



Integration of the Pyrolysis Context with the Heat Module to Improve Students' Mastery of Concepts

Inka Nofita*, Afrizal Mayub, & Henny Johan,

Magister Pendidikan IPA, FKIP, Universitas Bengkulu, Bengkulu, Indonesia

*Corresponding author: inkanofita@gmail.com

Abstract: The energy crisis due to declining fossil fuel reserves and the increase in organic waste, such as coffee husk waste in Kepahiang Regency, has prompted the need for renewable energy-based solutions. This research aims to develop a science learning module based on the local context through the integration of the concept of pyrolysis of coffee husk waste in the heat and its displacement material. The research method uses the ADDIE model until the validation stage. Data were collected through needs questionnaires and expert validation sheets, analyzed descriptively. The results showed the low interest and understanding of students in the caloric material, as well as the dominance of textual learning methods without direct practice. Most students stated the need for modules that are visual, contextual, and easy to understand. The modules developed are declared valid by experts from the material, linguistic, and graphic aspects. In conclusion, the integrated heat module for coffee skin waste pyrolysis is considered feasible as an innovative teaching material on the concept of heat contextually and applicatively.

Keywords: coffee shell, calorie, module, pyrolysis, science

Integrasi Konteks Pirolisis terhadap Modul Kalor untuk Meningkatkan Penguasaan Konsep Siswa

Abstrak: Krisis energi akibat menurunnya cadangan bahan bakar fosil dan peningkatan limbah organik, seperti limbah kulit kopi di Kabupaten Kepahiang, mendorong perlunya solusi berbasis energi terbarukan. Penelitian ini bertujuan mengembangkan modul pembelajaran IPA berbasis konteks lokal melalui integrasi konsep pirolisis limbah kulit kopi pada materi kalor dan perpindahannya. Metode penelitian menggunakan model ADDIE hingga tahap validasi. Data dikumpulkan melalui angket kebutuhan dan lembar validasi ahli, dianalisis secara deskriptif. Hasil menunjukkan rendahnya minat dan pemahaman siswa terhadap materi kalor, serta dominannya metode pembelajaran tekstual tanpa praktik langsung. Kebanyakan siswa menyatakan perlunya modul yang visual, kontekstual, dan mudah dipahami. Modul yang dikembangkan dinyatakan valid oleh para ahli dari aspek materi, kebahasaan, dan kegrafisan. Kesimpulannya, modul kalor terintegrasi pirolisis limbah kulit kopi dinilai layak sebagai bahan ajar inovatif terhadap konsep kalor secara kontekstual dan aplikatif.

Kata Kunci: IPA, kalor, kulit kopi, modul, penguasaan konsep, pirolisis

PENDAHULUAN

Energi merupakan kebutuhan utama masyarakat modern, namun ketersediaan bahan bakar fosil semakin menurun dan tidak sebanding dengan peningkatan konsumsi energi setiap tahunnya (Swandi et al., 2024). Cadangan dan produksi bahan bakar minyak fosil di Indonesia mengalami penurunan sekitar 10% setiap tahun, sementara tingkat konsumsi minyak justru meningkat rata-rata sebesar 6% per tahun (Fathaddin et al., 2021). Oleh karena itu penggunaan energi terbarukan dapat menjadi salah satu solusi dari permasalahan energi (Maulana et al., 2024). Salah satunya energi biomassa yang merupakan sumber energi terbarukan dan berkelanjutan. Biomassa dapat membantu mengurangi impor bahan bakar dan membantu meningkatkan kemandirian energi negara (Antar et al., 2021). Pemanfaatan biomassa dari limbah secara lebih intensif dapat membantu menurunkan tingkat polusi global dengan mengubah sampah atau limbah menjadi sumber energi yang bermanfaat (Kalak, 2023).

Indonesia menempati peringkat kedua sebagai penghasil limbah pangan terbesar di dunia, di mana salah satu jenis limbah tersebut adalah kulit biji kopi yang hingga kini belum dimanfaatkan secara maksimal dan berpotensi mencemari lingkungan (Pusdatin, 2022; Tampubolon et al., 2023). Kabupaten Kepahiang berada di wilayah dataran tinggi dengan suhu udara yang relatif sejuk. Wilayah ini didominasi oleh bentang alam perbukitan dengan ketinggian antara 300 hingga 1.200 meter di atas permukaan laut (Pemerintahan Daerah Kabupaten Kepahiang, 2020). Kondisi alam yang sejuk dan berbukit di Kabupaten Kepahiang berpengaruh terhadap pola usaha pertanian masyarakat setempat, yang didominasi oleh budidaya tanaman kopi. Kabupaten Kepahiang di Provinsi Bengkulu merupakan sentra produksi kopi robusta, sehingga limbah kulit kopi di daerah ini cukup melimpah. Berdasarkan hasil observasi dan wawancara kepada petani kopi diperoleh data bahwa dalam pengolahan biji kopi yaitu terjadi penumpukan limbah kulit kopi di sekitar pemukiman masyarakat dan tempat pengilingan biji kopi. Dampak limbah kulit kopi dapat menyebabkan pencemaran air dan tanah jika tidak dikelola dengan baik (Sott, 2020). Selain itu, sebagian masyarakat menanggulangi penumpukan limbah tersebut dengan membakarnya begitu saja, pembakaran limbah kulit kopi juga dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca.

