



Meningkatkan Literasi Siswa Tentang Mitigasi Gas Rumah Kaca Melalui Proyek Pembuatan Biochar Dari Limbah Organik Sekolah di SMP Negeri 7 Muaro Jambi

¹Istiqomah, ²Muhammad Damris, ^{3*}Muhammad Haris Effendi Hasibuan

^{1,2,3}Program Studi Pendidikan Biologi, Pascasarjana, Universitas Jambi, Jambi, Indonesia

*Corresponding Author e-mail: hariseffendi@unja.ac.id

Received: April 2025; Revised: May 2025; Accepted: June 2025; Published: June 2025

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan literasi siswa tentang mitigasi gas rumah kaca melalui proyek pembuatan biochar dari limbah organik sekolah. Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan model pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*). Penelitian dilakukan di SMP Negeri 7 Muaro Jambi dengan subjek siswa kelas VII G sebanyak 30 orang. Data diperoleh melalui observasi, wawancara, angket, dan dokumentasi. Proyek dilaksanakan dengan melibatkan siswa secara aktif dalam proses pembuatan biochar, mulai dari pengumpulan limbah, proses pirolisis, hingga analisis manfaat biochar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam proyek secara signifikan meningkatkan pemahaman mereka tentang gas rumah kaca, dampaknya, serta solusi mitigasi melalui biochar. Siswa mampu menjelaskan konsep GRK, menyebutkan dampak negatifnya, memahami proses pembuatan biochar, dan menunjukkan sikap peduli lingkungan. Selain itu, guru merespons positif terhadap proyek ini dan berencana mengintegrasikannya ke dalam kegiatan P5RA. Dengan demikian, proyek pembuatan biochar terbukti menjadi metode yang efektif dalam meningkatkan literasi siswa tentang mitigasi GRK dan dapat dijadikan alternatif pembelajaran kontekstual berbasis lingkungan di sekolah.

Kata Kunci: Literasi; gas rumah kaca; biochar; limbah organik; *project-based learning*

Abstract: This study aims to improve students' literacy on greenhouse gas mitigation through a biochar-making project from school organic waste. This study uses a qualitative descriptive approach with a project-based learning model. The study was conducted at SMP Negeri 7 Muaro Jambi with 30 class VII G students as subjects. Data were obtained through observation, interviews, questionnaires, and documentation. The project was carried out by actively involving students in the biochar-making process, starting from waste collection, the pyrolysis process, to analyzing the benefits of biochar. The results showed that student involvement in the project significantly increased their understanding of greenhouse gases, their impacts, and mitigation solutions through biochar. Students were able to explain the concept of GHG, mention its negative impacts, understand the biochar-making process, and demonstrate an attitude of caring for the environment. In addition, teachers responded positively to the project and planned to integrate it into P5RA activities. Thus, the biochar production project has proven to be an effective method in improving students' literacy on GHG mitigation and can be used as an alternative for contextual learning based on the environment in schools.

Keywords: Literacy; greenhouse gases; biochar; organic waste; *project-based learning*

How to Cite: Istiqomah, I., Damris, M., & Hasibuan, M. (2025). Meningkatkan Literasi Siswa Tentang Mitigasi Gas Rumah Kaca Melalui Proyek Pembuatan Biochar Dari Limbah Organik Sekolah di SMP Negeri 7 Muaro Jambi. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 13(2), 1000-1010. doi:<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.16109>



<https://doi.org/10.33394/bioscientist.v13i2.16109>

Copyright©2025, Istiqomah et al

This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



PENDAHULUAN

Perubahan iklim yang dipicu oleh peningkatan emisi gas rumah kaca (GRK) telah menjadi tantangan global yang mendesak. Laporan dari *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) menegaskan bahwa akumulasi GRK di atmosfer menyebabkan peningkatan suhu bumi, pencairan es di kutub, serta peningkatan intensitas dan frekuensi bencana alam (Maskun *et al.*, 2022). Sebagai negara berkembang, Indonesia turut berkontribusi terhadap emisi GRK, terutama dari sektor limbah, pertanian, dan pembakaran terbuka. Di lingkungan sekolah, praktik pembakaran sampah organik masih marak dilakukan, sering kali tanpa disadari sebagai sumber utama emisi karbon dioksida. Fenomena ini mencerminkan rendahnya kesadaran dan literasi lingkungan di kalangan warga sekolah.

