

Pengaruh Modul Berbasis *Problem Solving* untuk Memberdayakan *Logical Thinking* pada Pelajaran Pewarisan Sifat

The Effect of Problem-Solving Based Module to Empower Logical Thinking on Inheritance of Traits Lessons

Baety Nur Hanifah, Sutarno*, Sri Widoretno

Program Studi Magister Pendidikan Biologi, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, 57126, Indonesia

*Corresponding author: nnsutarno@staff.uns.ac.id

Abstract: Problem solving is a skill have a role in logical thinking. Logical thinking can be obtained by applying problem solving in learning by using media such as module. The module used in the study is the result of development according to indicators compiled based on aspects of problem solving and logical thinking. The purpose of the study is to show the effect of problem solving-based module to empower logical thinking on the Inheritance of Traits lessons. The research method is quasi-experiment with pretest post-test non-equivalent control group design. The research participants are high school students in grade XII. There are control classes and experimental classes. The results of the study showed that: 1) The score post-test of logical thinking in the experimental class is significantly different from the control class ($0.00 < 0.05$); 2) The logical thinking score in the experimental class is higher than in the control class; 3) The problem-solving based module has an 18% effect on logical thinking. Therefore, the use of problem-solving based module has positive effect on logical thinking skills in the Inheritance of Traits lessons.

Keywords: Inheritance of Traits, Logical thinking, Problem solving

1. PENDAHULUAN

Problem solving merupakan salah satu keterampilan yang dibutuhkan di abad ke-21 sehingga menjadi salah satu komponen yang semakin penting dalam kurikulum di banyak negara (Griffin et al, 2012). *Problem solving* merupakan proses berpikir sistematis dalam mengidentifikasi permasalahan, mengevaluasi alternatif solusi, dan mengambil tindakan secara reflektif (Ahghar, 2012). *Problem solving* memiliki aspek *Identify the problem; Define and represent the problem; Explore possible strategies; Act on the strategies; Look back and evaluate the effects of your activities* atau disingkat IDEAL (Bransford & Stein, 1993; Brookhart, 2010).

Proses *problem solving* memerlukan penalaran dan fakta (Punia et al., 2022). Penalaran yang diterima oleh akal dan terbukti dengan fakta merupakan kaidah *logical thinking* (Prasetyono & Hariyono, 2020). *Logical thinking* merupakan kemampuan berpikir secara bertahap, menganalisis dan membandingkan fakta untuk sampai pada suatu kesimpulan (Munavarzhon & Mukimzhonovich, 2022). *Logical thinking* memiliki aspek *proportional reasoning, controlling variables, probabilistic reasoning, correlational reasoning dan combinatorial reasoning* (Tobin & Capie, 1981).

Logical thinking berpengaruh terhadap prestasi akademik sehingga penting di pembelajaran sains (Fah et al., 2019; Ramirez & Monterola, 2022) termasuk pada mata pelajaran Biologi terkhusus materi Pewarisan Sifat. Dalam Capaian Pembelajaran (CP) Kurikulum Merdeka, materi Pewarisan Sifat tercantum dalam fase F, yang secara khusus berbunyi “peserta didik memiliki kemampuan menerapkan konsep Pewarisan Sifat” (Kemendikbudristek, 2022). Pewarisan Sifat merupakan bagian ilmu Genetika yang menjelaskan persamaan dan perbedaan sifat yang diwariskan makhluk hidup (Campbell et al., 2010).

Logical thinking dapat dilatihkan dengan menerapkan dan menggunakan *problem solving* dalam pembelajaran (Adkhamjonovna, 2022; Çiğrik & Ergül, 2010). Pembelajaran yang melatih *logical thinking* melalui proses *problem solving* dapat dilakukan dengan mengembangkan media pembelajaran yang mengakomodasi aktivitas mengidentifikasi masalah, menganalisis permasalahan, mengumpulkan data dan menggunakan informasi untuk memecahkan masalah (Punia et al., 2022). Media pembelajaran *problem solving* dapat berupa modul (Arpan et al., 2018; Liana et al., 2020). Modul merupakan inovasi dan teknologi pendidikan yang digunakan untuk meningkatkan proses pembelajaran menjadi lebih efisien dan terstruktur (Chantarasombat & Rooyuenyong, 2020; Rahmawati et al., 2019).

