



## **Development of Alternative Energy-Based Temperature and Heat Module of Wood Waste Charcoal for Science Literacy**

**Dwi Erni Triyanti\*, Afrizal Mayub, & Euis Nursa'adah**

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

\*Corresponding author: dwierni90@gmail.com

**Abstract:** The low science literacy of students, especially in understanding temperature and heat materials, is a challenge in learning physics in schools. This material is often delivered theoretically without being associated with real life, so students have difficulty understanding concepts in their entirety. This research aims to develop a physics learning module on alternative energy-based temperature and heat materials from charcoal from wood and onion wood waste to improve students' science literacy. The research uses a 4D development model that is limited to the Define, Design, and Develop stages. The Define stage includes curriculum analysis, identification of student learning difficulties, and exploration of local potential. The Design Stage produces a contextual module design based on science literacy. At the Develop stage, the modules are validated by experts with results: 90% content aspect, 86% linguistics, and 95% presentation, with an average of 90% indicating the "Feasible" category. The module is considered to have high potential to support contextual learning and improve understanding of the concept of temperature and heat. Thus, this module is worthy of further testing to students in physics learning.

**Keywords:** alternative energy, physics module, science literacy, temperature and heat, onion wood charcoal

## **Pengembangan Modul Suhu dan Kalor Berbasis Energi Alternatif Arang Limbah Kayu Bawang untuk Literasi Sains**

**Abstrak:** Rendahnya literasi sains siswa, khususnya dalam memahami materi suhu dan kalor, menjadi tantangan dalam pembelajaran fisika di sekolah. Materi ini sering disampaikan secara teoritis tanpa dikaitkan dengan kehidupan nyata, sehingga siswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep secara utuh. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan modul pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor berbasis energi alternatif dari arang limbah pohon kayu bawang guna meningkatkan literasi sains siswa. Penelitian menggunakan model pengembangan 4D yang dibatasi pada tahap Define, Design, dan Develop. Tahap Define mencakup analisis kurikulum, identifikasi kesulitan belajar siswa, dan eksplorasi potensi lokal. Tahap Design menghasilkan rancangan modul yang kontekstual dan berbasis literasi sains. Pada tahap Develop, modul divalidasi oleh ahli dengan hasil: aspek isi 90%, kebahasaan 86%, dan penyajian 95%, dengan rata-rata 90% yang menunjukkan kategori "Layak". Modul dinilai memiliki potensi tinggi untuk mendukung pembelajaran kontekstual serta meningkatkan pemahaman konsep suhu dan kalor. Dengan demikian, modul ini layak untuk diuji cobakan lebih lanjut kepada siswa dalam pembelajaran fisika.

**Kata kunci:** arang kayu bawang, energi alternatif, literasi sains, modul fisika, suhu dan kalor

## PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara tropis yang kaya akan sumber daya hayati, termasuk ragam jenis pohon yang tumbuh subur di berbagai daerah (Wibowo, 2022). Salah satu jenis pohon yang banyak ditemukan adalah pohon kayu bawang (*Dysoxylum mollissimum*), yang sering dimanfaatkan masyarakat untuk bahan bangunan, perabot, maupun kebutuhan pertanian (Siswanto & Ghofur, 2023). Setelah melalui proses pemanfaatan utama, pohon ini menyisakan limbah berupa ranting, cabang kecil, dan serbuk kayu yang belum banyak dimanfaatkan secara optimal. Padahal, limbah biomassa dari pohon kayu bawang ini memiliki potensi sebagai bahan bakar alternatif ramah lingkungan jika diolah dengan tepat (Reyes, 2021).

Seiring dengan meningkatnya kebutuhan energi dan krisis energi fosil yang tidak terbarukan, pemanfaatan energi alternatif menjadi salah satu solusi penting. Energi alternatif berasal dari sumber daya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan, seperti tenaga surya, angin, air, dan biomassa. Limbah biomassa, termasuk limbah kayu bawang, dapat diubah menjadi energi melalui proses pirolisis yang menghasilkan arang, bio-oil, atau gas (Dahnil et al., 2023). Inovasi dalam pemanfaatan limbah ini tidak hanya mendukung keberlanjutan lingkungan, tetapi juga berpotensi menjadi sumber belajar yang kontekstual dan bermakna dalam pendidikan.

Arang yang dihasilkan dari limbah kayu bawang merupakan bentuk energi padat yang memiliki nilai kalor cukup tinggi dan dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif. Selain itu, proses pembuatannya relatif sederhana dan dapat dilakukan oleh masyarakat sekitar. Potensi ini belum banyak dikenalkan dalam pembelajaran, padahal sangat relevan dengan topik suhu dan kalor dalam pelajaran fisika. Pengetahuan mengenai konversi energi dan sifat kalor dapat dikaitkan secara langsung dengan proses pembakaran arang dari limbah kayu bawang (Irawan & Kusumawardana, 2023). Dengan demikian, penggunaan arang dari limbah ini dapat dijadikan sebagai konteks nyata dalam pembelajaran.

