



Efektivitas Model Collaborative Problem Solving (CPS) dalam Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Termodinamika

Risma Ika Safitri, Mustika Wati*, Saiyidah Mahtari

Universitas Lambung Mangkurat, Banjarmasin, Indonesia

Received: January 2024

Revised: April 2024

Published: May 2024

Corresponding Author:

Name*: Mustika Wati

Email*: mustika_pfis@ulm.ac.id



<https://doi.org/10.36312/mj.v3i1.2309>

© 2024 The Author/s. This is an open-access article under the CC-BY-SA License.



Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas model Collaborative Problem Solving (CPS) dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah (KPM) pada siswa kelas XI dalam materi termodinamika. Melalui pendekatan kuasi-eksperimen dengan desain one-group pre-test post-test, penelitian ini melibatkan 24 siswa yang dipilih menggunakan teknik convenience sampling. Instrumen yang digunakan berupa tes esai dengan beberapa indikator KPM, meliputi memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan solusi, dan mengevaluasi hasil. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan signifikan pada semua aspek KPM, dengan nilai N-gain rata-rata sebesar 0,75 yang berada pada kategori tinggi. Selain itu, CPS juga terbukti meningkatkan keterampilan sosial siswa, seperti tanggung jawab, kerjasama, komunikasi, dan keaktifan, berdasarkan hasil penilaian peer assessment. Berdasarkan hasil ini, CPS disarankan untuk diterapkan pada topik-topik sains lainnya yang memiliki kompleksitas serupa. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya CPS sebagai metode pembelajaran yang efektif dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21, khususnya dalam bidang pemecahan masalah dan kolaborasi.

Kata kunci: Keterampilan Pemecahan Masalah, Collaborative Problem Solving, Termodinamika, Pembelajaran Kolaboratif, Pendidikan Fisika

The Effectiveness of the Collaborative Problem Solving (CPS) Model in Enhancing Problem-Solving Skills in Thermodynamics

Abstract: This study aims to evaluate the effectiveness of the Collaborative Problem Solving (CPS) model in enhancing problem-solving skills (PSS) in 11th-grade students studying thermodynamics. Using a quasi-experimental approach with a one-group pre-test post-test design, the study involved 24 students selected through convenience sampling. The research instrument consisted of essay tests with various PSS indicators, including understanding the problem, planning solutions, executing solutions, and evaluating results. The findings indicate a significant improvement across all PSS aspects, with an average N-gain of 0.75, categorized as high. CPS also enhanced students' social skills, such as responsibility, cooperation, communication, and engagement, as evidenced by peer assessment results. Based on these findings, CPS is recommended for use in other science topics with similar complexity. These results emphasize CPS as an effective instructional method for developing 21st-century skills, particularly in problem-solving and collaboration.

Keywords: Problem-Solving Skills, Collaborative Problem Solving, Thermodynamics, Collaborative Learning, Physics Education

PENDAHULUAN

Kemajuan abad ke-21 telah membawa perubahan signifikan dalam berbagai bidang, termasuk pendidikan, di mana keterampilan abad ke-21, khususnya keterampilan pemecahan masalah (KPM) dan kolaborasi, semakin diakui pentingnya (Firdaus & Robandi, 2023). Pendidikan fisika, yang terkenal dengan kompleksitas

How to Cite:

Safitri, R. I., Wati, M., & Mahtari, S. (2024). Efektivitas Model Collaborative Problem Solving (CPS) dalam Meningkatkan Keterampilan Pemecahan Masalah pada Materi Termodinamika. *Multi Discere Journal*, 3(1), 21-35. <https://doi.org/10.36312/mj.v3i1.2309>

kONSEP dan aplikasinya, menuntut pendekatan pembelajaran yang mampu meningkatkan keterampilan-keterampilan tersebut agar relevan dengan tantangan masa kini (Kasse et al., 2022). Konsep-konsep abstrak dalam fisika, seperti termodinamika, memerlukan pendekatan yang mendukung kolaborasi dan kemampuan analisis yang tinggi, sehingga siswa dapat memahami dan menerapkan pengetahuan tersebut dalam berbagai konteks nyata (Gencer, 2023; Wright, 2018). Model pembelajaran berbasis masalah kolaboratif atau Collaborative Problem Solving (CPS) menawarkan solusi efektif untuk meningkatkan kemampuan kognitif siswa dalam memahami materi yang kompleks dengan memperkuat keterampilan analitis dan komunikasi mereka (Mitropoulos, 2023).

Siswa Indonesia menghadapi tantangan besar dalam penguasaan sains, yang tercermin dari skor rendah dalam asesmen internasional. Hasil PISA 2018 menunjukkan bahwa Indonesia berada di peringkat ke-70 dari 78 negara dengan skor rata-rata sains sebesar 396, jauh di bawah rata-rata internasional (Fuadi et al., 2020). Berdasarkan observasi di salah satu sekolah menengah atas di Banjarmasin pada tahun 2023, diketahui bahwa keterampilan pemecahan masalah siswa masih rendah, dengan skor rata-rata KPM berada di bawah 60 pada tahap-tahap tertentu seperti analisis masalah dan evaluasi solusi. Wawancara dengan beberapa siswa mengungkapkan kesulitan dalam memahami konsep-konsep fisika yang abstrak serta menentukan rumus yang tepat untuk solusi masalah, dan kolaborasi yang jarang dilakukan akibat dampak pandemi (Sasmita et al., 2022). Temuan ini mendukung data bahwa kurangnya metode kolaboratif dalam pembelajaran fisika menjadi salah satu penyebab rendahnya KPM siswa.

Siswa sering menghadapi kesulitan dalam memahami dan menerapkan konsep-konsep dasar termodinamika, seperti konsep tekanan, volume, dan hukum termodinamika, yang sulit divisualisasikan dan membutuhkan pemahaman abstrak yang mendalam (Hawa et al., 2021). Kesalahan konsep dalam termodinamika kerap ditemukan, khususnya dalam pemahaman grafik dan hubungan antara variabel termodinamika yang saling berkaitan (Hidayat & Muslimin, 2021). Beberapa studi menunjukkan bahwa model pembelajaran yang berpusat pada kolaborasi, seperti CPS, membantu siswa dalam menyelesaikan masalah kompleks dengan cara berinteraksi aktif, bertukar ide, serta menghubungkan teori dengan situasi nyata (Graesser et al., 2018; Dewi, 2024). Penelitian oleh Mitropoulos (2023) menunjukkan bahwa CPS efektif dalam meningkatkan motivasi belajar siswa dan interaksi mereka terhadap materi pelajaran, sehingga mereka lebih terlibat dalam proses pembelajaran yang aktif.

