JIPFRI
https://journal.unuha.ac.id/index.php/JIPFRI

JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)
Vol. 10 No. 2, November 2026, hlm. 197–205
p-ISSN 2549-905X | e-ISSN 2549-9076
https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5565

Analisis Misfit dan *Ceiling Effect* Instrumen Tes Fluida Dinamis Model Rasch di SMAN 1 Cilegon

Kurnia Adi Wijaya*, Safa Faizah, dan Tresna Galih Sukma Suryana
Pendidikan Fisika, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Serang, Indonesia
*Penulis korespondensi: adiwjy44611@gmail.com

INFO ARTIKEL

Riwayat artikel:
Diterima: 23/07/2026
Direvisi: 11/11/2026
Disetujui: 11/11/2026
Terbit: 29/11/2026

Kata kunci:
Ceiling effect
fluida dinamis
Instrumen tes
Ketidaksesuaian butir
Model Rasch

Keywords:
Ceiling effect
Fluid dynamics
Item misfit
Rasch model
Test instrument

ABSTRAK

Penelitian ini menganalisis ketidaksesuaian butir dan efek batas atas pada instrumen tes fluida dinamis menggunakan model Rasch. Sebanyak 75 rekaman peserta didik kelas XI SMAN 1 Cilegon diproses menggunakan Winsteps/Ministep 5.11.0.0; satu rekaman kosong dikeluarkan sehingga 74 peserta didik dilaporkan. Instrumen terdiri atas 12 soal pilihan ganda. Hasil menunjukkan eigenvalue kontras pertama sebesar 1,89, reliabilitas butir 0,80, dan separasi butir 2,00. Rerata kemampuan peserta didik (+2,92 logit) melampaui rerata kesukaran butir (−0,35 logit); 35,14% peserta didik memperoleh skor sempurna dan 74,32% memperoleh skor ≥ 91,67%. Butir I0006 dan I0012 teridentifikasi tidak sesuai model, yang dikaitkan dengan kecerobohan membaca dan tebakan beruntung. Instrumen memenuhi kriteria validitas konstruk yang digunakan, tetapi terlalu mudah bagi kelompok yang diuji. Perbaikan pengecoh serta penambahan soal yang menuntut keterampilan berpikir tingkat tinggi disarankan untuk meningkatkan ketepatan sasaran instrumen.

ABSTRACT

This study analyzed item misfit and ceiling effects in a fluid dynamics test using the Rasch model. Records from 75 eleventh-grade students at SMAN 1 Cilegon were processed using Winsteps/Ministep 5.11.0.0. One empty record was excluded, leaving 74 reported participants. The instrument comprised 12 multiple-choice items. The first contrast eigenvalue was 1.89, item reliability was 0.80, and item separation was 2.00. Mean student ability (+2.92 logits) exceeded mean item difficulty (−0.35 logits); 35.14% of participants obtained perfect scores and 74.32% scored ≥ 91.67%. Items I0006 and I0012 were identified as misfitting, which was attributed to careless reading and lucky guessing. The instrument met the applied construct validity criteria but was too easy for the tested group. Revising distractors and adding items requiring higher-order thinking skills are recommended to improve instrument targeting.

Cara mengutip: Wijaya, K. A., Faizah, S., & Suryana, T. G. S. (2026). Analisis misfit dan ceiling effect instrumen tes fluida dinamis model Rasch di SMAN 1 Cilegon. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah), 10*(2), 197–205. https://doi.org/10.30599/jipfri.v10i2.5565

Copyright © 2026 Penulis. Artikel akses terbuka di bawah lisensi Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International (CC BY-SA 4.0).

PENDAHULUAN

Pembelajaran fisika di tingkat Sekolah Menengah Atas (SMA) sering kali dianggap menyulitkan oleh peserta didik karena karakteristik materinya yang melibatkan banyak konsep abstrak serta pemecahan masalah matematis. Untuk mengatasi kendala tersebut, implementasi pembelajaran yang ideal harus didukung oleh perangkat evaluasi yang layak guna mengukur penguasaan konsep dan kemampuan berpikir peserta didik secara komprehensif. Salah satu materi inti yang menjadi fondasi krusial dalam kurikulum fisika SMA adalah fluida dinamis, yang mencakup fenomena pergerakan fluida pada Asas Kontinuitas dan Hukum Bernoulli. Penguasaan materi ini sangat penting karena aplikasinya banyak ditemukan dalam teknologi kehidupan nyata, seperti sistem pipa venturi dan gaya angkat sayap pesawat. Meskipun demikian, peserta didik kerap mengalami miskonsepsi pada materi ini, seperti kekeliruan dalam memahami hubungan berbanding terbalik antara kelajuan aliran dan tekanan fluida pada Hukum Bernoulli, anggapan bahwa pipa yang lebih sempit memiliki tekanan statis yang lebih besar, maupun miskonsepsi bahwa debit aliran berubah ketika melewati penampang pipa yang berbeda ukurannya pada Asas Kontinuitas (Astuti et al., 2017). Oleh karena itu, diperlukan suatu instrumen evaluasi yang valid dan objektif guna mengukur

sejauh mana peserta didik mampu menyerap konsep-konsep fluida tersebut secara akurat.

Kendala utama dalam evaluasi hasil belajar di sekolah saat ini adalah masih dominannya penggunaan Teori Tes Klasik (*Classical Test Theory* / CTT) yang hanya berfokus pada skor mentah. Kelemahan mendasar CTT terletak pada sifatnya yang bergantung pada sampel (*sample-dependent*), sehingga menyulitkan generalisasi hasil tes karena kemampuan peserta didik dan tingkat kesukaran soal saling memengaruhi secara bias (Tesio, Caronni, Kumbhare, et al., 2024). Kelemahan pendekatan teori tes klasik ini dapat diatasi secara efektif melalui pemodelan Rasch, karena pemodelan ini mengkalibrasi parameter kemampuan peserta didik dan tingkat kesukaran butir soal secara independen sehingga hasil analisisnya tetap stabil (Pratiwi & Sugiharto, 2025; Shanti et al., 2020). Melalui pengukuran linear ini, kualitas instrumen dapat dievaluasi secara objektif pada skala interval yang sama terbebas dari karakteristik sampel. Penggunaan pemodelan Rasch tidak hanya memungkinkan analisis validitas dan reliabilitas instrumen secara objektif, tetapi juga mampu memetakan sebaran kemampuan peserta didik terhadap tingkat kesukaran butir soal secara akurat (Ardianti et al., 2024; Phadila et al., 2026; Suryana et al., 2024).

