VENN: Journal of Sustainable Innovation on Education, Mathematics and Natural Sciences
ISSN: 2964-867X
Journal Homepage: https://pustaka.my.id/journals/venn/index

Pemetaan Struktur Pemahaman Konseptual Calon Guru Fisika Pada Mata Kuliah Fisika Dasar I Berdasarkan Taksonomi SOLO

Abdul Haris[1], Mahir[2], Dirgah Kaso Sanusi[3], Usman[4]

Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Makassar, Indonesia.[1,2,3,4]*
abd.haris@unm.ac.id[1], mahir@unm.ac.id[2], dirgahkasosanusi@unm.ac.id[3], usman@unm.ac.id[4]

Corresponding Author: Abdul Haris, E-mail: abd.haris@unm.ac.id

Article Information
Received : 06 October 2026
Reviced : 26 October 2026
Accepted : 29 October 2026
Published : 29 October 2026

ABSTRACT
Prospective physics teachers are expected not only to master concepts procedurally but also to hold an organized conceptual understanding. Assessment that only counts correct answers does not adequately describe the structure of that understanding. This study aimed to map the structure of conceptual understanding of prospective physics teachers in an open-ended essay test on Basic Physics I, based on the levels of the SOLO Taxonomy, and to describe the distribution of responses across levels. A descriptive quantitative design with content analysis of written responses was used. Twenty-nine students of the Physics Education Study Program, selected by incidental nonprobability sampling, completed a test of 10 items adapted from Basic Physics I. Responses were classified into five SOLO levels using a rubric, and frequencies, percentages, and 95% Wilson confidence intervals were calculated. Most students were classified at the unistructural level (13 students; 44.8%; 95% CI 28.4–62.5%), followed by multistructural (10 students; 34.5%; 95% CI 19.9–52.7%) and relational (6 students; 20.7%; 95% CI 9.8–38.4%). No responses were classified as prestructural or extended abstract. These results indicate that most prospective physics teachers use relevant concepts but do not yet consistently integrate several concepts into a coherent structure. The findings point to the need for diagnostic assessment and instruction that explicitly encourage a shift from partial toward relational understanding and the ability to transfer concepts.

KEYWORDS
prospective physics teachers; cognitive competence; SOLO Taxonomy; diagnostic assessment; basic physics.

ARTICLE DOI:
https://doi.org/10.53696/venn.v5i5.683

How to Cite: Haris, A., Mahir, M., Sanusi, D. K., & Usman, U. (2026). Pemetaan Kompetensi Kognitif Calon Guru Fisika Berdasarkan Taksonomi SOLO. Venn: Journal of Sustainable Innovation on Education, Mathematics and Natural Sciences, 5(5), 1280–1288. https://doi.org/10.53696/venn.v5i5.683

A. Pendahuluan

Pendidikan fisika pada jenjang perguruan tinggi memiliki peran strategis dalam menyiapkan calon guru yang tidak hanya menguasai sejumlah konsep dan prosedur penyelesaian soal, tetapi juga mampu membangun hubungan antarkonsep secara bermakna. Penguasaan konsep yang bersifat parsial dapat menyebabkan kesulitan ketika mahasiswa menghadapi permasalahan yang menuntut integrasi beberapa konsep atau penerapan konsep pada situasi yang berbeda (Bao & Fritchman, 2021; Liu et al., 2022). Oleh sebab itu, evaluasi pembelajaran perlu memberikan informasi bukan hanya

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

tentang benar atau salahnya jawaban, tetapi juga tentang bagaimana struktur pemahaman mahasiswa terbentuk dalam respons yang diberikan (Carter & Prevost, 2023; Morris et al., 2021).