Kurangnya pemanfaatan limbah tersebut menyebabkan penumpukan dan pencemaran lingkungan, baik melalui pembusukan maupun pembakaran yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Salah satu teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah limbah ini adalah pirolisis, yaitu proses konversi termal biomassa menjadi produk bernilai tambah seperti bio-oil (Febriyanti et al., 2019; Ristianingsih et al., 2015). Bio-oil adalah bahan bakar cair berwarna gelap dengan aroma menyerupai asap, yang dihasilkan melalui proses kondensasi uap dari pirolisis bahan-bahan yang kaya akan lignin, selulosa, hemiselulosa, serta senyawa karbon lainnya. Selama proses pirolisis, senyawa-senyawa tersebut mengalami oksidasi dan menghasilkan fenol sebagai salah satu kandungan utama bio-oil (Battista, 2020; Setter, 2020).

Konsep pirolisis ini sangat relevan untuk dikenalkan dalam pembelajaran IPA, khususnya pada materi kalor dan perubahannya. Namun, hasil observasi menunjukkan belum tersedianya bahan ajar IPA yang mengintegrasikan potensi lokal seperti pemanfaatan limbah kopi. Selain itu dari pengalaman pembelajaran siswa juga konsep kalor masih disampaikan berdasarkan pada fenomena-fenomena yang terdapat pada buku belum berdasarkan yang terdapat dalam lingkungan siswa. Selain itu bahan ajar berdasarkan potensi lokal diperlukan oleh siswa agar dapat lebih memahami konsep IPA. Agar konsep-konsep IPA dapat dipahami dengan mudah dan tepat oleh siswa, pembelajaran IPA perlu menekankan peran aktif siswa dalam prosesnya.

Salah satu metode untuk meningkatkan pemahaman konsep siswa adalah melalui pembelajaran IPA dengan melakukan percobaan menggunakan alat pirolisis. Oleh karena itu, agar pembelajaran menjadi lebih efektif, tujuan penelitian ini adalah mengembangkan modul pembelajaran yang mendukung proses tersebut, berupa modul tentang kalor yang terintegrasi dengan konteks proses pirolisis pada materi kalor dan perpindahannya. Modul ini diharapkan mampu meningkatkan penguasaan konsep IPA oleh siswa.

METODE

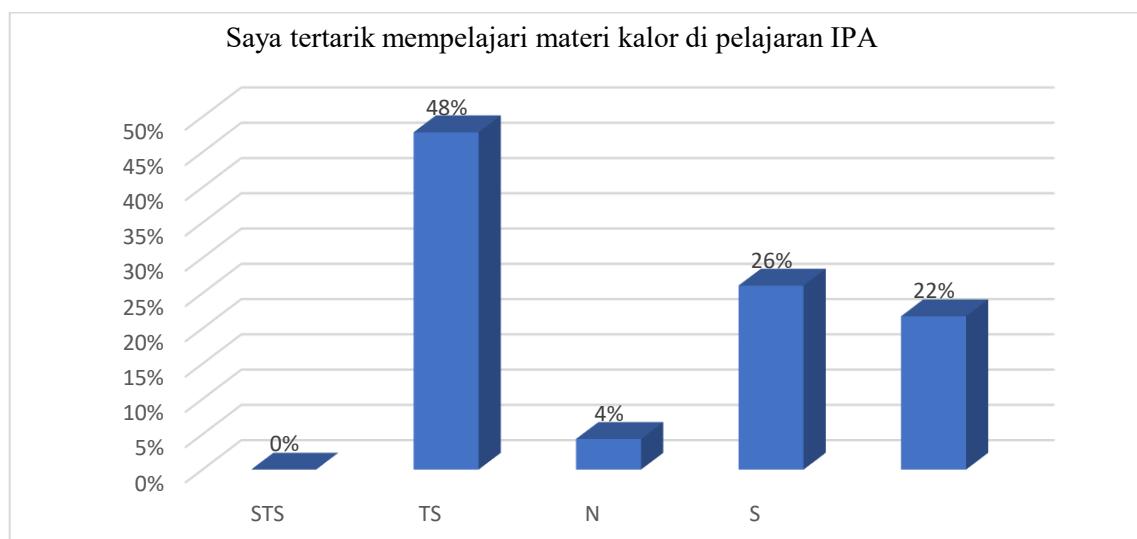
Penelitian ini menggunakan metode penelitian dan pengembangan (Research and Development) dengan model ADDIE yang meliputi tahapan Analysis, Design, Development, Implementation, dan Evaluation (Sugiyono, 2019). Fokus penelitian adalah pengembangan modul kalor terintegrasi konteks proses pirolisis pada materi kalor dan perpindahannya yang valid dan sesuai kebutuhan pembelajaran. Tahapan penelitian hanya dilakukan hingga tahap validasi produk tanpa implementasi langsung kepada siswa. Penelitian dilaksanakan di kelas VII MTs 2 Kepahiang pada semester ganjil tahun ajaran 2023/2024. Populasi penelitian adalah seluruh siswa kelas VII, dengan sampel dipilih secara purposive sampling berdasarkan rekomendasi guru.