Sayangnya, berdasarkan berbagai studi, literasi sains siswa di Indonesia masih tergolong rendah, terutama dalam memahami konsep-konsep yang bersifat abstrak seperti kalor, suhu, dan energi (Fuadi et al., 2020). Laporan Programme for International Student Assessment (PISA) tahun 2018 menunjukkan bahwa skor literasi sains siswa Indonesia hanya mencapai 396, jauh di bawah rata-rata OECD yang sebesar 489. Indonesia menempati peringkat 71 dari 78 negara, yang mencerminkan rendahnya kemampuan siswa dalam menerapkan pengetahuan sains untuk memecahkan masalah kehidupan nyata (Shobande, 2022). Hasil ini diperkuat oleh studi nasional lainnya yang menunjukkan bahwa siswa masih kesulitan memahami hubungan antara konsep ilmiah dan konteks sehari-hari (Meitasari & Wiyono, 2024).

Literasi sains tidak hanya mencakup penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan untuk berpikir kritis, membuat keputusan berdasarkan informasi ilmiah, dan menyelesaikan masalah kontekstual secara mandiri. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa siswa dengan literasi sains yang baik cenderung memiliki kemampuan yang lebih tinggi dalam memecahkan soal HOTS dan menunjukkan regulasi diri dalam belajar (Rezeki et al., 2024). Selain itu, siswa yang terpapar pembelajaran berbasis lingkungan dan berbasis budaya lokal juga menunjukkan peningkatan literasi ilmiah secara signifikan (Salasabila et al., 2024; Sartika et al., 2025). Oleh karena itu, penting untuk mengintegrasikan pendekatan pembelajaran yang kontekstual dan bermakna untuk membantu siswa mengaitkan sains dengan kehidupan nyata mereka.

Kondisi ini semakin diperparah oleh kurangnya media pembelajaran yang mendukung pemahaman siswa terhadap konsep fisika yang kompleks. Pembelajaran fisika sering

dianggap sulit dan membosankan karena disampaikan tanpa pendekatan kontekstual. Oleh karena itu, diperlukan solusi berupa modul pembelajaran yang mengintegrasikan fenomena lingkungan lokal dan dapat menjembatani pemahaman siswa terhadap materi abstrak menjadi lebih konkret dan aplikatif (Mellyzar et al., 2022).

Sebagai solusi, pengembangan modul fisika kontekstual berbasis pemanfaatan arang dari limbah kayu bawang pada materi suhu dan kalor dapat menjadi pendekatan inovatif untuk meningkatkan literasi sains siswa. Sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk menghasilkan modul Suhu dan Kalor Berbasis Energi Alternatif Arang Limbah Kayu Bawang yang valid dan dapat digunakan untuk diujicoba kan kepada siswa. Selain itu juga modul ini dirancang agar siswa tidak hanya memahami konsep teoritis, tetapi juga dapat mengaitkannya dengan praktik nyata yang ada di lingkungan sekitar. Dengan pendekatan ini, pembelajaran menjadi lebih bermakna dan berorientasi pada penguatan pemahaman sains sekaligus kepedulian terhadap isu energi dan lingkungan (Mursalin & Setiaji, 2021).

## METODE

Penelitian ini merupakan penelitian pengembangan (*research and development*) yang mengacu pada model 4D (Four-D Model) yang dikembangkan oleh Thiagarajan, Semmel, dan (Thiagarajan & Semmel, 1974) yang terdiri atas empat tahapan utama, yaitu *Define* (Pendefinisian), *Design* (Perancangan), *Develop* (Pengembangan), dan *Disseminate* (Penyebaran). Namun, dalam penelitian ini, pengembangan dibatasi hanya sampai pada tahap *Develop*, dengan fokus pada proses perancangan, dan validasi modul.

Pada tahap *Define*, dilakukan analisis kebutuhan dan analisis awal untuk merumuskan arah pengembangan modul. Kegiatan yang dilakukan meliputi analisis kurikulum mata pelajaran fisika jenjang SMA, khususnya pada materi suhu dan kalor, identifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep tersebut melalui observasi dan wawancara dengan guru, serta studi awal terhadap potensi lokal berupa limbah kayu bawang yang banyak ditemukan di lingkungan sekitar sekolah.

Selanjutnya, pada tahap *Design*, dilakukan proses perancangan modul berdasarkan hasil analisis pada tahap sebelumnya. Modul dirancang dengan memperhatikan tujuan pembelajaran, pemetaan indikator literasi sains, serta integrasi konteks lokal berupa proses pembuatan dan pemanfaatan arang dari limbah pohon kayu bawang. Rancangan modul disusun dengan sistematika yang mencakup: pendahuluan, kegiatan inti dan penutup. Selain itu, pada tahap ini juga disusun instrumen untuk validasi ahli.

Tahap *Develop* dilakukan dengan merealisasikan desain modul dalam bentuk produk awal (*prototype*). Selanjutnya, modul divalidasi oleh ahli materi dan ahli media pembelajaran untuk menilai kelayakan dari aspek isi, kebahasaan, dan penyajian. Validator terdiri dari dua dosen pendidikan fisika dan satu ahli desain media pembelajaran. Setelah dilakukan validasi, modul direvisi berdasarkan masukan yang diperoleh.

Penelitian ini dilaksanakan di kelas XI 1 dan XI 2 SMAN 4 Bengkulu Utara tahun pelajaran 2024/2025. Sampel dalam penelitian ini berjumlah 60 orang. Pengambilan sampel dalam penelitian ini menggunakan teknik *purposive sampling*, yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan pertimbangan tertentu.