Model CPS tidak hanya meningkatkan KPM, tetapi juga membangun keterampilan sosial yang mendukung kerja tim dalam pemecahan masalah kompleks. Dalam penerapan CPS, siswa diajak untuk bekerja dalam kelompok, berbagi peran, serta mengevaluasi pendapat satu sama lain untuk mencapai solusi bersama (Wulandari, 2019). Studi yang dilakukan oleh Dinni (2018) dan Malik et al. (2019) menemukan bahwa CPS meningkatkan keterampilan berpikir tingkat tinggi siswa dan mendorong mereka untuk mengembangkan kemampuan berpikir kritis yang diperlukan untuk memecahkan masalah-masalah yang lebih kompleks. Siswa yang belajar dalam lingkungan kolaboratif menunjukkan peningkatan kemampuan dalam berpikir analitis, mengembangkan solusi alternatif, serta mempertajam kemampuan komunikasi (Villarta et al., 2021; Nağac & Kalayci, 2021). Temuan ini menunjukkan bahwa CPS tidak hanya berkontribusi pada hasil belajar kognitif, tetapi juga mempersiapkan siswa untuk tantangan masa depan yang membutuhkan kolaborasi dan komunikasi yang efektif.

Meskipun CPS memiliki potensi untuk meningkatkan keterampilan kolaboratif dan KPM, terdapat tantangan dalam penerapannya di kelas. Salah satu tantangan utama adalah perbedaan kemampuan kolaboratif dan pemahaman awal siswa yang dapat mempengaruhi dinamika kelompok. Studi yang dilakukan oleh Zhao (2024) menunjukkan bahwa variasi keterampilan kolaborasi antar siswa dapat menghambat

efektivitas CPS, terutama ketika beberapa siswa tidak aktif atau tidak berkontribusi secara merata dalam kelompok. Dalam konteks pembelajaran fisika, perbedaan pemahaman dasar dalam konsep-konsep fisika dapat mengakibatkan ketidakseimbangan kontribusi dalam kelompok, yang berdampak pada pencapaian hasil belajar (Bauer & Popović, 2017). Disparitas ini dapat mempersulit proses kolaboratif dalam memecahkan masalah yang memerlukan pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep fisika dasar.

Selain itu, tantangan lain dalam penerapan CPS adalah kebutuhan akan pelatihan dan dukungan yang memadai bagi guru dalam mengelola pembelajaran kolaboratif. Guru perlu memiliki strategi yang tepat untuk memfasilitasi interaksi positif antar siswa, memastikan partisipasi aktif, serta mengarahkan diskusi agar tetap fokus pada tujuan pembelajaran (Wiltshire et al., 2014). Penelitian menunjukkan bahwa pelatihan khusus tentang teknik mengajar kolaboratif membantu guru dalam menciptakan lingkungan pembelajaran yang kondusif bagi CPS, meningkatkan keterampilan kolaboratif, dan memperbaiki dinamika kelompok (Hämäläinen et al., 2015). Oleh karena itu, peningkatan kompetensi guru dalam metode CPS merupakan faktor penting yang dapat menentukan keberhasilan implementasi model pembelajaran ini di kelas.

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi efektivitas model CPS dalam meningkatkan KPM siswa pada materi termodinamika. Fokus penelitian ini adalah untuk mengukur peningkatan KPM siswa dalam aspek analisis, pemecahan masalah, dan evaluasi solusi pada materi termodinamika. Sebagai indikator KPM, penelitian ini mengukur tahap pemahaman masalah, perencanaan solusi, pelaksanaan solusi, serta evaluasi hasil (Polya, 1973). Penelitian ini juga mengevaluasi kontribusi model CPS dalam meningkatkan keterampilan kolaboratif siswa, seperti tanggung jawab individu, kemampuan kerja sama, dan komunikasi dalam kelompok. Melalui pendekatan kuasi-eksperimen dengan desain pre-test dan post-test pada satu kelompok, penelitian ini diharapkan memberikan bukti empiris mengenai efektivitas CPS dalam meningkatkan kemampuan siswa dalam menyelesaikan masalah yang kompleks dalam fisika, khususnya pada materi termodinamika.

Dengan pendekatan ini, penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi pembelajaran kolaboratif dalam pendidikan fisika. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi dasar bagi pengembangan metode pembelajaran fisika di sekolah-sekolah di Indonesia, serta membantu guru dalam meningkatkan keterampilan abad ke-21 siswa melalui pendekatan yang mendukung kerja sama dan pemecahan masalah. Penelitian ini juga diharapkan dapat menambah wawasan terkait aplikasi CPS dalam mata pelajaran fisika dan memberikan rekomendasi untuk integrasi teknologi sebagai alat bantu dalam pembelajaran kolaboratif di kelas.

METODE

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode kuasi-eksperimen dengan desain one group pre-test post-test untuk mengevaluasi efektivitas model Collaborative Problem Solving (CPS) terhadap keterampilan pemecahan masalah (KPM) siswa pada materi termodinamika. Desain ini dipilih karena memungkinkan pengukuran perubahan dalam kelompok yang sama sebelum dan setelah intervensi, memudahkan pengidentifikasi dampak dari model CPS tanpa memerlukan kelompok kontrol. Metode ini umum digunakan dalam penelitian pendidikan untuk menilai perubahan keterampilan kognitif dalam lingkungan pembelajaran yang terbatas sumber daya (Alvarez, 2021; Ceylan & Topsakal, 2022).

Subjek Penelitian

Penelitian ini melibatkan 24 siswa kelas XI MIPA 3 di sebuah SMA di Banjarmasin yang dipilih dengan teknik convenience sampling, mengingat relevansi siswa tersebut terhadap objek studi. Subjek yang terdiri dari siswa berusia 16 hingga 17 tahun dipilih karena materi termodinamika sesuai dengan kurikulum mereka, yang membutuhkan penguatan KPM khususnya dalam sains (Yuliadarwati et al., 2023).

Instrumen Pengukuran dan Validitas

Instrumen penelitian berupa tes pemecahan masalah dalam bentuk soal esai yang menilai beberapa indikator KPM, yaitu: memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan solusi, dan mengevaluasi hasil. Validitas instrumen diuji melalui validitas isi dengan masukan dari ahli pendidikan fisika dan validitas konstruk menggunakan analisis faktor (Permatasari et al., 2019). Reliabilitas instrumen dinilai dengan uji Cronbach's alpha, yang menghasilkan nilai di atas 0,7, menandakan konsistensi internal yang tinggi (Istiyono et al., 2018). Skor KPM siswa dikategorikan berdasarkan Tabel 1 untuk menilai hasil tes pemecahan masalah mereka.

Tabel 1. Tingkat pencapaian KPM siswa dari tes pre-test dan post-test (Widoyoko, 2013)

Interval Skor	Kategori
$X > 84$	Sangat Baik
$75 \leq X \leq 84$	Baik
$66 \leq X < 75$	Cukup Baik
$58 \leq X < 66$	Kurang Baik
$X \leq 58$	Sangat Kurang Baik

Prosedur Penelitian

Penelitian dilaksanakan dari September 2022 hingga Januari 2023 dalam tiga sub-topik termodinamika, yakni hukum-hukum termodinamika, konsep energi internal, dan perubahan entalpi. CPS diterapkan dalam setiap pertemuan dengan langkah-langkah berikut.