Salah satu kerangka yang dapat digunakan untuk memetakan kualitas struktur pemahaman adalah Taksonomi *Structure of the Observed Learning Outcome* SOLO. Taksonomi ini dikembangkan oleh Biggs dan Collis (1982) untuk menggambarkan kompleksitas struktur hasil belajar yang dapat diamati dari respons peserta didik. Taksonomi SOLO telah digunakan untuk menilai hasil belajar di pendidikan tinggi (Boulton-Lewis, 1995; Brabrand & Dahl, 2009) dan untuk menganalisis Tingkat berpikir peserta didik (Hardianti et al., 2017). Kerangka ini membedakan respons ke dalam lima level, yaitu *prestructural*, *unistructural*, *multistructural*, *relational*, dan *extended abstract* (Adjei & Oppong, 2024; Biggs dan Collis (1982). Pada level *prestructural*, mahasiswa belum menunjukkan penggunaan informasi yang relevan. Pada *unistructural*, mahasiswa menggunakan satu aspek yang relevan; pada *multistructural*, beberapa aspek relevan telah digunakan tetapi belum terintegrasi. Level *relational* ditandai dengan kemampuan menghubungkan berbagai aspek menjadi struktur yang koheren, sedangkan *extended abstract* menunjukkan kemampuan melampaui konteks yang diberikan melalui generalisasi, abstraksi, evaluasi, atau transfer pengetahuan.

Keunggulan penting Taksonomi SOLO adalah fokusnya pada struktur respons yang teramati (Farokhah et al., 2020; Arceo, 2024). Dua mahasiswa dengan jawaban akhir yang sama dapat berada pada level yang berbeda apabila struktur penalarannya berbeda. Agar klasifikasi konsisten, rubrik SOLO perlu memiliki deskriptor yang jelas dan sesuai dengan tugas yang digunakan (Fernandez & Guzon, 2025). Dalam pembelajaran fisika, SOLO telah digunakan untuk menganalisis pemahaman konseptual siswa tentang gaya gesek (Zeinali et al., 2026) dan respons belajar pada materi suhu dan kalor Desyana (2020). (Medriati, 2025) melaporkan analisis tingkat pemahaman berdasarkan SOLO pada kurikulum dan mata kuliah fisika, sedangkan Adjei & Oppong (2024) menerapkan SOLO untuk menelaah tingkat berpikir aljabar calon guru matematika.

Meskipun demikian, studi-studi tersebut berfokus pada peserta didik, pada kurikulum, atau pada domain non-fisika, dan belum banyak yang memetakan struktur pemahaman konseptual calon guru fisika pada tes uraian Fisika Dasar I. Berbeda dengan (Medriati, 2025), yang menganalisis level pemahaman pada kurikulum dan mata kuliah fisika, dan Adjei & Oppong (2024), yang berfokus pada aljabar calon guru, penelitian ini memetakan distribusi level SOLO pada respons tertulis calon guru fisika terhadap konsep fisika dasar. Profil yang dihasilkan diharapkan menjadi dasar perancangan asesmen dan pembelajaran Fisika Dasar I. Hal ini penting karena calon guru dituntut menjelaskan hubungan antarkonsep kepada peserta didik, menganalisis permasalahan, dan mentransfer pengetahuan ke konteks baru (Davies & Mansour, 2022; Fries et al., 2021).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan memetakan struktur pemahaman konseptual calon guru fisika pada tes uraian Fisika Dasar I berdasarkan level Taksonomi SOLO, serta mendeskripsikan distribusi respons mahasiswa pada setiap level. Pertanyaan penelitian yang dijawab adalah: bagaimana distribusi level SOLO struktur pemahaman konseptual calon guru fisika pada tes uraian Fisika Dasar I?

B. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kuantitatif dengan desain *cross-sectional* (Creswell, 2018). Analisis dilakukan dengan analisis isi (*content analysis*) terhadap respons tertulis mahasiswa. Setiap respons diklasifikasikan ke dalam level SOLO, kemudian frekuensi dan persentasenya dihitung untuk satu periode pengambilan data.