Dalam penjaminan mutu instrumen, pemodelan Rasch menawarkan parameter kritis berupa analisis kesesuaian butir (*item fit*). Analisis ini esensial untuk mengidentifikasi apakah pola respons peserta didik benar-benar selaras dengan ekspektasi model pengukuran objektif (Tesio, Caronni, Simone, et al., 2024). Adanya butir soal yang tidak sesuai model (*misfit*) mengindikasikan terjadinya anomali respons atau distorsi pengukuran. Fenomena ini dapat bersumber dari kunci jawaban yang keliru, butir soal yang mengukur dimensi lain di luar konstruk utama, redaksi soal atau opsi jawaban yang membingungkan sehingga memicu kecerobohan (*slipping*) pada peserta didik berkemampuan tinggi maupun tebakan beruntung (*lucky guessing*) pada peserta didik berkemampuan rendah (*underfit*), hingga pola butir soal yang terlalu kaku dan redundan dalam mendeteksi variasi kemampuan (*overfit*) (Bond et al., 2020; Sumintono & Widhiarso, 2015). Oleh karena itu, melacak *item misfit* menjadi langkah mendesak agar pendidik dapat merevisi cacat struktural yang merusak kesahihan pengukuran.

Menurut Boone dan Noltemeyer (2017), instrumen tes yang ideal harus memiliki tingkat kesukaran yang seimbang (*well-targeted*) dengan kapasitas kelompok subjek yang diuji. Ketika suatu instrumen dirancang tanpa sebaran tingkat kognitif yang proporsional, terdapat risiko munculnya fenomena *ceiling effect* (efek batas atas). Fenomena *ceiling effect* ini umumnya dipicu oleh kurangnya proporsi butir soal tingkat kognitif tinggi atau *Higher Order Thinking Skills* (HOTS), kalibrasi soal yang terlalu mudah, ataupun pelaksanaan tes setelah ketuntasan pembelajaran dan pengayaan yang seragam. Kondisi tersebut menyebabkan distribusi skor menumpuk di rentang batas atas skala pengukuran, sehingga instrumen gagal mendiskriminasi pemahaman peserta didik berkategori unggul (*mastery*) dengan peserta didik berkemampuan rata-rata (Irmayanti et al., 2023; Susac et al., 2018).

Kondisi tersebut melatarbelakangi pentingnya evaluasi psikometrik mendalam terhadap alat ukur fisika di SMAN 1 Cilegon yang berpotensi menyembunyikan distorsi pengukuran akibat *ceiling effect*. Penelitian sejenis oleh Agustin et al. (2025) telah menerapkan model Rasch pada materi fluida dinamis, namun baru terbatas pada uji coba skala kecil untuk mendeteksi miskonsepsi awal. Celah penelitian (*research gap*) yang belum dieksplorasi secara komprehensif adalah kajian evaluasi instrumen tes fluida dinamis menggunakan pemodelan Rasch yang secara spesifik menyoroti ketepatan sasaran tingkat kesukaran soal (*targeting*), dampaknya terhadap fenomena *ceiling effect*, serta telaah substansi konsep fisika penyebab terjadinya *misfit* butir soal. Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesesuaian butir soal (*item misfit*) dan mendeteksi fenomena *ceiling effect* pada instrumen tes fluida dinamis menggunakan pemodelan Rasch di SMAN 1 Cilegon.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode deskriptif eksploratif melalui pemodelan Rasch untuk mengevaluasi kualitas psikometrik instrumen tes fisika. Penelitian dilaksanakan di SMAN 1 Cilegon pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Pengumpulan data

awal melalui teknik *purposive sampling* melibatkan total 128 peserta didik kelas XI dari lima kelas paralel (yakni kelas XI-2, XI-3, XI-4, XI-5, dan XI-6) yang telah menyelesaikan pembelajaran materi fluida dinamis dalam kondisi pelaksanaan tes terawasi. Mengingat analisis pemodelan Rasch pada penelitian ini menggunakan perangkat lunak Winsteps versi evaluasi akademik (Ministep versi 5.11.0.0) yang memiliki batas kapasitas pemrosesan maksimal 75 responden, maka diambil subsampel sebanyak 75 rekaman data pertama (*INPUT*: 75 *Person*). Dari 75 baris input tersebut, terdapat 1 baris data (*Person* 1) yang kosong/tidak memuat respons jawaban (*missing data* pada seluruh butir) sehingga secara otomatis tidak disertakan dalam laporan kalibrasi (*REPORTED*: 74 *Person*). Dari 74 peserta didik yang dilaporkan tersebut, sebanyak 48 peserta didik memiliki variasi respons non-ekstrem, sedangkan 26 peserta didik (35,14%) memperoleh skor ekstrem sempurna (menjawab benar seluruh 12 soal). Dalam pemodelan Rasch, responden dengan skor ekstrem sempurna atau nol mutlak memiliki galat estimasi tak hingga pada iterasi utama sehingga dikeluarkan sementara dari kalibrasi parameter butir, lalu diestimasi ukuran kemampuannya melalui prosedur ekstrapolasi pada batas atas skala (+4,45 *logit*; SE = 1,92). Ukuran subsampel sebanyak 74 responden yang terkalibrasi ini secara metodologis telah memenuhi kriteria kecukupan empiris 30 hingga 100 responden untuk menghasilkan kalibrasi awal yang stabil pada tingkat kepercayaan 95% (Linacre, 1994); namun karena distribusi sampel mengalami ketimpangan *targeting* ke arah skor tinggi, presisi kalibrasi pada butir-butir soal mudah memiliki galat baku (*Standard Error*) yang lebih besar dibandingkan kondisi sampel yang terarah seimbang.