Pendidikan lingkungan yang mengintegrasikan pemahaman tentang mitigasi GRK menjadi sangat krusial, terutama bagi generasi muda yang akan mewarisi tanggung jawab menjaga keberlanjutan bumi. Sekolah memainkan peran strategis dalam membentuk kesadaran ekologis siswa melalui pembelajaran yang relevan dan aplikatif (Ketaren, 2023). Namun, saat ini pembelajaran lingkungan di sekolah-sekolah cenderung bersifat teoretis dan belum menyentuh praktik pengelolaan limbah yang berkelanjutan. Pembakaran sampah sebagai upaya menjaga kebersihan lingkungan sekolah justru menghasilkan emisi karbon yang berkontribusi terhadap pemanasan global.

Di sisi lain, limbah organik yang melimpah di lingkungan sekolah memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan secara ramah lingkungan melalui konversi menjadi biochar. Biochar adalah hasil pirolisis limbah organik yang diketahui mampu menyerap karbon, memperbaiki kualitas tanah, serta berkontribusi terhadap pengurangan emisi GRK (Lehmann & Joseph, 2015; Badinot, 2020). Penelitian Liu *et al.* (2023) menunjukkan bahwa biochar dapat meningkatkan kandungan karbon dalam tanah, mengurangi degradasi lahan akibat salinisasi, dan meningkatkan produktivitas tanaman hingga 29,3%. Hal ini menegaskan potensi biochar sebagai solusi mitigasi yang sekaligus mendukung ketahanan pangan.

Temuan lapangan di SMP Negeri 7 Muaro Jambi mengungkap bahwa guru-guru masih menggunakan metode pembakaran terbuka untuk mengelola sampah organik. Meski abu hasil pembakaran digunakan sebagai pupuk, proses tersebut tetap menyumbang emisi GRK. Setelah diberikan edukasi terkait mitigasi emisi melalui produksi biochar, para guru menunjukkan perubahan sikap dan ketertarikan untuk mengganti metode pembakaran dengan teknologi pirolisis sederhana. Bahkan, mereka berencana mengintegrasikan proyek biochar ke dalam kegiatan P5RA (Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila dan Rahmatan lil Alamin), sebagai bagian dari penguatan pendidikan karakter berbasis lingkungan.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara potensi edukasi lingkungan berbasis proyek dengan praktik pembelajaran konvensional yang belum inovatif. Padahal, pendekatan pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning/PjBL*) telah terbukti efektif dalam meningkatkan literasi lingkungan, keterampilan abad ke-21, dan empati ekologis siswa (Boss & Krauss, 2022). PjBL juga memberikan ruang bagi integrasi prinsip STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics), yang penting dalam membentuk kecakapan teknis dan ilmiah siswa (Mustafa *et al.*, 2020).

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan literasi siswa mengenai mitigasi gas rumah kaca melalui proyek pembuatan biochar dari limbah organik sekolah. Fokus penelitian diarahkan pada empat indikator literasi utama, yaitu: (1) pengetahuan tentang GRK, (2) pemahaman dampaknya terhadap lingkungan, (3) keterampilan teknis mitigasi melalui produksi biochar, dan (4) sikap peduli lingkungan. Artikel ini berkontribusi dalam merancang model pembelajaran kontekstual yang mengintegrasikan edukasi lingkungan dan teknologi sederhana, guna menjawab tantangan perubahan iklim melalui tindakan nyata di lingkungan sekolah.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif yang bertujuan untuk menggambarkan secara mendalam proses dan dampak dari pelaksanaan proyek pembuatan biochar terhadap peningkatan literasi siswa mengenai mitigasi gas rumah kaca (GRK). Pendekatan kualitatif dipilih karena mampu menangkap makna,

pemahaman, serta pengalaman siswa selama terlibat dalam proyek berbasis lingkungan. Model pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Project-Based Learning* (PjBL), yang terdiri dari enam tahapan utama: (1) menentukan pertanyaan esensial, (2) merancang rencana proyek, (3) membuat jadwal, (4) memantau kegiatan siswa, (5) menilai hasil proyek, dan (6) melakukan evaluasi pengalaman.