Hasil analisis modul yang sudah ada pada materi Pewarisan Sifat berdasarkan aspek *problem solving*, diperoleh hasil persentase: 1) aspek *Identify the problem* 14,85%, 2) aspek *Define and represent the problem* 12,20%, 3) aspek *Explore possible strategies* 9,32%, 4) aspek *Act on the strategies* 7,58%, 5) aspek *Look back and evaluate the effects of your activities* 7,5%. Berdasarkan hasil analisis, modul materi Pewarisan Sifat yang sudah ada belum maksimal pada aspek *Explore possible strategies*, *Act on the strategies* dan *Look back and evaluate the effects of your activities* sehingga berdampak pada kurangnya aktivitas yang memberdayakan *logical thinking*. Oleh karena itu, dilakukan pengembangan modul berbasis *problem solving* untuk memberdayakan *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat.

Modul berbasis *problem solving* untuk memberdayakan *logical thinking* dikembangkan sesuai dengan indikator yang disusun berdasarkan aspek *problem solving* dan aspek *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat. Kemampuan *logical thinking* dapat ditingkatkan dengan pembelajaran berbasis *problem solving* (Adkhamjonovna, 2022) termasuk melalui penerapan modul yang dikembangkan berdasarkan aspek *problem solving*. Dengan demikian, perlu dilakukan pengukuran pengaruh modul berbasis *problem solving* untuk memberdayakan *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat.

2. METODE

Desain penelitian yang digunakan adalah quasi eksperimen dengan rancangan *pretest-posttest non-equivalent control group design*. Desain penelitian ini menggunakan dua kelas yaitu kelas kontrol dan kelas eksperimen. Kelas kontrol dan kelas eksperimen mengerjakan soal pretest dan posttest yang sama. Penelitian dilakukan di kelas XII IPA pada salah satu SMA di Kota Surakarta dengan jumlah total 4 kelas. Sampel dipilih secara *purposive sampling* yaitu teknik pengambilan sampel berdasarkan kriteria atau karakteristik tertentu yang relevan dengan tujuan penelitian. Sampel kelas yang digunakan adalah kelas XII IPA 1 sebagai kelas kontrol dan kelas XII IPA 2 sebagai kelas eksperimen, dengan jumlah masing-masing kelas 40 siswa.

Pelaksanaan pembelajaran pada kelas kontrol dan eksperimen menggunakan RPP, media, sarana dan prasarana yang dilakukan oleh guru yang sama. Kelas kontrol menggunakan modul yang digunakan di sekolah sedangkan kelas eksperimen menggunakan modul berbasis *problem solving* untuk memberdayakan *logical thinking* yang telah disusun berdasarkan 66 indikator. Pelaksanaan perlakuan sesuai dengan desain tes (tabel 1). Pretest dan posttest berupa 35 soal uraian yang dinilai sesuai rubrik penilaian. Nilai pretest-posttest dihitung berdasarkan skor benar dibagi skor total kemudian dikali 100. Teknik analisis data menggunakan uji Ancova dengan aplikasi SPSS versi 26 dengan tingkat signifikansi 0,05.

Tabel 1. Desain penelitian pretest-posttest non-equivalent control group

Kelompok	Pretest	Perlakuan	Posttest
Kontrol	O ₁	X ₁	O ₂
Eksperimen	O ₃	X ₂	O ₄

Keterangan :

X₁ = Perlakuan menggunakan modul di sekolah

X₂ = Perlakuan menggunakan modul berbasis *problem solving* untuk memberdayakan *logical thinking*

O₁ = Tes awal yang diberikan kepada kelas kontrol

O₂ = Tes akhir yang diberikan kepada kelas kontrol

O₃ = Tes awal yang diberikan kepada kelas eksperimen

O₄ = Tes akhir yang diberikan kepada kelas eksperimen

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Hasil uji pengaruh modul pembelajaran materi Pewarisan Sifat berbasis *problem solving* untuk memberdayakan berfikir logis dianalisis menggunakan tes Ancova pada data pretest dan posttest skor jawaban siswa. Uji Ancova didahului dengan uji prasyarat parametrik yaitu uji normalitas, uji homogenitas dan uji linieritas. Hasil uji normalitas ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji normalitas pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

Uji Normalitas	Jenis Uji	Signifikansi	Kesimpulan
Kelas kontrol	Shapiro-Wilk (sig > 0,05)	Pretest: 0,264 Posttest: 0,644	Data terdistribusi normal
Kelas eksperimen		Pretest: 0,516 Posttest: 0,164	