Pengumpulan data dilakukan melalui instrumen tes diagnostik objektif pilihan ganda (lima opsi jawaban: A, B, C, D, dan E) sebanyak 12 butir soal yang baru dikembangkan oleh peneliti (uji coba perdana) berdasarkan Capaian Pembelajaran (CP) Fisika Kurikulum Merdeka dan telah melalui validasi isi oleh ahli pendidikan fisika. Instrumen ini dirancang mencakup ranah kognitif Taksonomi Bloom Revisi level C2 (Memahami), C3 (Menerapkan), hingga C4 (Menganalisis). Dua belas butir soal tersebut dikodekan dari I0001 sampai I0012 untuk mengukur dua indikator utama dengan sebaran subkonsep fisika sebagai berikut: (1) Indikator Asas Kontinuitas (butir I0001–I0006), yang meliputi hubungan debit aliran terhadap waktu pengisian (I0001, level C3), analisis kecepatan aliran pada penyempitan diameter pipa terdapat pada persamaan (1):

$$A_1 v_1 = A_2 v_2 \quad (1)$$

(I0002, level C3), konsep dasar kekekalan debit dan perubahan kelajuan pancaran fluida ketika luas penampang diperkecil (I0003, level C2; I0004, level C3), pengaruh variasi ukuran penampang/kedalaman aliran (I0005, level C3), serta analisis simultan perubahan kelajuan, energi kinetik, dan tekanan statis pada pipa menyempit (I0006, level C4); serta (2) Indikator Hukum Bernoulli dan Dinamika Aliran (butir I0007–I0012), yang meliputi analisis gaya dan tekanan pada aliran fluida (I0007, level C4), aplikasi Teorema Torricelli dan sifat aliran fluida (I0008, level C3; I0009, level C3), prinsip perbedaan kelajuan dan tekanan udara pada gaya angkat pesawat serta pipa venturi (I0010, level C3; I0011, level C4), serta interpretasi grafik hubungan perubahan tekanan (ΔP) terhadap kuadrat kelajuan fluida (v^2) berdasarkan persamaan Hukum Bernoulli $\Delta P = \frac{1}{2}\rho v^2$ (I0012, level C4). Data respons jawaban benar (skor 1) dan salah (skor 0) ditabulasi ke dalam matriks data dikotomi. Mengingat skor mentah (*raw score*) pada teori tes klasik hanya berskala ordinal, pemodelan Rasch diaplikasikan untuk mengonversi skor mentah tersebut menjadi ukuran interval linear berskala *logit* (Bond et al., 2020; Qudratuddarsi et al., 2025). Model logistik satu parameter (1PL) yang digunakan hanya mengestimasi parameter kemampuan peserta didik dan tingkat kesukaran butir soal tanpa memodelkan parameter tebakan semu (*pseudo-guessing*) secara terpisah; implikasinya, apabila terdapat peserta didik berkemampuan rendah yang berhasil menebak benar pada butir soal sukar, anomali tersebut akan langsung terdeteksi sebagai lonjakan nilai residual pada statistik *Outfit*.

Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak Winsteps/Ministep versi 5.11.0.0 dengan algoritma estimasi *Joint Maximum Likelihood Estimation* (JMLE). Tahapan analisis difokuskan pada tiga parameter utama: (1) validitas konstruk (melalui *Principal Component Analysis of Standardized Residuals*, arah korelasi butir, dan validitas isi) serta reliabilitas dan indeks separasi (*item* dan *person*), (2) ketepatan sasaran tingkat

kesukaran soal terhadap kemampuan peserta didik (*targeting* dan *ceiling effect*) melalui Peta *Person*-Item (*Wright Map*), dan (3) kesesuaian butir soal (*item misfit*). Mengacu pada panduan Boone et al. (2014) serta Sumintono dan Widhiarso (2015), kriteria kelayakan butir soal ditinjau berdasarkan tiga indikator: (a) nilai rata-rata kuadrat *Infit* dan *Outfit Mean Square* (MNSQ) pada rentang ideal 0,50 < MNSQ < 1,50; (b) nilai *Z-Standardized* (ZSTD) pada rentang -2,0 < ZSTD < +2,0; serta (c) nilai korelasi poin ukuran (*Point Measure Correlation* / PT-MEA Corr) pada rentang 0,40 < PT-MEA < 0,85. Suatu butir soal masih dapat dipertahankan apabila hanya melanggar satu kriteria secara marginal pada sisi *Outfit*, namun diklasifikasikan sebagai *misfit* dan wajib direvisi secara struktural apabila melanggar nilai MNSQ yang disertai ketidaksesuaian pada parameter pendukung lainnya (ZSTD atau PT-MEA Corr) secara simultan (Tumanggor et al., 2026).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Evaluasi psikometrik instrumen tes Fisika mengenai topik fluida dinamis di SMAN 1 Cilegon menggunakan pemodelan Rasch difokuskan pada tiga aspek utama: (1) validitas konstruk dan reliabilitas instrumen, (2) kesesuaian tingkat kesukaran soal terhadap kemampuan peserta didik (*targeting*), dan (3) analisis kualitas serta kecocokan butir soal (*item misfit*).

Validitas Konstruk dan Reliabilitas Instrumen

Kualitas instrumen secara keseluruhan dievaluasi terlebih dahulu untuk memastikan validitas konstruk melalui uji unidimensionalitas (Tabel 1), konsistensi arah korelasi butir, serta indeks reliabilitas dan separasi.

Tabel 1. Hasil uji unidimensionalitas

Komponen Varians	*Eigenvalue*	*Observed*	*Expected*
Total raw variance	18,20	100,0%	100,0%
Raw variance explained	7,20	39,6%	39,0%
Explained by persons	4,35	23,9%	23,6%
Explained by items	2,85	15,7%	15,5%
Raw unexplained (total)	11,00	60,4%	61,0%
Unexplained 1st contrast	1,89	10,4%	17,1%
Essential Unidimensionality	—	59,2%	—