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Subjek penelitian adalah 29 mahasiswa Program Studi Pendidikan Fisika Universitas Negeri Makassar yang mengikuti kegiatan penelitian dan bersedia mengerjakan instrumen asesmen. Subjek dipilih dengan *nonprobability sampling* secara insidental (Sugiyono, 2013), yaitu mahasiswa yang berkesempatan dan bersedia mengikuti penelitian pada saat pengumpulan data. Seluruh 29 responden dianalisis. Karakteristik subjek adalah mahasiswa Angkatan 2025, semester dua dan telah memprogram mata kuliah Fisika Dasar I. Prosedur persetujuan partisipasi mahasiswa adalah secara lisan.

Data dikumpulkan menggunakan asesmen konseptual berbentuk tes uraian terbuka yang diadaptasi dari buku Fisika Dasar I (Halliday et al., 2010) berdasarkan materi fisika dasar. Butir soal dirancang untuk memberi kesempatan kepada mahasiswa menunjukkan struktur pemahamannya melalui penggunaan konsep, hubungan antarkonsep, serta kemampuan melakukan generalisasi pada kondisi yang berbeda. Soal terdiri atas 10 butir dengan alokasi waktu pengerjaan selama 120 menit.

Validitas isi instrumen diuji melalui expert judgment oleh tiga validator yang terdiri atas dua dosen pendidikan fisika dan satu ahli evaluasi pembelajaran. Hasil validasi menunjukkan nilai rata-rata Aiken's V sebesar 0,89 dengan kategori sangat valid (Hidayah & Muhtarom, 2023). Reliabilitas instrumen dianalisis menggunakan koefisien Cronbach's Alpha dan memperoleh nilai sebesar 0,87 yang termasuk kategori tinggi (Hayes & Coutts, 2020).

Respons dianalisis menggunakan rubrik Taksonomi SOLO dengan lima level sebagaimana disajikan pada Tabel 1. Klasifikasi dilakukan berdasarkan kualitas struktur respons, bukan semata-mata berdasarkan jumlah jawaban benar.

TABEL 1. Karakteristik Level Taksonomi SOLO dan Kriteria Penilaian Respons

Level SOLO	Karakteristik respons	Kriteria operasional pada soal fisika
Prestructural	Respons tidak relevan atau belum menunjukkan pemahaman terhadap permasalahan.	Jawaban tidak sesuai dengan konsep fisika yang ditanyakan, menggunakan konsep yang keliru, atau tidak memberikan penjelasan yang menunjukkan pemahaman.
Unistructural	Menggunakan satu aspek atau konsep yang relevan.	Jawaban mengidentifikasi satu konsep, besaran, hukum, atau prinsip fisika yang relevan, tetapi belum menghubungkannya dengan aspek lain yang diperlukan untuk menyelesaikan permasalahan.
Multistructural	Menggunakan beberapa aspek relevan tetapi belum mengintegrasikannya.	Jawaban menyebutkan atau menerapkan beberapa konsep, hukum, besaran, atau prinsip fisika yang relevan, tetapi hubungan antarkonsep belum dijelaskan secara koheren.
Relational	Mengintegrasikan beberapa aspek menjadi struktur pemahaman yang koheren.	Jawaban menghubungkan konsep-konsep yang relevan secara logis, menerapkan prinsip fisika secara tepat, dan menyusun penjelasan atau penyelesaian yang konsisten dengan permasalahan.
Extended Abstract	Mampu melakukan generalisasi, abstraksi, evaluasi, atau transfer konsep.	Jawaban tidak hanya mengintegrasikan konsep secara tepat, tetapi juga menggeneralisasi prinsip, mengevaluasi alternatif penyelesaian, menyusun hubungan konseptual yang lebih luas, atau menerapkan prinsip pada situasi baru.

