

Analisis Kemampuan Pemecahan Masalah untuk Topik Usaha dan Energi pada Siswa SMA di Palangka Raya

**Pri Ariadi Cahya Dinata⁽¹⁾, Theo Jhoni Hartanto⁽²⁾, Desy Kumala Sari⁽³⁾,
Mustika Wati⁽⁴⁾, Dewi Dewantara⁽⁵⁾, Frency Sapetrus⁽⁶⁾, Kristanoval Siloam⁽⁷⁾**

^{1,2,6,7}Universitas Palangka Raya, Indonesia

³Universitas Musamus, Indonesia

^{4,5}Universitas Lambung Mangkurat, Indonesia

Email: priariadi.c@kip.upr.ac.id

Diterima:01-08-2024; Disetujui:16-08-2024; Dipublikasi:17-08-2024

ABSTRAK

Pemecahan masalah merupakan kemampuan penting bagi siswa untuk mampu menyelesaikan soal-soal fisika. Pembelajaran fisika di kelas perlu memperhatikan dan mengembangkan kemampuan ini pada peserta didik. Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kemampuan pemecahan masalah siswa sebagai hasil belajar yang telah diperoleh oleh siswa SMA di Kota Palangkaraya. Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian deskriptif dengan metode survei. Instrumen yang digunakan adalah tes kemampuan pemecahan masalah untuk topik usaha dan energi. Instrumen tersebut digunakan pada 232 siswa kelas XII di Palangkaraya. Hasilnya dianalisis secara kuantitatif untuk mengidentifikasi kemampuan menggambarkan permasalahan, mendeskripsikan permasalahan, merencanakan solusi, melaksanakan rencana, serta mengecek dan mengevaluasi. Hasil menunjukkan bahwa kemampuan menggambarkan dan mendeskripsikan masalah siswa lebih baik dari pada kemampuan yang lainnya. Mereka dapat mengidentifikasi variabel-variabel di soal dan menggambarkan situasi fisis. Di samping itu, ketika soal telah melibatkan analisis rumus dan perhitungan, banyak peserta didik yang tidak mampu mengidentifikasi persamaan-persamaan yang harus diterapkan. Mereka juga memiliki kendala pada kemampuan matematis untuk memperoleh jawaban akhir. Hasil ini perlu menjadi perhatian para pendidik dalam merancang pembelajaran usaha dan energi yang dapat mengakomodasi kemampuan pemecahan masalah siswa.

Kata Kunci : kemampuan pemecahan masalah, penelitian deskriptif, topik usaha dan energi

PENDAHULUAN

Fisika, sebagai salah satu cabang ilmu sains alam, memegang peran sentral dalam memahami dan menjelaskan fenomena-fenomena alam yang terjadi di sekitar kita. Fisika adalah kunci untuk membuka pintu menuju pemahaman yang lebih mendalam tentang dunia ini. Menurut Rovelli (2018), fisika adalah ilmu yang mempelajari prinsip-prinsip dasar yang mengatur alam semesta, mulai dari partikel subatom hingga galaksi yang jauh. Dalam konteks manusia sehari-hari, fisika memberikan pemahaman yang mendalam tentang berbagai aspek kehidupan, seperti energi, gerak, dan sifat materi. Melalui pemahaman ini, manusia dapat mengembangkan teknologi yang memudahkan kehidupan sehari-hari, seperti pembangkit listrik, kendaraan bertenaga, dan perangkat elektronik yang kita gunakan setiap hari.



Di Indonesia, pelajaran fisika di sekolah menengah atas (SMA) memiliki tujuan yang jelas sesuai dengan kurikulum nasional. Kurikulum tingkat SMA bertujuan untuk mengembangkan keterampilan dan pengetahuan siswa di berbagai bidang, termasuk fisika. Hal ini termasuk pemahaman konsep-konsep fisika, penerapan prinsip-prinsip fisika dalam berbagai situasi, pengembangan kemampuan berpikir, hingga pengembangan kemampuan pemecahan masalah (Fathurohman & Lutfi, 2022; Kistiono, 2019; Solehudin, 2018). Dengan memahami fisika, siswa diharapkan dapat mengembangkan pemahaman yang mendalam tentang alam semesta serta memperoleh keterampilan yang diperlukan untuk memecahkan masalah-masalah kompleks dalam kehidupan sehari-hari.

Kemampuan pemecahan masalah adalah aspek kritis dari pembelajaran fisika. Hal ini sejalan dengan pandangan Wider & Wider (2023) yang menyatakan bahwa fisika bukan hanya tentang menghafal fakta, melainkan tentang kemampuan memecahkan masalah fisika yang kompleks. Kemampuan ini tidak hanya melibatkan penerapan konsep-konsep fisika, tetapi juga melibatkan keterampilan analitis, pemikiran kreatif, dan kemampuan berpikir sistematis. Pemecahan masalah dalam konteks fisika melibatkan kemampuan untuk mengidentifikasi masalah, merumuskan hipotesis, mengumpulkan dan menganalisis data, serta menarik kesimpulan yang tepat berdasarkan data yang diperoleh (Zhu et al., 2023). Dengan demikian, pembelajaran fisika yang berhasil seharusnya menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangan kemampuan pemecahan masalah siswa.

Lebih mendalam, kemampuan pemecahan masalah adalah kemampuan kunci dalam menjawab berbagai tantangan dan permasalahan dalam kehidupan sehari-hari. Olaniyan & Govender (2018) memaparkan bahwa pemecahan masalah memerlukan beberapa proses yang harus dilewati, yaitu memahami masalah, merencanakan pemecahan masalah, melaksanakan rencana, dan mengevaluasi proses pemecahan masalah. Langkah-langkah ini dapat membantu siswa dalam menghadapi masalah sehari-hari seperti menghitung kecepatan kendaraan, merancang alat sederhana, atau bahkan mengatasi masalah energi dan lingkungan. Kemampuan pemecahan masalah dibutuhkan ketika siswa memecahkan soal-soal fisika yang berbasis analisis dan hitungan maupun masalah nyata yang ada dalam kehidupan (Kasemsap, 2021). Oleh karena itu, memahami konsep fisika dan memiliki kemampuan pemecahan masalah dalam konteks fisika adalah suatu keahlian yang sangat berharga.

Penerapan metode pemecahan masalah dalam menyelesaikan soal-soal fisika diwujudkan dalam langkah yang lebih detail lagi. Ketika seorang siswa ingin menyelesaikan soal fisika yang berbasis analisis hitungan, ia perlu menggambarkan situasi fisis soal tersebut dan mengidentifikasi variabel-variabel yang terlibat. Kegiatan ini merupakan tahap memahami masalah dan terhubung dengan kemampuan pemodelan mental dan representasi berganda. Selanjutnya, hal yang perlu dilakukan adalah merencanakan proses pemecahan masalah. Di tahap ini, seorang siswa perlu menguraikan berbagai persamaan fisika dan menentukan cara

yang diperlukan untuk menemukan jawaban soal. Tahap ini sangat berhubungan dengan kemampuan metakognitif yang berperan dalam menyusun membuat strategi. Ketika strategi telah ditentukan, hal yang tersisa adalah menjalankan perhitungan sesuai dengan rencana dan mengevaluasi hasilnya. Proses-proses ini turut berperan dalam mendukung kemampuan pemecahan masalah siswa.