1. Tahap Pengantar: Guru menjelaskan tujuan pembelajaran dan tahapan CPS yang akan digunakan.
2. Pemahaman Masalah: Siswa mengidentifikasi masalah termodinamika dan berdiskusi dalam kelompok.
3. Merencanakan Solusi: Kelompok merancang langkah-langkah untuk menyelesaikan masalah.
4. Melaksanakan Solusi: Siswa menerapkan rencana yang dibuat.
5. Evaluasi Hasil: Kelompok meninjau hasil, membandingkan dengan teori, dan mempresentasikan solusi.

Siswa menggunakan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) sebagai panduan, serta melakukan penilaian diri dan penilaian antarteman berdasarkan indikator tanggung jawab, kerjasama, dan komunikasi.

Teknik Analisi Data

Data dianalisis secara kuantitatif melalui perhitungan N-gain untuk menilai efektivitas intervensi serta uji normalitas data. Nilai N-gain dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\langle g \rangle = \frac{(\% \langle S_f \rangle - \% \langle S_i \rangle)}{(100 - \% \langle S_i \rangle)}$$

Tabel 2. Kategori N-gain

Nilai $\langle g \rangle$	Kategori
$(\langle g \rangle) \geq 0,7$	Tinggi
$0,3 \leq (\langle g \rangle) < 0,7$	Sedang
$(\langle g \rangle) < 0,3$	Rendah

Tabel 2 mengadaptasi kategori dari Hake (1998). Selain N-gain, t-test berpasangan digunakan untuk menguji perbedaan signifikan antara skor pre-test dan post-test, memastikan bahwa perubahan KPM signifikan secara statistik (Endrawan, 2023). Penelitian ini mempertimbangkan potensi bias dengan wawancara tindak lanjut untuk mengidentifikasi faktor eksternal yang mungkin mempengaruhi hasil tes selain CPS, memperkuat keandalan hasil penelitian ini (Sumarni et al., 2019).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur efektivitas model Collaborative Problem Solving (CPS) dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah (KPM) pada materi termodinamika. Efektivitas CPS dievaluasi dengan membandingkan skor pre-test dan post-test yang dianalisis menggunakan metode kuantitatif. Penilaian difokuskan pada aspek KPM, yaitu memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan solusi, dan mengevaluasi hasil. Berikut ini adalah temuan utama penelitian ini.

Hasil Uji Normalitas

Uji normalitas digunakan dalam penelitian ini untuk memastikan distribusi data pre-test dan post-test pada skor keterampilan pemecahan masalah (KPM) peserta didik. Dengan uji ini, peneliti dapat menentukan apakah data yang diperoleh berdistribusi normal, yang merupakan prasyarat untuk menggunakan statistik parametrik dalam analisis lebih lanjut, seperti uji t-test berpasangan (paired t-test) yang akan digunakan untuk mengukur signifikansi peningkatan KPM. Uji normalitas membantu mengurangi risiko bias dalam interpretasi hasil, memastikan bahwa kesimpulan yang diambil berdasarkan distribusi data yang tepat.

Hasil Uji Normalitas pada Data Pre-test dan Post-test

Tabel 3 menunjukkan hasil uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov yang digunakan untuk memeriksa distribusi data pre-test dan post-test. Metode ini cocok digunakan pada ukuran sampel kecil hingga sedang, seperti dalam penelitian ini yang melibatkan 24 peserta didik.

Tabel 3. Hasil uji normalitas dengan metode Kolmogorov-Smirnov

Data	Signifikansi	Keterangan
Pre-test	0,982	Data terdistribusi normal
Post-test	0,753	Data terdistribusi normal

Dalam uji Kolmogorov-Smirnov, nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05 menunjukkan bahwa data berdistribusi normal pada tingkat kepercayaan 95% (Sumarni et al., 2019). Hasil uji menunjukkan bahwa data pre-test dan post-test memiliki nilai signifikansi masing-masing 0,982 dan 0,753, keduanya lebih besar dari 0,05. Hal ini mengindikasikan bahwa distribusi skor KPM sebelum dan sesudah penerapan model Collaborative Problem Solving (CPS) bersifat normal. Oleh karena itu, data memenuhi syarat untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan metode statistik parametrik, khususnya paired t-test, untuk menilai efektivitas model CPS dalam meningkatkan KPM.

Karena data penelitian ini berdistribusi normal, paired t-test dapat dilakukan untuk membandingkan skor pre-test dan post-test dan menentukan apakah terdapat peningkatan signifikan pada KPM setelah penerapan model CPS. Uji t-test ini akan menghasilkan nilai signifikansi yang membantu menentukan efektivitas intervensi CPS secara objektif. Selain paired t-test, data berdistribusi normal ini juga memungkinkan analisis N-gain sebagai ukuran efektivitas pembelajaran yang umum digunakan dalam penelitian pendidikan, khususnya untuk menilai tingkat peningkatan yang dicapai oleh siswa dalam pembelajaran kolaboratif (Zhang et al., 2021).

Hasil N-gain

Dalam penelitian ini, nilai rata-rata N-gain yang diperoleh adalah sebesar 0,75, yang berada pada kategori Tinggi. Tabel 4 menampilkan hasil perhitungan rata-rata N-gain untuk data pre-test dan post-test pada KPM siswa.

Tabel 4. Hasil Uji N-gain

Rata-Rata Skor	N-gain	Kategori
Pre-test	7,42	
Post-test	76,80	0,75

Nilai N-gain sebesar 0,75 mengindikasikan bahwa terdapat peningkatan keterampilan pemecahan masalah yang signifikan pada peserta didik setelah penerapan CPS. Peningkatan ini menandakan bahwa CPS efektif dalam membantu siswa memahami dan menyelesaikan masalah termodinamika secara kolaboratif, terutama pada sub-topik yang membutuhkan pemahaman mendalam dan kemampuan analitis, seperti hukum-hukum termodinamika dan konsep energi internal.

Nilai N-gain yang tinggi ini sejalan dengan berbagai penelitian yang menunjukkan bahwa pembelajaran kolaboratif dapat meningkatkan keterampilan pemecahan masalah siswa dalam konteks yang kompleks. Penelitian oleh Greiff et al. (2023) menemukan bahwa model pembelajaran kolaboratif seperti CPS dapat memberikan dampak signifikan dalam meningkatkan keterampilan berpikir kritis dan kemampuan analisis siswa di bidang sains, terutama pada topik-topik yang menuntut pemahaman konseptual dan pemecahan masalah yang terstruktur. Dengan demikian, hasil penelitian ini konsisten dengan literatur yang mendukung efektivitas CPS dalam memperkuat pemahaman konsep dan keterampilan kognitif siswa.

Penerapan model CPS memungkinkan siswa untuk berdiskusi, merumuskan strategi, dan berbagi ide dalam memecahkan masalah. Melalui interaksi kolaboratif ini, siswa dapat membangun pemahaman yang lebih mendalam tentang konsep-konsep abstrak dalam termodinamika, sehingga mendorong peningkatan KPM secara signifikan. Penelitian oleh Saeed dan Ramdane (2022) mendukung temuan ini, di mana siswa yang belajar dalam lingkungan kolaboratif menunjukkan peningkatan N-gain yang lebih tinggi dibandingkan dengan siswa yang belajar secara individual.