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Respons mahasiswa terlebih dahulu dianalisis berdasarkan rubrik SOLO. Klasifikasi dilakukan oleh satu penilai berdasarkan karakteristik struktur pemahaman yang ditunjukkan dalam respons mahasiswa. Penentuan level SOLO setiap mahasiswa dilakukan secara holistik dengan mempertimbangkan keseluruhan respons yang tersedia, sehingga level yang ditetapkan merepresentasikan struktur pemahaman yang paling mencerminkan pola jawaban mahasiswa. Klasifikasi mengacu pada karakteristik konseptual setiap level SOLO, mulai dari respons yang belum menunjukkan pemahaman relevan hingga kemampuan mengintegrasikan, menggeneralisasi, dan mentransfer konsep. Distribusi setiap level dihitung menggunakan frekuensi dan persentase. Hasil analisis selanjutnya digunakan untuk membentuk profil kompetensi kognitif calon guru fisika.

C. Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil analisis terhadap 29 calon guru fisika diperoleh distribusi kompetensi kognitif berdasarkan Taksonomi SOLO dengan frekuensi dan persentase masing-masing level pada Tabel 2 berikut.

TABEL 2. Distribusi Kompetensi Kognitif Calon Guru Fisika Berdasarkan Taksonomi SOLO

Level SOLO	Frekuensi	Persentase	95% CI Wilson (%)
Prestructural	0	0%	0,0 – 11,7
Unistructural	13	44,8%	28,4 – 62,5
Multistructural	10	34,5%	19,9 – 52,7
Relational	6	20,7%	9,8 – 38,4
Extended Abstract	0	0%	0,0 – 11,7
Total	**29**	**100,00%**	**-**

Berdasarkan tabel tersebut terlihat bahwa terdapat variasi tingkat pemahaman responden dalam menyelesaikan permasalahan fisika. Kecenderungan level kompetensi yang dominan di antara responden tersebut dapat diamati pada Gambar 1 berikut.

Level *unistructural* merupakan level yang paling dominan, yaitu 13 mahasiswa (44,8%; 95% CI 28,4–62,5%). Selanjutnya, 10 mahasiswa (34,5%; 95% CI 19,9–52,7%) berada pada level *multistructural* dan 6 mahasiswa (20,7%; 95% CI 9,8–38,4%) berada pada level *relational*. Tidak ditemukan respons yang dikategorikan sebagai *prestructural* maupun *extended abstract*. Temuan ini menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa telah mampu menggunakan konsep fisika yang relevan, tetapi kemampuan tersebut belum secara konsisten berkembang menjadi struktur pemahaman yang lebih kompleks. Peningkatan dari *unistructural* ke *multistructural* menunjukkan bertambahnya jumlah aspek yang dapat digunakan, tetapi belum berarti bahwa aspek-aspek tersebut telah terintegrasi; integrasi baru menjadi karakteristik utama pada level *relational* (Fernandez & Guzon, 2025; Svensäter & Rohlin, 2023; Triana et al., 2023).

Sebanyak 44,8% (95% CI 28,4–62,5%) mahasiswa menunjukkan struktur respons pada level *unistructural*. Pada level ini, respons bertumpu pada satu konsep, satu prinsip, atau satu informasi yang relevan, sedangkan aspek lain yang diperlukan untuk menjelaskan situasi secara utuh tidak muncul. Respons demikian tidak dapat dikatakan salah, melainkan tidak lengkap secara struktural. Inilah salah satu keunggulan Taksonomi SOLO dibandingkan penilaian berbasis skor yaitu dua respons yang sama-sama mengandung konsep yang benar dapat berbeda kualitasnya karena yang satu berhenti pada satu aspek dan yang lain menghubungkannya dengan aspek lain (Farokhah et al., 2020;

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Arceo, 2024). Penilaian formatif yang hanya menghitung ketepatan jawaban berisiko tidak mendeteksi perbedaan ini (Carter & Prevost, 2023; Morris et al., 2021).

Calon guru fisika tidak hanya dituntut menyelesaikan soal, tetapi menjelaskan alasan suatu penyelesaian berlaku, mengaitkan beberapa konsep, dan menyajikan representasi yang dapat dipahami peserta didik (Davies & Mansour, 2022; Medriati, 2025). Penjelasan yang bertumpu pada satu aspek berpotensi menghasilkan pembelajaran yang terfragmentasi, karena peserta didik hanya memperoleh potongan pengetahuan tanpa hubungan di antaranya. Oleh karena itu, hampir separuh responden yang masih berada pada level ini perlu memperoleh pengalaman belajar yang secara eksplisit menuntut penggunaan lebih dari satu konsep dalam satu penjelasan.