Tabel 2. menunjukkan hasil uji normalitas menggunakan uji Shapiro-Wilk didapati nilai pretest - posttest pada soal uraian kelas kontrol dan eksperimen berdistribusi normal dengan nilai signifikansi lebih besar dari 0.05. Sedangkan untuk hasil uji homogenitas ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji homogenitas kelas kontrol dan kelas eksperimen

Uji Homogenitas	Jenis Uji	Signifikansi	Kesimpulan
Kelas kontrol dan kelas eksperimen	Uji Levene's (sig > 0,05)	0,904	Data pretest-posttest pada kelas kontrol dan perlakuan homogen

Tabel 3. menunjukkan hasil uji homogenitas menggunakan uji Levene's didapati nilai pretest-posttest pada soal uraian kelas kontrol dan kelas eksperimen berdistribusi homogen dengan nilai signifikansi (0,904) lebih besar dari 0,05. Hasil uji linieritas ditunjukkan pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil uji linieritas pretest dan posttest pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

Variabel	Jenis Uji	Signifikansi	Kesimpulan
Pretest dan posttest	Uji Linieritas (sig > 0,05)	Kelas Kontrol : 0,375 Kelas Eksperimen : 0,602	Terdapat hubungan linier antara pretest dan posttest pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

Tabel 4. Menunjukkan hasil uji linieritas didapati nilai pretest-posttest pada soal uraian terdapat hubungan yang linier dengan nilai signifikansi kelas kontrol sebesar 0,375 dan kelas eksperimen sebesar 0,602 lebih besar dari 0,05. Dengan demikian, hasil uji normalitas, uji homogenitas dan uji linieritas memenuhi syarat untuk dilanjutkan ke tahap tes Ancova. Tes Ancova digunakan untuk mengetahui perbedaan skor posttest pada kelas kontrol dan eksperimen berdasarkan perlakuan yang berbeda. Hasil tes Ancova disajikan pada tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji Ancova pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

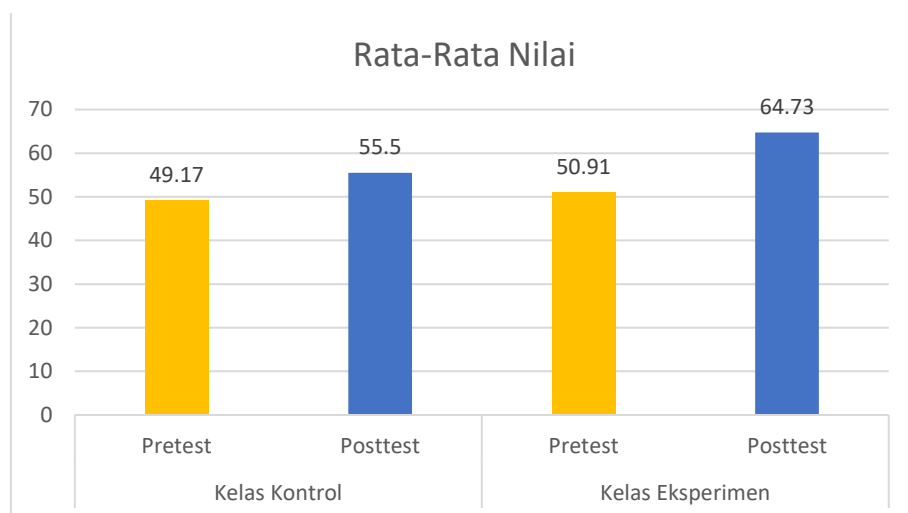
Variabel	Jenis Uji	Signifikansi	Patial Eta Squared	Kesimpulan
Kelas kontrol dan kelas eksperimen	Uji ANCOVA (sig < 0,05)	0,000	0,180	Terdapat perbedaan antara nilai pretest-posttest pada kelas kontrol dan eksperimen

Tabel 5. menunjukkan hasil uji Ancova menunjukkan nilai signifikansi $0,000 < 0,05$ sehingga dapat dinyatakan terdapat perbedaan yang signifikan antara nilai pretest-posttest pada kelas kontrol dan kelas eksperimen. Berdasarkan nilai *Patial Eta Squared*, modul berbasis *problem solving* memiliki nilai pengaruh sebesar 18% dalam meningkatkan *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat. Hasil penilaian pretest dan posttest pada kelas kontrol dan kelas eksperimen ditunjukkan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil penilaian pretest dan posttest pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