Peningkatan N-gain dalam penelitian ini tidak hanya menunjukkan efektivitas CPS sebagai metode pembelajaran tetapi juga menggarisbawahi pentingnya interaksi antar siswa dalam memahami materi yang kompleks. Hal ini sesuai dengan temuan Huang et al. (2023), yang menyatakan bahwa interaksi dalam CPS dapat mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir kritis, memotivasi siswa untuk terlibat aktif, dan memberikan ruang untuk memperbaiki kesalahan melalui diskusi kelompok.

Analisis Pengaruh CPS pada Aspek KPM

Untuk menguji signifikansi statistik dari peningkatan keterampilan pemecahan masalah (KPM) setelah penerapan model Collaborative Problem Solving (CPS), penelitian ini menggunakan uji t-test berpasangan (paired t-test) pada data pre-test dan post-test. Uji t-test berpasangan dipilih karena data berdistribusi normal (lihat Hasil Uji Normalitas), dan metode ini cocok untuk membandingkan dua set data yang berasal dari kelompok yang sama sebelum dan setelah perlakuan (Endrawan, 2023). Uji ini membantu menentukan apakah perbedaan antara nilai pre-test dan post-test signifikan secara statistik, yang memperkuat kesimpulan bahwa peningkatan KPM bukan sekadar kebetulan.

Hasil uji paired t-test menunjukkan nilai $p < 0,001$, yang berarti bahwa peningkatan antara skor pre-test dan post-test secara statistik signifikan. Dengan kata lain, terdapat perbedaan yang nyata dalam keterampilan pemecahan masalah siswa

setelah penerapan model CPS, sehingga dapat disimpulkan bahwa CPS efektif dalam meningkatkan KPM pada materi termodinamika.

Tabel 5. Analisis Pengaruh CPS pada Aspek KPM

Aspek KPM	Rata-rata Pre-test	Rata-rata Post-test	Nilai t	p-value	Interpretasi
Memahami Masalah	7.5	79.72	-4,73	< 0,001	Signifikan
Merencanakan Solusi	7.5	77.47	-5,12	< 0,001	Signifikan
Melaksanakan Solusi	7.4	75.68	-5,30	< 0,001	Signifikan
Mengevaluasi Hasil	7.3	74.56	-3,98	< 0,001	Signifikan
Rata-rata Total	7,42	76,80	-5,45	< 0,001	Signifikan

Tabel 5 menampilkan hasil uji t-test per aspek KPM. Semua aspek menunjukkan nilai p di bawah 0,05, yang mengonfirmasi bahwa peningkatan dalam masing-masing aspek KPM setelah penerapan CPS adalah signifikan. Hal ini mendukung hipotesis bahwa CPS efektif meningkatkan pemahaman dan keterampilan siswa dalam memecahkan masalah.

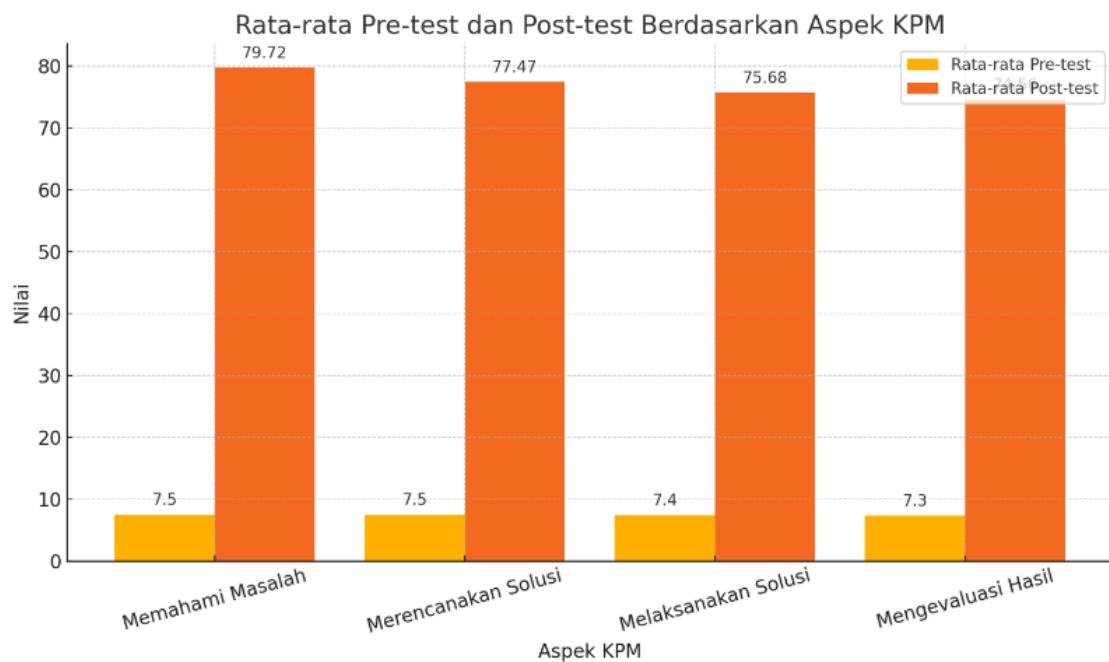
Signifikansi statistik pada setiap aspek KPM mengindikasikan bahwa model CPS tidak hanya meningkatkan skor total KPM tetapi juga efektif pada setiap tahap keterampilan, mulai dari pemahaman masalah hingga evaluasi hasil. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya, seperti yang diungkapkan oleh Zhang et al. (2021), yang menemukan bahwa CPS mendorong peningkatan signifikan dalam keterampilan kognitif siswa pada berbagai disiplin ilmu, khususnya sains. Dalam konteks penelitian ini, peningkatan pada tahap "merencanakan solusi" dan "melaksanakan solusi" menunjukkan bahwa CPS mendorong siswa untuk lebih terstruktur dan strategis dalam proses pemecahan masalah.

Penelitian oleh Saeed dan Ramdane (2022) menyatakan bahwa CPS efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah melalui kolaborasi. Hasil signifikan dalam penelitian ini menunjukkan bahwa interaksi antar siswa selama sesi CPS berkontribusi besar pada peningkatan keterampilan analitis mereka. Pembelajaran kolaboratif yang terjadi dalam CPS menciptakan lingkungan di mana siswa merasa didukung untuk bereksperimen dengan solusi, yang sangat penting dalam topik kompleks seperti termodinamika (Huang et al., 2023).

Pengaruh CPS pada Tahapan KPM

Model Collaborative Problem Solving (CPS) memiliki dampak signifikan pada pengembangan keterampilan pemecahan masalah (KPM) siswa di setiap tahapan yang dinilai, yaitu memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan solusi, dan mengevaluasi hasil. Analisis per aspek menunjukkan bahwa CPS berperan besar dalam membantu siswa mempelajari konsep-konsep kompleks termodinamika dengan lebih mendalam dan terstruktur, serta mendorong keterlibatan aktif melalui interaksi kolaboratif. Gambar 1 menunjukkan peningkatan KPM siswa dalam pembelajaran CPS.