Sebanyak 34,5% (95% CI 19,9–52,7%) mahasiswa berada pada level *multistructural*. Respons pada level ini memuat beberapa aspek yang relevan, tetapi aspek-aspek tersebut tampil sebagai daftar atau urutan yang berdiri sendiri, tanpa penjelasan tentang bagaimana satu aspek menentukan atau membatasi aspek lain. Dalam fisika, kondisi ini lazim muncul ketika mahasiswa mengetahui sejumlah hukum, besaran, dan persamaan, tetapi belum menentukan bagaimana semuanya bekerja bersama untuk menjelaskan suatu fenomena. Secara konseptual, kelompok ini paling dekat dengan level *relational* karena bahan pengetahuan yang diperlukan sudah tersedia dan yang belum terbentuk adalah hubungan di antaranya (Davies & Mansour, 2022).

Konsekuensi pedagogisnya adalah bahwa intervensi bagi kelompok ini tidak selalu perlu menambah materi baru. Kerangka *practicing connections* menekankan perlunya merancang pembelajaran yang memberi kesempatan berulang untuk membuat dan menjelaskan hubungan antargagasan agar pemahaman pada domain yang kompleks berkembang (Fries et al., 2021). Dalam konteks ini, bentuk tugas yang relevan antara lain meminta mahasiswa membandingkan dua konsep yang sering tertukar, menjelaskan hubungan sebab-akibat dalam suatu fenomena, atau menerjemahkan satu situasi ke beberapa representasi (verbal, gambar, grafik, dan persamaan) lalu menunjukkan keterkaitannya.

Sebanyak 6 mahasiswa (20,69%; 95% CI 9,8–38,4%) mencapai level *relational*. Respons pada level ini tidak hanya memuat beberapa aspek, tetapi menunjukkan bagaimana aspek-aspek tersebut saling menentukan sehingga menghasilkan penjelasan atau penyelesaian yang utuh (Fernandez & Guzon, 2025; Triana et al., 2023). Keberadaan kelompok ini menunjukkan bahwa integrasi konsep dapat dicapai oleh calon guru fisika pada tugas yang digunakan. Namun, dengan N = 29, setiap mahasiswa mewakili sekitar 3,4 poin persentase, dan interval 9,8–38,4% menunjukkan ketidakpastian yang besar. Angka ini perlu dibaca sebagai estimasi kasar. Dari sisi pendidikan guru, kemampuan relational menjadi fondasi untuk menjelaskan fenomena, menyusun argumentasi ilmiah, dan merancang pengalaman belajar yang kontekstual. Mahasiswa pada level ini juga berpotensi menjadi sumber contoh penjelasan dalam diskusi kelas, dengan syarat contoh tersebut dianalisis bersama agar struktur penalarannya terlihat oleh teman sebaya.

Tidak adanya respons pada level *prestructural* menunjukkan bahwa seluruh mahasiswa mampu menggunakan informasi yang relevan dengan permasalahan. Ketiadaan level *extended abstract* perlu ditafsirkan dengan hati-hati, karena level ini menuntut penggunaan struktur pemahaman untuk generalisasi, abstraksi, evaluasi asumsi, atau transfer ke situasi baru. Terdapat dua kemungkinan penjelasan yang tidak saling meniadakan. Pertama, mahasiswa belum mengembangkan kemampuan tersebut pada tingkat yang tampak dalam respons tertulis. Kedua, butir tes belum memberi peluang yang cukup untuk melampaui konteks yang diberikan. Dalam SOLO, level respons dibatasi oleh apa yang diminta tugas. Butir yang bersifat tertutup dapat membuat mahasiswa yang sebenarnya mampu berpikir lebih jauh berhenti pada level relational. Ketiadaan level ini karenanya menunjukkan tidak ditemukannya bukti dalam data, bukan bukti bahwa kemampuan tersebut tidak dimiliki.