Subjek dalam penelitian ini adalah siswa kelas VII G di SMP Negeri 7 Muaro Jambi yang berjumlah 30 orang. Pemilihan subjek dilakukan secara *purposive sampling*, yaitu berdasarkan pertimbangan bahwa siswa kelas VII sedang mempelajari topik terkait pemanasan global dan perubahan iklim dalam kurikulum IPA. Karakteristik siswa yang menjadi subjek tergolong heterogen dalam hal kemampuan akademik dan latar belakang keluarga, namun seluruh siswa berada pada rentang usia 12–13 tahun dan telah mendapatkan materi dasar IPA lingkungan. Sebelum pelaksanaan proyek, siswa belum memiliki pengalaman dalam pengolahan limbah organik dan belum memahami konsep biochar. Oleh karena itu, intervensi melalui PjBL bertujuan untuk memperkuat literasi siswa secara menyeluruh, baik dari aspek kognitif, afektif, maupun psikomotor. Guru IPA dan peneliti berperan sebagai fasilitator dalam membimbing siswa selama proses proyek berlangsung. Partisipasi siswa bersifat aktif dan kolaboratif, diorganisasikan dalam kelompok kerja yang terdiri dari 5–6 orang per kelompok.

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari lembar observasi, angket literasi mitigasi GRK, pedoman wawancara semi-terstruktur, serta dokumentasi kegiatan proyek. Instrumen angket dikembangkan sendiri oleh peneliti berdasarkan indikator literasi lingkungan menurut Faizal et al., (2022) yang mencakup: (1) pemahaman konsep GRK, (2) kesadaran dampak GRK, (3) keterampilan mitigasi, dan (4) sikap peduli lingkungan. Prosedur penelitian terdiri dari tiga tahapan utama: (1) Tahap persiapan: sosialisasi konsep GRK, biochar, dan teknik pirolisis limbah organik. (2) Tahap pelaksanaan: implementasi model PjBL, di mana siswa mengolah sampah organik sekolah menjadi biochar menggunakan alat sederhana (tungku dan reaktor dari kaleng bekas). (3) Tahap akhir: evaluasi hasil proyek, pengumpulan data kuesioner, wawancara, dan dokumentasi hasil biochar.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan secara kualitatif menggunakan model Miles dan Huberman (1994), yang meliputi tiga tahapan: reduksi data, penyajian data, dan penarikan kesimpulan/verifikasi (Sugiyono, 2021). Data dari angket dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk melihat tren peningkatan indikator literasi siswa. Data wawancara dan observasi dianalisis dengan proses coding terbuka untuk mengidentifikasi pola pemahaman, sikap, dan praktik siswa selama dan setelah kegiatan proyek. Validitas data kualitatif diuji melalui triangulasi sumber dan teknik, yaitu dengan membandingkan hasil angket, wawancara, observasi, dan dokumentasi. Data disajikan dalam bentuk narasi, tabel ringkasan, dan kutipan langsung dari respon siswa. Fokus utama analisis diarahkan pada keterkaitan antara pengalaman dalam proyek biochar dengan peningkatan pemahaman dan kepedulian terhadap mitigasi gas rumah kaca. Analisis ini mendukung pencapaian tujuan penelitian untuk mengevaluasi efektivitas model PjBL dalam membangun literasi mitigasi GRK pada siswa sekolah menengah pertama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahap persiapan

Pada tahap ini dilakukan kegiatan pengumpulan limbah organik (daun kering dan sisa makanan), sosialisasi proyek kepada siswa, dan penyusunan jadwal kegiatan.

Langkah awal dalam pelaksanaan proyek ini dimulai dengan pengumpulan limbah organik yang tersedia di lingkungan sekolah. Jenis limbah yang dikumpulkan meliputi limbah organik (daun-daun kering) yang berjatuh di halaman sekolah. Kegiatan ini tidak hanya berfungsi sebagai bagian teknis dari proses pembuatan biochar, tetapi juga sebagai sarana edukatif yang mengajarkan siswa tentang pentingnya memilah dan memanfaatkan limbah organik secara bijaksana. Dengan melibatkan siswa secara langsung dalam kegiatan ini, mereka memperoleh pengalaman nyata mengenai jenis-jenis sampah dan potensi daur ulangnya untuk tujuan yang bermanfaat bagi lingkungan.