Tahapan pertama dalam pemecahan masalah adalah memahami masalah, di mana siswa diharapkan mampu mengidentifikasi dan mengurai elemen-elemen penting dari masalah yang dihadapi. Sebelum intervensi CPS, siswa mengalami kesulitan dalam memahami konteks masalah termodinamika, terutama dalam menghubungkan teori dengan aplikasi nyata. Melalui CPS, siswa didorong untuk berinteraksi dalam kelompok, berdiskusi, dan berbagi pemahaman mereka mengenai konsep-konsep yang relevan. Peningkatan pada aspek ini mengindikasikan bahwa CPS mendorong proses pemahaman yang lebih mendalam. Diskusi kelompok memfasilitasi klarifikasi konsep-konsep yang sulit dipahami secara individu, sehingga siswa lebih siap melangkah ke tahap berikutnya. Penelitian Hendarwati et al. (2021) mendukung temuan ini, menyatakan bahwa kerja kelompok meningkatkan pemahaman siswa terhadap permasalahan yang kompleks dengan memperluas perspektif melalui interaksi antar siswa.



Gambar 1. Perbandingan skor rata-rata antara pre-test serta post-test

Tahap merencanakan solusi adalah salah satu aspek KPM yang menunjukkan peningkatan terbesar dalam penelitian ini. Pada tahap ini, siswa diajak untuk merumuskan strategi atau langkah-langkah penyelesaian masalah yang relevan. Melalui CPS, siswa dapat mendiskusikan berbagai strategi dan pendekatan, sehingga mereka mampu menyusun rencana yang lebih terstruktur dan efektif. Peningkatan signifikan pada tahap ini menunjukkan bahwa CPS sangat efektif dalam membentuk pola pikir yang strategis dan analitis. Dengan berbagi ide dan perspektif yang berbeda dalam kelompok, siswa dapat mengembangkan solusi yang lebih kreatif dan adaptif. Sesuai dengan penelitian Greiff et al. (2023), pembelajaran kolaboratif dalam CPS meningkatkan keterampilan perencanaan siswa dengan cara mendorong diskusi, pemikiran kritis, dan sintesis informasi dari berbagai sumber.

Pada tahap melaksanakan solusi, siswa menerapkan langkah-langkah yang telah dirancang sebelumnya untuk memecahkan masalah, yang dalam konteks termodinamika sering kali melibatkan pemahaman matematis dan analisis grafik. CPS memungkinkan siswa untuk saling membantu dan mendukung ketika menghadapi kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep ini secara praktis. Peningkatan skor pada tahap melaksanakan solusi menunjukkan bahwa CPS membantu siswa untuk mengatasi hambatan dalam menerapkan teori. Dengan bekerja bersama-sama, siswa dapat memperoleh umpan balik langsung dari anggota kelompok lain, mengatasi kesalahan, dan membangun kepercayaan diri dalam melaksanakan langkah-langkah solusi. Hal ini konsisten dengan temuan Saeed dan Ramdane (2022), yang menyatakan bahwa lingkungan kolaboratif memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan aplikasi konsep dengan lebih baik, terutama dalam pemecahan masalah yang memerlukan ketelitian dan akurasi.

Tahap terakhir, mengevaluasi hasil, adalah tahapan di mana siswa diminta untuk meninjau solusi yang mereka peroleh, menilai keakuratan hasil, dan mempertimbangkan apakah langkah-langkah yang diambil sudah sesuai dengan permasalahan. Setelah intervensi CPS, terjadi peningkatan pada aspek ini, meskipun peningkatannya relatif lebih kecil dibandingkan tahap-tahap lain. Hal ini mungkin disebabkan oleh kompleksitas dalam mengevaluasi konsep-konsep termodinamika yang abstrak dan membutuhkan refleksi yang mendalam. Namun, CPS masih membantu dalam mengasah keterampilan evaluatif siswa dengan mendorong diskusi

reflektif di dalam kelompok. Dengan memberikan ruang bagi siswa untuk mengomentari dan memeriksa hasil kerja teman sekelompok, CPS memungkinkan mereka untuk belajar dari kesalahan dan melakukan koreksi jika diperlukan. Temuan ini sejalan dengan penelitian Patimah et al. (2022), yang menemukan bahwa model pembelajaran kolaboratif dapat meningkatkan keterampilan reflektif dan evaluatif siswa dalam menyelesaikan masalah-masalah kompleks.

Penilaian Kolaboratif dan Keterlibatan Siswa

Selain meningkatkan keterampilan pemecahan masalah (KPM), model Collaborative Problem Solving (CPS) juga berperan penting dalam membangun keterampilan sosial siswa, seperti tanggung jawab, kerjasama, komunikasi, dan keaktifan. Dalam penelitian ini, keterampilan kolaboratif siswa diukur melalui penilaian peer assessment pada empat indikator utama. Dengan cara ini, peneliti dapat menilai sejauh mana siswa terlibat dalam proses kolaboratif dan kontribusi individu mereka terhadap kelompok.

Tabel 6 menampilkan rata-rata nilai dari masing-masing indikator keterampilan kolaboratif, yang menunjukkan efektivitas model CPS dalam mengembangkan keterampilan interpersonal siswa selama sesi pembelajaran.

Tabel 6. Hasil nilai rata-rata per indikator

Indikator	Rata-Rata	Kategori
Tanggung Jawab	79,72	Baik
Kerjasama	79,47	Baik
Komunikasi	78,68	Baik
Keaktifan	77,56	Baik
Rata-Rata Total	78,86	Baik

Hasil ini menunjukkan bahwa semua indikator kolaboratif berada dalam kategori Baik, yang mengindikasikan bahwa siswa secara umum terlibat aktif dan bertanggung jawab dalam menyelesaikan tugas kelompok mereka. Pencapaian ini mencerminkan efektivitas CPS dalam mendorong interaksi yang produktif di antara siswa, yang sesuai dengan penelitian Fitriyani et al. (2019) yang menyatakan bahwa CPS meningkatkan kerjasama dan komunikasi antar siswa dalam pembelajaran kolaboratif.

CPS menekankan pentingnya setiap siswa dalam memikul tanggung jawab untuk kontribusi mereka terhadap kelompok. Rata-rata nilai 79,72 pada indikator ini menunjukkan bahwa siswa memahami peran mereka dan berusaha memberikan kontribusi terbaik. Tanggung jawab individu dalam CPS memungkinkan siswa untuk lebih berfokus pada kualitas hasil kelompok, yang sejalan dengan penelitian Zhang et al. (2021) yang menunjukkan bahwa CPS meningkatkan kesadaran akan tanggung jawab individu dalam kerja kelompok.

Nilai rata-rata 79,47 pada indikator kerjasama menunjukkan bahwa CPS berhasil membangun lingkungan yang mendukung kolaborasi efektif. Siswa yang bekerja dalam CPS belajar menghargai pendapat orang lain dan bekerja sama untuk mencapai solusi yang disepakati. Hal ini sangat penting dalam pembelajaran fisika yang kompleks, karena kerjasama memfasilitasi saling berbagi pemahaman dan penguatan konsep melalui diskusi bersama. Temuan ini konsisten dengan penelitian oleh Saeed dan Ramdane (2022), yang menemukan bahwa kolaborasi dalam pembelajaran memungkinkan siswa untuk beradaptasi lebih baik dalam menghadapi tugas-tugas sains yang menantang.