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Perbandingan numerik langsung dengan studi-studi terdahulu tidak dilakukan karena perbedaan materi, instrumen, rubrik, dan karakteristik subjek. Namun, pola temuan dapat dibandingkan secara kualitatif. Zeinali et al. (2026) dan Desyana (2020) memetakan pemahaman siswa pada konsep fisika tertentu, sedangkan Medriati (2025) memetakan level pemahaman pada kurikulum dan mata kuliah fisika. Ketiga studi tersebut menunjukkan bahwa SOLO dapat digunakan untuk membaca kedalaman pemahaman fisika.

Implikasinya, pembelajaran calon guru fisika perlu memberi perhatian lebih besar pada integrasi konsep. Dalam asesmen, SOLO dapat dimanfaatkan sebagai kerangka asesmen diagnostik karena hasilnya menunjukkan posisi struktur pemahaman, bukan hanya skor. Asesmen yang baik memuat butir yang sengaja membuka peluang bagi setiap level dan disertai rubrik dengan deskriptor yang jelas (Fernandez & Guzon, 2025). SOLO juga dapat memadukan fungsi formatif dan sumatif (Svensäter & Rohlin, 2023), sehingga umpan balik dapat diarahkan pada langkah berikutnya. Bagi mahasiswa multistructural, misalnya, umpan balik dapat meminta penjelasan hubungan antara dua konsep; bagi mahasiswa relational, umpan balik dapat menanyakan bagaimana penjelasan tersebut berubah jika asumsinya diubah (Morris et al., 2021). Dalam pembelajaran, tugas yang dapat dipertimbangkan meliputi penjelasan sebab-akibat tertulis, perbandingan konsep, penggunaan beberapa representasi, evaluasi asumsi, dan penerapan prinsip pada kondisi baru (Fries et al., 2021; Davies & Mansour, 2022). Pembelajaran berbasis SOLO juga dilaporkan berkaitan dengan hasil belajar kognitif (Arceo, 2024), tetapi efektivitas pendekatan ini pada calon guru fisika belum diuji dalam penelitian ini.

Kontribusi penelitian ini adalah menyediakan data empiris awal mengenai struktur kompetensi kognitif calon guru fisika dengan fokus pada struktur respons, bukan hanya skor jawaban. Adapun beberapa keterbatasan dalam penelitian ini antara lain: (1) subjek dipilih secara insidental dan berjumlah 29 mahasiswa dari satu program studi sehingga hasil tidak dapat digeneralisasi; (2) setiap mahasiswa dikategorikan ke dalam satu level yang paling merepresentasikan strukturnya, prosedur penentuan level pada tes dengan beberapa butir serta kesepakatan antarpenilai (*inter-rater reliability*) perlu dilaporkan dan diperkuat pada penelitian berikutnya; dan (3) penelitian ini belum menjelaskan mengapa mahasiswa berhenti pada level tertentu dimana hal tersebut memerlukan data kualitatif misalnya melalui wawancara.

D. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian terhadap 29 calon guru fisika, kompetensi kognitif berdasarkan Taksonomi SOLO didominasi oleh level *unistructural* sebesar 44,83%, diikuti level *multistructural* sebesar 34,48% dan *relational* sebesar 20,69%. Tidak ditemukan respons pada level *prestructural* maupun *extended abstract*. Dominasi level *unistructural* dan *multistructural* menunjukkan bahwa sebagian besar calon guru fisika telah mampu menggunakan konsep atau informasi fisika yang relevan, tetapi belum secara konsisten mengintegrasikannya menjadi struktur pemahaman yang koheren, sedangkan 20,69% responden pada level *relational* telah mampu menghubungkan beberapa konsep dalam struktur penalaran yang lebih utuh. Ketiadaan respons *extended abstract* menunjukkan bahwa data penelitian ini belum memuat bukti kemampuan generalisasi, abstraksi, atau transfer konsep pada tingkat yang memenuhi karakteristik level tersebut.