Pengumpulan data dilakukan melalui angket analisis kebutuhan, observasi dan lembar validasi ahli. Instrumen ini berisi indikator-indikator penilaian yang disusun dalam bentuk skala Likert empat tingkat, dari “sangat tidak sesuai” hingga “sangat sesuai”. Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif untuk menilai tingkat kelayakan modul, serta deskriptif kualitatif untuk menggambarkan komentar dan masukan dari para validator maupun siswa. Kriteria kelayakan modul mengacu pada pedoman pengembangan bahan ajar dari Badan Standar Nasional Pendidikan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tahap Define

Pada tahap *Define*, fokus utama analisis kebutuhan diarahkan pada mata pelajaran fisika jenjang SMA, khususnya pada materi suhu dan kalor, serta pemanfaatan konteks lokal limbah kayu bawang sebagai sumber energi alternatif yang dekat dengan kehidupan siswa. Penggunaan konteks lokal dalam pengembangan bahan ajar bertujuan untuk menciptakan keterkaitan antara konsep fisika dan realitas lingkungan siswa, sehingga dapat meningkatkan relevansi pembelajaran dan keterlibatan siswa secara aktif (Hanazahra & Hidayat, 2025). Berdasarkan hasil angket analisis kebutuhan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1.** Hasil Angket Analisis Kebutuhan

No	Pernyataan	Presentase (%)	Kategori
1	Saya tahu bahwa materi suhu dan kalor diajarkan dalam pelajaran fisika.	70	Sangat Setuju
2	Saya merasa materi suhu dan kalor sulit untuk dipahami.	83	Sangat setuju
3	Saya lebih mudah memahami fisika jika ada contoh yang terjadi di kehidupan sehari-hari.	80	Sangat setuju
4	Selama ini, guru lebih sering menjelaskan fisika hanya lewat teori tanpa praktik.	90	Sangat setuju
5	Saya lebih tertarik belajar jika materi fisika dikaitkan dengan lingkungan sekitar.	80	Sangat setuju
6	Saya pernah mendengar atau melihat pohon kayu bawang di lingkungan sekitar.	75	Sangat setuju
7	Saya tahu bahwa kayu bisa dijadikan arang untuk bahan bakar atau energi alternatif.	60	Sangat setuju
8	Saya ingin tahu bagaimana cara membuat energi dari limbah seperti kayu bawang.	80	Sangat setuju
9	Saya belum pernah belajar fisika dengan contoh arang atau energi dari limbah pohon.	97	Sangat setuju
10	Saya ingin belajar suhu dan kalor menggunakan praktik atau eksperimen yang nyata.	85	Sangat setuju
11	Saya belum pernah menggunakan modul khusus saat belajar suhu dan kalor.	87	Sangat setuju
12	Saya ingin mencoba belajar suhu dan kalor dari modul yang mudah dipahami dan menarik.	85	Sangat setuju
13	Saya merasa kemampuan saya dalam memahami sains atau IPA masih bisa ditingkatkan.	88	Sangat setuju
14	Saya lebih paham pelajaran kalau ada gambar, kegiatan, atau cerita yang sesuai kehidupan.	90	Sangat setuju
15	Saya setuju jika pembelajaran fisika memakai contoh dari energi alternatif yang nyata.	87	Sangat setuju

Berdasarkan hasil analisis angket kebutuhan yang diberikan kepada siswa SMA, diketahui bahwa mayoritas siswa memberikan respon dalam kategori "Sangat Setuju" pada seluruh pernyataan yang diajukan. Hal ini menunjukkan bahwa kebutuhan siswa terhadap pembelajaran fisika yang kontekstual, menarik, dan berkaitan dengan lingkungan sekitar

sangat tinggi. Pada pernyataan pertama, sebesar 70% siswa sangat setuju bahwa materi suhu dan kalor memang diajarkan dalam pelajaran fisika. Hal ini menandakan bahwa siswa sudah mengenali materi tersebut dalam pembelajaran, namun belum tentu memahami konsepnya dengan baik. Hal tersebut diperkuat dengan pernyataan kedua, di mana 83% siswa sangat setuju bahwa materi suhu dan kalor sulit dipahami. Kesulitan ini menunjukkan adanya kebutuhan akan pendekatan pembelajaran yang lebih mudah dipahami oleh siswa. Sejalan dengan itu, (Yulia & Ramli, 2019) menyatakan bahwa pembelajaran fisika yang terlalu teoritis dan minim visualisasi menyebabkan siswa kesulitan dalam membangun pemahaman konseptual secara utuh.

Selanjutnya, 80% siswa sangat setuju bahwa mereka lebih mudah memahami fisika jika dikaitkan dengan kehidupan sehari-hari, dan 90% siswa menyatakan bahwa guru lebih sering menjelaskan materi hanya secara teoritis tanpa praktik nyata. Temuan ini menunjukkan bahwa pembelajaran fisika masih cenderung abstrak dan belum banyak melibatkan kegiatan yang bersifat kontekstual dan aplikatif. Sementara itu, 80% siswa sangat tertarik jika pembelajaran dikaitkan dengan lingkungan sekitar, yang menunjukkan adanya keinginan kuat dari siswa untuk belajar fisika yang relevan dengan konteks lokal mereka. Mardianto et al., (2022) menegaskan bahwa pendekatan pembelajaran kontekstual sangat efektif dalam membantu siswa mengaitkan konsep fisika dengan realitas sehari-hari dan meningkatkan literasi sains.