Modul yang dikembangkan memuat materi kalor dan perpindahannya yang terintegrasi dengan konteks pirolisis kulit kopi, serta menggunakan model pembelajaran discovery learning. Pengumpulan data dilakukan melalui angket kebutuhan, lembar validasi modul. Angket validasi disusun menggunakan skala Likert untuk menilai tiga aspek utama modul, yakni materi, kebahasaan, dan kegrafisan.

Data yang terkumpul dianalisis menggunakan metode deskriptif kualitatif melalui beberapa tahapan. Tahap awal adalah reduksi data, yaitu proses menyaring, merangkum, dan memfokuskan informasi yang relevan dari hasil observasi, angket, dan wawancara agar lebih terarah dan bermakna untuk dianalisis lebih lanjut. Selanjutnya, data disajikan dalam bentuk tabel persentase untuk hasil angket validasi, sementara saran dan masukan dijelaskan secara deskriptif. Pada tahap akhir, penarikan kesimpulan dilakukan untuk menggambarkan kelayakan e-modul berdasarkan analisis data.

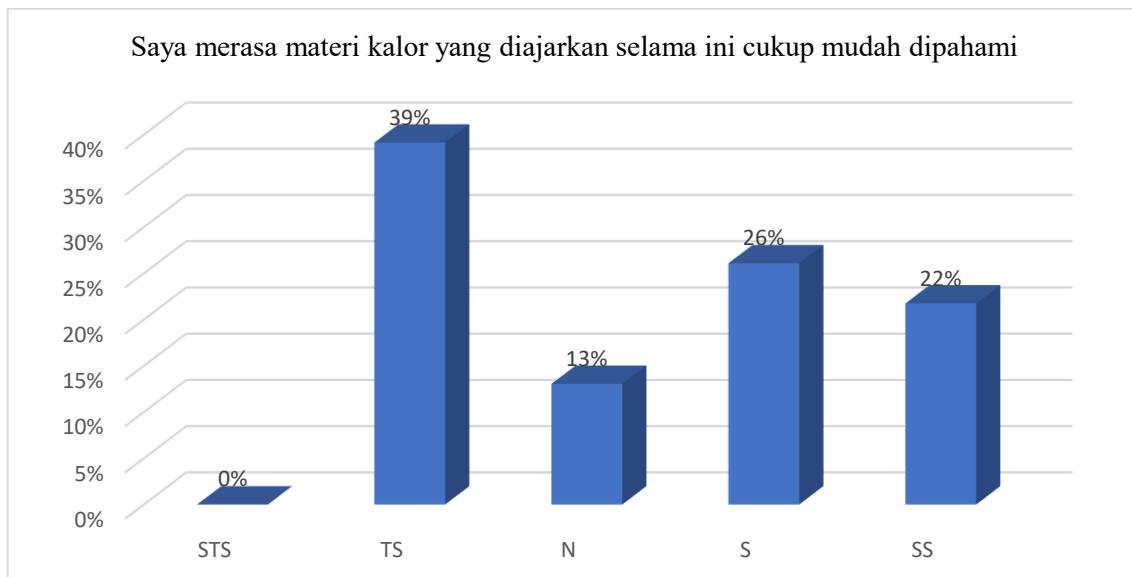
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada tahap define penelitian ini melakukan analisis kebutuhan, dimana hasil analisis kebutuhan dapat dilihat pada Gambar 1.



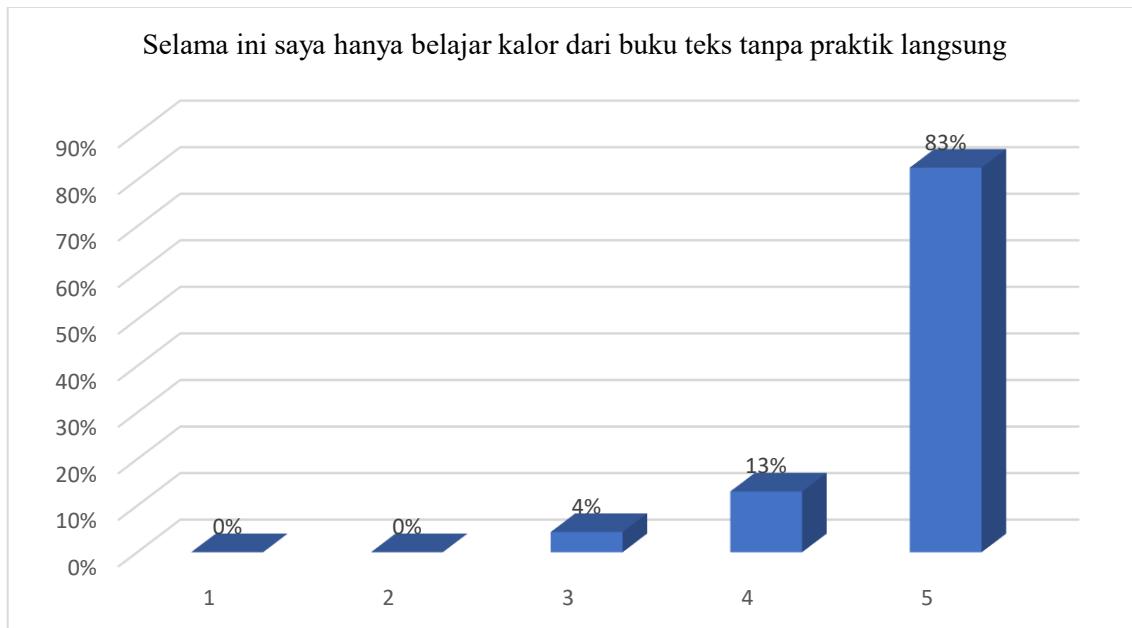
Gambar 1. Ketertarikan pada Konsep Kalor

Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa sebagian besar responden, yaitu 48%, menyatakan tidak setuju dengan pernyataan mereka tertarik mempelajari materi kalor. Sebanyak 26% siswa menyatakan setuju, 22% sangat setuju, dan hanya 4% yang bersikap netral. Tidak ada siswa yang memilih sangat tidak setuju. Temuan ini mengindikasikan bahwa tingkat ketertarikan siswa terhadap materi kalor masih tergolong rendah. Rendahnya minat siswa dapat disebabkan oleh penyajian materi yang bersifat abstrak atau kurang kontekstual dengan kehidupan sehari-hari (Patika et al., 2023). Menurut (Nurseto, 2019) motivasi belajar yang rendah berpengaruh terhadap ketertarikan siswa dalam memahami konsep-konsep sains, termasuk materi kalor yang sering kali tidak diberikan melalui pendekatan yang konkret dan bermakna.

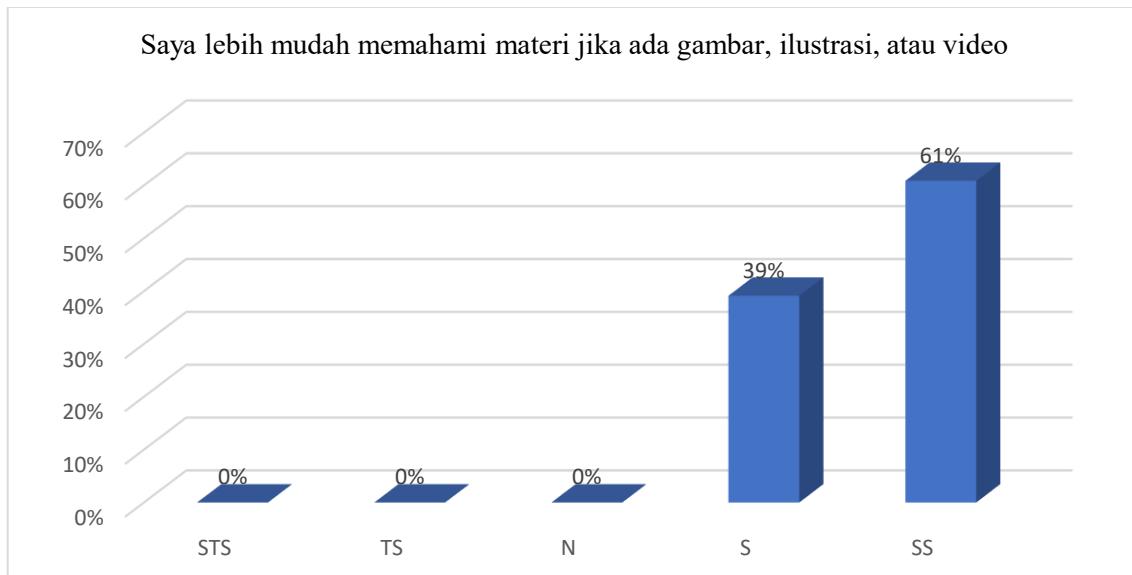


Gambar 2. Materi Kalor Mudah Dipelajari

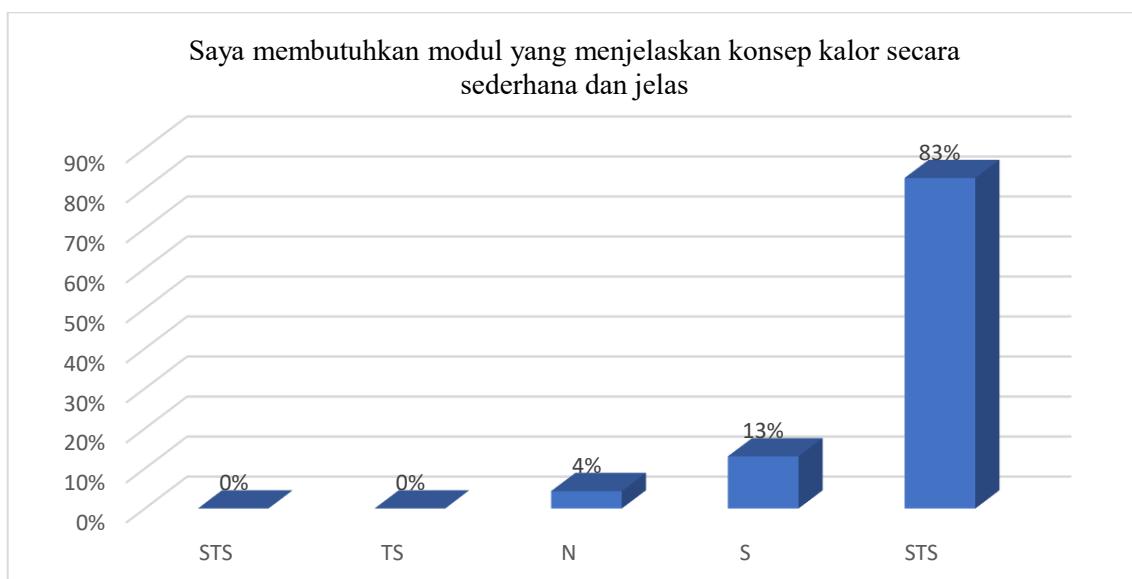
Hasil menunjukkan bahwa mayoritas siswa, yaitu 39%, memilih tidak setuju, yang mengindikasikan bahwa mereka mengalami kesulitan dalam memahami materi tersebut. Sebanyak 13% responden bersikap netral, sementara 26% menyatakan setuju, dan 22% sangat setuju. Tidak ada siswa yang memilih sangat tidak setuju. Data ini mencerminkan bahwa pemahaman siswa terhadap materi kalor masih perlu ditingkatkan. Kesulitan dalam memahami materi kalor dapat disebabkan oleh penyajiannya yang bersifat abstrak dan minimnya penggunaan media atau pendekatan kontekstual yang sesuai dengan karakteristik siswa (Fitri et al., 2023). Dalam pembelajaran IPA, konsep seperti kalor membutuhkan pendekatan yang bersifat konkret dan eksperiential agar siswa mampu menghubungkan antara teori dan realitas sehari-hari (Theresia et al., 2023). Oleh karena itu, perlu adanya strategi pembelajaran inovatif yang mampu meningkatkan pemahaman konseptual siswa secara menyeluruh.

**Gambar 3.** Bahan Ajar pada Konsep Kalor

Hasil menunjukkan bahwa sebagian besar siswa, yaitu 83%, sangat setuju bahwa pembelajaran kalor yang mereka terima hanya bersumber dari buku teks tanpa adanya praktik langsung. Sebanyak 13% responden setuju, 4% netral, dan tidak ada siswa yang memilih opsi sangat tidak setuju maupun tidak setuju. Temuan ini mengindikasikan