan e-modul membantu guru dalam mengelola pembelajaran.			✓
		E-modul mengurangi ketergantungan pada sumber belajar lain.		✓	
		E-modul membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pencemaran lingkungan.			✓
		Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi SMA.			✓

D. Saran dan Masukan

.....

.....

.....

Bengkulu, Februari 2026

Pang
Husni Magsudi

**ANGKET UJI KEPRAKTISAN GURU
E-MODUL BERBASIS STEM TERINTEGRASI PROJEK LINGKUNGAN**

Mata Pelajaran : Biologi
Materi : Pencemaran Lingkungan
Jenjang : SMA
Responden : Guru SMA

A. Identitas

Komponen	Keterangan
Nama	<u>Lala Febrinia S.Pd</u>
Jabatan/Instansi	<u>Guru</u>
Pendidikan Terakhir	<u>SI</u>
Tanggal Pengisian	<u>13 / 02 / 2026</u>

B. Petunjuk Pengisian

Angket ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kepraktisan e-modul berbasis STEM yang terintegrasi dengan proyek lingkungan pada materi pencemaran lingkungan.

Berilah tanda (✓) pada salah satu pilihan jawaban yang paling sesuai dengan pengalaman Anda setelah menggunakan e-modul ini.

Skala penilaian:

4 = Sangat Setuju (SS)

3 = Setuju (S)

2 = Tidak Setuju (TS)

1 = Sangat Tidak Setuju (STS)

C. Lembar Penilaian

No	Aspek Penilaian	Pernyataan	Skor			
			1	2	3	4
1	Kesesuaian dengan Kurikulum dan Pembelajaran	E-modul sesuai dengan capaian pembelajaran/kompetensi pada materi pencemaran lingkungan SMA.				✓
		Tujuan pembelajaran dalam e-modul dirumuskan dengan jelas.				✓
		Materi dalam e-modul mendukung penerapan pembelajaran berbasis proyek.			✓	
		Integrasi pendekatan STEM dalam e-modul sesuai dengan karakteristik materi.				✓
2	Kemudahan Penggunaan oleh Guru	E-modul mudah digunakan sebagai bahan ajar dalam pembelajaran di kelas.				✓
		Petunjuk penggunaan e-modul bagi guru disajikan dengan jelas.			✓	

		Guru tidak memerlukan pelatihan khusus untuk menggunakan e-modul ini.				✓
		E-modul mudah dipadukan dengan metode pembelajaran yang biasa digunakan guru.				✓
3	Kejelasan Materi dan Aktivitas Pembelajaran	Materi pencemaran lingkungan disajikan secara sistematis dan mudah dipahami peserta didik.				✓
		Aktivitas pembelajaran dalam e-modul mendukung keterlibatan aktif peserta didik.				✓
		Tugas dan latihan dalam e-modul sesuai dengan tingkat kemampuan peserta didik SMA.				✓
		Projek lingkungan dalam e-modul membantu peserta didik mengaitkan materi dengan masalah nyata.				✓
4	Kepraktisan Pelaksanaan Projek Lingkungan	Langkah-langkah pelaksanaan projek dijelaskan dengan jelas dan mudah diikuti.			✓	
		Alat dan bahan yang diperlukan dalam projek mudah diperoleh di lingkungan sekolah.			✓	
		Waktu pelaksanaan projek sesuai dengan alokasi waktu pembelajaran.				✓
		Projek lingkungan dalam e-modul memungkinkan penerapan pembelajaran kontekstual.				✓
5	Efisiensi dan Manfaat dalam Pembelajaran	Penggunaan e-modul membantu guru dalam mengelola pembelajaran.				✓
		E-modul mengurangi ketergantungan pada sumber belajar lain.				✓
		E-modul membantu meningkatkan pemahaman peserta didik terhadap materi pencemaran lingkungan.				✓
		Secara keseluruhan, e-modul ini praktis digunakan dalam pembelajaran Biologi SMA.				✓