Mengenai konteks lokal, 75% siswa mengaku pernah melihat atau mendengar pohon kayu bawang, dan 60% siswa mengetahui bahwa kayu bisa dijadikan arang sebagai energi alternatif. Hal ini menunjukkan bahwa meskipun sebagian besar siswa mengenali sumber daya lokal, pemahaman mereka mengenai pemanfaatannya sebagai energi alternatif masih terbatas. Namun, 80% siswa sangat ingin tahu lebih lanjut tentang cara membuat energi dari limbah seperti kayu bawang, dan 97% siswa menyatakan belum pernah belajar fisika dengan menggunakan contoh arang atau energi dari limbah pohon, yang menunjukkan potensi besar dalam pengembangan pembelajaran kontekstual berbasis energi alternatif lokal. Hal ini juga diperkuat oleh temuan (Agnesti & Amelia, 2021) yang menjelaskan bahwa penggunaan sumber daya lokal dalam pembelajaran sains dapat meningkatkan keterlibatan dan relevansi materi bagi siswa.

Dalam hal pendekatan pembelajaran, 85% siswa sangat ingin belajar suhu dan kalor menggunakan praktik atau eksperimen yang nyata, dan 87% siswa belum pernah menggunakan modul khusus untuk mempelajari materi ini. Hal ini menegaskan perlunya pengembangan modul pembelajaran yang inovatif dan mudah dipahami. Dukungan siswa terhadap pengembangan modul terlihat dari pernyataan ke-12 hingga ke-15, di mana 85–90% siswa sangat setuju bahwa mereka membutuhkan modul yang menarik, berbasis praktik, menggunakan visual, serta mengangkat konteks energi alternatif yang nyata. Hal ini sejalan dengan pendapat Sartika et al., (2025) bahwa penggunaan media pembelajaran berbasis konteks lokal dan visual digital mampu meningkatkan rasa ingin tahu serta literasi sains siswa. Selain itu, penelitian Rezeki et al., (2024) juga menunjukkan bahwa integrasi modul berbasis praktik dan kontekstual mampu mendukung keterampilan literasi ilmiah siswa secara signifikan.

Analisis kurikulum dilakukan dengan meninjau dokumen Kurikulum Merdeka untuk jenjang SMA yang menunjukkan bahwa materi suhu dan kalor termasuk dalam elemen energi dan perubahannya, dengan capaian pembelajaran yang menuntut siswa memahami konsep suhu, kalor, perpindahan kalor, serta perubahan wujud zat akibat kalor. Capaian ini mencerminkan perlunya pendekatan pembelajaran yang menghubungkan konsep ilmiah dengan fenomena nyata yang dekat dengan kehidupan siswa. Sejalan dengan hal tersebut, Rahmadayanti & Hartoyo, (2022) menekankan pentingnya pembelajaran kontekstual dan

transformatif dalam Kurikulum Merdeka untuk mendorong siswa menjadi pembelajar sepanjang hayat yang mampu berpikir kritis dan kreatif. Tabel 2 menunjukkan hasil analisis konsep suhu, kalor dan perubahannya dalam konteks arang dari limbah kayu bawang.

**Tabel 2.** Analisis Konsep Suhu, Kalor dan Perubahannya dalam Konteks Arang dari Limbah Kayu Bawang

No	Konsep Fisika	Deskripsi Konsep	Konteks Arang Limbah Kayu Bawang
1	Suhu	Ukuran derajat panas suatu benda, menunjukkan energi kinetik partikel zat	Pengukuran suhu air saat dipanaskan di atas arang kayu bawang
2	Kalor	Energi panas yang berpindah dari benda bersuhu tinggi ke benda bersuhu rendah	Arang membakar logam atau air, menyebabkan perubahan suhu
3	Perpindahan Kalor: Konduksi	Kalor berpindah melalui zat padat dari suhu tinggi ke suhu rendah	Sendok logam yang menjadi panas saat disentuhkan ke arang
4	Perpindahan Kalor: Konveksi	Kalor berpindah melalui zat cair atau gas dalam bentuk aliran	Pemanasan air oleh arang, menciptakan arus air panas ke atas dan dingin ke bawah
5	Perpindahan Kalor: Radiasi	Kalor berpindah tanpa medium melalui gelombang elektromagnetik	Panas dari arang terasa meski tidak menyentuh langsung
6	Perubahan Wujud Zat	Kalor dapat menyebabkan perubahan fase zat seperti mencair dan menguap	Air mendidih di atas pembakaran arang sehingga terjadi penguapan
7	Kapasitas Kalor	Jumlah kalor yang dibutuhkan untuk menaikkan suhu suatu zat	Membandingkan kenaikan suhu berbagai zat (air, minyak, logam) di atas arang
8	Sumber Energi Alternatif	Energi non-fosil yang dapat diperbarui dan ramah lingkungan	Arang dari limbah kayu bawang sebagai sumber panas alternatif

Selanjutnya, dilakukan identifikasi kesulitan siswa dalam memahami konsep suhu dan kalor. Hasil observasi dan wawancara dengan guru fisika menunjukkan bahwa siswa sering mengalami kesulitan dalam membedakan antara suhu dan kalor, memahami proses perpindahan kalor, serta menghubungkan teori dengan fenomena nyata. Materi ini sering dianggap abstrak karena minimnya praktik dan kurangnya keterkaitan dengan kehidupan sehari-hari. Guru juga menyampaikan bahwa sebagian besar siswa mengalami kebosanan saat mempelajari materi ini karena kurangnya media atau modul yang menarik dan kontekstual. Hal ini sesuai dengan temuan sebelumnya bahwa salah satu faktor rendahnya literasi sains siswa adalah karena pembelajaran yang masih bersifat teoritis dan tidak dikaitkan dengan konteks nyata (Juliana et al., 2023).