Selain pengumpulan limbah, tahap berikutnya adalah melakukan sosialisasi proyek kepada seluruh siswa yang menjadi subjek penelitian. Sosialisasi ini bertujuan untuk memperkenalkan konsep dasar mitigasi gas rumah kaca, memperjelas tujuan proyek, serta menumbuhkan rasa tanggung jawab dan partisipasi aktif siswa dalam kegiatan tersebut. Melalui presentasi interaktif, diskusi kelompok, dan penyampaian materi secara langsung, siswa diberi pemahaman bahwa proyek ini bukan hanya sekadar tugas sekolah, tetapi merupakan bagian dari kontribusi mereka terhadap isu lingkungan global. Dengan pendekatan partisipatif ini, diharapkan siswa merasa lebih memiliki terhadap proyek dan terdorong untuk terlibat secara penuh.

Tahap berikutnya adalah penyusunan jadwal kegiatan yang terstruktur dan sistematis. Jadwal ini disusun dengan mempertimbangkan waktu belajar siswa pada hari Kamis tgl 13 Mei 2025 pukul 08.00 WIB sampai dengan 10.00 WIB. Ketersediaan alat dan bahan, serta tahapan-tahapan penting dalam proses pembuatan biochar. Penyusunan jadwal juga melibatkan siswa secara langsung untuk memberikan mereka ruang dalam menentukan waktu yang paling efektif dan efisien untuk melaksanakan proyek. Dengan melibatkan siswa dalam perencanaan waktu, mereka belajar mengelola kegiatan secara mandiri dan bertanggung jawab terhadap komitmen yang telah disepakati bersama.

Tahap Pelaksanaan Proyek

Pada tahap ini, siswa bekerja secara kelompok membuat biochar dengan metode pirolisis sederhana. Tahap pelaksanaan proyek merupakan inti dari keseluruhan kegiatan pembelajaran berbasis lingkungan ini. Pada fase ini, siswa mulai mengimplementasikan pengetahuan yang telah mereka peroleh melalui kegiatan awal, seperti pengumpulan limbah organik dan sosialisasi proyek. Dalam proses pembuatan biochar, siswa menggunakan metode pirolisis sederhana. Metode ini dipilih karena dapat diterapkan dengan alat dan bahan yang mudah dijangkau di lingkungan sekolah, namun tetap mampu menunjukkan prinsip dasar konversi bahan organik menjadi arang aktif (biochar) melalui proses pembakaran tanpa oksigen. Siswa diberi panduan teknis tentang bagaimana membakar limbah organik secara perlahan dalam wadah tertutup, agar menghasilkan biochar berkualitas tanpa menyebabkan pencemaran udara yang berlebihan. Melalui proses ini, siswa tidak hanya memahami aspek ilmiah dari reaksi kimia yang terjadi, tetapi juga memperoleh wawasan praktis tentang teknologi ramah lingkungan.

1. Dokumentasi proses siswa dalam menyiapkan bahan dan alat yang digunakan.



Gambar 1. Siswa menyiapkan bahan dan alat.

2. Dokumentasi siswa menyiapkan bahan dan alat, siswa memasukkan sampah ke dalam reaktor.



Gambar 2. Siswa memasukkan sampah ke *reactor*

3. Dokumentasi siswa membakar sampah di dalam tungku kaleng yang dibuat oleh siswa. Pembakaran sampah berproses menjadi Biochar (arang) selama kurang lebih 30 menit.



Gambar 3. Siswa membakar sampah

4. Dokumentasi hasil pembakaran tidak sempurna yang berupa Biochar (arang). Biochar ini bertujuan untuk menyuburkan tanaman.



Gambar 4. Hasil Biochar

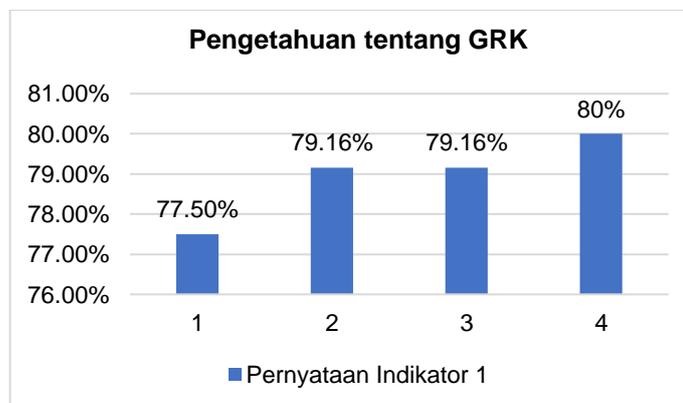
Tahap Refleksi dan Evaluasi

Pada tahap ini, siswa mengisi kuesioner tentang literasi lingkungan dan melakukan wawancara bersama guru peneliti. Setelah siswa menyelesaikan proses pembuatan biochar, penting untuk mengajak mereka merefleksikan pengalaman yang telah dijalani dan mengevaluasi sejauh mana pembelajaran telah memberikan dampak terhadap pengetahuan, sikap, dan keterampilan mereka dalam isu lingkungan, khususnya mitigasi gas rumah kaca.