Disarankan agar (1) dosen merancang tugas dan asesmen yang mendorong mahasiswa menghubungkan, membandingkan, dan mentransfer konsep, (2) Taksonomi SOLO dimanfaatkan sebagai kerangka asesmen diagnostik, dan (3) penelitian lanjutan melibatkan sampel yang lebih besar dan seimbang, melaporkan reliabilitas penilai, serta melakukan wawancara pada mahasiswa yang

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

mewakili level *unistructural*, *multistructural*, dan *relational* untuk mengidentifikasi letak kesulitan konseptual.

Pernyataan Penggunaan Kecerdasan Artifisial

Penulis menggunakan Claude Sonnet 5.5 (Anthropic) untuk membantu menyusun draf naskah dan merapikan tata tulis. Seluruh keluaran telah diperiksa dan diverifikasi oleh penulis, dan penulis bertanggung jawab penuh atas isi artikel.

Pernyataan Kontribusi Penulis

Abdul Haris	*Konseptualisasi, desain penelitian, pengumpulan dan analisis data, penulisan draf awal, perolehan pendanaan*
Mahir	*Supervisi, validasi hasil analisis, penelaahan dan penyuntingan naskah, korespondensi dengan jurnal*
Dirgah Kaso Sanusi	*Penelaahan pustaka, validasi klasifikasi respons berdasarkan rubrik Taksonomi SOLO, penyuntingan naskah*
Usman	*Metodologi, validasi instrumen dan rubrik, penelaahan naskah*

Pernyataan Pendanaan

Penelitian ini didanai oleh PNBP Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar, Nomor Kontrak 542/DST/UN36.12/TU/2026, Tahun 2026.

Pernyataan Konflik Kepentingan

Penulis menyatakan tidak terdapat konflik kepentingan terkait penelitian, kepenulisan, maupun penerbitan artikel ini.

Daftar Pustaka

Adjei, E. A., & Oppong, R. A. (2024). Exploring Pre-Service Teachers' Algebraic Thinking Levels: A Mixed Method Research. International Journal of Current Educational Studies, 3(1), 1–13. https://doi.org/10.46328/ijces.93

Arceo, K. M. M. (2024). Structure of Observed Learning Outcomes (SOLO) Taxonomy Based Teaching on the Students Cognitive Learning Outcome and Performance. International Journal of Research Publications, 149(1), 187–203. https://doi.org/10.47119/IJRP1001491520246512

Bao, L., & Fritchman, J. C. (2021). Knowledge Integration in Student Learning of Newton's Third Law: Addressing the Action-Reaction Language and the Implied Causality. Physical Review Physics Education Research, 17(2), 020116. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.020116

Biggs, J. B., & Collis, K. F. (1982). Evaluating The Quality of Learning: The SOLO taxonomy (Structure of the Observed Learning Outcome). Academic Press.

Boulton-Lewis, G. M. (1995). The SOLO Taxonomy as A Means of Shaping and Assessing Learning in Higher Education. Higher Education Research & Development, 14(2), 143–154. https://doi.org/10.1080/0729436950140201

Brabrand, C., & Dahl, B. (2009). Using the SOLO Taxonomy to Analyze Competence Progression of University Science Curricula. Higher Education, 58(4), 531–549. https://doi.org/10.1007/s10734-009-9210-4

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Carter, K. P., & Prevost, L. B. (2023). Formative Assessment and Student Understanding Of Structure-Function. Advances in Physiology Education, 47(3), 615–624. https://doi.org/10.1152/advan.00215.2022

Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2023). *Research design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (6th ed.). SAGE Publications.