Kelas	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi	Rentang	Rata-Rata
Kelas Kontrol				
Pretest	22,86	80,00	57,14	49,17
Posttest	26,43	90,71	64,29	55,50
Kelas Eksperimen				
Pretest	19,29	90,71	71,43	50,91
Posttest	40,00	92,14	52,14	64,73

Tabel 6. menunjukkan kelas kontrol memiliki pretest dengan nilai terendah sebesar 22,86 dan nilai tertinggi 80, sedangkan posttest dengan nilai terendah 26,43 dan nilai tertinggi 90,71. Pada kelas eksperimen memiliki pretest dengan nilai 19,29 dan nilai tertinggi 90,71, sedangkan posttest dengan nilai terendah 40 dan nilai tertinggi 92,14. Posttest kelas eksperimen (64,73) memiliki nilai rata-rata lebih tinggi daripada posttest kelas kontrol (55,50).



Gambar 1. Rata-rata nilai pretest dan posttest pada kelas kontrol dan kelas eksperimen

Berdasarkan gambar 1 menunjukkan pada kelas kontrol memiliki nilai rata-rata pretest yaitu 49,17 dan nilai rata-rata posttest yaitu 55,5. Peningkatan nilai pada kelas kontrol berdasarkan rata-rata pretest dan posttest sebesar 6,33. Pada kelas eksperimen memiliki nilai rata-rata pretest yaitu 50,91 dan nilai rata-rata posttest yaitu 64,73. Peningkatan nilai pada kelas eksperimen berdasarkan rata-rata pretest dan posttest sebesar 13,82. Peningkatan nilai pada kelas eksperimen lebih tinggi daripada peningkatan nilai pada kelas kontrol. Dengan demikian, skor *logical thinking* di kelas eksperimen lebih tinggi daripada di kelas kontrol.

Penggunaan modul berbasis *problem solving* memiliki pengaruh positif terhadap kemampuan *logical thinking* siswa. *Logical thinking* atau berpikir logis merupakan kemampuan berpikir secara bertahap, menganalisis dan membandingkan fakta untuk sampai pada suatu kesimpulan (Munavarzhon & Mukimzhonovich, 2022). *Logical thinking* memiliki aspek *proportional reasoning*, *controlling variables*, *probabilistic reasoning*, *correlational reasoning* dan *combinatorial reasoning* (Tobin & Capie, 1981). Berpikir logis berperan dalam proses mengidentifikasi situasi secara objektif dan solusi sesuai fakta sehingga dapat menemukan solusi yang tepat. Kemampuan *logical thinking* dibutuhkan oleh setiap individu agar mampu memecahkan berbagai masalah yang kompleks (Juhanda et al., 2019; Sezen & Bülbül, 2011).

Problem solving atau pemecahan masalah merupakan proses berpikir sistematis dalam mengidentifikasi permasalahan, mengevaluasi alternatif solusi, dan mengambil tindakan secara reflektif (Ahghar, 2012). *Problem solving* memiliki aspek *Identify the problem*, *Define and represent the problem*, *Explore possible strategies*, *Act on the strategies*, *Look back and evaluate the effects of your activities* (Brookhart, 2010). Proses *problem solving* melatih kemampuan untuk bernalar secara efektif dan menggunakan pemikiran secara sistematis untuk menentukan solusi permasalahan. Salah satu elemen kunci dalam proses *problem solving* adalah *logical thinking* (Rahman, 2019; Şaşmaz-Ören et al., 2022).

Modul berbasis *problem solving* dapat memberdayakan *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat disebabkan oleh pengembangan isi modul yang telah disesuaikan dengan indikator yang disusun berdasarkan aspek *problem solving* dan *logical thinking*. Aspek *problem solving* memiliki keterkaitan dengan aspek *logical thinking* (Avena & Knight, 2019; Schwichow et al., 2016). Modul dikembangkan berdasarkan aspek *problem solving* dan *logical thinking* memuat tujuan pembelajaran yang disesuaikan dengan Capaian Pembelajaran pada Kurikulum Merdeka, uraian materi yang dilengkapi dengan gambar dan video pembelajaran yang dapat diakses melalui scan barcode, kegiatan siswa yang mengakomodasi siswa untuk memecahkan masalah dan menyusun kesimpulan secara logis, serta soal pretest-posttest yang digunakan untuk mengukur kemampuan *logical thinking* siswa.