Peningkatan Pemahaman Konsep Gas Rumah Kaca

Kegiatan proyek pembuatan biochar secara signifikan meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep dasar gas rumah kaca (GRK). Berdasarkan hasil kuesioner, skor rata-rata seluruh indikator pemahaman siswa berada di atas 77,50%, dengan pernyataan “Saya memahami apa itu biochar” dan “Saya mengetahui manfaat biochar dalam mengurangi GRK” masing-masing mencapai skor 77,50% dan 80,00%. Wawancara mendalam juga menunjukkan bahwa siswa memahami keterkaitan antara pembakaran sampah terbuka dengan peningkatan emisi karbon. Siswa D mengatakan, “Sekarang saya tahu lebih baik dibuat jadi arang biochar daripada dibakar biasa”. Ini menunjukkan transformasi pemahaman dari tingkat konseptual ke praktik yang aplikatif.

Pemahaman siswa terhadap konsep GRK berdasarkan kuesioner disajikan pada Gambar 5 berikut ini.



Gambar 5. Pengetahuan tentang GRK

Menurut Ratinen & Uusiautti (2020) Penemuan ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan bahwa keterlibatan aktif siswa dalam proyek berbasis lingkungan

mampu meningkatkan pengetahuan dan harapan mereka terhadap isu iklim. Penelitian oleh (Shea *et al.*, 2016) juga memperkuat temuan ini dengan menyatakan bahwa kurikulum yang melibatkan aksi nyata siswa terhadap perubahan iklim memberikan dampak lebih besar pada pemahaman konseptual mereka. Kesesuaian antara hasil penelitian ini dan temuan sebelumnya menunjukkan bahwa pendekatan kontekstual sangat relevan diterapkan dalam pendidikan lingkungan di tingkat sekolah dasar dan menengah.

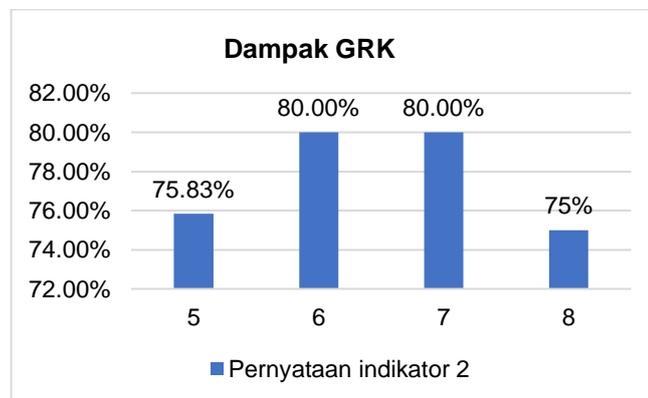
Keberhasilan peningkatan pemahaman ini menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis proyek sangat efektif dalam menyampaikan isu-isu kompleks seperti perubahan iklim. Pengalaman langsung siswa menjadi fondasi kuat dalam membangun literasi ilmiah, yang dapat menjadi model praktik baik (*best practice*) dalam pendidikan sains berbasis lingkungan.

Kesadaran Terhadap Dampak GRK

Setelah mengikuti proyek biochar, kesadaran siswa terhadap dampak GRK meningkat tajam. Hasil angket menunjukkan bahwa siswa memahami biochar sebagai solusi mitigasi, dengan skor pernyataan “Saya merasa bahwa penggunaan biochar adalah solusi yang efektif untuk masalah perubahan iklim” mencapai 76,00%, dan “Saya percaya biochar membantu menyimpan karbon dalam tanah” mencapai 80,00%. Wawancara mengungkap bahwa siswa mulai mengaitkan fenomena seperti cuaca ekstrem dengan aktivitas manusia yang menghasilkan GRK. Siswa B menyampaikan, “Kalau gas rumah kaca terlalu banyak, bisa bikin banjir dan kekeringan. Kita harus cegah dari sekarang”.