Berdasarkan Tabel 1, nilai *Raw variance explained by measures* mencapai 39,6% (sangat selaras dengan ekspektasi model sebesar 39,0%, melampaui batas minimal unidimensionalitas 20%, dan mendekati kategori baik 40%), dengan tingkat *Essential Unidimensionality (Rasch/Common variance)* sebesar 59,2%. Kriteria utama yang membuktikan terpenuhinya asumsi unidimensionalitas adalah nilai *eigenvalue* pada *Unexplained variance in 1st contrast* sebesar 1,89 unit informasi butir (di bawah ambang batas kritis 2,0) dengan proporsi varians tidak terjelaskan pada kontras pertama sebesar 10,4% (di bawah batas toleransi 15%) (Nuryanti et al., 2018). Nilai *eigenvalue* < 2,0 ini mengonfirmasi bahwa tidak terdapat dimensi sekunder atau faktor pengganggu yang mendominasi instrumen di luar konstruk pemahaman fluida dinamis. Meskipun demikian, perlu dicatat sebagai keterbatasan metodologis bahwa karena variasi kemampuan responden pada sampel ini sangat sempit (mengumpul pada skor tinggi), kepekaan analisis komponen utama (PCA) residual dalam memisahkan dimensi sekunder menjadi lebih terbatas, sehingga validitas konstruk pada penelitian ini diperkuat secara simultan melalui nilai *eigenvalue* < 2,0, validitas isi ahli, dan arah korelasi seluruh butir non-ekstrem yang bernilai positif.

Di sisi lain, hasil analisis reliabilitas dan indeks separasi pada *output* Winsteps memperlihatkan perbedaan mencolok antara parameter butir soal dan parameter peserta didik. Nilai *Item Reliability* mencapai 0,80 dengan indeks *Real Item Separation* sebesar 2,00, yang mengindikasikan bahwa butir-butir soal telah terkalibrasi secara stabil dan mampu membagi tingkat kesukaran materi ke dalam dua hingga tiga strata kesukaran yang jelas (Listiawan et al., 2026). Sebaliknya, nilai *Person Reliability* hanya mencapai 0,09 dengan indeks *Real Person Separation* sebesar 0,32 (jauh di bawah standar minimal 1,50). Hubungan kausalitas statistik ini perlu dipahami secara tepat: rendahnya *Person Reliability* (0,09) dan *Person Separation* (0,32) merupakan akibat langsung dari sempitnya variasi kemampuan peserta didik karena data didominasi oleh perolehan skor maksimal. Berdasarkan distribusi skor mentah pada 74 responden yang terkalibrasi (skala 0–12 butir atau 0–120 poin), rata-rata skor benar peserta didik mencapai 10,59 butir (SD = 1,74) atau setara 105,95 poin (SD = 17,43; 88,29%), dengan 26 peserta didik (35,14%) meraih skor sempurna mutlak (12/12 benar) dan 29 peserta

didik (39,19%) meraih skor 11/12 benar (91,67%). Dengan demikian, sebanyak 55 dari 74 peserta didik (74,32%) menumpuk pada perolehan skor ≥ 91,67% (pola serupa juga tercermin pada keseluruhan 128 data awal di mana rerata skor mencapai 108,75 dari 120 dengan 53 siswa meraih skor sempurna). Penumpukan skor di batas atas inilah yang memangkas varians kemampuan peserta didik dan secara matematis menekan nilai *Person Reliability*.

Kesesuaian Tingkat Kesukaran Soal terhadap Kemampuan Peserta Didik (*Targeting*)

Untuk mengevaluasi sejauh mana rentang tingkat kesukaran instrumen tes ini relevan dengan populasi peserta didik, dilakukan pemetaan distribusi kemampuan siswa dan kesukaran butir soal dalam satu skala linear melalui Peta *Person*-Item (*Wright Map* pada Tabel 12.2 Winsteps). Dalam skenario pengukuran yang ideal (*well-targeted*), rata-rata dan sebaran kemampuan peserta didik harus sejajar serta tumpang tindih dengan sebaran tingkat kesukaran butir soal (Khusaini et al., 2025; Noperi et al., 2025). Secara empiris, instrumen tes ini tergolong terlampau mudah bagi populasi peserta didik kelas XI SMAN 1 Cilegon, yang dibuktikan oleh ketimpangan jarak rata-rata sebesar 3,27 *logit* antara rata-rata kemampuan peserta didik (M = +2,92 *logit*; SD = 1,54) yang membentang jauh di atas rata-rata tingkat kesukaran butir soal (M = -0,35 *logit*; SD = 1,62).

Perlu dijelaskan secara teknis mengapa rata-rata tingkat kesukaran butir soal berada pada -0,35 *logit* padahal perangkat lunak Winsteps secara baku memusatkan kalibrasi butir pada 0,00 *logit*. Pada kalibrasi JMLE ini, kesebelas butir soal non-ekstrem (I0001, I0002, dan I0004 hingga I0012) sebenarnya telah terpusat secara presisi pada rata-rata 0,00 *logit* (tepatnya +0,003 *logit*). Akan tetapi, adanya satu butir soal ekstrem mudah yakni Item I0003 yang dijawab benar oleh seluruh 74 peserta didik (100%) sehingga diekstrapolasi oleh Winsteps pada nilai -4,19 *logit* (dan ditampilkan pada batas bawah plot *Wright Map* Tabel 12.2 di sekitar -2,00 *logit*) menggeser rata-rata total kedua belas butir soal menjadi -0,35 *logit*. Di sisi subjek, tingginya rata-rata kemampuan peserta didik (+2,92 *logit*) terjadi karena 26 siswa berskor sempurna (12/12) diekstrapolasi pada +4,45 *logit* dan 29 siswa berskor 11/12 berada pada +2,96 *logit*.

Kondisi tersebut merupakan manifestasi empiris dari *ceiling effect*, di mana kemampuan mayoritas peserta didik (74,32% siswa berada pada rentang +2,96 hingga +4,45 *logit*) melampaui tingkat kesukaran butir soal yang paling sulit sekalipun, yaitu Item I0007 pada +2,87 *logit* (SE = 0,32). Hal ini mengindikasikan bahwa instrumen gagal mengukur batas maksimal kemampuan kognitif peserta didik berkategori unggul secara presisi (Susac et al., 2018). Selain itu, pemetaan *logit* memperlihatkan adanya celah pengukuran (*measurement gap*) yang lebar akibat ketiadaan butir soal pada rentang *logit* +0,01 (Item I0010 dan I0011) hingga +1,82 (Item I0012), serta antara +1,82 (Item I0012) hingga +2,87 (Item I0007). Sebaliknya, sebanyak 9 dari 12 butir soal (75%) justru mengelompok secara padat pada kategori mudah hingga sangat mudah di rentang +0,01 hingga -1,11 *logit* (ditambah Item I0003 pada -4,19 *logit*).