D. Saran dan Masukan

Bengkulu, Februari 2026


Lolita Febriani S.Pd

Lampiran 10 Rekapitulasi Respon Siswa

**REKAPITULASI PENILAIAN KEPERAKTISAN
SISWA UJI COBA TERBATAS**

No	Nama Siswa	Aspek yang dinilai																				Jumlah	Nilai (%)	Kriteria	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20				
1	Ade Syafutra	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
2	Aurelia Putri Rahmadani	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	76	95%	Sangat Praktis
3	Fara Talita Atulah	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
4	Kheila Novlya Putri	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	78	98%	Sangat Praktis
5	M. Sergio Al Rizki	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
6	Rizki Abillah	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
7	Ahmad Davilla	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
8	Balqis Meda Anlia	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
9	Gea Nadia Pahera	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
10	Michael Rafilus Al-Fajar	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
11	Nadine Pratama Vanza	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
12	Sandy Dwi Amugrah	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	78	98%	Sangat Praktis
13	Aisyah Octafiani	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	75	94%	Sangat Praktis
14	Ciara Athallah Salma	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
15	Genta Yudha	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	78	98%	Sangat Praktis

16	M. Aditya Marwan	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
17	Nanda Keyza Pravesty	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
18	Tri Handoyo	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
19	Alifah Izzatunnisa R	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
20	Dhea Zia Salemba	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
21	Ibrahim Movic	4	4	4	3	4	4	4	3	3	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
22	M. Daffa Al Furqan	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
23	Nashifah Humaira Annisa	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
24	Violeta Indah Sekar N	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
25	Annisa Tsamratul Qolby	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
26	Darli Aldhul Setiawan	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
27	Jihan Putri Pratama	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
28	M.Naufal Radithya	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	78	98%	Sangat Praktis
29	Rana Annisa	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
30	Yunika Putri Lestari	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
31	Zhiru Tri Ramadhan F	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
32	Sayfa Tusyadiyah Safitri	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
33	Faisal Noka Abryyu P	4	4	4	4	4	4	4	4	5	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
34	Keysha Lovia Dewanka	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis

35	M.Ridho Zulita P	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis	
36	Reynal Muhammad Gusti	4	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	71	89%	Sangat Praktis	
Total																										
Rata-rata																										

Total Skor Keseluruhan = 2782

Persentase Keseluruhan = $(2782 \div 2880) \times 100\% = 97\%$

Kriteria Umum = Sangat Praktis

REKAPITULASI NILAI ANGKET KEPRAKTISAN RESPON SISWA KELAS UJI COBA LUAS

No	Nama Siswa	Aspek yang dinilai																				Jumlah	Nilai (%)	Kriteria
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1	Qonita Fitri Rahmadani	4	3	4	4	4	3	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	3	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
2	Rivaldi Cesar Hutauruk	4	4	4	2	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	4	76	95%	Sangat Praktis
3	Sarah Nurrahma	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
4	Selvia Wulandari	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	73	91%	Sangat Praktis
5	Sri Martin	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	79	99%	Sangat Praktis
6	Chentika Putri Juwardi	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis

7	Fathima Muzhaffira	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
8	Key Rin	4	3	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
9	Nadhira Syaqla Janeeta	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
10	Reycal Aqbar Ritandi	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
11	Theresia Nainggolan	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
12	Fariel Adi Putra	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
13	Kevin Pratama	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	78	98%	Sangat Praktis
14	M. Zikri	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
15	Tirani Dwi Tasari	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	2	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
16	Queensyah Yang Dynanti	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	67	84%	Praktis
17	Fasc.Alberto Verwin P	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
18	Jasica Mutiara Sella	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	75	94%	Sangat Praktis
19	Meta Elpiana	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	72	90%	Sangat Praktis
20	Queen Tere	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	78	98%	Sangat Praktis
21	Maju Falentina M	4	4	4	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	65	81%	Praktis
22	Aqilla Mehrumisa Endikar	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
23	Isa Bella	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis

24	Meisya Putri	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis
25	Qory Marysa	2	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	70	88%	Sangat Praktis
26	M Dzaka Muludurrajah	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	80	100%	Sangat Praktis
27	Andre Arhavin Putra	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	70	88%	Sangat Praktis
28	Gian Pradana Putra	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
29	Kirana Ayudia Mufidah	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
30	Rido Kristian Sinaga	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	71	89%	Sangat Praktis
31	Nindia Aqilla Mehrunisa	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	67	84%	Praktis
32	Ahmad Arsha Nur R	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
33	Fatih Alfarizqi	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
34	Khofidh Gemilang Aldrin	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
35	Nanda Ayu Azza	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	66	83%	Praktis
37	Alfian Dwi Putra	4	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	67	84%	Praktis
38	Dirga Aldy Hutama	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3	3	4	4	3	3	4	3	4	3	4	69	86%	Sangat Praktis
39	Farel Putra	4	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	73	91%	Sangat Praktis
40	Keyla Asyfa	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis
41	Mutiara Nul Fadhilah	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	3	4	3	4	76	95%	Sangat Praktis