bahwa pendekatan pembelajaran selama ini masih didominasi oleh metode teoritis dan minim praktik. Hal ini menjadi dasar yang kuat untuk mengembangkan modul pembelajaran yang lebih aplikatif dan berbasis eksperimen, seperti integrasi materi kalor dengan praktik pirolisis cangkang kopi, agar siswa dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam dan kontekstual melalui pengalaman langsung. Dominasi pendekatan tekstual dalam pembelajaran IPA dapat menyebabkan siswa kesulitan dalam membangun pemahaman konseptual yang utuh, karena mereka tidak mengalami secara langsung proses ilmiah yang seharusnya menjadi inti dari pembelajaran sains (Swandi et al., 2024). Oleh karena itu, penting untuk mengembangkan modul pembelajaran yang lebih aplikatif dan berbasis eksperimen. Integrasi materi kalor dengan percobaan di lingkungan sekitar merupakan salah satu inovasi yang tidak hanya memperkaya pengalaman belajar siswa, tetapi juga mendekatkan mereka pada konteks kehidupan nyata dan isu lingkungan sekitar (Rohana et al., 2024). Pendekatan berbasis praktik semacam ini sejalan dengan paradigma pembelajaran abad ke-21 yang menekankan keterampilan berpikir kritis, pemecahan masalah, dan literasi sains.

**Gambar 4.** Bahan Ajar yang Memudahkan dalam Pemebelajaran

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar siswa menyatakan sangat setuju (61%) dan setuju (39%) terhadap pernyataan tersebut, tanpa ada yang memilih netral, tidak setuju, maupun sangat tidak setuju. Temuan ini mengindikasikan bahwa gaya belajar siswa cenderung visual dan audiovisual, sehingga penyajian materi dengan media yang menarik seperti gambar, ilustrasi, atau video dapat membantu mereka lebih mudah memahami konsep yang dipelajari. Gaya belajar visual memungkinkan siswa menangkap informasi lebih efektif melalui tampilan visual seperti diagram, animasi, dan grafik (Johan et al., 2022). Media visual dan audiovisual tidak hanya dapat menarik perhatian siswa, tetapi juga meningkatkan daya ingat dan pemahaman karena melibatkan lebih banyak indra dalam proses belajar (Nurseto, 2019). Oleh karena itu, penggunaan media pembelajaran yang interaktif dan visual menjadi sangat penting dalam menjawab kebutuhan gaya belajar siswa di era digital saat ini.