Temuan ini selaras dengan studi Siegel *et al.*, (2009) yang menekankan dampak GRK terhadap iklim global dan pentingnya pengetahuan mitigasi di tingkat pendidikan dasar. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Ramdhani *et al.* (2023) di sekolah berbasis Islam menunjukkan bahwa keterlibatan siswa dalam proyek biochar dapat membentuk kesadaran ekologis yang lebih kuat. Persamaannya terletak pada pendekatan edukatif berbasis pengalaman nyata, meskipun konteks lembaganya berbeda.

Kesadaran siswa terhadap dampak Gas Rumah Kaca (GRK) disajikan pada Gambar 6 berikut ini.



Gambar 6. Dampak GRK

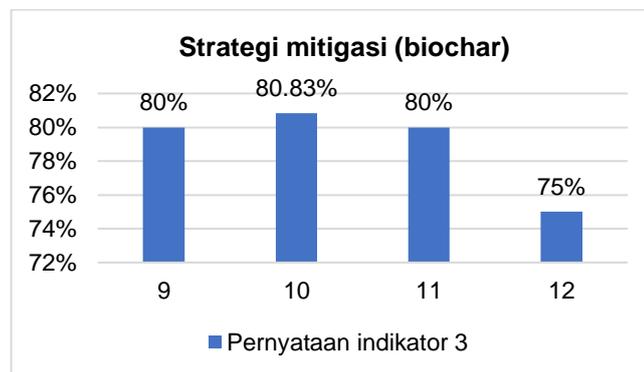
Hasil ini membuktikan bahwa proyek sederhana seperti pembuatan biochar dapat menjadi media edukatif yang efektif untuk membentuk kesadaran kritis siswa terhadap isu lingkungan. Hal ini menjadi contoh penerapan nyata prinsip pendidikan untuk pembangunan berkelanjutan (ESD) di sekolah.

Penguasaan Keterampilan Mitigasi GRK melalui Biochar

Penguasaan keterampilan mitigasi GRK oleh siswa terlihat dari kemampuan mereka mempraktikkan pembuatan biochar secara mandiri. Semua kelompok berhasil melakukan pirolisis daun kering dan mencatat hasilnya. Efisiensi konversi biochar dari seluruh kelompok rata-rata sebesar 35,3%, dengan variasi antar kelompok yang menunjukkan kemampuan reflektif terhadap kendala teknis. Kelompok 3, misalnya, menyadari bahwa pembakaran tidak merata mengurangi hasil optimal, dan kelompok 5 mencatat bahwa api terlalu besar justru menghambat proses pirolisis.

Secara teoritis, temuan ini sejalan dengan Shrestha *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa penggunaan biochar dalam mitigasi GRK memerlukan pemahaman teknis tentang kestabilan pembakaran dan kualitas hasil. Penelitian oleh Zhang *et al.* (2022) menunjukkan pentingnya struktur pori biochar untuk efektivitas penyerapan karbon. Temuan ini membuktikan bahwa keterampilan teknis sederhana dapat ditanamkan sejak dini melalui proyek pembelajaran berbasis lingkungan.

Penguasaan keterampilan mitigasi GRK siswa melalui Biochar disajikan pada Gambar 7 berikut ini.

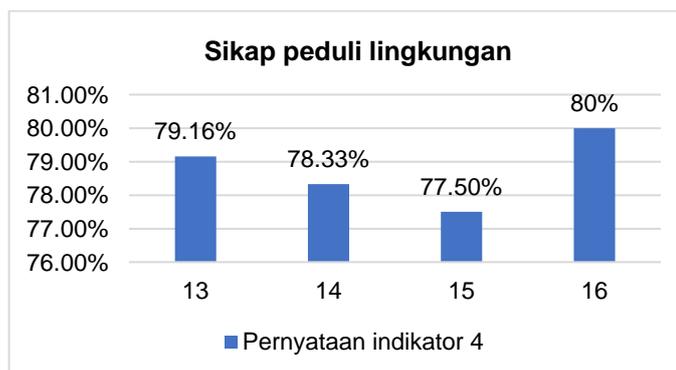


Gambar 7. Strategi Biochar

Pembentukan Sikap Peduli Lingkungan

Indikator sikap peduli lingkungan meningkat signifikan pasca proyek. Hasil angket menunjukkan bahwa siswa memiliki persepsi positif terhadap keberlanjutan lingkungan dengan skor rata-rata seluruh indikator di atas 77,50%, bahkan mencapai 80% pada pernyataan "Saya tahu pembuatan biochar" dan "Saya percaya penggunaan biochar penting untuk mitigasi perubahan iklim". Wawancara menunjukkan perubahan sikap nyata, seperti siswa C yang mengatakan, "Ternyata bikin biochar itu gampang dan bisa berguna juga," dan siswa D yang menyatakan proyek ini "seru dan bisa jadi ilmu baru."