CPS membantu meningkatkan kemampuan komunikasi siswa dengan memberikan ruang untuk berdiskusi dan mengekspresikan ide-ide mereka secara terbuka. Rata-rata nilai 78,68 pada indikator ini menunjukkan bahwa CPS menciptakan suasana yang mendukung komunikasi terbuka. Dalam CPS, komunikasi yang baik memungkinkan siswa untuk menyampaikan pemahaman mereka, memperjelas

keraguan, dan memberi serta menerima umpan balik dari rekan-rekan mereka, yang sesuai dengan temuan Huang et al. (2023) tentang pentingnya komunikasi dalam meningkatkan keterlibatan siswa dalam pembelajaran kolaboratif.

Dengan nilai rata-rata 77,56, indikator keaktifan menunjukkan bahwa CPS mendorong siswa untuk terlibat aktif dalam setiap tahapan pemecahan masalah. Siswa didorong untuk tidak hanya ikut serta dalam diskusi, tetapi juga secara proaktif menawarkan solusi atau pertanyaan yang relevan. Aktivitas ini menunjukkan bahwa siswa yang terlibat dalam CPS lebih termotivasi untuk berkontribusi secara aktif, seperti yang dinyatakan dalam penelitian Patimah et al. (2022), yang menemukan bahwa pembelajaran kolaboratif dapat meningkatkan motivasi dan keterlibatan siswa secara keseluruhan.

Keempat indikator penilaian kolaboratif ini menggambarkan bahwa CPS tidak hanya berfokus pada peningkatan KPM, tetapi juga pada pengembangan keterampilan interpersonal yang mendukung keberhasilan pembelajaran kolaboratif. Penelitian ini menunjukkan bahwa dengan membangun lingkungan pembelajaran yang menghargai kerjasama, komunikasi, dan tanggung jawab individu, siswa menjadi lebih siap untuk menghadapi tantangan akademik yang kompleks. Pencapaian dalam keterampilan kolaboratif ini mendukung kesimpulan Zhang et al. (2021) yang menyatakan bahwa CPS efektif untuk meningkatkan keterlibatan aktif siswa dan mengarahkan mereka untuk mengembangkan keterampilan sosial yang penting di luar konteks akademik.

Perbandingan dengan Studi Terdahulu

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model Collaborative Problem Solving (CPS) efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah (KPM) siswa pada materi termodinamika. Temuan ini konsisten dengan berbagai studi terdahulu yang menunjukkan bahwa CPS mampu meningkatkan pemahaman konsep, keterampilan berpikir kritis, dan keterampilan sosial siswa melalui proses pembelajaran kolaboratif. Pada bagian ini, akan dijelaskan beberapa penelitian yang relevan sebagai perbandingan untuk memperkuat temuan penelitian ini.

Studi oleh Zhang et al. (2021) menyoroti efektivitas CPS dalam meningkatkan KPM siswa dalam konteks pembelajaran sains. Penelitian tersebut menemukan bahwa CPS secara signifikan meningkatkan kemampuan siswa dalam merumuskan solusi yang lebih terstruktur dan kreatif, khususnya pada materi yang menantang seperti fisika. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana CPS membantu siswa dalam memahami masalah dan mengembangkan strategi pemecahan masalah yang lebih baik, terutama pada tahap "merencanakan solusi" dan "melaksanakan solusi." Demikian pula, penelitian oleh Greiff et al. (2023) menunjukkan bahwa CPS mampu mendorong siswa untuk mengembangkan keterampilan berpikir tingkat tinggi melalui diskusi dan interaksi kelompok. Greiff et al. menekankan pentingnya kolaborasi dalam pembelajaran CPS yang memungkinkan siswa untuk saling membantu dan memperbaiki kesalahan. Hasil penelitian ini mendukung pernyataan tersebut, di mana kolaborasi dalam CPS memungkinkan siswa untuk mengatasi kesulitan dalam menerapkan konsep-konsep kompleks seperti termodinamika melalui kerja sama.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan peningkatan keterampilan kolaboratif siswa pada indikator tanggung jawab, kerjasama, komunikasi, dan keaktifan. Penelitian oleh Saeed dan Ramdane (2022) mendukung temuan ini, di mana CPS terbukti efektif dalam mengembangkan keterampilan sosial seperti kerjasama dan tanggung jawab. Dalam penelitian Saeed dan Ramdane, siswa yang terlibat dalam CPS menunjukkan sikap saling mendukung dan lebih termotivasi untuk berpartisipasi aktif dalam diskusi kelompok. Penelitian lain oleh Huang et al. (2023) menemukan bahwa pembelajaran kolaboratif seperti CPS tidak hanya meningkatkan pemahaman kognitif, tetapi juga memperkuat kemampuan komunikasi siswa. Komunikasi yang terjadi dalam CPS memungkinkan siswa untuk menyampaikan pemikiran dan menerima umpan balik dari rekan-rekan mereka, yang pada gilirannya meningkatkan

keterlibatan siswa dalam pembelajaran. Hasil ini sangat relevan dengan temuan penelitian ini, di mana komunikasi dalam CPS membantu siswa memperjelas konsep termodinamika yang sulit dipahami, serta mendorong siswa untuk saling bertukar pendapat dan ide.

Studi oleh Patimah et al. (2022) menyoroti efektivitas CPS dalam meningkatkan KPM siswa pada mata pelajaran fisika, khususnya pada topik yang kompleks dan memerlukan penalaran mendalam, seperti mekanika dan elektromagnetika. Penelitian ini menemukan bahwa CPS membantu siswa mengatasi hambatan dalam memahami konsep-konsep abstrak dengan memungkinkan siswa untuk saling berbagi pemahaman. Temuan ini sesuai dengan hasil penelitian ini, di mana CPS menunjukkan pengaruh positif dalam pembelajaran termodinamika, topik yang juga dikenal sulit karena membutuhkan pemahaman mendalam tentang hukum-hukum fisika. Di sisi lain, Rustanuarsi dan Karyati (2019) menemukan bahwa CPS efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah pada mata pelajaran matematika melalui tugas-tugas kolaboratif yang menantang. Penelitian tersebut menegaskan bahwa CPS memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan analitis dengan cara mengatasi tantangan bersama dalam kelompok. Hasil ini selaras dengan temuan penelitian ini, yang menunjukkan bahwa tugas kolaboratif dalam CPS membantu siswa dalam menghadapi dan menyelesaikan masalah yang kompleks, sehingga meningkatkan KPM mereka secara signifikan.

Penelitian oleh Noviah et al. (2023) menggarisbawahi pentingnya kolaborasi dalam meningkatkan motivasi belajar siswa dalam sains. Hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa siswa yang belajar melalui CPS lebih termotivasi untuk terlibat aktif dalam pembelajaran karena mereka merasa didukung oleh rekan-rekan mereka. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana siswa menunjukkan partisipasi aktif dalam proses pembelajaran kolaboratif dan merasa lebih nyaman dalam menyampaikan pendapat dan berdiskusi. Dengan demikian, CPS tidak hanya meningkatkan KPM tetapi juga motivasi belajar, yang sangat penting dalam pembelajaran sains yang kompleks.