Aspek *Identify the problem* merupakan kegiatan mengidentifikasi permasalahan dan membentuk pemahaman tentang sifat dari kondisi permasalahan (Rahman, 2019; Rott et al., 2021). Modul berbasis *problem solving* mengakomodasi siswa untuk melakukan kegiatan mengidentifikasi masalah dengan mengenali pola permasalahan yang sudah ada, mengidentifikasi variabel yang berpengaruh pada suatu permasalahan, mengidentifikasi permasalahan berdasarkan nilai probabilitas dan peluang, mengidentifikasi hubungan terstruktur antar variabel permasalahan, mengidentifikasi kombinasi variabel yang mempengaruhi permasalahan sehingga dapat menentukan solusi yang tepat (Modestou & Gagatsis, 2010; Schwichow et al., 2016).

Aspek *Define and represent the problem* merupakan kegiatan mendefinisikan masalah berdasarkan kriteria yang harus dipenuhi oleh solusi, dan tingkat kesesuaian solusi dengan kemampuan, sumber daya, dan prioritas (Price et al., 2021). Modul berbasis *problem solving* mengakomodasi siswa untuk melakukan kegiatan mendefinisikan tujuan pemecahan masalah dengan mengenali pola permasalahan yang sudah ada, mendefinisikan variabel yang berpengaruh pada suatu permasalahan (Barth & Funke, 2010; Bello, 2014), mendefinisikan



permasalahan berdasarkan nilai probabilitas, mendefinisikan hubungan terstruktur antar variabel permasalahan dan mendefinisikan kombinasi variabel-variabel yang mempengaruhi suatu permasalahan (Price et al., 2021).

Aspek *Explore possible strategies* merupakan kegiatan mengeksplorasi pendekatan alternatif dengan menjelaskan beberapa strategi yang berbeda untuk memecahkan masalah dan memutuskan strategi yang terbaik (Avena & Knight, 2019). Modul berbasis *problem solving* mengakomodasi siswa untuk melakukan kegiatan mengeksplorasi strategi pemecahan masalah dengan mengenali permasalahan yang sudah ada dan menerapkan pola penyelesaian dengan menggunakan pengalaman dan pengetahuan (Annizar et al., 2020), mengeksplorasi strategi pemecahan masalah dengan merancang eksperimen melalui pengendalian terhadap variabel-variabel yang berpengaruh, mengeksplorasi strategi pemecahan masalah berdasarkan nilai probabilitas, mengeksplorasi strategi pemecahan masalah berdasarkan hubungan antar variabel dalam suatu permasalahan, dan mengeksplorasi kombinasi prosedur strategi yang sudah ada dalam proses pemecahan masalah. Jika prosedur yang sudah diketahui tidak memecahkan masalah maka dapat dilakukan secara heuristic dengan melihat contoh (Brookhart, 2010; Rott et al., 2021).

Aspek *Act on the strategies* merupakan kegiatan merefleksikan dan mengantisipasi hasil dari tindakan berdasarkan strategi yang telah ditentukan untuk mencapai tujuan pemecahan masalah, mempertimbangkan strategi pemecahan masalah yang tidak efektif dan kembali mencari solusi (Annizar et al., 2020; Yimer & Ellerton, 2010). Modul berbasis *problem solving* mengakomodasi siswa untuk melakukan kegiatan menentukan tindakan strategi berdasarkan pola hasil penyelesaian permasalahan yang sudah ada, menentukan tindakan berdasarkan kebutuhan uji coba dan mempertimbangkan hubungan variabel-variabel yang berpengaruh, menentukan tindakan berdasarkan nilai probabilitas, menentukan tindakan berdasarkan hubungan antar variabel dalam suatu permasalahan, dan menentukan gabungan beberapa tindakan sesuai solusi pada suatu permasalahan (Bello, 2014; Price et al., 2021).