**Gambar 5.** Kebutuhan Modul pada Konsep Kalor

Mayoritas besar responden, yaitu 83%, sangat setuju dengan pernyataan tersebut, dan 13% lainnya menyatakan setuju. Hanya 4% responden yang bersikap netral, sedangkan tidak ada responden yang menyatakan tidak setuju maupun sangat tidak setuju. Data ini menunjukkan adanya kebutuhan yang sangat kuat dari siswa terhadap modul pembelajaran yang mampu menjelaskan konsep kalor secara sederhana, sistematis, dan mudah dipahami. Temuan ini dapat menjadi dasar penting dalam pengembangan modul tematik berbasis pirolisis cangkang kopi yang dirancang untuk memperjelas konsep kalor melalui pendekatan yang kontekstual dan mudah dicerna oleh siswa. Materi pembelajaran yang disusun secara sistematis dan bertahap memungkinkan siswa untuk memahami konsep secara lebih mendalam, terutama jika disesuaikan dengan tahap perkembangan kognitif mereka (Patika et al., 2023). Siswa tertarik dalam belajar melalui penyajian bahan ajar inovatif terutama penggunaan teknologi adaptif (Swandi et al. 2023). Hal ini menjadi dasar penting dalam pengembangan modul tematik berbasis pirolisis cangkang kopi, yang dirancang tidak hanya untuk memperjelas konsep kalor, tetapi juga untuk menumbuhkan kesadaran lingkungan dan kemampuan berpikir ilmiah siswa.

Analisis kompetensi Dasar

Kompetensi dasar pada materi kalor kelas VII SMP meliputi KD 3.7, yaitu menganalisis hubungan antara kalor, perubahan suhu, dan perubahan wujud benda dalam kehidupan sehari-hari, serta KD 4.7, yaitu menyajikan hasil percobaan tentang pengaruh kalor terhadap perubahan suhu dan perubahan wujud benda. Kedua kompetensi ini menekankan pentingnya pemahaman konseptual dan keterampilan proses sains melalui kegiatan praktikum sederhana yang memungkinkan siswa mengamati langsung peristiwa perubahan suhu dan wujud zat akibat kalor.

Salah satu penerapan konsep kalor yang relevan dan kontekstual adalah pirolisis kulit buah kopi, yaitu proses pemanasan tanpa oksigen untuk mengubah limbah organik menjadi bioenergi seperti biochar atau bio-oil. Proses pirolisis ini menggambarkan bagaimana kalor digunakan dalam perubahan kimia yang menghasilkan energi terbarukan, sekaligus memperkenalkan siswa pada pemanfaatan limbah pertanian secara berkelanjutan. Integrasi konsep pirolisis ini dalam pembelajaran dapat memperkaya pemahaman siswa terhadap penerapan kalor dalam kehidupan nyata dan mendorong kesadaran akan pentingnya inovasi ramah lingkungan.

Desain dan Pengembangan Modul

Desain dan pengembangan modul bertujuan untuk menyediakan bahan ajar inovatif yang mampu mengaitkan materi kalor dengan fenomena kontekstual di kehidupan nyata, khususnya pirolisis kulit buah kopi. Modul ini dikembangkan berbasis multimedia interaktif, dilengkapi dengan kegiatan pembelajaran Mengenal Kalor, Suhu, Perpindahan Kalor dalam Pirolisis dan percobaan pirolisis menggunakan kulit kopi secara sederhana yang memungkinkan siswa memahami konsep kalor melalui pendekatan visual dan praktikum. Pirolisis diperkenalkan sebagai contoh nyata penerapan kalor dalam mengubah limbah organik menjadi energi alternatif, sehingga siswa tidak hanya memahami konsep fisika, tetapi juga pentingnya inovasi ramah lingkungan. Desain modul dirancang untuk mendorong keterlibatan aktif siswa melalui latihan, kuis interaktif, dan tugas berbasis proyek. Melalui pendekatan ini, modul diharapkan mampu meningkatkan penguasaan konsep siswa secara signifikan serta menumbuhkan kesadaran akan pentingnya sains dalam mendukung solusi berkelanjutan di era modern.



Gambar 6. Modul Kalor Terintegrasi Pirolisis Kulit Kopi

Validasi Modul

Berdasarkan hasil validasi pengembangan modul yang mencakup tiga aspek penilaian, yaitu materi, kebahasaan, dan kegrafisan, dapat dilihat pada Tabel 1.

Table 1. Validasi Modul

Aspek Penilaian	Persentase (%)	Kategori
Kelayakan Materi	87	Sangat Layak
Kebahasaan	79	Layak
Kegrafisan	81	Sangat Layak
Rata-rata	82	Sangat Layak

Aspek kelayakan materi dengan nilai 87% menunjukkan hasil yang sangat baik dan masuk dalam kategori "Sangat Layak." Ini menggambarkan bahwa materi dalam modul sangat relevan, sesuai dengan tujuan pembelajaran, serta membantu siswa dalam memahami topik yang disampaikan. Hasil ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan, yang menyatakan bahwa kelayakan materi sangat penting untuk memastikan ketercapaian kompetensi dasar pada siswa (Dzakiyyah et al., 2023). Dalam penelitiannya, modul yang memiliki kelayakan materi di atas 85% dinyatakan sangat layak dan efektif dalam meningkatkan pemahaman siswa (Sijabat, 2023).

Aspek kebahasaan memperoleh skor 79%, yang masuk dalam kategori "Layak." Meskipun sudah baik, masih terdapat ruang untuk perbaikan, terutama pada penggunaan istilah dan kalimat agar lebih sederhana dan mudah dipahami oleh siswa. Penelitian lainnya juga menemukan bahwa aspek kebahasaan sering kali menjadi tantangan dalam pengembangan modul pembelajaran, di mana modul dengan kebahasaan yang sederhana dan komunikatif lebih mudah dipahami oleh siswa sekolah menengah (Seruni et al., 2019).