Beberapa studi juga mengidentifikasi kendala dalam implementasi CPS, seperti yang diungkapkan oleh Tan et al. (2018). Mereka menemukan bahwa salah satu tantangan dalam CPS adalah distribusi peran yang tidak merata dalam kelompok, di mana siswa yang lebih dominan cenderung mengontrol diskusi sementara siswa yang lebih pasif kurang terlibat. Kendala ini juga ditemukan dalam penelitian ini, di mana beberapa kelompok menunjukkan pembagian tugas yang tidak seimbang. Hal ini menunjukkan bahwa perlu ada penanganan khusus, seperti pembagian peran yang lebih spesifik, untuk mengoptimalkan keterlibatan semua siswa. Selain itu, penelitian oleh Pedersen et al. (2023) mengusulkan penggunaan rubrik penilaian kolaboratif untuk mengevaluasi keterampilan sosial dan kontribusi individu dalam CPS. Temuan ini relevan dengan penelitian ini, yang juga menggunakan peer assessment untuk menilai keterampilan kolaboratif siswa. Dengan rubrik yang terstruktur, guru dapat lebih mudah mengevaluasi efektivitas CPS secara komprehensif, mencakup aspek KPM dan keterampilan kolaboratif.

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa model Collaborative Problem Solving (CPS) efektif dalam meningkatkan keterampilan pemecahan masalah (KPM) siswa pada materi termodinamika. Hasil analisis menunjukkan peningkatan signifikan pada semua aspek KPM, yaitu memahami masalah, merencanakan solusi, melaksanakan solusi, dan mengevaluasi hasil. Dengan nilai N-gain sebesar 0,75 yang tergolong tinggi, CPS berhasil meningkatkan kemampuan kognitif siswa dalam memahami konsep-konsep termodinamika yang kompleks. Penerapan CPS memungkinkan siswa untuk berinteraksi secara kolaboratif, bertukar ide, dan bekerja bersama dalam pemecahan masalah, yang terbukti memperkuat keterampilan berpikir kritis dan analitis mereka.

Selain itu, penelitian ini juga mengungkapkan bahwa CPS berkontribusi dalam mengembangkan keterampilan sosial siswa, termasuk tanggung jawab, kerjasama, komunikasi, dan keaktifan. Melalui penilaian kolaboratif berbasis peer assessment, siswa menunjukkan tingkat keterlibatan yang baik dalam bekerja bersama kelompok. Hasil penelitian ini konsisten dengan studi terdahulu yang mendukung CPS sebagai model pembelajaran yang efektif dalam konteks pembelajaran fisika dan sains lainnya, terutama untuk materi yang membutuhkan analisis mendalam dan pemahaman konseptual. Secara keseluruhan, temuan ini menunjukkan bahwa CPS dapat menjadi alternatif pembelajaran yang efektif untuk membantu siswa mencapai kompetensi abad ke-21 dalam keterampilan pemecahan masalah dan kolaborasi.

REKOMENDASI

Berdasarkan hasil dan temuan penelitian ini, beberapa rekomendasi dapat diberikan untuk meningkatkan implementasi model CPS dalam pendidikan fisika dan sains. Pertama, disarankan agar guru memberikan pelatihan singkat mengenai keterampilan kolaboratif kepada siswa sebelum penerapan CPS. Pelatihan ini dapat membantu siswa memahami pentingnya kontribusi aktif dan komunikasi yang efektif, sehingga setiap anggota kelompok terlibat dalam pemecahan masalah secara adil dan seimbang.

Kedua, untuk mengatasi tantangan waktu dalam CPS, guru dapat membagi kegiatan pembelajaran CPS ke dalam beberapa sesi atau pertemuan, dengan memberikan tugas pra-kelas seperti membaca konsep dasar. Strategi ini akan membantu siswa lebih siap dan fokus dalam pembelajaran CPS tanpa mengorbankan kedalaman materi. Penggunaan Lembar Kerja Peserta Didik (LKPD) yang terstruktur juga direkomendasikan untuk mengarahkan proses pembelajaran dengan jelas, membantu siswa dalam mengikuti setiap tahapan pemecahan masalah dengan lebih efektif.

Ketiga, untuk evaluasi yang lebih komprehensif, guru disarankan menggunakan rubrik penilaian yang mencakup indikator keterampilan kolaboratif, seperti kerjasama, tanggung jawab, dan komunikasi. Dengan rubrik ini, guru dapat menilai kontribusi individual siswa secara lebih objektif dan memberikan umpan balik yang konstruktif. Selain itu, peer assessment secara berkala juga dapat diterapkan untuk memfasilitasi refleksi siswa terhadap keterampilan sosial dan kolaboratif mereka.

Terakhir, disarankan agar CPS diterapkan pada topik-topik lain dalam fisika atau mata pelajaran sains lain yang memiliki kompleksitas serupa dengan termodinamika. CPS memungkinkan siswa untuk belajar secara aktif dan mandiri dengan dukungan kelompok, sehingga mampu mengatasi tantangan pembelajaran sains yang menuntut keterampilan analitis dan evaluatif yang tinggi. Dengan demikian, model ini berpotensi untuk memperkaya proses pembelajaran di kelas dan membantu siswa mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan kolaboratif yang esensial untuk kesuksesan akademis dan karir di masa depan.

REFERENSI

- Aini, N., Zainuddin, Z., & Mahardika, A. I. (2018). Pengembangan materi ajar IPA menggunakan model pembelajaran kooperatif berorientasi lingkungan lahan basah. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 264. <https://doi.org/10.20527/bipf.v6i2.4919>
- Albab, U., Djudin, T., & Oktavianty, E. (2020). Analisis kemampuan siswa menyelesaikan soal berbentuk grafik pada materi usaha gas di Madrasah Aliyah. *Journal of Equatorial Education and Learning*.
- Alvarez, J. (2021). Game of the radicals: intervention in teaching simplifying radicals. *International Journal of Research Studies in Education*, 10(3). <https://doi.org/10.5861/ijrse.2021.5015>