Aspek *Look back and evaluate the effects of your activities* merupakan kegiatan mengevaluasi solusi dan kesimpulan, merefleksi metode yang digunakan dan meninjau masalah yang diselesaikan (Price et al., 2021). Modul berbasis *problem solving* mengakomodasi siswa untuk melakukan kegiatan mengevaluasi solusi dengan mengenali permasalahan dan pola penyelesaian yang sudah ada, mengevaluasi solusi berdasarkan variabel-variabel yang berpengaruh pada suatu permasalahan, mengevaluasi solusi berdasarkan nilai probabilitas yang diperoleh, mengevaluasi solusi berdasarkan hubungan antar variabel dalam suatu permasalahan, dan mengevaluasi solusi berdasarkan kombinasi tindakan pada suatu permasalahan (Rott et al., 2021).

Berdasarkan hasil analisis, penerapan modul berbasis *problem solving* dapat meningkatkan *logical thinking* siswa sebesar 18%. Menurut (Adkhamjonovna, 2022) pembelajaran yang menerapkan proses *problem solving* dapat meningkatkan *logical thinking*. Pembelajaran yang melatih berpikir logis melalui proses pemecahan masalah mengakomodasi aktivitas mengidentifikasi masalah, menganalisis permasalahan, mengumpulkan data dan menggunakan informasi untuk memecahkan masalah (Punia et al., 2022). Pembelajaran berbasis *problem solving* memuat kegiatan mendefinisikan masalah secara relevan, merepresentasikan masalah, mencari hubungan, membuat prediksi dan memverifikasi atau memastikan solusi (Hoskinson et al., 2013). Selama proses *problem solving*, peserta didik melakukan tindakan berpikir, menjelaskan dan mengevaluasi hasil dengan mempelajari pengetahuan dengan menerapkan pengetahuan (Politsinsky et al., 2015).

4. SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan modul berbasis *problem solving* berpengaruh positif terhadap kemampuan *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat. Berdasarkan uji Ancova menunjukkan kelas eksperimen memiliki nilai posttest yang berbeda signifikan terhadap kelas kontrol ($0,00 < 0,05$). Peningkatan nilai pada kelas eksperimen (13,82) lebih tinggi daripada peningkatan nilai pada kelas kontrol (6,33) sehingga skor *logical thinking* di kelas eksperimen lebih tinggi daripada di kelas kontrol. Penerapan modul berbasis *problem solving* pada materi Pewarisan Sifat memiliki nilai pengaruh 18% dalam meningkatkan kemampuan *logical thinking*. Temuan ini menunjukkan modul berbasis *problem solving* dapat memberdayakan *logical thinking* pada materi Pewarisan Sifat.

Penelitian ini memiliki keterbatasan pada ruang lingkup data yaitu hanya mencakup materi Pewarisan Sifat, satuan pendidikan tertentu tanpa melibatkan keragaman konteks geografis dan jenjang kurikulum yang berbeda. Berdasarkan keterbatasan tersebut, disarankan penelitian lanjutan dengan uji pengaruh modul di berbagai daerah yang berbeda dan pengembangan modul berbasis *problem solving* untuk memberdayakan *logical thinking* pada materi yang lain.

5. DAFTAR PUSTAKA

- Adkhamjonovna, K. M. (2022). Development of *Logical thinking* of Junior School Children. Web of Scientist: International Scientific Research Journal, 3(10).
- Ahghar, G. (2012). Effect of Problem-solving Skills Education on Auto-Regulation Learning of High School Students in Tehran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 69(Icepsy), 688–694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.462>