Analisis Kualitas dan Kecocokan Butir Soal (*Item Fit*)

Tabel 2. Statistik tingkat kesukaran, galat baku, dan kecocokan butir soal (*item fit*) urut dari tersulit hingga termudah (N = 74)

Kode	Indikator dan level kognitif	Skor benar (%)	*Measure (logit)*	SE	*Infit* MNSQ	*Infit* ZSTD	*Outfit* MNSQ	*Outfit* ZSTD	PT-MEA Corr	Status
I0007	Hukum Bernoulli (C4)	44 (59%)	+2,87	0,32	1,07	+0,79	1,88	+2,03	0,58	*Fit**
I0012	Hukum Bernoulli (C4)	54 (73%)	+1,82	0,34	1,35	+2,07	1,73	+2,56	0,47	***Misfit***
I0010	Hukum Bernoulli (C3)	66 (89%)	+0,01	0,47	0,95	-0,06	0,65	-0,67	0,59	*Fit*
I0011	Hukum Bernoulli (C4)	66 (89%)	+0,01	0,47	0,76	-0,77	0,39	-1,48	0,67	*Fit*
I0004	Asas Kontinuitas (C3)	67 (91%)	-0,22	0,49	0,61	-1,32	0,68	-0,47	0,66	*Fit*
I0009	Hukum Bernoulli (C3)	67 (91%)	-0,22	0,49	0,76	-0,71	0,83	-0,13	0,60	*Fit*
I0006	Asas Kontinuitas (C4)	68 (92%)	-0,48	0,52	1,35	+1,04	2,19	+1,63	0,34	***Misfit***
I0002	Asas Kontinuitas (C3)	69 (93%)	-0,77	0,56	0,84	-0,34	0,35	-0,94	0,57	*Fit*
I0008	Hukum Bernoulli (C3)	69 (93%)	-0,77	0,56	0,77	-0,55	1,04	+0,30	0,54	*Fit*
I0001	Asas Kontinuitas (C3)	70 (95%)	-1,11	0,61	1,05	+0,26	0,63	-0,19	0,46	*Fit*
I0005	Asas Kontinuitas (C3)	70 (95%)	-1,11	0,61	0,79	-0,44	0,28	-0,87	0,55	*Fit*
I0003	Asas Kontinuitas (C2)	74 (100%)	-4,19	1,84	*Minimum*	*Measure*	—	—	0,00	Ekstrem
Rerata	**—**	**65,3 (88,3%)**	**-0,35**	**0,61**	**0,94**	**0,00**	**0,97**	**+0,16**	**—**	**—**
SD	**—**	**7,9**	**1,62**	**0,38**	**0,24**	**0,93**	**0,63**	**1,27**	**—**	**—**

*Keterangan: *Item I0007 dipertahankan Fit karena Infit MNSQ (1,07), Infit ZSTD (+0,79), dan PT-MEA Corr (0,58) berada pada rentang ideal meskipun Outfit MNSQ (1,88) sedikit meningkat akibat 2 respons tebakan; Item I0003 merupakan butir ekstrem sempurna (100% benar).*

Berdasarkan Tabel 2, tingkat kesukaran butir soal bergerak secara hierarkis dari +2,87 *logit* (SE = 0,32) pada Item I0007 sebagai soal tersulit, hingga -1,11 *logit* (SE = 0,61) pada Item I0001 dan I0005 sebagai soal non-ekstrem termudah, serta -4,19 *logit* (SE = 1,84) pada Item I0003 yang dijawab benar oleh 100% peserta didik. Apabila dianalisis berdasarkan perbandingan antarindikator, terlihat perbedaan karakteristik kesukaran yang mencolok antara kedua sub-materi. Keenam butir soal pada indikator Asas Kontinuitas (I0001–I0006) seluruhnya berada pada rentang tingkat kesukaran negatif (mudah hingga sangat mudah, merentang dari -0,22 *logit* pada I0004 hingga -4,19 *logit* pada I0003, dengan rerata -1,31 *logit* dan persentase jawaban benar 91%–100%). Hal ini disebabkan oleh karakteristik soal Asas Kontinuitas yang sebagian besar hanya menuntut penalaran proporsionalitas tunggal antara luas penampang dan kelajuan aliran fluida ($A_1v_1 = A_2v_2$). Sebaliknya, keenam butir soal pada indikator Hukum Bernoulli (I0007–I0012) memiliki rata-rata tingkat kesukaran yang jauh lebih tinggi (+0,62 *logit*, merentang dari -0,77 *logit* pada I0008 hingga +2,87 *logit* pada I0007), karena menuntut analisis multivariabel yang mengintegrasikan perubahan tekanan, kelajuan aliran, efek viskositas/gaya hambat, serta interpretasi grafik fungsi kuadratik.

Evaluasi parameter kecocokan butir (*item fit*) pada Tabel 2 menunjukkan bahwa 9 dari 11 butir non-ekstrem memenuhi kriteria kesesuaian model Rasch. Pada Item I0007, meskipun nilai *Outfit* MNSQ sebesar 1,88 (*Outfit* ZSTD = +2,03) sedikit melampaui batas 1,50 akibat adanya dua peserta didik berkemampuan rendah (*Person* 23 dengan *logit* -0,79 dan *Person* 13 dengan *logit* +0,10 pada Tabel 10.6 Winsteps) yang berhasil menebak benar soal tersulit ini, nilai *Infit* MNSQ (1,07), *Infit* ZSTD (+0,79), dan korelasi PT-MEA (0,58) berada pada rentang yang sangat ideal sehingga butir ini tetap layak dipertahankan. Beberapa butir mudah seperti I0005 (*Outfit* MNSQ = 0,28), I0002 (*Outfit* MNSQ = 0,35), dan I0011 (*Outfit* MNSQ = 0,39) memiliki nilai *Outfit* MNSQ < 0,50 yang mengindikasikan pola respons yang sangat seragam (cenderung *overfit* pada ekor distribusi) akibat mayoritas peserta didik menjawab benar, namun nilai *Infit* MNSQ (0,76–0,84) dan ZSTD (-1,48 hingga -0,34) ketiganya tetap berada dalam batas normal. Sebaliknya, terdeteksi dua butir soal yang mengalami *misfit* (*underfit*) secara nyata dan memerlukan revisi struktural, yaitu Item I0006 dan Item I0012. Rincian teks soal, kunci jawaban, opsi pengecoh, dan diagnosis konseptual fisika untuk kedua butir tersebut disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Telaah redaksi soal, kunci jawaban, opsi pengecoh, dan diagnosis konsep fisika pada butir soal *misfit* (I0006 dan I0012)