Aspek kegrafisan memperoleh nilai 81% dan masuk dalam kategori "Sangat Layak." Desain grafis yang baik, termasuk tata letak, gambar, dan elemen visual lainnya, berperan

penting dalam meningkatkan daya tarik serta memudahkan pemahaman siswa terhadap materi. Penelitian lainnya menunjukkan bahwa modul dengan tampilan visual yang menarik mampu meningkatkan motivasi dan konsentrasi siswa dalam belajar IPA, di mana aspek kegrafisan yang dinilai sangat layak berada pada kisaran 80-90% (Rahmawati, 2018).

Berdasarkan diagram minat belajar, sebanyak 48% siswa menyatakan "Sangat Tertarik" dan 26% "Tertarik" mempelajari materi kalor, sementara hanya 4% yang netral dan tidak ada yang menyatakan "Sangat Tidak Tertarik." Hasil ini menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan berhasil menarik minat mayoritas siswa. Temuan ini konsisten dengan penelitian lainnya yang menyatakan bahwa modul interaktif dan menarik secara visual dapat meningkatkan minat belajar siswa hingga lebih dari 70% (Harahap et al., 2014). Dengan demikian, hasil penelitian ini tidak hanya sesuai dengan standar kelayakan yang telah ditetapkan, tetapi juga didukung oleh temuan penelitian lain yang menegaskan pentingnya kelayakan materi, kebahasaan, kegrafisan, serta daya tarik modul dalam meningkatkan minat dan pemahaman siswa.

SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa modul pembelajaran IPA pada materi kalor dan perpindahannya yang terintegrasi dengan konteks lokal, yaitu proses pirolisis kulit kopi valid dan layak untuk diujicobakan. Hasil analisis kebutuhan menunjukkan bahwa siswa memiliki minat dan pemahaman yang rendah terhadap materi kalor, serta pembelajaran yang diterima selama ini cenderung teoritis dan tidak kontekstual. Selain itu, siswa sangat mendukung hadirnya modul yang menyajikan materi secara visual, sistematis, dan aplikatif. Validasi ahli menunjukkan bahwa modul ini layak dari segi materi, kebahasaan, dan tampilan grafis, sehingga memiliki potensi besar dalam meningkatkan pemahaman konsep IPA siswa melalui pembelajaran kontekstual, berbasis praktik, dan sesuai gaya belajar visual siswa. Dengan demikian, pengembangan modul kalor berbasis pirolisis kulit kopi dapat menjadi solusi inovatif dalam pembelajaran IPA untuk meningkatkan ketertarikan dan pemahaman konseptual siswa terhadap konsep kalor secara konkret dan bermakna. Namun terdapat keterbatasan dalam penelitian ini dimana belum dilakukan uji coba terhadap produk yang dikembangkan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk melakukan uji coba skala luas di berbagai satuan pendidikan dengan latar belakang berbeda, serta mengintegrasikan evaluasi berkelanjutan guna mengukur efektivitas modul dalam jangka panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- Antar, M., Lyu, D., Nazari, M., Shah, A., Zhou, X., & Smith, D. L. (2021). Biomass for a Sustainable Bioeconomy: An Overview of World Biomass Production and Utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1, 122–132. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110691>
- Battista, F. (2020). Added-Value Molecules Recovery and Biofuels Production from Spent Coffee Grounds. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 1, 32–44. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2020.110007>
- Dzakiyyah, A., Rohana, R., & Surmilasari, N. (2023). Pengembangan Lembar Kerja Peserta Didik Berbasis STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) Pada Materi Organ Pernapasan Hewan Kelas V SD. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 11(1), 338–347. <https://doi.org/10.25273/jems.v11i1.15532>
- Fathaddin, M. T., Sitaresmi, R., Ridaliani, O., Widiatni, H., Kusumawardhani, D., Mustafa, E., & Omar, A. (2021). Sosialisasi Pembuatan Briket Tanaman untuk