Meskipun memiliki potensi besar, banyak siswa di tingkat SMA menghadapi tantangan dan hambatan dalam mengembangkan kemampuan pemecahan masalah dalam pelajaran fisika. Zhu et al. (2023) menyatakan bahwa beberapa faktor seperti kurangnya pemahaman konsep dasar fisika, kurangnya keterampilan matematika yang diperlukan, dan kurangnya motivasi dapat menjadi hambatan utama dalam memecahkan permasalahan fisika. Beberapa penelitian mengenai kemampuan pemecahan masalah telah dilakukan sebelumnya. Makrufi (2016) meneliti kemampuan tersebut untuk topik fluida dinamis pada siswa SMA dan menemukan bahwa peserta didik lebih mampu dalam mengorganisir informasi dan menyatakannya dalam simbol-simbol. Lalu, Astuti et al. (2020) juga meneliti kemampuan pemecahan masalah pada materi getaran dan gelombang untuk siswa SMP. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa siswa-siswa mengalami kesulitan dalam mengimplementasikan rencana pemecahan masalah dan mengevaluasi prosesnya. Lebih lanjut, Ginting (2021) memaparkan bahwa pemahaman konsep siswa mempengaruhi kemampuan pemecahan masalah siswa, khususnya dalam memilih strategi pemecahan masalah. Terakhir, penelitian Puspitasari (2022) tentang kemampuan pemecahan masalah pada materi gerak menyatakan bahwa kurangnya pemahaman konsep dan literasi numerasi menjadi kendala dalam proses pemecahan masalah.

Pengukuran yang komprehensif terhadap kemampuan pemecahan masalah siswa SMA menjadi penting untuk dilakukan dalam rangka memahami kendala-kendala siswa. Dengan memahami sejauh mana siswa menguasai kemampuan pemecahan masalah, seorang pendidik dapat merancang strategi pembelajaran yang lebih efektif dan mengidentifikasi area-area yang memerlukan perbaikan. Dengan kata lain, pengukuran ini tidak hanya mencerminkan hasil pembelajaran siswa, tetapi juga menjadi landasan untuk perbaikan terus-menerus dalam pendidikan fisika.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengukur kemampuan pemecahan masalah siswa SMA dalam pembelajaran fisika di Kota Palangka Raya. Materi soal yang digunakan adalah usaha dan energi. Melalui pengukuran ini, diharapkan dapat diidentifikasi sejauh mana siswa menguasai kemampuan pemecahan masalah fisika, serta manfaat yang dapat diperoleh dari hasil penelitian ini untuk pengembangan pembelajaran fisika yang lebih efektif di masa depan. Dengan demikian, penelitian ini akan memberikan kontribusi penting dalam upaya meningkatkan mutu pendidikan fisika di SMA dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan fisika dalam kehidupan sehari-hari yang semakin kompleks.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif, yaitu penelitian meneliti dan menggambarkan kecenderungan karakteristik dari populasi atau sampel tertentu. Dalam hal ini, populasi yang disasar adalah siswa SMA di Kota Palangkaraya dan objek yang diteliti adalah kemampuan pemecahan masalah. Sampel penelitian pada sekolah diambil secara cluster random sampling pada siswa-siswa kelas XI. Pemilihan siswa kelas XI disebabkan oleh stuktur materi fisika yang telah ditempuh oleh siswa, yaitu usaha dan energi serta dinamika partikel yang ada di kelas XI. Jika memilih peserta didik kelas XII, kemungkinan lupa terhadap materi yang diukur lebih tinggi daripada peserta kelas XI. Selain itu, pemilihan subjek kelas X juga tidak memungkinkan. Mereka belum belajar materi usaha energi dan dinamika partikel level SMA dan hanya pernah menerima materi yang diukur pada jenjang SMP saja. Dengan memilih kelas XI, validitas internal pengukuran dapat terjaga lebih baik. Rincian sekolah dan jumlah siswanya ditunjukkan pada Tabel 1 berikut.



Tabel 1. Rincian sampel pengukuran

No	Sekolah	Jumlah Sampel	Waktu Penelitian
1	SMA A	78	September 2023
2	SMA B	85	September 2023
3	SMA C	42	Oktober 2023
4	SMA D	27	Oktober 2023

Data kemampuan pemecahan masalah setiap sampel dikumpulkan menggunakan instrument tes kemampuan pemecahan masalah yang dikembangkan oleh Wati & Dewantara (2022). Instrument tersebut dikembangkan berdasarkan aspek-aspek kemampuan pemecahan masalah Heller (Tohir, 2018). Aspek-aspek tersebut perlu diterapkan dalam memecahkan setiap soal fisika yang tertera pada instrument. Materi yang digunakan adalah usaha energi dengan kompetensi dasar “Menganalisis konsep energi, usaha (kerja) dan perubahan energi, hukum kekekalan energi, serta penerapannya dalam peristiwa sehari-hari”. Kisi-kisi instrument yang dibuat dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Instrumen pemecahan masalah

No	Indikator Soal	Item
1	Diberikan informasi mengenai sebuah benda yang ditarik ke samping dengan besar gaya tertentu, peserta didik dapat menentukan besarnya usaha yang dilakukan oleh gaya pada benda tersebut dengan benar	 <p>Seorang petugas kebersihan sedang menarik gerobaknya sejauh 10 m sampai ke tempat pembuangan dengan gaya sebesar 120 N. Pada gerobak tersebut terdapat besi yang berfungsi sebagai penarik, sehingga ketika ditarik membentuk sudut 30° terhadap arah horizontal. Tentukan usaha yang dilakukan oleh petugas kebersihan pada gerobak tersebut! ($\cos 30^\circ = 0,87$)</p>

No	Indikator Soal	Item
2	Diberikan informasi mengenai massa dan tinggi suatu objek, beserta waktu tempuh, peserta didik dapat menentukan besarnya perbandingan daya objek 1 dan objek 2 dengan benar	 <p>Rahma dan Alisya ingin pergi ke kelas mereka yang berada di lantai dua dan tiga. Alisya bermassa 45 kg dan Rahma bermassa 54 kg. Alisya menaiki tangga yang tingginya 5 m, sedangkan Rahma menaiki tangga yang tingginya setengah dari tangga yang dinaiki Alisya. Keduanya menempuh waktu yang sama selama 1 menit. Tentukan perbandingan daya oleh Alisya dan Rahma! ($g = 9,8 \text{ m/s}^2$)</p>
3	Diberikan informasi mengenai massa dan kecepatan benda, peserta didik dapat menentukan besarnya perbandingan energi kinetic benda tersebut dengan benar.	 <p>Rani dan Fira sedang bermain panahan. Massa anak panah milik Rani besarnya 2 kali lebih besar dari massa anak panah milik Fira. Jika dua buah anak panah Rani dan Fira melesat dengan kecepatan masing-masing 20 m/s dan 40 m/s, maka tentukan perbandingan energi kinetik anak panah Rani dengan energi kinetik anak panah Fira!</p>
4	Diberikan informasi mengenai orang yang menaiki motor dengan massa, kecepatan awal serta waktu yang diketahui, peserta didik dapat menganalisis besar usaha yang dilakukan dengan benar.	 <p>Oci dan Ara sedang pergi ke sebuah toko kue dengan menggunakan sebuah motor yang dibonceng oleh Oci. Massa mereka beserta motornya berjumlah 250 kg dan melaju dengan kecepatan 13 m/s. Selang beberapa saat, Oci melihat lampu merah dari kejauhan. Akhirnya, Oci mengerem motor selama 10 detik hingga berhenti. Berapakah usaha yang dilakukan Oci selama mengerem motor?</p>
5	Diberikan informasi mengenai massa dan kecepatan suatu objek, peserta didik dapat menganalisis besarnya energi potensial objek tersebut dengan benar.	 <p>Jessy Rompies berhasil menjadi juara usai mengalahkan lawannya pada Sea Games 2015 cabang tennis lapangan putri. Pada saat bermain, Jessy memberikan servis dengan melemparkan bola ke atas yang bermassa 57 gr dengan kecepatan sebesar 20 m/s. Tentukan energi potensial bola pada titik tertinggi yang dicapai oleh bola tersebut! ($g = 9,8 \text{ m/s}$)</p>