Kode & Parameter	Pokok Soal & Opsi Jawaban Utama	Diagnosis Anomali Respons (Tabel 10.6 Winsteps) & Miskonsepsi Fisika
I0006 *Measure* = -0,48 *logit* *Infit* MNSQ = 1,35 *Infit* ZSTD = +1,04 *Outfit* MNSQ = 2,19 *Outfit* ZSTD = +1,63 PT-MEA = 0,34 Benar: 68/74 (92%)	Pokok Soal: Disajikan gambar pipa horizontal dengan penampang menyempit ($d_1 > d_2$). Peserta didik diminta menganalisis perubahan kelajuan, energi kinetik, dan tekanan fluida saat mengalir ke penampang sempit. • Kunci Jawaban (Opsi B): "Kelajuan fluida meningkat, sehingga energi kinetik meningkat, namun tekanan (energi potensial tekanan) justru menurun sesuai hukum kekekalan energi fluida." • Pengecoh Utama (Opsi D): "Kelajuan fluida menurun, sehingga energi kinetik menurun, namun tekanan (energi potensial tekanan) meningkat untuk menjaga kekekalan energi mekanik." • Pengecoh Lainnya (Opsi A, C, E): Menyatakan kelajuan, energi kinetik, dan tekanan ketiganya meningkat atau tetap konstan.	1. Anomali *Slipping* Siswa Unggul: Dari 6 siswa yang menjawab salah pada subsampel Rasch, rata-rata kemampuannya tinggi (+1,15 *logit*), termasuk 3 siswa berkemampuan sangat tinggi (*Person* 2, 40, dan 67 dengan *logit* +2,96; ST. RES. = -5,58). Kemiripan struktur kalimat majemuk yang panjang antara Opsi B dan Opsi D memicu salah pilih karena ketidaktelitian membaca (*slipping*), meskipun siswa memahami konsepnya. 2. Kegagalan Pengecoh Lain: Opsi A, C, dan E terlalu mudah dieliminasi, sehingga siswa berkemampuan terendah di kelas (*Person* 41, *logit* -1,84) justru berhasil menjawab benar (ST. RES. = +1,97).
I0012 *Measure* = +1,82 *logit* *Infit* MNSQ = 1,35 *Infit* ZSTD = +2,07 *Outfit* MNSQ = 1,73 *Outfit* ZSTD = +2,56 PT-MEA = 0,47 Benar: 54/74 (73%)	Pokok Soal: "Besar perubahan tekanan dinyatakan dalam persamaan $\Delta P = \frac{1}{2}\rho v^2$." Disajikan lima grafik hubungan sumbu vertikal ΔP terhadap sumbu horizontal kuadrat kecepatan (v^2). • Kunci Jawaban (Opsi D): Grafik garis lurus linear miring ke atas (gradien positif konstan) karena ΔP sebanding secara linear terhadap variabel v^2. • Pengecoh Utama (Opsi B & C): Grafik kurva melengkung kuadratik (parabola terbuka ke atas) dan grafik garis turun.	1. Anomali Lucky Guessing Siswa Rendah: Siswa berkemampuan sangat rendah (*Person* 18 dengan *logit* -1,27; ST. RES. = +4,67, serta *Person* 13, 25, dan 28 dengan *logit* +0,10; ST. RES. = +2,36) dapat memilih grafik garis lurus hanya dengan mencocokkan kemiripan visual persamaan tanpa penalaran analitis. 2. Jebakan Representasi Sumbu pada Siswa Tinggi: Sebanyak 9 siswa berkemampuan tinggi (+2,96 *logit*; *Person* 4, 9, 11, 16, 17, 21, 29, 53, dan 74) justru terkecoh memilih kurva parabola (Opsi B/C) karena membaca sumbu horizontal v^2 sebagai kecepatan v biasa.

Sebagaimana dirinci pada Tabel 3, pemeriksaan terhadap pola respons tidak terduga (*Most Unexpected Responses* pada Tabel 10.6 Winsteps) dan telaah lembar jawaban peserta didik membuktikan bahwa *misfit* pada Item I0006 dan Item I0012 bukan sekadar akibat soal yang terlalu mudah, melainkan karena interaksi antara struktur redaksi/visual opsi jawaban dengan perilaku pengerjaan peserta didik. Pada Item I0006, sebanyak 68 dari 74 peserta didik (92%) pada kalibrasi Rasch menjawab benar (konsisten dengan proporsi pada data mentah keseluruhan yaitu 118 dari 128 peserta didik atau 92%), namun 3 dari 6 peserta didik yang menjawab salah justru merupakan siswa berprestasi tinggi (+2,96 *logit*) yang mengalami *slipping* akibat kemiripan redaksi klausa awal antara Opsi B dan Opsi D. Sebaliknya, pada Item I0012 (54 dari 74 peserta didik atau 73% menjawab benar; 96 dari 128 peserta didik atau 75% pada data keseluruhan), pelanggaran nilai *Infit* ZSTD (+2,07), *Outfit* MNSQ (1,73), dan *Outfit* ZSTD (+2,56) dipicu oleh kombinasi tebakan visual peserta didik berkemampuan rendah (*Person* 18, 13, 25, dan 28) serta kesalahan pembacaan label sumbu horizontal v^2 oleh sembilan peserta didik berkemampuan tinggi yang memilih grafik parabola. Temuan ini memperkuat laporan Tumanggor et al. (2026) bahwa ketidakefektifan opsi pengecoh dan ambiguitas stimulus visual dapat mendistorsi ketepatan parameter *item fit* dalam pemodelan Rasch (Mustari et al., 2025).