Untuk memperkuat data tersebut maka, dilakukan juga studi awal terhadap potensi lokal berupa limbah pohon kayu bawang yang banyak ditemukan di lingkungan sekitar sekolah, khususnya di wilayah Bengkulu Utara. Limbah ini berupa ranting, batang kecil, dan serpihan kayu hasil dari pemotongan atau pengolahan pohon bawang oleh masyarakat. Berdasarkan pengamatan, limbah ini belum dimanfaatkan secara maksimal dan cenderung

dibakar atau dibiarkan membusuk. Padahal, kayu bawang memiliki karakteristik yang memungkinkan untuk diolah menjadi arang melalui proses pirolisis, yang menghasilkan energi panas cukup tinggi (Herdiana & Siahaan, 2018). Dengan demikian, limbah kayu bawang berpotensi besar untuk dijadikan konteks lokal dalam pembelajaran suhu dan kalor, sekaligus memperkenalkan energi alternatif yang ramah lingkungan.

Temuan ini menunjukkan adanya kebutuhan nyata untuk menghadirkan modul pembelajaran berbasis kontekstual yang tidak hanya mengacu pada kurikulum, tetapi juga mengintegrasikan potensi lokal. Dengan menghadirkan modul yang mengangkat tema arang dari limbah kayu bawang, siswa akan lebih mudah memahami konsep suhu dan kalor secara konkret. Selain itu, konteks lokal ini juga dapat mendorong kesadaran siswa terhadap pentingnya pemanfaatan limbah dan pengembangan energi alternatif di lingkungan sekitar. Modul semacam ini berpotensi meningkatkan literasi sains siswa, karena menggabungkan pengetahuan ilmiah dengan pengalaman nyata dan relevansi sosial (Azimi et al., 2017; Herlidia, 2024). Secara keseluruhan, hasil tahap *Define* menunjukkan bahwa pengembangan modul sangat relevan dan dibutuhkan untuk menjawab tantangan pembelajaran fisika di kelas. Kegiatan analisis kebutuhan, identifikasi kesulitan siswa, dan pemetaan potensi lokal menjadi dasar dalam merancang modul yang tidak hanya mendukung pencapaian kompetensi akademik, tetapi juga membangun kepedulian terhadap isu lingkungan dan energi.

### **Tahap Desain dan Pengembangan Modul**

Pada tahap desain, dilakukan penyusunan struktur dan isi modul berdasarkan hasil analisis kebutuhan dan kurikulum pada tahap sebelumnya. Desain modul ini disusun dengan mempertimbangkan pendekatan pembelajaran berbasis kontekstual. Modul dirancang secara sistematis agar mampu menjembatani kesenjangan antara teori fisika dan praktik nyata, khususnya dalam materi suhu dan kalor. Struktur modul meliputi: (1) Pendahuluan, yang berisi pengantar topik dan kaitannya dengan kehidupan sehari-hari; (2) Kegiatan Inti, yang mencakup konsep suhu, kalor, perpindahan kalor, dan perubahan wujud zat dengan konteks eksperimen menggunakan arang limbah kayu bawang; serta (3) Refleksi dan Penilaian, yang mendorong siswa untuk berpikir kritis, merefleksi pemahaman, dan menerapkan konsep dalam konteks lokal. Modul juga dilengkapi dengan gambar, grafik suhu, instruksi praktikum sederhana. Setiap bagian modul dirancang dengan memperhatikan indikator literasi sains, seperti kemampuan menjelaskan fenomena ilmiah, menafsirkan data, dan menerapkan pengetahuan ilmiah dalam kehidupan nyata. Penelitian oleh (Herawati, 2020; Laraphaty & Riswanda, 2021) menunjukkan bahwa pengembangan media pembelajaran yang menggabungkan praktik nyata, visual, dan konteks lingkungan sekitar dapat meningkatkan literasi ilmiah dan keterlibatan siswa secara signifikan.

Desain modul juga memperhatikan keterlibatan potensi lokal, dengan menyisipkan narasi dan gambar pohon kayu bawang yang banyak ditemukan di lingkungan siswa, serta proses sederhana pembuatan arang. Hal ini bertujuan agar siswa merasa pembelajaran lebih dekat dengan kehidupan mereka dan menumbuhkan kesadaran terhadap pemanfaatan limbah sebagai energi alternatif yang berkelanjutan (Grounds, 2022). Dengan demikian, desain modul ini sejalan dengan upaya pembelajaran sains yang tidak hanya menekankan pada konsep, tetapi juga pada kebermaknaan dan relevansinya dalam kehidupan siswa.