42	Shangrahi	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
43	Alqian Zacky	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	67	84%	Praktis
44	Cinta Rahmadani	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
45	Syafira	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	71	89%	Sangat Praktis
46	Feni Rahma	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	72	90%	Sangat Praktis
47	Naomi Gracia	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
48	Arlina Suci R.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
49	Dora Juliani	4	4	4	4	3	4	3	4	4	4	3	3	4	3	4	4	4	3	3	4	76	95%	Sangat Praktis
50	Ferdinan	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	76	95%	Sangat Praktis
51	M Azzam	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	73	91%	Sangat Praktis
52	Nurul Wafa	4	4	3	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	79	99%	Sangat Praktis
53	Aryaguna Pandega	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	3	4	4	4	4	4	3	3	3	76	95%	Sangat Praktis
54	Erfilia Nurbaid	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
55	Haskel Zivano	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
56	M. Fathian Akbar	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis
57	Rahma Muslima	3	3	3	4	4	4	3	4	3	3	3	3	4	3	3	4	4	4	3	3	76	95%	Sangat Praktis

58	Azhara Aurelia	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	74	93%	Sangat Praktis	
59	Evanesa	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	76	95%	Sangat Praktis	
60	Homsaira	4	4	4	4	4	4	2	3	3	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	78	98%	Sangat Praktis	
61	M. Varel	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	74	93%	Sangat Praktis	
62	Ramegza	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	76	95%	Sangat Praktis	
63	Zahra	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	67	84%	Praktis	
64	Fahri Aditya	4	3	3	3	3	4	3	4	3	3	3	4	4	4	4	3	3	3	3	4	4	75	94%	Sangat Praktis	
65	Jela Lersan	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	75	94%	Sangat Praktis	
66	M. Wianu	4	4	4	4	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	4	4	4	3	4	4	72	90%	Sangat Praktis	
67	Raynalda	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	3	4	3	4	4	3	4	3	4	78	98%	Sangat Praktis	
68	M. Fadhil Larika	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	65	81%	Praktis	
Total																										
Rata-rata																										

Total Skor Kesehuruhan = 5055

Persentase Keseluruhan = $(5055 \div 5440) \times 100\% = 93\%$

Kriteria Umum = Sangat Praktis

Lampiran 11 Rekapitulasi Respon Guru

REKAPITULASI NILAI ANGKET KEPERAKTISAN RESPON GURU UJI TERBATAS

No	Nama Siswa	Aspek yang dinilai																				Jumlah	Nilai (%)	Kriteria
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1	Lela Febriani, S.Pd	4	4	3	4	4	3	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
2	Nurhami, S.Pd	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	76	95%	Sangat Praktis
Total																						153		Sangat Praktis
Rata-rata																							96%	Sangat Praktis

REKAPITULASI NILAI ANGKET KEPRAKTISAN RESPON GURU UJI LUAS

No	Nama Siswa	Aspek yang dinilai																				Jumlah	Nilai (%)	Kriteria
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20			
1	Prichilia Agustin, S.Pd	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	80	100%	Sangat Praktis
2	Marchelly Susanti, S.Pd	4	4	4	4	3	4	4	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	76	95%	Sangat Praktis
3	Nadya Agmira, S.Pd	4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	77	96%	Sangat Praktis
4	HelmiMarzizi, S.Pd	4	4	4	4	4	3	4	4	4	3	4	4	4	4	4	4	4	3	4	4	76	95%	Sangat Praktis
Total																						309		Sangat Praktis
Rata-rata																							97%	Sangat Praktis