Jawaban-jawaban yang telah ditemukan subjek kemudian dinilai dan diberikan skor berdasarkan kriteria penskoran. Untuk kemampuan pemecahan masalah, penilaian tiap item soal dibagi menjadi lima bagian sesuai dengan indikator kemampuan pemecahan masalah. Bagian-bagian tersebut yaitu kemampuan menggambarkan permasalahan, mendeskripsikan permasalahan, merencanakan solusi, melaksanakan rencana, serta mengecek dan mengevaluasi. Bagian-bagian ini mengukur kemampuan yang berbeda sehingga perlu dilaporkan secara berbeda. Lembar jawaban siswa untuk instrument pemecahan masalah dianalisis secara deskriptif untuk mendapatkan gambaran kemampuan siswa. Setiap indikator kemampuan pemecahan masalah akan dibagi deskripsi tambahan mengenai temuan yang ada. Setiap temuan kemudian akan diberikan persentase untuk menentukan kecenderungan karakteristik sampel yang dipilih.

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Rincian hasil pengukuran kemampuan pemecahan yang ditemukan ditunjukkan pada Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Profil kemampuan pemecahan masalah siswa

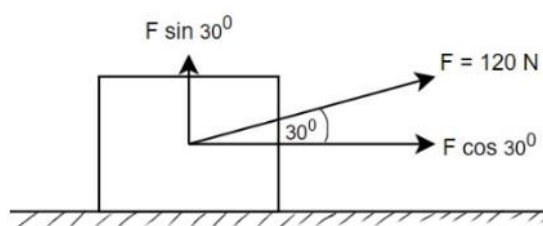
Kemampuan	Temuan	Persentase pada tiap item				
		1	2	3	4	5
Menggambarkan permasalahan	Menggambarkan situasi fisis dengan tepat	42%	74%	81%	65%	57%
	Terdapat kesalahan dalam menggambarkan model fisis	58%	21%	5%	20%	23%
	Terdapat kesalahan dalam menuliskan besaran fisika	39%	18%	19%	19%	18%
Mendeskripsikan Masalah	Seluruh variabel teridentifikasi	90%	68%	78%	76%	73%
	Kesalahan menuliskan besaran	2%	28%	22%	20%	22%
	Kesalahan menuliskan satuan	10%	12%	10%	8%	9%
Merencanakan solusi	menuliskan persamaan dengan lengkap	90%	48%	71%	48%	44%
	Persamaan ditulis sebagian	6%	47%	27%	44%	45%
	Tidak ada persamaan yang ditulis	4%	5%	2%	8%	11%
Melaksanakan rencana	Perhitungan lengkap dan tepat	83%	42%	68%	47%	42%
	Terdapat kesalahan perhitungan	12%	36%	22%	34%	35%
	Tidak mampu melakukan hitungan	5%	22%	10%	19%	23%
Mengecek dan mengevaluasi	Menuliskan kesimpulan dengan lengkap	79%	38%	63%	44%	40%
	Menuliskan kesimpulan namun tidak lengkap	19%	40%	24%	36%	36%
	Tidak menuliskan kesimpulan	2%	22%	13%	20%	24%

Tabel 3 menunjukkan variasi kemampuan pemecahan untuk setiap indikator. Analisis terhadap jawaban siswa menguak adanya kecenderungan kategorisasi tiap indikator kemampuan pemecahan masalah. Sebagai contoh, kemampuan menggambarkan permasalahan berhubungan dengan kemampuan siswa dalam menggambarkan situasi fisis berdasarkan pemahaman mereka terhadap soal. Kemampuan ini terhubung langsung dengan pembentukan model mental dan representasi berganda (Sutriani & Mansyur, 2021). Representasi tekstual perlu diterjemahkan oleh kognitif otak menjadi informasi bermakna, yang kemudian buat ulang ke dalam bentuk representasi diagram atau sketsa. Dalam prosesnya analisis jawaban, terdapat tiga kategori yang bisa dikelompokkan terhadap jawaban siswa. Kategori pertama adalah jawaban yang mampu menggambarkan situasi fisis dengan baik dan lengkap. Kedua, jawaban yang memiliki kesalahan dalam menggambarkan komponen dalam situasi fisis. Ketiga, jawaban yang memiliki kesalahan dalam menuliskan besaran-besaran fisis yang terlibat. Kategori kedua dan ketiga bisa saja terjadi siswa yang sama. Karakteristik ini juga berlaku pada kategori kemampuan mendeskripsikan masalah karena masih berhubungan dengan identifikasi permasalahan awal.

Kemampuan merencanakan solusi, melaksanakan rencana, serta mengecek dan mengevaluasi memiliki kategori yang berbeda dengan dua kemampuan sebelumnya. Hal ini dikarenakan mereka berhubungan dengan kemampuan prosedural sehingga lebih mudah dalam menentukan kesalahan responden (Ratu & Erfan, 2018). Sebagai contoh, kemampuan melaksanakan rencana dapat dibagi menjadi tiga kategori utama, yaitu mampu melaksanakan rencana hingga akhir dengan benar, melaksanakan rencana namun masih belum tepat, atau tidak mampu melaksanakan rencana. Kategori responden dapat ditentukan dengan mudah berdasarkan tahapan jawaban yang telah ia kerjakan.

Soal nomor 1 dalam instrument pemecahan masalah berkaitan mengenai orang yang menarik gerobak dengan gaya yang membentuk sudut tertentu. Responden diminta untuk menentukan besar usaha yang dilakukan oleh orang tersebut. Untuk menyelesaikan masalah ini, responden perlu menghitung usaha berdasarkan besar gaya yang digunakan sepanjang jarak yang ditempuh. Karena gaya tidak sejajar dengan perpindahan, maka responden perlu memproyeksikan gaya kepada sumbu perpindahan supaya memperoleh besar gaya yang menyebabkan gerobak berpindah.

Karakteristik utama pada soal nomor 1 terletak pada keberadaan gaya yang membentuk sudut saat bekerja pada gerobak. Responden perlu menganalisis dan menguraikan gaya ini pada sumbu-sumbunya (Gambar 1). Bagian inilah yang menjadi kendala bagi para responden. Mereka memang mampu menuliskan keberadaan vector gaya, tetapi mereka kesulitan dalam membuat proyeksi vector gaya tersebut pada sumbu x dan sumbu y. Terdapat 68 responden yang tidak lengkap atau keliru dalam membuat cerminan vector gaya. Padahal di bagian mendeskripsikan masalah, 90% responden dapat menuliskan variable-variabel yang ada pada soal. Hal ini menyiratkan mayoritas responden dapat mengidentifikasi variable yang ada pada soal, tetapi belum mampu menyatakan variable tersebut dalam bentuk representasi diagram gaya.