Gambar 1. Tampilan Modul Hasil Pengembangan

### Validasi Modul

Pada tahap pengembangan, modul yang telah didesain kemudian divalidasi oleh ahli dan direvisi sesuai saran dan masukan dari validator. Validasi dilakukan oleh dua dosen pendidikan fisika dan satu guru sekolah sebagai praktisi. Penilaian dilakukan terhadap aspek kelayakan isi, kebahasaan, dan penyajian. Hasil validasi menunjukkan bahwa modul dinilai "Layak" dengan skor rata-rata lebih dari 90% pada seluruh aspek. Para validator memberikan catatan positif terhadap kekayaan ilustrasi, keterkaitan dengan konteks lokal, serta potensi modul dalam meningkatkan pemahaman siswa terhadap konsep suhu dan kalor. Temuan ini sejalan dengan penelitian oleh (Fitri et al., 2025) yang menyatakan bahwa keterlibatan ahli dalam proses validasi sangat penting untuk memastikan kualitas materi dan efektivitas penyampaian dalam modul pembelajaran. Selain itu, (Hanazahra & Hidayat, 2025) menegaskan bahwa validasi oleh dosen dan praktisi lapangan mampu memberikan perspektif yang komprehensif terhadap kelayakan dan implementasi bahan ajar dalam konteks kelas nyata.

Tabel 3. Hasil Validasi Modul

No	Aspek	Total Skor	Total Max	Persentase (%)	Kategori
1	Aspek kelayakan isi	27	30	90	Layak
2	Aspek kebahasaan	13	15	86	Layak
3	Aspek penyajian	19	20	95	Layak
Rata -Rata				90	Layak

Hasil validasi modul pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor berbasis energi alternatif dari arang limbah kayu bawang menunjukkan bahwa modul yang dikembangkan berada dalam kategori layak untuk digunakan. Validasi dilakukan oleh ahli dengan menilai tiga aspek, yaitu aspek kelayakan isi, aspek kebahasaan, dan aspek penyajian. Pada aspek kelayakan isi, modul memperoleh skor 27 dari total skor maksimum 30, dengan persentase

kelayakan sebesar 90%, yang menunjukkan bahwa isi materi telah sesuai dengan capaian pembelajaran, memuat konsep yang benar secara ilmiah, serta kontekstual dengan potensi lokal, khususnya pemanfaatan limbah pohon kayu bawang. Menurut Nikmah Rahmati et al., (2018) yang menyatakan bahwa modul yang berbasis potensi lokal dapat meningkatkan relevansi pembelajaran dan keterlibatan siswa dalam memahami konsep sains secara bermakna.

Pada aspek kebahasaan, modul memperoleh skor 13 dari maksimum 15 atau setara 86%, yang menunjukkan bahwa bahasa yang digunakan cukup komunikatif, sesuai dengan tingkat kognitif peserta didik SMA, dan memudahkan siswa dalam memahami materi. Meskipun demikian, validator memberikan beberapa masukan terkait penyusunan kalimat agar lebih efektif dan efisien dalam menyampaikan informasi. Menurut (Wulandari et al., 2019) penggunaan bahasa yang tepat dapat membantu membangun pemahaman konseptual siswa terhadap materi yang disampaikan. Sementara itu, pada aspek penyajian, modul memperoleh skor 19 dari total maksimum 20, dengan persentase 95%, yang termasuk dalam kategori sangat layak. Hal ini menunjukkan bahwa tampilan visual, alur penyajian, penggunaan gambar, dan struktur modul dinilai sangat membantu siswa dalam mengikuti pembelajaran secara bertahap dan menarik. Menurut Cahyadi (2019) juga menegaskan bahwa aspek visual dan penyajian yang baik dalam media pembelajaran dapat meningkatkan daya tarik siswa serta efektivitas penyampaian materi yang kompleks seperti suhu dan kalor.

Secara keseluruhan, rata-rata persentase dari ketiga aspek tersebut adalah 90%, yang menempatkan modul pada kategori layak. Hasil ini mengindikasikan bahwa modul dapat digunakan dalam pembelajaran, dengan catatan dilakukan revisi minor berdasarkan saran validator untuk meningkatkan kualitasnya. Validasi ini sejalan dengan pendapat Hanazahra & Hidayat (2025) yang menyatakan bahwa keterlibatan ahli dalam validasi produk pengembangan merupakan langkah penting dalam memastikan keandalan isi dan ketepatan pendekatan pembelajaran, karena pengalaman mereka dalam mengembangkan modul ajar (Irmawati et al., 2023). Selain itu menurut Sugiyono, (2019) menyatakan bahwa suatu perangkat pembelajaran dikatakan valid apabila nilai rata-rata dari penilaian ahli mencapai minimal 61% dan meningkat setelah dilakukan revisi. Dengan demikian, berdasarkan hasil validasi ini, modul pembelajaran suhu dan kalor berbasis energi alternatif arang kayu bawang dinyatakan layak di uji cobakan kepada siswa sebagai bahan ajar inovatif, kontekstual dan berbasis potensi lokal.

## SIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa proses pengembangan modul pembelajaran fisika pada materi suhu dan kalor berbasis energi alternatif dari arang limbah pohon kayu bawang layak untuk diuji cobakan kepada siswa. Berdasarkan kriteria penilaian, modul tersebut berada pada kategori "Layak", yang berarti dapat digunakan dalam proses pembelajaran setelah dilakukan revisi. Modul ini dirancang dengan pendekatan kontekstual yang mengintegrasikan potensi lokal, khususnya pemanfaatan limbah pohon kayu bawang sebagai sumber energi alternatif, untuk membantu siswa memahami konsep suhu, kalor, dan perubahan energi secara nyata. Selain itu, modul juga memuat kegiatan eksperimen sederhana, serta ilustrasi yang menarik dan mendukung keterbacaan siswa. Dengan demikian, modul yang dihasilkan dinyatakan layak sebagai bahan ajar inovatif dan kontekstual yang dapat digunakan dalam uji coba terbatas untuk mengukur efektivitasnya dalam meningkatkan literasi sains siswa SMA pada materi suhu dan kalor. Tahapan selanjutnya yang direkomendasikan adalah melaksanakan uji coba kepada siswa untuk menilai kepraktisan dan keefektifan modul dalam konteks