Lampiran 12 Dokumentasi Penelitian

Kegiatan Uji Terbatas



Kegiatan pendahuluan, penjelasan materi pencemaran lingkungan



Kegiatan inti, pelaksanaan dan monitoring proyek



Presentasi dan refleksi

Kegiatan Uji Lanjutan SMAN 4 Kota Bengkulu



Kegiatan pendahuluan, penjelasan materi pencemaran lingkungan





Kegiatan inti, pelaksanaan dan monitoring proyek



Presentasi dan refleksi

Kegiatan Uji Lanjutan SMAN 7 Kota Bengkulu



Kegiatan pendahuluan, penjelasan materi pencemaran lingkungan





Kegiatan inti, pelaksanaan dan monitoring proyek



Presentasi dan refleksi

Lampiran 13 Surat Selesai Penelitian



PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
SMA NEGERI 7 KOTA BENGKULU

Jalan Jenggalu Nomor 1, Lingkar Bumi, Gading Cempaka, Bengkulu 38225.
Telepon 0736 25365, Pco-wi smanegeri7kotabengkulu@gmail.com



SURAT SELESAI PENELITIAN

Nomor : 400.3.8/ 58 / SMA N 7/2026

Kepala SMA Negeri 7 Kota Bengkulu menerangkan bahwa :

NAMA : METIA VINLIANI
NPM : 2484105004
Prodi : S2 Pendidikan Biologi
Universitas : Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Telah melakukan penelitian di SMA Negeri 7 Kota Bengkulu, dengan judul "Pengembangan E-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berfikir Kritis Dan Kreatif Siswa SMA". Dari tanggal 10 Februari – 25 Februari 2026.

Demikian surat ini di buat dengan sebenarnya, agar dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.



02 Maret 2026

Kepala Sekolah,

MANGGU SINABUTAR, S.Pd

Pembina Utama Muda IV/c

NIP. 197304151994121001





PEMERINTAH PROVINSI BENGKULU
SMA NEGERI 4 KOTA BENGKULU

Jalan Daulat Malik, Teras Indah, Bengkulu Fks, Kota Bengkulu 38228.
Telepon (0736) 22051, Faksimili (0736) 22051
Laman: www.kotabengkulu.sma.ac.id, info@smn4bengkulu@gmail.com



SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN
NOMOR B.400.3.10.9/19/SMAN4KB/2026

Yang bertandatangan dibawah ini :

nama : Sarful Maliki, M.Pd.
NIP : 197206052005021002
jabatan : Kepala SMA Negeri 4 Kota Bengkulu
pangkat/gol : Pembina Tingkat I (IV/b)
unit kerja : SMA Negeri 4 Kota Bengkulu

dengan ini menerangkan bahwa:

nama : Melia Viriani
NPM : 2484105004
prodi : Pendidikan Magister Pendidikan Biologi
universitas : Universitas Muhammadiyah Bengkulu

Telah melaksanakan penelitian di SMA Negeri 4 Kota Bengkulu.

Pada tanggal 26 Januari 2026 s/d 26 Februari 2026.

dengan Judul : "Pengembangan e-Modul Berbasis STEM Terintegrasi Proyek Lingkungan untuk Mensimulasi Keterampilan Berfikir Kritis dan Kreatif".

Demikian surat keterangan ini dibuat untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bengkulu, 26 Februari 2026
Kepala SMA Negeri 4 Kota Bengkulu,



Sarful Maliki, M.Pd.
Pembina Tingkat I (IV/b)
NIP 197206052005021002



SURAT KETERANGAN SELESAI PENELITIAN

Nomor : 070/230/SMA N 2/2026

Yang bertanda tangan dibawah ini Kepala Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 2 Kota Bengkulu, menerangkan bahwa :

nama : Metia Vinliani
npm : 2484105004
program study : Magister Pendidikan Biologi

Berdasarkan surat izin dari Dinas Pendidikan dan Kebudayaan Provinsi Bengkulu Nomor : B.000.9/73.S/Dikbud/2026 Tanggal 29 Januari 2026, yang bersangkutan telah selesai mengadakan penelitian di SMA Negeri 2 Kota Bengkulu dengan judul Penelitian :

"Pengembangan E-modul Berbasis STEM Terintegrasi Projek Lingkungan Untuk Menstimulasi Keterampilan Berpikir Kritis dan Kreatif".

Demikian surat keterangan ini dibuat dengan sebenarnya, untuk dapat dipergunakan seperlunya.

Bengkulu, 2 Maret 2026

Kepala Sekolah



Wanwisata, S.Pd, M.Pd
NIP. 19721107 200312 1 003