Gambar 1. Uraian diagram gaya pada sumbu x dan sumbu y

Secara rumus dan perhitungan, soal nomor 1 tergolong sederhana karena hanya menyertakan empat variable saja. Tabel 3 menunjukkan 90% responden dapat menuliskan persamaan dengan lengkap, 85% responden dapat melakukan perhitungan dengan baik, dan 79% responden menuliskan kesimpulan jawaban dengan benar. Artinya, Sebagian besar responden mampu menerapkan pemecahan masalah dengan baik pada bagian ini. Namun, kesalahan-kesalahan yang terjadi

pada proses ini terletak pada hal-hal teknis, seperti proses hitungan atau penulisan satuan akhir.

Rincian kesalahan-kesalahan yang ditemukan pada jawaban responden untuk soal nomor 1 dapat dilihat pada Tabel 4. Kesalahan nomor 1 dan 2 pada Tabel 10 merupakan kesalahan yang paling banyak terjadi pada para responden. Pada kesalahan nomor 1, responden menggambarkan vector gaya tanpa mempertimbangkan faktor proporsi panjang pendeknya. Hal ini menunjukkan bahwa responden yang melakukan hal tersebut masih belum memiliki pemahaman konsep yang tepat tentang vector. Gaya merupakan besaran vector, sehingga panjang dan arah panah merupakan deskripsi dari gaya itu sendiri. Lebih lanjut, pada kesalahan kedua, para responden tidak menguraikan gaya pada sumbu x dan sumbu y dengan tepat. Pencerminan vector perlu memperhatikan sudut dan proporsinya, sehingga terdapat gaya-gaya yang harusnya saling tegak lurus. Komponen sumbu x dan sumbu y memiliki besaran yang berbeda sehingga pencerminannya harus tepat. Ketika komponen vector gaya digambar tidak tepat atau tertukar antara sumbu x dan sumbu y, maka kesalahan akan terjadi. Dua poin ini memberikan informasi pada para pendidik untuk memperkuat kemampuan analisis vector dan pencerminannya pada peserta didik.

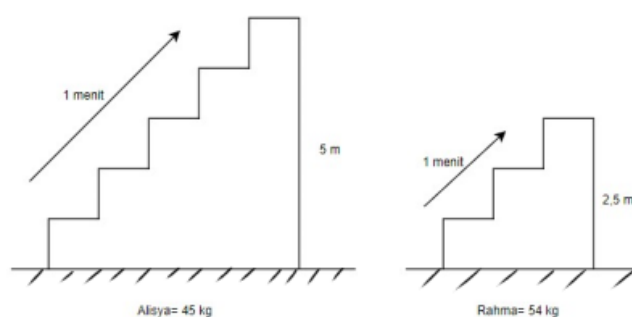
Tabel 4. Kesalahan Dominan pada Soal Nomor 1

No	Jenis Kesalahan
1	Salah menggambarkan vector gaya, terutama pada bagian Panjang pendeknya.
2	Salah dalam menguraikan komponen gaya, yaitu pencerminan pada sumbu x dan y
3	Salah dalam hitungan dan menuliskan satuan

Kesalahan nomor 3 berhubungan dengan proses menjalankan rencana dan mengevaluasi pemecahan masalah. Kendala pada bagian ini lebih mengarah pada hal-hal teknis dalam proses hitungan ketimbang pada konsep fisika itu sendiri. Ternyata, ada kelompok peserta didik yang masih kesulitan dalam melakukan proses hitungan matematis. Ada yang responden yang memasukkan nilai gaya saja tanpa nilai cosinusnya. Ada responden yang salah dalam menghitung nilai usaha. Ada pula responden yang tidak memasukkan satuan yang tepat di akhir pemecahan masalah. Khusus bagian evaluasi, kesalahan yang sama terus terjadi pada soal-soal lainnya, tidak hanya pada soal nomor 1. Para pendidik perlu memperhatikan dengan serius aspek ini dalam kegiatan pembelajaran.

Soal nomor 2 instrumen pemecahan masalah berhubungan dengan dua orang yang menaiki tangga dengan selang waktu yang sama. Massa kedua orang tersebut berbeda dan ketinggian tangga yang dinaiki juga berbeda. Responden diminta untuk menentukan perbandingan daya yang dikeluarkan kedua orang tersebut ketika mereka berhasil mencapai puncak tangga. Daya merupakan usaha yang dikeluarkan tiap satuan waktu. Untuk mencari besar usaha, maka konsep yang digunakan adalah konversi usaha dan energi. Besar usaha dapat ditentukan dengan melihat perubahan energi potensial yang dimiliki oleh kedua orang tersebut.

Komponen menggambarkan permasalahan dan mendeskripsikan masalah memperoleh persentasi ketepatan yang cukup tinggi. Terdapat 64% responden yang dapat menggambarkan situasi fisis dengan tepat dan 68% responden yang mampu mengidentifikasi seluruh variable yang ada. Pada bagian ini, kesalahan yang terjadi adalah adanya responden yang menggambarkan tangga dengan bentuk yang sama, padahal harusnya berbeda karena ketinggiannya berbeda (Gambar 2). Selain itu, responden juga mengalami kesalahan dalam menuliskan pemodelan matematis antara dua tangga, yaitu tangga yang dinaiki Rahma setengah dari tangga yang dinaiki Aisyah. Kedua hal ini menunjukkan adanya hambatan pada siswa dalam menerjemahkan teks soal ke dalam model matematis, yakni $T_R = \frac{1}{2} T_A$ (Nurjumiati et al., 2022). Responden ada yang tertukar untuk hubungan tersebut dan justru menuliskan $T_A = \frac{1}{2} T_R$.



Gambar 2. Situasi fisis soal nomor 2

Lebih lanjut, kendala utama pada soal nomor 2 terletak pada bagian merencanakan solusi, melaksanakan rencana, dan mengecek dan mengevaluasi. Pada bagian ini, hanya ada 38% responden yang mampu menuliskan persamaan dengan lengkap, 27% responden dapat melaksanakan rencana yang ditulis, dan 24% responden yang dapat menuliskan kesimpulan jawaban dengan benar. Ketiga kemampuan ini terhubung satu sama lain karena merupakan keterampilan prosedural. Ketika responden tidak mampu membuat rencana dengan baik, maka sudah pasti pelaksanaan rencana akan terkendala dan tidak ada kesimpulan yang dapat diperoleh. Lalu, saat rumus diidentifikasi, kendala selanjutnya terletak pada proses perhitungan perbandingan. Cukup banyak responden yang keliru dalam menghitung perbandingan, bahkan ada yang tidak menyelesaikan proses hitungan. Rincian kesalahan pada soal nomor 2 dapat dilihat pada tabel 5.