Hasil pembentukan sikap peduli lingkungan siswa disajikan pada Gambar 8 berikut ini.



Gambar 8. Sikap peduli lingkungan

Penelitian oleh Susilawati *et al.*, (2025) menunjukkan bahwa pendidikan lingkungan berbasis praktik mampu membentuk kesadaran ekologis siswa dalam konteks pembangunan berkelanjutan. Penelitian oleh Ratinen & Uusiautti (2020) juga menekankan pentingnya pendekatan partisipatif dalam membangun harapan dan sikap positif siswa terhadap perubahan iklim. Kesamaan terletak pada pengalaman langsung siswa yang menjadi kunci dalam transformasi sikap. Dengan demikian, hasil penelitian ini menjadi bukti bahwa pendidikan karakter lingkungan dapat dibangun sejak dini melalui keterlibatan langsung dalam kegiatan nyata. Proyek ini memberi siswa peran aktif sebagai agen perubahan, tidak hanya dalam pengetahuan, tetapi juga dalam perilaku nyata terhadap pengelolaan lingkungan yang berkelanjutan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa (1) Proyek pembuatan biochar melalui pembelajaran berbasis proyek terbukti efektif meningkatkan literasi siswa tentang gas rumah kaca (GRK) di SMP Negeri 7 Muaro Jambi. Siswa menunjukkan pemahaman yang lebih baik mengenai konsep GRK, sumbernya, serta dampaknya terhadap perubahan iklim, disertai dengan peningkatan kesadaran lingkungan. (2) Keterampilan siswa dalam mitigasi lingkungan meningkat melalui praktik pembuatan biochar, termasuk penerapan pirolisis sederhana dan pemahaman manfaat biochar. Sikap peduli lingkungan juga tumbuh, terlihat dari perubahan perilaku dalam mengelola sampah organik dan keinginan menerapkan pengetahuan di luar sekolah. (3) Pembelajaran berbasis proyek tidak hanya meningkatkan pengetahuan siswa, tetapi juga membentuk keterampilan dan karakter dalam menghadapi isu lingkungan. Proyek pembuatan biochar layak dijadikan praktik terbaik dan direkomendasikan untuk diintegrasikan ke dalam kurikulum tematik seperti Proyek Penguatan Profil Pelajar Pancasila (P5RA) demi mendukung pendidikan berkelanjutan.

REKOMENDASI

Penelitian ini membuka peluang pengembangan proyek biochar ke skala lebih luas, seperti integrasi dengan kurikulum IPA berbasis STEM, pemanfaatan biochar untuk pertanian sekolah, dan kolaborasi antar-sekolah dalam mitigasi lingkungan. Penelitian lanjutan disarankan fokus pada efektivitas biochar dari berbagai limbah organik lokal, pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman, serta pengembangan modul pembelajaran lingkungan berbasis proyek yang lebih sistematis dan terstandar.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih saya sampaikan kepada dosen pembimbing saya bapak Muhammad Damris dan bapak Muhammad Haris Effendi Hasibuan yang telah banyak memberikan banyak ilmunya, arahan dan masukan serta motivasi yang bermanfaat.

DAFTAR PUSTAKA

- Badinot, Y. (2020). *The Role of Biochar in Climate Change Mitigation and Soil Health Improvement*. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 3(2), 45–58.
- Boss, S., & Krauss, J. (2022). *Reinventing project-based learning: Your field guide to real-world projects in the digital age*. International Society for Technology in Education.
- Faizal, A., Wahyuriyanto, R., Ali, Z., AL, M. F., Nurcahayani, I., & Rosyadi, M. I. (2022). Implementasi Metode Outing Class terhadap Pendidikan Konservasi, Perubahan