pembelajaran aktual. Namun demikian, penelitian ini masih memiliki beberapa keterbatasan. Pengembangan hanya dilakukan hingga tahap validasi oleh ahli, sehingga data kepraktisan dan dampak langsung terhadap hasil belajar siswa belum dapat diketahui secara empiris. Selain itu, modul ini difokuskan pada satu topik dan satu konteks lokal tertentu, sehingga cakupan penggunaannya masih terbatas. Oleh karena itu, peneliti selanjutnya disarankan untuk melanjutkan ke tahap implementasi dan evaluasi dengan melibatkan siswa secara langsung melalui uji coba terbatas maupun luas. Selain itu, pengembangan lebih lanjut juga dapat dilakukan dengan memperluas konteks lokal lain atau mengintegrasikan teknologi digital untuk meningkatkan daya tarik modul dan mendukung pembelajaran abad ke-21.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agnesti, Y., & Amelia, R. (2021). Faktor-Faktor Kesulitan Belajar Siswa pada Materi Perbandingan dengan Menggunakan Pendekatan Kontekstual. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 10(2), 311–320. <https://doi.org/10.31980/mosharafa.v10i2.868>
- Azimi, A., Rusilowati, A., & Sulhadi, S. (2017). Pengembangan Media Pembelajaran IPA Berbasis Literasi Sains untuk Siswa Sekolah Dasar. *PSEJ (Pancasakti Science Education Journal)*, 2(2), 145. <https://doi.org/10.24905/psej.v2i2.754>
- Cahyadi, R. A. H. (2019). Pengembangan Bahan Ajar Berbasis Addie Model. *Halaqa: Islamic Education Journal*, 3(1), 35–42. <https://doi.org/10.21070/halaqa.v3i1.2124>
- Dahnil, D., Zaitun, Z., & Hidayat, T. (2023). Efektivitas Penggunaan Mulsa dan Biochar Limbah Kayu terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 1(2), 11–23. <https://jim.usk.ac.id/JFP/article/view/25784>
- Fitri, E. A., Arni, Y., Listiono, A. E., & Romawina, D. (2025). Using Augmented Reality for Disaster Mitigation Education in a Natural Disaster Response School. *Jurnal Eksakta Pendidikan (JEP)*, 9(1), 63–80. <https://doi.org/10.24036/jep/vol9-iss1/980>
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., & Jamaluddin, J. (2020). Analisis Faktor Penyebab Rendahnya Kemampuan Literasi Sains Peserta Didik. *Jurnal Ilmiah Profesi*, 2(2), 44–52. <https://jipp.unram.ac.id/index.php/jipp/article/view/122>
- Grounds, C. (2022). Energi Alternatif Biobriket dari Kombinasi Limbah Ampas Kopi dan Limbah Bawang Merah. *Jurnal Ilmu Lingkungan*, 16(2), 123–132. <https://doi.org/DOI10.31258/jil>
- Hanazahra, A., & Hidayat, R. (2025). *Validasi E-Modul Berbasis Model Pembelajaran Kontekstual pada Materi Energi Terbarukan untuk Siswa Fase E*. 9(1), 2363–2372.
- Herawati, N. S. (2020). Pengembangan Modul Elektronik (E-Modul) Interaktif Pada Mata Pelajaran Kimia Kelas XI IPA SMA. *At-Tadbir: Jurnal Manajemen Pendidikan*, 6(3), 45–56. <https://ejournal.kopertais4.or.id/sasambo/index.php/atTadbir/article/view/3751>
- Herdiana, N., & Siahaan, H. (2018). Pengaruh Arang Kompos dan Intensitas Cahaya terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Bawang. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 5, 57–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.20886/jpht.2008.5.3.139-146>
- Herlidia, E. (2024). *Pengembangan Modul Ajar Keanekaragaman Tumbuhan Obat Bengkulu untuk Meningkatkan Literasi Sains Mahasiswa Prodi Tadris IPA*