- Bahan Bakar Selama Masa Pandemi Covid 19 di Lingkungan Komunitas Masyarakat Cibinong. *Jurnal Abdimas dan Kearifan Lokal*, II(2), 22–28.
- Febriyanti, F., Fadila, N., Sanjaya, A. S., Bindar, Y., & Irawan, A. (2019). Pemanfaatan Limbah Tandan Kosong Kelapa Sawit menjadi Bio-Char, Bio-Oil dan Gas dengan Metode Pirolisis. *Jurnal Chemurgy*, 2, 43–51. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.30872/cmg.v3i2.3578>
- Fitri, E. A., Karyadi, B., & Johan, H. (2023). Analisis Kebutuhan: Pemanfaatan Teknologi sebagai Media Pembelajar Fisika bagi Peserta didik di Pulau Enggano. *Jurnal Pendidikan Tambusai*, 7(1), 1789–1794.
- Harahap, A. V., Simatupang, Z., & Susanti, E. (2014). Pengembangan Lembar Kegiatan Peserta Didik (LKPD) pada Materi Pokok Eubacteria berbasis Pendekatan Ilmiah. *Pelita*, 5(3), 330–338. <http://dx.doi.org/10.24114/jpp.v5i3.8867>
- Johan, H., Karyadi, B., Farid, M., Sipriyadi, S., Johan, S., Fitri, E. A., & Opilah, B. S. (2022). The Use of Science Learning Resources in Physics Subjects at Secondary Schools in Enggano as the Outermost Island of Indonesia. *Journal of Physics: Conference Series*, 2377(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2377/1/012086>
- Kalak, T. (2023). Potential Use of Industrial Biomass Waste as a Sustainable Energy Source in the Future. *Energies*, 16(4), 1783. <https://doi.org/10.3390/en16041783>
- Maulana, Y., Shabrina, A. N., & Karyadi, B. (2024). Integrated Landslide Mitigation Model in Physics Concept of Environmental Pollution and Alternative Energy. *Physics Education Journal*, 7(1), 172–181. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>
- Nurseto, T. (2019). Membuat Media Pembelajaran yang Menarik. *Jurnal Ekonomi dan Pendidikan*, 8(1), 19–35. <https://doi.org/10.21831/jep.v8i1.706>
- Patika, S., Rohana, R., & Surmilasari, N. (2023). Pengembangan Bahan Ajar IPA Berbasis Pendekatan STEM pada Materi Rangkaian Listrik Kelas VI SD. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 11(2), 544–554. <https://doi.org/10.25273/jems.v11i2.15817>
- Pemerintahan Daerah Kabupaten Kepahiang. (2020). *Profil Investasi Kepahiang*. Kepahiang: Dinas Penanaman Modal dan Perizinan Terpadu
- Pusdatin. (2022). *Outlook Komoditas Perkebunan Kopi 2022*. In Outlook Komoditas Perkebunan Kopi 2022. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal - Kementerian Pertanian. https://satudata.pertanian.go.id/assets/docs/publikasi/Buku_Outlook_Kopi_2022_compressed.pdf
- Rahmawati. (2018). The Development and Validation of Conceptual Knowledge Test to Evaluate Conceptual Knowledge of Physics Prospective Teachers on Electricity and Magnetism Topic. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 7(4), 483–490. <https://doi.org/10.15294/jpii.v7i4.13490>
- Ristianingsih, Y., Ulfa, A., & Syafitri, R. (2015). Karakteristik Briket Bioarang Berbahan Baku Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Pirolisis. *Jurnal Konversi*, 4(2), 16–21.
- Rohana, R., Fitri, E. A., & Arni, Y. (2024). Utilization of Environment-Based Science Learning Resources Around Sungai Pedada as Elementary Schools in the 3T Region of Indonesia. *International Conference on Digital Education and Social Science (ICDESS)* (pp. 106-113). Jakarta: Asosiasi Pengelola Publikasi Ilmiah Perguruan Tinggi PGRI. Retrieved December 31, 2024
- Seruni, R., Munawaoh, S., Kurniadewi, F., & Nurjayadi, M. (2019). Pengembangan Modul Elektronik (E-Module) Biokimia pada Materi Metabolisme Lipid Menggunakan Flip Pdf Professional. *JTK (Jurnal Tadris Kimiya)*, 4(1), 48–56. <https://doi.org/10.15575/jtk.v4i1.4672>

- Setter, C. (2020). Slow Pyrolysis of Coffee Husk Briquettes: Characterization of the Solid and Liquid Fractions. *Fuel*, 2, 122–135. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2019.116420>
- Sijabat, J. P. (2023). Penerapan Modul Elektronik (E-Modul) untuk Meningkatkan Motivasi Belajar pada Siswa Kelas X SMA Swasta Bintang Timur. *Pengembangan Penelitian Pengabdian Jurnal*, 3(1), 38–46. <https://jurnal.migascentral.com/index.php/p3ji/article/view/3>
- Sott, M. K. (2020). Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends. *IEEE Access*, 8, 149854–149867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016325>
- Sugiyono. (2019). Metode Penelitian Pendidikan (p. 908). Alfabeta. Bandung
- Swandi, A., Amin, B. D., Viridi, S., Rahmadhanningsih, S., Yusuf, I., Asdar, & Arsyad, S. N. (2023, June). Development of technology enabled active learning simulation for conducting physics experiment in online learning. In *The 8th International Conference on Mathematics, Science and Education 2021* (Vol. 2614, No. 1, p. 050072). AIP Publishing LLC.
- Swandi, A., Viridi, S., Rahmadhanningsih, S., Sutjahja, I. M., & Sari, J. (2024). Implementation of Project-Based Science Learning to Improve Literacy of School Managers About New Renewable Energy in West Halmahera. *Kasuari: Physics Education Journal*, 7(2), 280–288. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>
- Tampubolon, J., Ginting, A., Nainggolan, H. L., & Tarigan, J. R. (2023). Indonesian Coffee Development Path: Production and International Trade. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 41(12), 316–328. <https://doi.org/10.9734/ajaees/2023/v41i122335>
- Theresia, E., Rohana, R., & Ratih Ayu, I. (2023). Pengembangan Media Video Blog (Vlog) Berbasis Kearifan Lokal Materi Kegunaan dan Siklus Air pada Siswa Kelas V SD. *Jurnal Edukasi Matematika dan Sains*, 11(1), 191–204. <https://doi.org/10.25273/jems.v11i1.14400>