Davies, O., & Mansour, N. (2022). Exploring the use of Cognitive Science Approaches Alongside Solo Taxonomy as a Pedagogical Framework to Build Deeper Knowledge in Science and Foundation Subjects at Primary Schools in UK. Education Sciences, 12(8), 523. https://doi.org/10.3390/educsci12080523

Desyana, N. (2020). Analisis Respon Belajar Siswa Menggunakan Taksonomi SOLO Materi Suhu dan Kalor. INKUIRI: Jurnal Pendidikan IPA, 9(1), 58–62. https://doi.org/10.20961/inkuiri.v9i1.41407

Farokhah, L., Herman, T., & Jupri, A. (2020). The SOLO Taxonomy: Classify Students' Responses in Solving Linear Program Problems. Journal of Physics: Conference Series, 1538, 012107. https://doi.org/10.1088/1742-6596/1538/1/012107

Fernandez, P. J. M., & Guzon, A. F. H. (2025). A SOLO Taxonomy-Based Rubric for Assessing Conceptual Understanding in Applied Calculus. Journal on Mathematics Education, 16(2), 559–580. https://doi.org/10.22342/jme.v16i2.pp559-580

Fries, L., Son, J. Y., Givvin, K. B., & Stigler, J. W. (2021). Practicing Connections: A Framework to Guide Instructional Design for Developing Understanding in Complex Domains. Educational Psychology Review, 33(2), 739–762. https://doi.org/10.1007/s10648-020-09561-x

Groth, R. E., & Choi, Y. (2023). A Method For Assessing Students' Interpretations of Contextualized Data. Educational Studies in Mathematics, 114(1), 17–34. https://doi.org/10.1007/s10649-023-10234-z

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. (2010). *Fisika Dasar Edisi 7 Jilid 1* (Terjemahan). Jakarta: Erlangga

Hardianti, D., Priatna, N., & Priatna, B. A. (2017). How to Analyze the Students' Thinking Levels Based on SOLO Taxonomy? Journal of Physics: Conference Series, 895, 012031. https://doi.org/10.1088/1742-6596/895/1/012031

Hayes, A. F., & Coutts, J. J. (2020). Use Omega Rather than Cronbach's Alpha for Estimating Reliability. But…. *Communication Methods and Measures*, *14*(1), 1–24. https://doi.org/10.1080/19312458.2020.1718629

Hidayah, N., & Muhtarom. (2023). Validity and Reliability Test of Teaching Materials Using Aiken's V Formula and SPSS 22. *Schola*, *1*(2), 75–82. https://doi.org/10.26877/schola.v1i2.342

Liu, Z., Pan, S., Zhang, X., & Bao, L. (2022). Assessment of Knowledge Integration in Student Learning of Simple Electric Circuits. Physical Review Physics Education Research, 18(2), 020102. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020102

Medriati, R. (2025). Analysis of Student Understanding Levels Based on the Solo Taxonomy in the Physics Curriculum and Learning Course. Proceeding OCERI Conference, 1(1), 1–8. https://proceeding.oceri.org/oceri/article/view/8

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Morris, R., Perry, T., & Wardle, L. (2021). Formative Assessment and Feedback for Learning in Higher Education: A Systematic Review. Review of Education, 9(3), e3292. https://doi.org/10.1002/rev3.3292

Sugiyono. (2013). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif dan R&D*. Alfabeta.

Svensäter, G., & Rohlin, M. (2023). Assessment Model Blending Formative and Summative Assessments using the SOLO Taxonomy. European Journal of Dental Education, 27(1), 149–157. https://doi.org/10.1111/eje.12787

Triana, H., Abustang, P. B., Utomo, E., Rakhman, G. G. F., & Fahrurrozi, F. (2023). Assessment Evaluation using SOLO Taxonomy for Measuring Levels of Critical Thinking Skills: Pyp International Baccalaureate Case Study. Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram, 11(2), 581–595. https://doi.org/10.33394/j-ps.v11i2.7894

Zeinali, Z., Ahmadi, F., & Delavar, M. (2026). Using the SOLO Taxonomy to Analyse Students' Conceptual Understanding of Friction Force. Physics Education, 61(4), 045043. https://doi.org/10.1088/1361-6552/ae8213

Copyright: © 2026 the Author(s). This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC-BY) 4.0 license (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).