Tabel 5. Kesalahan Dominan pada Soal Nomor 2

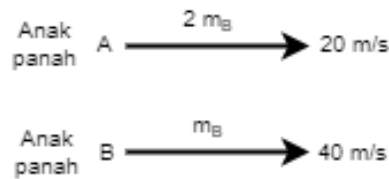
No	Jenis Kesalahan
1	Salah menggambarkan ketinggian tangga.
2	Salah menuliskan pemodelan matematis antara dua tangga
3	Tidak memahami hubungan antara daya, energi potensial, dan usaha
4	Tidak memahami makna perbandingan dalam penyelesaian soal
5	Ketidaktepatan dalam mengotak-atik rumus

Kesalahan dalam membuat hubungan matematis antara dua tangga merupakan indikasi bahwa responden tidak terbiasa menyelesaikan soal dalam bentuk implisit (Sari, 2020), Ketika informasi penting tidak langsung disebutkan angkanya, maka ada responden yang kebingungan untuk menemukannya. Lebih lanjut, Ketidakmampuan membuat rencana pemecahan masalah menunjukkan adanya kelemahan dalam menerapkan konsep daya dan konversi usaha energi (Alamsyah et al., 2018). Ketika seseorang menaiki tangga, ia akan memperoleh energi potensial. Konsep konversi usaha energi menjelaskan bahwa jumlah energi potensial yang diperoleh ini berasal dari usaha yang dikeluarkan orang tersebut. Besar usaha inilah yang digunakan untuk menghitung daya. Guru-guru perlu memberikan perhatian lebih dalam memberikan pembelajaran yang konstruktif untuk menanamkan konsep konversi usaha energi pada peserta didik dengan lebih baik.

Kesalahan nomor 4 dan 5 terhubung langsung dengan kemampuan matematis dalam menyelesaikan persamaan fisika (Saman et al., 2018). Secara umum, soal dalam bentuk penerapan (level kognitif C3) dapat diselesaikan peserta didik dengan memasukkan nilai-nilai pada tiap variable yang diketahui dalam rumus. Namun, ada kalanya soal dalam fisika memasukkan variable tanpa nilai yang membuat analisis menjadi lebih kompleks (Siswanto et al., 2018). Penentuan perbandingan meminta responden untuk menguraikan rumus fisika supaya variable yang ditanyakan dapat ditemukan. Hal ini tentu membutuhkan kemampuan matematika dan kemampuan berpikir level analisis (C4) yang baik agar nilai persamaan tidak berubah. Guru-guru perlu merancang pembelajaran yang dapat memperkuat kemampuan HOTS peserta didik dalam konteks matematika.

Selanjutnya, soal ketiga pada instrument pemecahan masalah adalah soal tentang perbandingan energi kinetic antara dua anak panah. Kedua anak panah tersebut memiliki massa yang berbeda dan bergerak dengan kecepatan yang berbeda pula. Pada akhirnya, responden diminta untuk membandingkan energi kinetic antara kedua anak panah tersebut. Secara konsep, soal ini tidak kompleks karena responden dapat langsung menerapkan persamaan energi kinetic untuk mencari nilainya pada masing-masing anak panah. Tantangan yang perlu dicermati ada pada tahap membandingkan nilai energi kinetic pada anak-anak panah tersebut.

Hasil analisis pada Tabel 6 menunjukkan bahwa komponen menggambarkan masalah responden paling tinggi pada soal nomor 3 dibandingkan soal lainnya. Terdapat 81% responden yang mampu menggambarkan situasi fisis dengan benar pada soal ini. Memang, situasi fisis pada soal ini tidak melibatkan banyak deskripsi. Variabel yang terlibat hanya massa dan kecepatan saja (Gambar 3). Di samping itu, kemampuan responden dalam mendeskripsikan masalah pada soal ini cukup baik. Ada 78% responden yang dapat mengidentifikasi variabel massa dan kecepatan dengan tepat.



Gambar 3. Situasi fisis soal nomor 3

Lebih lanjut, kemampuan responden dalam merencanakan solusi, melaksanakan rencana, dan mengevaluasi pada soal nomor 3 lebih baik daripada soal nomor 2. Terdapat 71% responden yang mampu membuat rencana solusi dalam membandingkan energi kinetik kedua anak panah, 68% responden dapat melaksanakan rencana tersebut, dan 64% responden menuliskan kesimpulan dengan benar. Lebih dari setengah respon dapat melaksanakan hal-hal procedural dan matematis pada bagian ini. Kesalahan yang ditemukanpun cenderung minim. Kendala responden dalam menjawab soal nomor 3 identic dengan kendala pada soal nomor 2, yaitu kesulitan ketika variabel yang diketahui hanya dalam bentuk perbandingan saja (rincian pada Tabel 6) (Yaumi et al., 2019). Responden ada yang tertukar ketika memasukkan nilai perbandingan massa. Harusnya $m_a = 2m_b$, tetapi justru ada yang menulis $m_b = 2m_a$, yang tentunya memberikan hasil yang keliru. Selain itu, kesulitan dalam menyelesaikan perbandingan energi kinetic kembali muncul pada soal nomor 3, meskipun tidak sebanyak pada jawaban soal nomor 2.

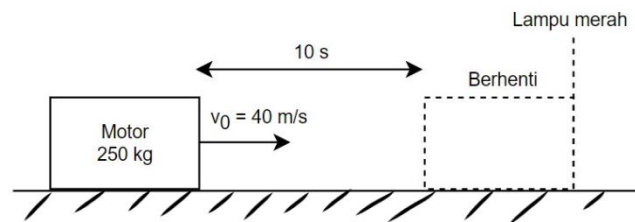
Tabel 6. Kesalahan Dominan pada Soal Nomor 3

No	Jenis Kesalahan
1	Kesalahan memasukkan nilai variabel massa
2	Kesalahan perbandingan

Berikutnya, soal nomor 4 instrumen pemecahan masalah memuat kasus tentang pengendara sepeda motor yang melakukan pengereman hingga berhenti. Hal yang diinformasikan soal adalah massa total pengendara dan kendaraannya, kecepatan sebelum pengereman, dan total waktu pengereman. Responden diminta menentukan usaha yang dilakukan oleh rem untuk menghentikan motor tersebut. Kasus ini memiliki metode pemecahan lebih dari satu (Yusup, 2012). Pertama, responden dapat menentukan perlambatan dan jarak tempuh motor dengan menggunakan persamaan Gerak Lurus Berubah Beraturan (GLBB). Ketika perlambatan dan jarak pengereman didapat, maka usaha pengereman dapat dihitung dengan persamaan $W = F \cdot s$. Selain dengan metode tersebut, usaha pengereman dapat diketahui dengan konsep konversi usaha dan energi kinetic. Responden dapat mencari besar energi kinetic sebelum dan sesudah pengereman. Selisih antara energi kinetic pada kedua situasi tersebut merupakan besar usaha pengereman yang dicari.

Soal nomor 4 menguak adanya kendala responden dalam menggambarkan permasalahan. Pada soal ini, responden perlu menggambarkan komponen-komponen yang terlibat dalam situasi fisis yang diskenariokan, seperti kecepatan

awal, kecepatan akhir, massa total, dan waktu pengereman. Meskipun begitu, terdapat 76% responden yang dapat menuliskannya dengan lengkap ke dalam komponen yang diketahui. Lalu, dari total reponden yang ada, hanya 65% responden dapat menggambarkan situasi fisis dengan lengkap. Kebanyakan kesalahan terletak pada komponen kecepatan akhir yang tidak disertakan dalam bagian situasi fisis. Kecepatan akhir merupakan elemen penting, karena penyelesaian soal yang melibatkan konsep GLBB maupun konversi usaha-energi kinetic tetap membutuhkan informasi tersebut.