- Annizar, A. M., Masrurrotullaily, Jakaria, M. H. D., Mukhlis, M., & Apriyono, F. (2020). *Problem solving* analysis of rational inequality based on IDEAL model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1465(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1465/1/012033>
- Arpan, P., Aunurrahman, A., & Fadillah, F. (2018). The Development of Science Learning Module with *Problem solving* Method. *JETL (Journal Of Education, Teaching and Learning)*, 3(2), 195. <https://doi.org/10.26737/jetl.v3i2.747>
- Avena, J. S., & Knight, J. K. (2019). *Problem solving* in genetics: Content hints can help. *CBE Life Sciences Education*, 18(2), 1–13. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-06-0093>
- Barth, C. M., & Funke, J. (2010). Negative affective environments improve complex solving performance. *Cognition and Emotion*, 24(7), 1259–1268. <https://doi.org/10.1080/02699930903223766>
- Bello, A. (2014). Students' acquisition of the formal reasoning ability in Kaduna State, Nigeria. *International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, 2(6), 613–628. <https://doi.org/10.18848/2327-7971/cgp/v2i01/49044>
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The IDEAL Problem Solver: A Guide for Improving Thinking, Learning, and Creativity*.
- Brookhart, S. . . (2010). How to Assess Higher-Order Thinking Skills in Your Classroom. In ASCD. <https://doi.org/10.1177/002205741808801819>
- Campbell, N., Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wassweman, S., Minorsky, P., & Jackson, R. (2010). *Biologi*. Penerbit Erlangga.
- Chantarasombat, C., & Rooyuenyong, W. (2020). The Development of Learning Module of Educational Administration and Educational Institute for Students in Master of Education Degree in Thailand. *World Journal of Education*, 10(3), 19. <https://doi.org/10.5430/wje.v10n3p19>
- Çiğrik, E., & Ergül, R. (2010). The investion effect of using WebQuest on *logical thinking* ability in science education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4918–4922. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.795>
- Fah, L. Y., Cheng, J., & Lee, O. (2019). The Relationships Among Integrated Science Process Skills , *Logical thinking* Abilities , and Science Achievement Among Rural Students of Sabah , Malaysia. *University Malaysia Sabah*, 1–12.
- Griffin et al. (2012). Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATC21S) – ENTREASSESS.COM. In Entre Assess.
- Juhanda, A., Rustaman, N. Y., & Wulan, A. R. (2019). The profile of *logical thinking* biology prospective teachers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1157(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022114>
- Adkhamjonovna, K. M. (2022). Development of *Logical thinking* of Junior School Children. *Web of Scientist: International Scientific Research Journal*, 3(10).
- Ahghar, G. (2012). Effect of Problem-solving Skills Education on Auto-Regulation Learning of High School Students in Tehran. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 69(Icepsy), 688–694. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2012.11.462>
- Annizar, A. M., Masrurrotullaily, Jakaria, M. H. D., Mukhlis, M., & Apriyono, F. (2020). *Problem solving* analysis of rational inequality based on IDEAL model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1465(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1465/1/012033>
- Arpan, P., Aunurrahman, A., & Fadillah, F. (2018). The Development of Science Learning Module with *Problem solving* Method. *JETL (Journal Of Education, Teaching and Learning)*, 3(2), 195. <https://doi.org/10.26737/jetl.v3i2.747>
- Avena, J. S., & Knight, J. K. (2019). *Problem solving* in genetics: Content hints can help. *CBE Life Sciences Education*, 18(2), 1–13. <https://doi.org/10.1187/cbe.18-06-0093>
- Barth, C. M., & Funke, J. (2010). Negative affective environments improve complex solving performance. *Cognition and Emotion*, 24(7), 1259–1268. <https://doi.org/10.1080/02699930903223766>
- Bello, A. (2014). Students' acquisition of the formal reasoning ability in Kaduna State, Nigeria. *International Journal of Science, Mathematics and Technology Learning*, 2(6), 613–628. <https://doi.org/10.18848/2327-7971/cgp/v2i01/49044>
- Bransford, J. D., & Stein, B. S. (1993). *The IDEAL Problem Solver: A Guide for Improving Thinking, Learning, and Creativity*.
- Brookhart, S. . . (2010). How to Assess Higher-Order Thinking Skills in Your Classroom. In ASCD. <https://doi.org/10.1177/002205741808801819>
- Campbell, N., Reece, J., Urry, L., Cain, M., Wassweman, S., Minorsky, P., & Jackson, R. (2010). *Biologi*. Penerbit Erlangga.
- Chantarasombat, C., & Rooyuenyong, W. (2020). The Development of Learning Module of Educational Administration and Educational Institute for Students in Master of Education Degree in Thailand. *World Journal of Education*, 10(3), 19. <https://doi.org/10.5430/wje.v10n3p19>
- Çiğrik, E., & Ergül, R. (2010). The investion effect of using WebQuest on *logical thinking* ability in science education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2(2), 4918–4922. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2010.03.795>