Meskipun ditemukan anomali pada kedua butir tersebut, kesebelas butir soal non-ekstrem secara konsisten menunjukkan nilai *Point Measure Correlation* (PT-MEA Corr) yang bernilai positif (+0,34 hingga +0,67). Tidak adanya nilai korelasi negatif membuktikan bahwa secara substansi tidak ada kunci jawaban yang terbalik atau bekerja berlawanan arah dengan konstruk teori fisika yang diukur, walaupun daya diskriminasi antarindividu (*person* separation) tetap rendah akibat dominasi *ceiling effect*.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis pemodelan Rasch terhadap instrumen tes Fisika materi fluida dinamis

di SMAN 1 Cilegon, instrumen terbukti memenuhi kriteria validitas konstruk yang ditunjukkan oleh terpenuhinya asumsi unidimensionalitas (*eigenvalue* kontras pertama = 1,89 < 2,0; raw variance explained by measures = 39,6%; *Essential Unidimensionality* = 59,2%), arah korelasi seluruh butir non-ekstrem yang positif, serta reliabilitas kalibrasi butir yang baik (*Item Reliability* = 0,80; *Item Separation* = 2,00). Namun, pemetaan tingkat kesukaran pada skala *logit* mengungkapkan terjadinya *ceiling effect* yang signifikan, di mana rata-rata kemampuan peserta didik (M = +2,92 *logit*) berada terlampau jauh di atas rata-rata tingkat kesukaran instrumen (M = -0,35 *logit*) dengan 74,32% peserta didik memperoleh skor ≥ 91,67%, sehingga menekan *Person Reliability* menjadi 0,09. Evaluasi tingkat butir juga mengidentifikasi bahwa seluruh butir indikator Asas Kontinuitas (I0001–I0006) terkalibrasi terlalu mudah (termasuk satu butir ekstrem sempurna I0003 pada -4,19 *logit* yang dijawab benar oleh 100% siswa), serta mendeteksi dua butir soal berstatus *misfit* (*underfit*) yakni Item I0006 (*Outfit* MNSQ = 2,19; PT-MEA = 0,34) dan Item I0012 (*Infit* ZSTD = +2,07; *Outfit* MNSQ = 1,73; *Outfit* ZSTD = +2,56) akibat kecerobohan baca (*slipping*) siswa berkemampuan tinggi dan tebakan beruntung (*lucky guessing*) siswa berkemampuan rendah.

Penelitian ini memiliki keterbatasan karena hanya melibatkan satu institusi sekolah dengan capaian kemampuan homogen tinggi, pembatasan kalibrasi pada subsampel 75 responden dari 128 responden awal akibat batas kapasitas perangkat lunak Ministep, penggunaan model logistik 1PL yang tidak mengestimasi parameter tebakan semu secara terpisah, serta tabulasi matriks skor dikotomi (0/1) di dalam Ministep. Oleh karena itu, disarankan bagi pendidik dan peneliti selanjutnya untuk: (1) merombak opsi pengecoh pada Butir I0006 menjadi pernyataan kuantitatif ringkas dan mengubah grafik Butir I0012 menjadi kurva nonlinear ΔP terhadap kelajuan v, serta (2) mengintegrasikan butir-butir soal berorientasi HOTS (level kognitif C4–C5) (Desilva et al., 2020; Noperi et al., 2025) guna mengisi celah pengukuran (*measurement gap*) pada rentang *logit* +0,01 hingga +1,82 dan +1,82 hingga +2,87, seperti soal analisis pipa venturimeter bermonometer raksa, evaluasi gaya angkat sayap pesawat pada variasi kerapatan udara, serta sintesis persamaan kontinuitas-Bernoulli pada sistem pipa bercabang beda ketinggian. Penelitian ke depan juga direkomendasikan mengkalibrasi populasi penuh lintas sekolah menggunakan perangkat lunak berkapasitas penuh atau paket R serta menerapkan instrumen diagnostik *multi-tier* guna memetakan miskonsepsi siswa secara lebih mendalam (Suryana et al., 2024).

PERNYATAAN

Kontribusi Penulis: Kurnia Adi Wijaya: Konseptualisasi, Metodologi, Analisis Formal (pemodelan Rasch), Penulisan Draf Awal. Safa Faizah dan Tresna Galih Sukma Suryana: Investigasi, Validasi Instrumen, Kurasi Data, Supervisi, Penulisan Telaah dan Penyuntingan. Seluruh penulis telah membaca dan menyetujui naskah akhir.

Pendanaan: Penelitian ini tidak menerima pendanaan dari pihak eksternal mana pun.

Konflik Kepentingan: Para penulis menyatakan tidak ada konflik kepentingan.

Pernyataan Penggunaan Kecerdasan Artifisial (AI): Dalam penyusunan naskah ini, penulis menggunakan Gemini untuk tujuan memperbaiki bahasa dan keterbacaan serta meninjau ulang *salah ketik* dalam penulisan. Setelah menggunakan aplikasi tersebut, penulis telah menelaah dan menyunting isi seperlunya serta bertanggung jawab penuh atas isi publikasi.

Persetujuan Etik: Pelaksanaan penelitian telah memperoleh izin dari pihak sekolah (SMAN 1 Cilegon). Seluruh responden siswa berpartisipasi secara sukarela dan identitas pribadi mereka dianonimkan sepenuhnya.

Ketersediaan Data: Matriks data respons siswa dan berkas keluaran Winsteps/Ministep yang mendukung temuan penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi atas permintaan yang wajar.