Gambar 4. Situasi Fisis Soal Nomor 4

Proses identifikasi variabel-variabel pada soal nomor 4 lebih mudah daripada proses penyelesaiannya. Untuk soal nomor 4, ada 48% responden yang mampu menuliskan persamaan dengan lengkap, 47% dapat melaksanakan rencana yang telah disusun, dan 44% berhasil menemukan kesimpulan dengan tepat. Sisanya, banyak responden yang menghadapi kendala dan kesulitan untuk menjalankan proses perhitungan untuk memecahkan soal. Akar dari permasalahan penyelesaian soal nomor 4 ini terletak pada tahap merencanakan solusi. Jika responden tidak mampu membuat rencana pemecahan masalah, maka tentu ia tidak akan bisa melakukan proses hitungan dan tidak akan dapat menemukan kesimpulan yang tepat (Mohd Abeden & Siew, 2022). Soal nomor 4 dapat diselesaikan dengan konsep GLBB atau konversi energi kinetic. Jika responden tidak mampu membuat rencana pemecahan untuk kasus ini, maka hal itu merupakan indikasi bahwa responden memiliki kendala dalam memahami konsep GLBB dan konversi energy kinetic. Rincian kendala yang ditemukan pada soal ini dapat dilihat pada Tabel 7 berikut.

Tabel 7. Kesalahan Dominan pada Soal Nomor 4

No	Jenis Kesalahan
1	Kesalahan menggambarkan kecepatan akhir pada situasi fisis
2	Tidak memahami hubungan antara usaha dan perubahan energi kinetic
3	Tidak menguasai konsep hubungan antara GLBB, Gaya, dan usaha

Kesalahan nomor 1 pada Tabel 7 lebih bersifat teknis dan minor ketimbang kesalahan 2 dan 3. Konsep GLBB dan konversi energi kinetic merupakan metode utama dalam menentukan besar usaha. Padahal, para responden telah mempelajari materi kinematika gerak, dinamika, serta usaha energi sebelumnya. Tidak mampunya responden menerapkan konsep konversi usaha menjadi energi kinetic

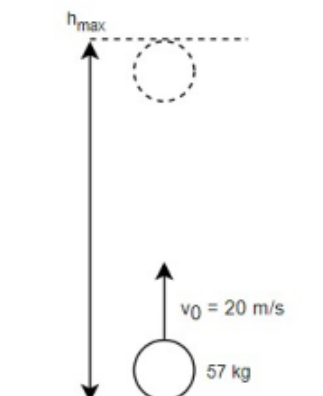
dapat disebabkan oleh berbagai hal. Responden ada yang tidak mampu merecall memory tentang topik usaha energi dan persamaannya, dan ada yang tidak menguasai konsep konsep-konsep perubahan dan kekekalan energi. Terjadinya factor pertama bermakna bahwa konsep usaha dan energi tidak tersimpan dalam memori jangka panjang responden (Rizaldi & Fatimah, 2023). Lalu, terjadinya factor kedua bermakna bahwa tidak tercapainya proses belajar pada responden saat mempelajari materi usaha energi (Casnan et al., 2022). Kedua factor tersebut memerlukan solusi berupa perbaikan proses pembelajaran yang signifikan dari guru. Pembelajaran yang diperlukan adalah pembelajaran yang dapat membangun konsep usaha dan energi secara bermakna pada peserta didik (Lana & Ismail, 2021; Megawati et al., 2022; Nuriyah et al., 2021).

Kesalahan nomor tiga memiliki kombinasi faktor yang lebih banyak. Faktor lupa dan tidak menguasai konsep tetap ada. Akan tetapi, jika ternyata peserta didik paham tentang konsep-konsep GLBB dan Gaya secara terpisah, namun tidak terpikirkan untuk menerapkannya ketika disuguhkan permasalahan tentang Usaha, maka dapat dikatakan bahwa responden tersebut memiliki pemahaman konsep fisika yang tersekat dan terpisah. Penelitian-penelitian menunjukkan bahwa siswa yang baru belajar fisika akan membagi konsep yang dipelajarinya ke dalam bagian-bagian tertentu (Cicyn Riantoni et al., 2023; Koponen & Pehkonen, 2010; Reif & Allen, 1992). Siswa pemula ini memiliki anggapan bahwa masing-masing materi fisika berdiri sendiri tanpa terhubung satu sama lain. Ketika soal yang diberikan hanya menggunakan satu konsep saja, maka mereka bisa menyelesaikannya. Namun jika soal yang diberikan penyelesaiannya memerlukan konsep-konsep lainnya, maka mereka kesulitan dalam menentukan hubungan antar konsep. Untuk mengatasi kondisi ini, guru perlu memberikan pembelajaran yang melibatkan beberapa materi fisika sekaligus.

Soal kelima dari instrument pemecahan masalah adalah tentang bola yang dilempar dengan kecepatan tertentu. Dengan massa dan kecepatan awal telah diketahui, responden diminta menentukan energi potensial maksimum yang dapat diraih oleh bola. Nilai energi potensial dapat ditentukan dengan persamaan $E_p = mgh$, akan tetapi nilai ketinggian bola tidak tersedia di narasi soal. Oleh karena itu, responden harus melakukan analisis gerak vertical ke atas untuk menentukan ketinggian maksimum yang dapat dicapai bola. Ketika nilai ketinggian diperoleh, maka energi potensial dapat ditentukan.

Deskripsi pada Tabel 8 menunjukkan bahwa pada soal nomor 5, responden yang mampu mendeskripsikan masalah berjumlah 73% dari total yang ada. Responden perlu mengidentifikasi variabel massa bola, percepatan gravitasi bumi, kecepatan awal, dan kecepatan akhir. Komponen kecepatan akhir tidak disebutkan langsung oleh soal, namun merupakan konsekuensi logis bahwa kecepatan di titik tertinggi pada gerak vertical ke atas adalah nol (Gambar 5). Meskipun begitu, jumlah responden yang mampu menggambarkan permasalahan hanya 57% saja, yang mana persentase itu lebih sedikit daripada jumlah responden yang mampu

mengidentifikasi variabel. Responden yang mampu menuliskan variabel kecepatan akhir sebesar 0 ternyata ada yang tidak bisa menggambarkan situasi fisisnya.



Gambar 5. Situasi fisis soal nomor 5

Profil kemampuan pemecahan masalah siswa pada soal nomor 5 hampir identic dengan profil pada soal nomor 4. Pada soal nomor 5, ada 44% responden yang mampu merencanakan solusi pemecahan masalah dengan tepat, 42% dapat menyelesaikan rencana dengan benar, dan 40% mampu menarik kesimpulan dengan lengkap. Sama seperti soal nomor 4, kendala pada bagian ini dimulai dari perencanaan pemecahan masalah. Lebih dari separuh responden tidak mampu menentukan ketinggian maksimum dari bola untuk kemudian mendapatkan energi potensial maksimum. Karena perencanaan solusi tidak tercapai, maka tidak ada proses pelaksanaan rencana dan pengevaluasi hasil yang ditemukan. Rincian temuan masalah yang dominan untuk soal nomor 5 dapat dilihat pada Tabel 8 berikut.