- Fah, L. Y., Cheng, J., & Lee, O. (2019). the Relationships Among Integrated Science Process Skills , *Logical thinking* Abilities , and Science Achievement Among Rural Students of Sabah , Malaysia. University Malaysia Sabah, 1–12.
- Griffin et al. (2012). Assessment and Teaching of 21st Century Skills (ATC21S) – ENTREASSESS.COM. In Entre Assess.
- Juhanda, A., Rustaman, N. Y., & Wulan, A. R. (2019). The profile of *logical thinking* biology prospective teachers. Journal of Physics: Conference Series, 1157(2). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1157/2/022114>
- Kemendikbudristek. (2022). Capaian Pembelajaran Pada Pendidikan Anak Usia Dini, Jenjang Pendidikan Dasar, Dan Jenjang Pendidikan Menengah Pada Kurikulum Merdeka.
- Liana, Y. R., Linuwih, S., & Sulhadi, S. (2020). Internet of Things Based Learning Media with *Problem solving* Approach: Its Effect on Higher Order Thinking Skills. Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika Al-Biruni, 9(2), 225–239. <https://doi.org/10.24042/jipfalbiruni.v9i2.6313>
- Modestou, M., & Gagatsis, A. (2010). Cognitive and Metacognitive Aspects of Proportional Reasoning. Mathematical Thinking and Learning, 12(1), 36–53. <https://doi.org/10.1080/10986060903465822>
- Munavarzhon, E., & Mukimzhonovich. (2022). Features Of Geometric Problems For The Development Of Self-Awareness And *Logical thinking*. NOVATEUR PUBLICATIONS, 8(12), 185–190.
- Prasetyono, R. N., & Hariyono, R. C. S. (2020). Development of flipbook using web learning to improve *logical thinking* ability in logic gate. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 11(1), 342–348. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2020.0110143>
- Price, A. M., Kim, C. J., Burkholder, E. W., Fritz, A. V., & Wieman, C. E. (2021). A detailed characterization of the expert problem-solving process in science and engineering: Guidance for teaching and assessment. CBE Life Sciences Education, 20(3), 1–15. <https://doi.org/10.1187/cbe.20-12-0276>
- Punia, P., Malik, R., Bala, M., Phor, M., & Chander, Y. (2022). Relationship between *Logical thinking*, Metacognitive Skills, and *Problem solving* Abilities: Mediating and Moderating Effect Analysis. Polish Psychological Bulletin, 53(4), 243–253. <https://doi.org/10.24425/ppb.2022.143370>
- Rahman, M. M. (2019). 21st Century Skill “*Problem solving*”: Defining the Concept. Asian Journal of Interdisciplinary Research, 2(1), 64–74. <https://doi.org/10.34256/ajir1917>
- Rahmawati, R., Lestari, F., & Umam, R. (2019). Analysis of the Effectiveness of Learning in the Use of Learning Modules Against Student Learning Outcomes. Desimal: Jurnal Matematika, 2(3), 233–240. <https://doi.org/10.24042/djm.v2i3.4557>
- Ramirez, H. J. M., & Monterola, S. L. C. (2022). Co-creating scripts in computer-supported collaborative learning and its effects on students’ *logical thinking* in earth science. Interactive Learning Environments, 30(5), 908–921. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1702063>
- Rott, B., Specht, B., & Knipping, C. (2021). A descriptive phase model of problem-solving processes. ZDM - Mathematics Education, 53(4), 737–752. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01244-3>
- Şaşmaz-Ören, F., Sari, K., Karapinar, A., & Demirel, T. (2022). The Effect of Using Scientific Scenarios in Teaching Socioscientific Issues in Science Course on Students’ *Logical thinking* Skills. Journal of Theoretical Educational Science, 15(2), 420–452. <https://doi.org/http://doi.org/10.30831/akukeg.1001361>
- Schwichow, M., Christoph, S., Boone, W. J., & Härtig, H. (2016). The impact of sub-skills and item content on students’ skills with regard to the control-of-variables strategy. International Journal of Science Education, 38(2), 216–237. <https://doi.org/10.1080/09500693.2015.1137651>
- Sezen, N., & Bülbül, A. (2011). A scale on *logical thinking* abilities. Procedia - Social and Behavioral Sciences, 15, 2476–2480. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.04.131>
- Tobin, K. G., & Capie, W. (1981). The Development And Validation Of A Group Test Of *Logical thinking*. Educational and Psychological Measurement, 41, 413–423.
- Yimer, A., & Ellerton, N. F. (2010). A five-phase model for mathematical *problem solving*: Identifying synergies in pre-service-teachers’ metacognitive and cognitive actions. ZDM - International Journal on Mathematics Education, 42(2), 245–261. <https://doi.org/10.1007/s11858-009-0223-3>