- Universitas Islam Negeri [Universitas Islam Negeri].*  
<http://repository.uinfasbengkulu.ac.id/id/eprint/3588>
- Irawan, R., & Kusumawardana, A. R. N. (2023). Analisis Gravimetri pada Arang Buah Gelobak (Hornstedtia Alliacea) Sebagai Bahan Baku Briket. *Jurnal Engineering Universitas Jambi*, 1(4), 234–244. <https://mail.online-journal.unja.ac.id/JurnalEngineering/article/view/22227>
- Irmawati, M., Yusuf, I., & Widyaningsih, S. W. (2023). Validitas E-Modul Interaktif Berbasis Canva Materi Himpunan di Prodi PGSD Universitas Sulawesi Barat. *Pendas: Jurnal Ilmiah Pendidikan Dasar*, 8(1), 1315-1321. <https://doi.org/10.23969/jp.v8i1.7892>
- Juliana, R., Witarsa, R., & Masrul, M. (2023). Penerapan Gerakan Literasi terhadap Kemampuan Literasi Sains dan Literasi Membaca di Sekolah Dasar. *Journal of Education Research*, 2(1), 33–43. <https://jer.or.id/index.php/jer/article/view/265>
- Laraphaty, N. F. R., & Riswanda, J. (2021). Pengembangan Media Pembelajaran Modul Elektronik (E-Modul). *Prosiding*, 2(2), 112–121.
- Mardianto, Y., Abdul Azis, L., Amelia, R., Siliwangi, I., Terusan Jenderal Sudirman, J., & Barat, J. (2022). Menganalisis Respon Siswa terhadap Pembelajaran Materi Perbandingan dan Skala Menggunakan Pendekatan Kontekstual. *Jurnal Pembelajaran Matematika Inovatif*, 5(5), 78–88. <https://doi.org/10.22460/jpmi.v5i5.1313-1322>
- Meitasari, D., & Wiyono, K. (2024). Identification of Physics Concepts in Tanjung Batu Knock Down House. *Kasuari: Physics Education Journal (KPEJ)*, 7(1), 44–54. <http://jurnal.unipa.ac.id/index.php/kpej>
- Mellyzar, M., Zahara, S. R., & Alvina, S. (2022). Literasi Sains dalam Pembelajaran Sains Siswa SMP. *Pendekar: Jurnal Pendidikan Berkarakter*, 5(2), 44–56. <https://doi.org/https://doi.org/10.31764/pendekar.v5i2.10097>
- Mursalin, E., & Setiaji, A. B. (2021). Menumbuhkan Kepedulian Lingkungan melalui Literasi Sains: Penggunaan Pendekatan dan Model Pembelajaran yang Efektif. *E-Prosiding Seminar Nasional Pendidikan*.
- Nikmah Rahmatih, A., Yuniastuti, A., & Susanti, R. (2018). Pengembangan Booklet berdasarkan Kajian Potensi dan Masalah Lokal Sebagai Suplemen Bahan Ajar SMK Pertanian. *Seminar Nasional Pendidikan Biologi dan Saintek III*, 2, 474–481.
- Rahmadayanti, D., & Hartoyo, A. (2022). Potret Kurikulum Merdeka, Wujud Merdeka Belajar di Sekolah Dasar. *Jurnal Basicedu*, 6(4), 7174–7187. <https://doi.org/10.31004/basicedu.v6i4.3431>
- Reyes, L. (2021). Energetic and Exergetic Study of the Pyrolysis of Lignocellulosic Biomasses, Cellulose, Hemicellulose and Lignin. *Energy Conversion and Management*, 2(4), 345–355. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2021.114459>
- Rezeki, N. S., Agachi Purba, A., & Simangunsong, I. T. (2024). Analysis of Students' Physics Literacy Skills in Solving HOTS Problems and Self-Regulated Learning. *Physics Education Journal*, 7(1), 55–65. <https://doi.org/https://doi.org/10.37891/kpej.v7i1.488>
- Salasabila, Z., Sholeh, M., Sulaeman, N. F., Junus, M., & Nuryadin, A. (2024). Assessing Environmental Literacy: Comparative Analysis of Students in Environment-Focused and General Junior High Schools in Balikpapan. *Physics Education Journal*, 7(1), 23–30. <https://doi.org/https://doi.org/10.37891/kpej.v7i1.505>
- Sartika, D., Annisa Lutfin, N., & Nur Tuada, R. (2025). The Development of Digital Media Based on Mandar Local Culture to Enhance Curiosity and Scientific Literacy of

- Physics Candidates. *Kasuari: Physics Education Journal*, 8(1), 71–83. <https://doi.org/https://doi.org/10.37891/kpej.v8i1.776>
- Shobande, O. A. (2022). Has Information and Communication Technology Improved Environmental Quality in the OECD? A Dynamic Panel Analysis. *International Journal of Sustainable Development and World Ecology*, 29(1), 39–49. <https://doi.org/10.1080/13504509.2021.1909172>
- Siswanto, R., & Ghofur, A. (2023). Penggunaan Kompor Briket Tanah Gambut sebagai Bahan Bakar Alternatif di Desa Kayu Bawang Kecamatan Gambut. *Jurnal Pengabdian ILUNG*, 4(2), 456–464. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/ilung/article/view/6852>
- Sugiyono. (2019). *Metode Penelitian Pendidikan*. Bandung. Alfabeta.
- Thiagarajan, S. , S. D. S., & Semmel, M. I. (1974). *Instructional Development for Training Teachers of Exceptional Children*. Minnesota: Leadership Training Institute/Special Education, University of Minnesota.
- Wibowo, I. T. I. R. (2022). *Karakteristik Biochar dari Kayu Meranti (Shorea Leprosula) dan Kayu Sengon (Paraserianthes Falcataria)*. [digilib.unila.ac.id/67988/](http://digilib.unila.ac.id/67988/)
- Wulandari, P., Widiyawati, Y., & Sari, D. S. (2019). Pengembangan LKPD berbasis Nature of Science. *Indonesian Journal of Science*, 1(5), 567–577.
- Yulia, S. R., & Ramli, R. (2019). *Analisis Kebutuhan Pengembangan Handout Berbasis STEM terhadap Pembelajaran Fisika dalam Menghadapi Era Revolusi Industri 4.0*. 5(1), 42–48. <https://doi.org/https://doi.org/10.24036/jppf.v5i1.107420>