REFERENSI

Agustin, F., Astri, A. D., & Suryana, T. G. S. (2025). Pengembangan dan uji terbatas instrumen diagnostik miskonsepsi pada materi fluida dinamis dengan analisis model Rasch. *JIPFRI (Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika dan Riset Ilmiah)*, *9*(2), 101–109. https://doi.org/10.30599/jipfri.v9i2.4569

Ardianti, R., Razak, A., Alberida, H., Fadilah, M., & Sari, M. (2024). Analytical thinking skill and problem solving skills instruments in biology learning using Rasch model. *Journal of Education Research and Evaluation*, *8*(4), 785–795. https://doi.org/10.23887/jere.v8i4.84026

Astuti, R. M., Djudin, T., & Hamdani, H. (2017). Penerapan model NHT berbantuan PhET dalam remediasi miskonsepsi fluida dinamis SMAN 1 Sungai Raya. *Jurnal Pendidikan dan Pembelajaran Khatulistiwa*, *6*(1), 1–12. https://doi.org/10.26418/jppk.v6i1.17957

Bond, T. G., Yan, Z., & Heene, M. (2020). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences*. Routledge. https://doi.org/10.4324/9780429030499

Boone, W. J., & Noltemeyer, A. (2017). Rasch analysis : a primer for school psychology researchers and practitioners. *Cogent Education*, *4(1), 1416898. https://doi.org/10.1080/2331186X*.2017.1416898

Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-6857-4

Desilva, D., Sakti, I., & Medriati, R. (2020). Pengembangan instrumen penilaian hasil belajar fisika berorientasi HOTS (Higher Order Thinking Skills) pada materi elastisitas dan hukum Hooke. *Jurnal Kumparan Fisika*, *3*(1), 41–50. https://doi.org/10.33369/jkf.3.1.41-50

Irmayanti, R., Rusdi, M., & Yusnaidar. (2023). The Rasch model : implementation of physics learning evaluation instrument based on Higher Order Thinking Skills. *Integrated Science Education Journal*, *4*(2), 62–68. https://doi.org/10.37251/isej.v4i2.325

Khusaini, K., Azizah, N., Suwasono, P., Yogihati, C. I., & Andriani, A. D. (2025). Rasch model application: identification of students' conceptual understanding of static fluid. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, *21*(1), 54–68. https://doi.org/10.15294/jpfi.v21i1.15023

Linacre, J. M. (1994). Sample size and item calibration stability. *Rasch Measurement Transactions*, *7*(4), 328. https://www.rasch.org/rmt/rmt74m.htm

Listiawan, N. A., Aviyanti, L., & Arifiyanti, F. (2026). Analisis instrumen kemampuan pemecahan masalah fisika pada materi kalor menggunakan pendekatan model Rasch. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, *7*(2), 1683–1692. https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i2.1928

Mustari, A., Sari, I. W., Bakar, A., Rahayu, S., & Wati, F. (2025). Diagnostic assessment in physics: developing and validating a two-tier instrument on heat concepts using the Rasch model. *Inovasi: Jurnal Diklat Keagamaan*, *19*(2), 268–282. https://doi.org/10.52048/9pcxmg43

Noperi, H., Diani, R., Irwandani, I., Suryani, Y., Sodikin, S., & Saputro, T. (2025). Psychometric analysis of the critical thinking skills instrument in physics learning using the Rasch model. *Indonesian Journal of Science and Mathematics Education*, *8*(3), 627–641. https://doi.org/10.24042/ijsme.v8i3.28770

Nuryanti, S., Masykuri, M., & Susilowati, E. (2018). Analisis Iteman dan model Rasch pada pengembangan instrumen kemampuan berpikir kritis peserta didik sekolah menengah kejuruan. *Jurnal Inovasi Pendidikan IPA*, *4*(2), 224–233. https://doi.org/10.21831/jipi.v4i2.21442

Phadila, C. A., Yunita, Natalia, E. M., Permatasari, I., Chairunnisa, S. A., Kurniawan, W., & Khasanah, N. I. (2026). Revitalisasi permainan tradisional Jambi untuk pembelajaran fisika kontekstual: kajian efektivitas melalui Rasch model. *Jurnal Pendidikan, Sains, Geologi, dan Geofisika (GeoScienceEd Journal)*, *7*(3), 2085–2093. https://doi.org/10.29303/goescienceed.v7i3.1846

Pratiwi, E., & Sugiharto, B. (2025). Analisis validitas butir dan ketepatan target ukur instrumen biologi kelas XII: aplikasi pemodelan Rasch. *Jurnal Pendidikan Biologi*, *16*(2), 155–167. https://doi.org/10.17977/um052v16i2p155-167

Qudratuddarsi, H., Jumriani, J., Yanti, M., Ramadhana, N., & Dewi, H. R. (2025). Utilizing Rasch model as novel analysis of students' critical thinking in physics. *Jurnal Pembelajaran Sains*, *9*(1), 9–16. https://journal2.um.ac.id/index.php/jpsi/article/view/57914

Shanti, M. R. S., Istiyono, E., Munadi, S., Permadi, C., Pattiserlihun, A., & Sudjito, D. N. (2020). Analisa penilaian soal fisika menggunakan model Rasch dengan program R. *Jurnal Sains dan Edukasi Sains*, *3*(2), 46–52. https://doi.org/10.24246/juses.v3i2p46-52

Sumintono, B., & Widhiarso, W. (2015). *Aplikasi pemodelan Rasch pada assessment pendidikan*. Trim Komunikata. https://knova.um.edu.my/research_publications_2011_2015/5938/

Suryana, T. G. S., Nurdini, N., Abdurrahman, D., Oktarisa, Y., & Samsudin, A. (2024). Rasch analysis of FOCUS for simple harmonic motion: Assessing students' mental model. *WaPFi (Wahana Pendidikan Fisika)*, *9*(2), 183–198. https://doi.org/10.17509/wapfi.v9i2.76603

Susac, A., Planinic, M., Klemencic, D., & Milin Sipus, Z. (2018). Using the Rasch model to analyze the test of understanding of vectors. *Physical Review Physics Education Research*, *14(2), 023101.* https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.023101

Tesio, L., Caronni, A., Kumbhare, D., & Scarano, S. (2024). Interpreting results from Rasch analysis 1. The "most likely" measures coming from the model. *Disability and Rehabilitation*, *46*(3), 591–603. https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2169771

Tesio, L., Caronni, A., Simone, A., Kumbhare, D., & Scarano, S. (2024). Interpreting results from Rasch analysis 2. Advanced model applications and the data-model fit assessment. *Disability and Rehabilitation*, *46*(3), 604–617. https://doi.org/10.1080/09638288.2023.2169772

Tumanggor, A. M. R., Mahulae, P. S., Sekeon, C. A., Silaban, Y. F. H., Ahmad, L. S., & Pujianti, I. (2026). Rasch model analysis of senior high school physics test items in an academic competition in North Sulawesi. *Impulse: Journal of Research and Innovation in Physics Education*, *6*(1), 28–42. https://doi.org/10.14421/impulse.2026.61-03