Tabel 8. Kesalahan Dominan pada Soal Nomor 5

No	Jenis Kesalahan
1	Kesalahan menggambarkan kecepatan titik tertinggi bola
2	Tidak dapat menerapkan persamaan gerak 1 dimensi untuk menganalisis ketinggian maksimum bola

Kendala yang muncul pada soal nomor menunjukkan bahwa banyak responden yang masih memiliki pemahaman parsial terhadap konsep-konsep fisika. Mereka tidak mampu memanfaatkan konsep dari materi-materi terdahulu untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi (Koponen & Nousiainen, 2019; Koponen & Pehkonen, 2010; Malone, 2008). Sebenarnya, tahap merencanakan solusi merupakan tahap fundamental dalam pemecahan masalah. Pada tahap ini, seseorang harus menggunakan berbagai kemampuan dan pengetahuannya untuk mengatasi masalah yang dihadapi. Kemampuan metakognitif berperan di tahap ini untuk menentukan metode-metode yang potensial dalam memecahkan masalah.

Meskipun begitu, kenyataan dilapangan mengungkap bahwa banyak responden tidak mampu membuat rencana pemecahan masalah untuk soal nomor 5. Hal ini berarti para responden tersebut belum memiliki pengetahuan yang

diperlukan dan kemampuan metakognitif yang memadai untuk mengatasi masalah (Lestari & Deta, 2021). Ada faktor konsep responden tentang gerak vertical ke atas tidak terkoneksi ke konsep energi potensial. Untuk itu, pendidik perlu mencari model, strategi, dan metode pembelajaran yang dapat mengaitkan berbagai konsep fisika. Peserta didik perlu disadarkan bahwa materi-materi fisika masih terhubung satu sama lain. Energi potensial adalah energi yang diperoleh karena ketinggian yang dimiliki benda. Ketika membahas ketinggian, maka hal tersebut terhubung dengan konsep gerak vertical ke atas dan gerak jatuh bebas.

Lebih lanjut, berbagai hal menarik dapat diinferensikan dari data pada Tabel 3. Pertama, masih ada responden yang tidak menuliskan satuan di bagian deskripsi masalah dan mengevaluasi pemecahan masalah. Hal ini tentu tidak tepat karena sudut pandang fisika bergantung pada satuan yang digunakan. Jika tidak memiliki satuan, maka suatu besaran tidak akan bermakna. Para pendidik perlu menggarisbawahi temuan ini dalam menentukan pendekatan pembelajaran. Para peserta didik perlu memahami pentingnya menuliskan satuan pada setiap pemecahan soal fisika, khususnya pada bagian menulis kesimpulan.

Kedua, pada soal nomor 1, 4, dan 5, responden lebih mampu dalam mengidentifikasi variabel daripada menggambarkan situasi fisis. Hal ini kemungkinan dikarenakan proses mengidentifikasi variabel hanya memerlukan level kognitif C2 dan C3. Di sisi lain, menggambarkan situasi fisis memerlukan level kognitif C6. Tidak semua peserta didik memiliki persepsi yang sama ketika membaca soal. Oleh karena itu, mereka perlu dibiasakan untuk menggambarkan situasi fisis tiap kali menghadapi soal-soal fisika.

Ketiga, masih ada responden yang tidak menuliskan persamaan untuk pemecahan masalah dan tidak mampu melakukan proses hitungan. Tidak menulis persamaan bermakna bahwa responden tidak mampu mengingat dan menentukan persamaan yang tepat untuk pemecahan masalah. Kemudian, kategori tidak melakukan proses hitungan merupakan kategori untuk responden yang tidak melakukan kegiatan menghitung atau juga responden yang berhenti menghitung di tengah-tengah proses hitungan. Fenomena ini dapat mengungkap karakter dari responden yang mengalami hal tersebut. Berhenti menghitung di tengah jalan menunjukkan bahwa responden tersebut adalah orang yang cepat menyerah dalam menghadapi kesulitan di hadapannya (Lee et al., 2021; Napis, 2018; Reddy, 2020).

Terakhir, tiga kemampuan akhir dari indikator pemecahan masalah saling terhubung satu sama lain. Siswa yang mampu merencanakan solusi dan melaksanakan rencananya bisa jadi mendapat kesulitan dalam mengevaluasi atau mengecek ulang. Siswa mampu merencanakan solusi tetapi mengalami kesalahan dalam melaksanakan rencananya, maka sudah pasti ia akan keliru saat membuat evaluasi akhir. Lalu, siswa yang tidak mampu merencanakan solusi, sudah pasti ia tidak akan mampu melaksanakan rencana dan meluasi hasilnya. Kemampuan-kemampuan ini merupakan keterampilan procedural yang diperlukan dalam proses pemecahan masalah.

KESIMPULAN

Hasil pengukuran menunjukkan bahwa siswa SMA di Kota Palangka memiliki kemampuan pemecahan masalah dan literasi sains yang bervariasi. Untuk kemampuan pemecahan masalah, peserta didik lebih mampu dalam mendeskripsikan permasalahan ketimbang memecahkannya dengan analisis hitungan. Hal-hal yang menjadi kendala dalam proses pemecahan masalah antara lain belum tepat dalam konversi satuan, belum ideal dalam menggambarkan situasi fisis, tidak dapat menguraikan rumus fisika, serta kurangnya kemampuan matematis dalam mengoperasikan hitungan. Di sisi lain, pada kemampuan literasi sains peserta didik lebih mampu dalam menyelesaikan soal-soal yang bersifat konseptual dan penerapan konsep ketimbang soal-soal yang membutuhkan pembuktian dalam bentuk analisis data. Hal-hal yang perlu menjadi perhatian adalah miskonsepsi yang menjadi hambatan peserta didik dalam menjawab soal. Peserta didik perlu dilatih bagaimana membuat argument berdasarkan teori dan data yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

- Alamsyah, A., Mansyur, J., & Kade, A. (2018). Analisis kesulitan siswa dalam memecahkan soal fisika smp pada materi usaha dan energi. *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)*, 6(1). <https://doi.org/10.22487/j25805924.2018.v6.i1.10017>
- Astuti, N. H., Rusilowati, A., Subali, B., & Marwoto, P. (2020). Analisis kemampuan pemecahan masalah model polya materi getaran, gelombang, dan bunyi siswa SMP. *UPEJ Unnes Physics Education Journal*, 9(1).
- Casnan, C., Purnawan, P., Firmansyah, I., & Triwahyuni, H. (2022). Systems thinking in physics learning process. *Berkala Fisika Indonesia: Jurnal Ilmiah Fisika, Pembelajaran dan Aplikasinya*, 13(2). <https://doi.org/10.12928/bfi-jifpa.v13i2.23848>
- Cicyn Riantoni, Rusdi, Maison, & Upik Yelianti. (2023). Analysis of student problem solving processes in physics. *International Journal of Education and Teaching Zone*, 2(1). <https://doi.org/10.57092/ijetz.v2i1.107>
- Fathurohman, A., & Lutfi, H. M. (2022). Analisis proses pembelajaran fisika berbasis problem based learning. *JPF (Jurnal Pendidikan Fisika)*, 10(2). <https://doi.org/10.24252/jpf.v10i2.30733>
- Ginting, F. W. (2021). Analisis kemampuan pemecahan masalah mahasiswa calon guru fisika dalam menyelesaikan soal dinamika rotasi. *Jurnal Pendidikan Fisika*. 10(1), 23-35.
- Kasemsap, K. (2021). Advocating problem-based learning and creative problem-solving skills in global education. *Research Anthology on Developing Critical Thinking Skills in Students*. 1372–1398. <https://doi.org/10.4018/978-1-7998-3022-1.ch072>
- Kistiono, K. (2019). Pengembangan tes kemampuan berpikir tingkat tinggi fisika