- Asha, L. (2022). Persepsi siswa terhadap kolaborasi guru dalam proses pembelajaran pendidikan agama Islam. *Tarbawiyah: Jurnal Ilmiah Pendidikan*, 6(1), 16. <https://doi.org/10.32332/tarbawiyah.v6i1.4851>
- Bauer, A., & Popović, Z. (2017). Collaborative problem solving in an open-ended scientific discovery game. *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, 1(CSCW), 1-21. <https://doi.org/10.1145/3134657>
- Ceylan, Ö., & Topsakal, Ü. (2022). The effects of steam-based activities gifted students' steam attitudes, cooperative working skills and career choices. *Journal of Science Learning*, 5(3). <https://doi.org/10.17509/jsl.v5i3.46215>
- Dewi, M., Kaniawati, I., & Suwarma, I. R. (2018). Penerapan pembelajaran fisika menggunakan pendekatan STEM. *Quantum: Seminar Nasional Fisika, dan Pendidikan Fisika*, 0(0), 381-385.
- Dinni, H. N. (2018). HOTS (High Order Thinking Skills) dan kaitannya dengan kemampuan literasi matematika. *PRISMA, Prosiding Seminar Nasional Matematika*, 1, 170-176.
- Endrawan, I. (2023). Problem-based collaborative learning model improves physical education learning outcomes for elementary school students. *Mimbar PGSD Undiksha*, 11(1), 9-17. <https://doi.org/10.23887/jpgsd.v11i1.59758>
- Firdaus, N. M., & Robandi, B. (2023). Efektivitas penggunaan teknologi internet dalam mencari pengetahuan dan keterampilan bagi warga belajar PKBM. *Comm-Edu (Community Education Journal)*, 6(1), 6. <https://doi.org/10.22460/comm-edu.v6i1.7527>
- Fitriyani, R. V., Supeno, S., & Maryani, M. (2019). Pengaruh LKS kolaboratif pada model pembelajaran berbasis masalah terhadap keterampilan pemecahan masalah fisika siswa SMA. *Berkala Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(2), 71. <https://doi.org/10.20527/bipf.v7i2.6026>
- Fuadi, H., Robbia, A. Z., Jamaluddin, J., & Jufri, A. W. (2020). Analisis faktor penyebab rendahnya kemampuan literasi sains peserta didik. *Jurnal Ilmiah Profesi Pendidikan*, 5(2), 108-116. <https://doi.org/10.29303/jipp.v5i2.122>
- Gencer, S. (2023). Development and use of flowchart for preservice chemistry teachers' problem solving on the first law of thermodynamics. *Journal of Chemical Education*, 100(9), 3393-3401. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.3c00224>
- Graesser, A., Fiore, S., Greiff, S., Andrews-Todd, J., Foltz, P., & Hesse, F. (2018). Advancing the science of collaborative problem solving. *Psychological Science in the Public Interest*, 19(2), 59-92. <https://doi.org/10.1177/1529100618808244>
- Greiff, S., Holt, D., & Funke, J. (2013). Perspectives on problem solving in educational assessment: Analytical, interactive, and collaborative problem solving. *The Journal of Problem Solving*, 5(2). <https://doi.org/10.7771/1932-6246.1153>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Hämäläinen, R., Wever, B., Malin, A., & Cincinnato, S. (2015). Education and working life: VET adults' problem-solving skills in technology-rich environments. *Computers & Education*, 88, 38-47. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.04.013>
- Hawa, A. A., Supriadi, B., & Prastowo, S. H. B. (2021). Efektivitas pengembangan perangkat pembelajaran model PBL berbantuan simulasi phet pada materi termodinamika untuk meningkatkan kemampuan berpikir kritis siswa. *ORBITA: Jurnal Kajian, Inovasi dan Aplikasi Pendidikan Fisika*, 7(2), 327. <https://doi.org/10.31764/orbita.v7i2.6041>
- Hendarwati, E., Nurlaela, L., & Bachri, B. (2021). Collaborative problem-solving based on mobile multimedia. *International Journal of Interactive Mobile Technologies (ijIM)*, 15(13), 16. <https://doi.org/10.3991/ijim.v15i13.23765>

- Hidayat, E. H., & Muslimin. (2021). Analysis of understanding the concept of thermodynamics for prospective physics teachers. *Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online*, 9(August), 97–104.
- Kasse, F., Ragil, I., & Atmojo, W. (2022). Analisis kecakapan abad 21 melalui literasi sains pada siswa sekolah dasar. *Education and Development*, 10(1), 124.
- Mitropoulos, T. (2023). The utility of mechanical objects: Aiding students' learning of abstract and difficult engineering concepts. *Journal of Engineering Education*, 113(1), 124–142. <https://doi.org/10.1002/jee.20573>
- Nağac, M., & Kalayci, S. (2021). The effect of STEM activities on students' academic achievement and problem solving skills: Matter and heat unit. *E-Kafkas Eğitim Araştırmaları Dergisi*, 8(3), 480–498. <https://doi.org/10.30900/kafkasegt.964063>
- Nursaodah, Toheri, & Heryandi, Y. (2022). Penerapan model pembelajaran collaborative problem solving (CPS) dalam meningkatkan higher order thinking skills (HOTS) siswa kelas VII. *Jurnal Pendidikan Matematika*, 6(3), 3296–3306.
- Patimah, S., Putri, D. H., & Syarkowi, A. (2022). Pengembangan instrumen tes keterampilan problem solving pada materi gerak lurus di SMA. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(3), 682. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i3.6809>
- Permatasari, A., Istiyono, E., & Kuswanto, H. (2019). Developing assessment instrument to measure physics problem solving skills for mirror topic. *International Journal of Educational Research Review*, 4(3), 358–366. <https://doi.org/10.24331/ijere.573872>
- Polya, G. (1973). How to solve it. Princeton University Press.
- Rustanuars, R., & Karyati, K. (2019). The effectiveness of collaborative learning model with challenging task on students' mathematical problem-solving skills. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157, 042058. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/4/042058>
- Saeed, B., & Ramdane, T. (2022). The effect of implementation of a creative thinking model on the development of creative thinking skills in high school students: A systematic review. *Review of Education*, 10(3). <https://doi.org/10.1002/rev3.3379>
- Sasmita, F. D., Purwaningsih, E., & Amelia, R. (2022). Analisis kebutuhan video pembelajaran bermuatan keterampilan pemecahan masalah untuk meningkatkan hasil belajar. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 6(2), 411. <https://doi.org/10.20527/jipf.v6i2.5389>
- Sumiati, S., Fatimah, S., Widodo, S., & Riyadi, M. (2019). Mathematics content knowledge prospective teachers through project-based learning assisted by geogebra 5.0. *Journal of Academic Research*, 8(10), 202–221.
- Villarta, Y., Atibula, L., & Gagani, F. (2021). Performance-based assessment: Self-efficacy, decision-making, and problem-solving skills in learning science. *Journal La Edusci*, 2(3), 1–9. <https://doi.org/10.37899/journallaedusci.v2i3.381>
- Wulandari, R. (2019). Mendorong keterampilan pemecahan masalah siswa melalui pembelajaran collaborative problem solving. Seminar Nasional Pendidikan Ekonomi, 257–262.
- Wiltshire, T., Rosch, K., Fiorella, L., & Fiore, S. (2014). Training for collaborative problem solving. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 58(1), 1154–1158. <https://doi.org/10.1177/1541931214581241>
- Wright, K. (2018). Collaborative projects with simulation assignments in mechanical engineering thermodynamics courses. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 48(2), 140–161. <https://doi.org/10.1177/0306419018803624>
- Yuliadarwati, N., Setiawan, A., & P, R. (2023). The combination of tera gymnastics and square stepping exercises on the dynamic balance of the elderly. *Kne Medicine*. <https://doi.org/10.18502/kme.v3i3.13489>

- Zhao, J. (2024). A study of conflict discourse in mathematical collaborative problem solving. *Frontiers in Psychology*, 14(1), 159–192. https://doi.org/10.1007/978-981-99-7386-6_7
- Zhang, et al. (2021). Examining the impact of CPS on student engagement and cognitive skills. *Journal of Educational Technology*, 33(4), 320–334.