- Iklim dan Mitigasi Lingkungan. *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Environmental, and Learning*, 19(1), 107–119.
- Fauziah, S. P., & Nandiyanto, A. B. D. (2021). Optimizing biochar production from organic waste: an overview. *Environmental Engineering Research*, 26(1), 1–10.
- Ketaren, D. G. K. (2023). Peranan Kawasan Mangrove Dalam Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca Di Indonesia. *Jurnal Kelautan dan Perikanan Terapan (JKPT)*, 1, 73. <https://doi.org/10.15578/jkpt.v1i0.12050>
- Lasaiba, M. A. (2022). Geosphere Phenomena from a Geographical Perspective: Examination of Substance and Complexity. *Jendela Pengetahuan*, 15(1), 1–14.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (2015). *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (2nd ed.). Routledge.
- Liu, Q., Meki, K., Zheng, H., Yuan, Y., Shao, M., Luo, X., Li, X., Jiang, Z., Li, F., & Xing, B. (2023). Biochar application in remediating salt-affected soil to achieve carbon neutrality and abate climate change. *Biochar*, 5(1), 45. <https://doi.org/10.1007/s42773-023-00244-8>
- Maskun, Al Mukarramah, N. H., Bachril, S. N., & Assidiq, H. (2022). Fragmented Agencies in Public Sector: An Obstruction to Indonesia's Climate Policy Implementation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1105(1), 012015. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1105/1/012015>
- Mustafa, N., Supriatna, N., & Wahyudin, D. (2020). Integrating STEM Education in Environmental Learning: A Project-Based Approach to Enhance Student Awareness and Problem-Solving Skills. *International Journal of Instruction*, 13(2), 253–266.
- Putri, M. I., & Santosa, S. (2024). Implementasi Pembelajaran Berbasis Proyek pada Pendidikan Lingkungan Hidup di Sekolah Menengah. *Jurnal Pendidikan Lingkungan*, 10(1), 55–67.
- Ramdhani, M. R., Kholik, A., Fauziah, S. P., Roestamy, M., Suherman, I., & Nandiyanto, A. B. D. (2023). A Comprehensive Study on Biochar Production, Bibliometric Analysis, and Collaborative Teaching Practicum for Sustainable Development Goals (SDGs) in Islamic Schools. *Jurnal Pendidikan Islam*, 9(2), 123–144. <https://doi.org/10.15575/jpi.v9i2.29972>
- Ratinen, I., & Uusiautti, S. (2020). Finnish students' knowledge of climate change mitigation and its connection to hope. *Sustainability*, 12(6), 2181.
- Shea, N. A., Mouza, C., & Drewes, A. (2016). Climate Change Professional Development: Design, Implementation, and Initial Outcomes on Teacher Learning, Practice, and Student Beliefs. *Journal of Science Teacher Education*, 27(3), 235–258. <https://doi.org/10.1007/s10972-016-9456-5>
- Shrestha, R. K., Jacinthe, P., Lal, R., Lorenz, K., Singh, M. P., Demyan, S. M., Ren, W., & Lindsey, L. E. (2023). Biochar as a negative emission technology: A synthesis of field research on greenhouse gas emissions. *Journal of Environmental Quality*, 52(4), 769–798. <https://doi.org/10.1002/jeq2.20475>
- Siegel, H., Stottmeister, I., Reißmann, J., Gerth, M., Jose, C., & Samiaji, J. (2009). Siak River System—East-Sumatra: characterisation of sources, estuarine processes, and discharge into the Malacca Strait. *Journal of Marine Systems*, 77(1–2), 148–159.
- Sugiyono, S. (2021). *Metode penelitian kuantitatif dan kualitatif dan R&D (Catatan Ke)*. Alfabeta.
- Susilawati, M. P., Puspita, R. D., & Ruqoyyah, S. (2025). *Ekoliterasi: Membentuk Calon Guru Sekolah Dasar Berwawasan Lingkungan*. Indonesia Emas Group.

- Wagner, O., Tholen, L., Nawoethnig, L., & Albert-Seifried, S. (2021). Making school-based GHG-emissions tangible by student-led carbon footprint assessment program. *Energies*, 14(24), 8558.
- Zhang, Y., Wang, S., Feng, D., Gao, J., Dong, L., Zhao, Y., Sun, S., Huang, Y., & Qin, Y. (2022). Functional biochar synergistic solid/liquid-phase CO₂ capture: a review. *Energy & Fuels*, 36(6), 2945–2970.