- SMA. *Jurnal Inovasi dan Pembelajaran Fisika*, 6(1), 70–81.
<https://doi.org/10.36706/jipf.v6i1.7817>
- Koponen, I. T., & Nousiainen, M. (2019). Pre-service teachers' knowledge of relational structure of physics concepts: Finding key concepts of electricity and magnetism. *Education Sciences*, 9(1).
<https://doi.org/10.3390/educsci9010018>
- Koponen, I. T., & Pehkonen, M. (2010). Coherent knowledge structures of physics represented as concept networks in teacher education. *Science and Education*, 19(3). <https://doi.org/10.1007/s11191-009-9200-z>
- Lana, K., & Ismail, S. (2021). Penerapan model pembelajaran problem based learning (PBL) untuk meningkatkan hasil belajar fisika kelas VIII SMP Negeri 1 Waikafia pada materi usaha dan energi. *KUANTUM: Jurnal Pembelajaran Sains dan Fisika*, 2(2).
- Lee, S., Choi, Y. il, & Kim, S. W. (2021). Roles of emotions induced by immediate feedback in a physics problem-solving activity. *International Journal of Science Education*, 43(10).
<https://doi.org/10.1080/09500693.2021.1922778>
- Lestari, N. A., & Deta, U. A. (2021). The correlation between physics problem-solving skill and metacognitive ability from collaboration of socratic dialogue-modeling instruction implementation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1796(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1796/1/012093>
- Makrufi, A. (2016). Analisis kemampuan pemecahan masalah sisiwa pada materi fluida dinamis. *Jurnal Pembelajaran Fisika*, 4(5).
- Malone, K. L. (2008). Correlations among knowledge structures, force concept inventory, and problem-solving behaviors. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 4(2).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.4.020107>
- Megawati, Fitriah, L., & RahmawatiIrma. (2022). Pengembangan e-lks berbasis strategi react bermuatan kearifan lokal pada materi usaha dan energi. *FORDETAK: Seminar Nasional Pendidikan: Inovasi Pendidikan di Era Society 5.0*.
- Mohd Abeden, N. A., & Siew, N. M. (2022). Assessing students' critical thinking and physics problem-solving skills in secondary schools. *Malaysian Journal of Social Sciences and Humanities (MJSSH)*, 7(6).
<https://doi.org/10.47405/mjssh.v7i6.1584>
- Napis, N. (2018). Analysis of physics problem solving in the perspective of self efficacy and adversity quotient. *Formatif: Jurnal Ilmiah Pendidikan MIPA*, 8(1). <https://doi.org/10.30998/formatif.v8i1.2298>
- Nuriyah, H., Suwarma, I. R., & Kaniawati, I. (2021). Penerapan pembelajaran flipping stem classroom terhadap penguasaan konsep dan kreativitas siswa pada materi usaha dan energi. *WaPFI (Wahana Pendidikan Fisika)*, 6(2).

- Nurjumiati, N., Yulianci, S., & Asriyadin, A. (2022). Peningkatan kemampuan pemodelan matematis dan bahasa simbolik fisika melalui pembelajaran model inquiry berbasis literasi numerasi. *JURNAL PENDIDIKAN MIPA*, 12(3).
- Olaniyan, A. O., & Govender, N. (2018). Effectiveness of polya problem-solving and target-task collaborative learning approaches in electricity amongst high school physics students. *Journal of Baltic Science Education*, 17(5). <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.765>
- Puspitasari, W. D. (2022). Analisis kemampuan pemecahan masalah mahasiswa calon guru pada materi gerak. *Unnes Physics Education Journal*, 11(1).
- Ratu, T., & Erfan, M. (2018). Meningkatkan keterampilan procedural dan keterampilan berpikir tinggi mahasiswa melalui model pemecahan masalah pada perkuliahan elektronika dasar. *Jurnal Pendidikan Fisika dan Keilmuan (JPFK)*, 4(1). <https://doi.org/10.25273/jpfk.v4i1.2017>
- Reddy, L. (2020). An evaluation of undergraduate south african physics students' epistemological beliefs when solving physics problems. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 16(5). <https://doi.org/10.29333/ejmste/7802>
- Reif, F., & Allen, S. (1992). Cognition for interpreting scientific concepts: A study of acceleration. *Cognition and Instruction*, 9(1). https://doi.org/10.1207/s1532690xci0901_1
- Rizaldi, D. R., & Fatimah, Z. (2023). Efforts to create an interesting and meaningful physics learning environment with a project-based learning model. *AMPLITUDO: Journal of Science ...*
- Rovelli, C. (2018). Physics needs philosophy. Philosophy needs physics. *Foundations of Physics*, 48(5). <https://doi.org/10.1007/s10701-018-0167-y>
- Saman, M. I., Koes-H, S., & Sunaryono, S. (2018). Procedural e-scaffolding in improving students' physics problem solving skills. *Unnes Science Education Journal*, 7(2). <https://doi.org/10.15294/usej.v7i2.23290>
- Sari, D. K. (2020). Analisis instrumen penilaian kemampuan pemodelan matematis pada kelas fisika menggunakan rasch model. *MEGA: Jurnal Pendidikan Matematika*, 1(1), 46–52.
- Siswanto, J., Susantini, E., & Jatmiko, B. (2018). Practicality and effectiveness of the IBMR teaching model to improve physics problem solving skills. *Journal of Baltic Science Education*, 17(3). <https://doi.org/10.33225/jbse/18.17.381>
- Solehudin, S. (2018). Pengaruh pembelajaran berbasis stem terhadap pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, berpikir kreatif, dan keterampilan bekerjasama pada konsep elektroplating. *Jurnal Redox*, 7(1), <https://elearning.umc.ac.id/index.php/JRE/article/view/519>
- Sutriani, & Mansyur, J. (2021). The analysis of students' ability in solving physics problems using multiple representations. *Journal of Physics: Conference*

- Series*, 1760(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1760/1/012035>
- Wider, C., & Wider, W. (2023). Effects of metacognitive skills on physics problem-solving skills among form four secondary school students. *Journal of Baltic Science Education*, 22(2). <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.257>
- Yaumi, M., Sutopo, S., & Parno, P. (2019). Pembelajaran fisika menggunakan pemodelan untuk meningkatkan pemahaman konsep pada materi hukum Newton gravitasi dan hukum Kepler. *EduSains: Jurnal Pendidikan Sains dan Matematika*, 7(1), 21–27.
- Yusup, M. (2012). Pendekatan pemodelan matematis dalam pembelajaran fisika. *Jurnal Penelitian Pendidikan*.
- Zhu, G., Su, X., Du, J., Chen, Q., Xiong, B., & Chiang, F. K. (2023). A quasi-experimental study on the influence of different media scaffolds toward physics problem-solving processes. *Interactive Learning Environments*, 31(2). <https://doi.org/10.1080/10494820.2020.1815222>