

ANALISIS MISKONSEPSI SISWA SMA PADA MATERI GAYA DAN GERAK MENGUNAKAN FCI DAN MODEL RASCH

Rahma Malizka^{1*}, Lina Aviyanti², M.Reza Dwi Saputra³, Silmi Fitriani⁴, Abdul Salam⁵

¹²³⁴⁵Pendidikan Fisika, Fakultas Pendidikan Matematika dan Pengetahuan Alam

Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung, Indonesia

*Corresponding Author: rahmalizka@upi.edu

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kualitas pengukuran instrumen *Force Concept Inventory* (FCI) berdasarkan model Rasch serta memetakan miskonsepsi siswa pada materi gaya dan gerak. Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif deskriptif dengan melibatkan 62 siswa sekolah menengah atas yang telah mempelajari konsep dasar mekanika. Instrumen yang digunakan terdiri atas 30 butir soal pilihan ganda, dan data dianalisis menggunakan perangkat lunak Winsteps untuk mengevaluasi kualitas instrumen serta pemahaman konseptual siswa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FCI memiliki kualitas pengukuran yang baik, ditunjukkan oleh terpenuhinya unidimensionalitas (22,6%), kesesuaian butir yang memadai, serta reliabilitas yang cukup baik (reliabilitas item = 0,85; reliabilitas person = 0,51). Nilai item separation sebesar 2,41 menunjukkan variasi tingkat kesulitan butir yang baik, sedangkan nilai person separation sebesar 1,01 menunjukkan bahwa variasi tingkat kemampuan siswa masih terbatas. Namun demikian, performa siswa secara keseluruhan masih rendah, dengan rata-rata persentase jawaban benar hanya sebesar 21%, yang mencerminkan rendahnya pemahaman konseptual dan adanya miskonsepsi yang cukup signifikan. Analisis lebih lanjut menunjukkan bahwa siswa cenderung mengaitkan gerak dengan keberadaan gaya secara terus-menerus serta menghubungkan arah gerak dengan besar gaya yang bekerja. Selain itu, siswa juga mengalami kesulitan dalam memahami independensi komponen gerak pada kinematika, khususnya pada konsep gerak peluru. Temuan ini menunjukkan perlunya pendekatan pembelajaran yang menekankan pemahaman konseptual dan keterpaduan konsep-konsep fisika untuk membantu mengurangi miskonsepsi siswa secara lebih efektif.

Kata Kunci: Miskonsepsi; Gaya dan Gerak; *Force Concept Inventory*; Model Rasch; Pemahaman Konseptual

ABSTRACT

This study aims to evaluate the measurement characteristics of the *Force Concept Inventory* (FCI) using the Rasch model and to identify high school students' misconceptions in force and motion concepts. A descriptive quantitative approach was employed, involving 62 high school students who had studied fundamental concepts of mechanics. The instrument consisted of 30 multiple-choice items, and the data were analyzed using Winsteps software to evaluate both the quality of the instrument and students' conceptual understanding. The findings indicate that the FCI demonstrates good measurement quality, as evidenced by the fulfillment of unidimensionality (22.6%), acceptable item fit, and adequate reliability (item reliability = 0.85; person reliability = 0.51). The item separation value (2.41) suggests a satisfactory spread of item difficulty, whereas the person separation value (1.01) indicates limited variability in students' ability levels. However, students' overall performance remains

low, with an average correct response rate of only 21%, reflecting insufficient conceptual understanding and the presence of substantial misconceptions. Further analysis reveals that students tend to associate motion with the continuous presence of force and often relate the direction of motion to the magnitude of force. In addition, students exhibit difficulties in understanding the independence of motion components in kinematics, particularly in projectile motion. These findings highlight the need for instructional approaches that emphasize conceptual understanding and the integration of related physics concepts to effectively reduce students' misconceptions.

Keywords: *abstract, bold, italic, maximum five words / phrases, writing system*

PENDAHULUAN

Pemahaman konseptual merupakan tujuan utama dalam pembelajaran fisika (Carpendale dan Cooper, 2021; Putri *et al.*, 2024). Pembelajaran yang bermakna tidak hanya berorientasi pada kemampuan menghafal rumus atau menyelesaikan perhitungan matematis (Wandi *et al.*, 2023), tetapi menuntut pemahaman yang mendalam terhadap konsep-konsep ilmiah yang mendasarinya (Carpendale dan Cooper, 2021; Putri *et al.*, 2024). Siswa yang memiliki pemahaman konseptual yang baik mampu menjelaskan fenomena fisika secara logis, menghubungkan konsep dalam berbagai konteks, serta menerapkan prinsip ilmiah secara konsisten (Nikat *et al.*, 2022; Aulia, Pratiwi dan Kuswanto, 2025).

Dalam kajian fisika, konsep gaya dan gerak merupakan materi fundamental dalam mekanika (Nikat *et al.*, 2022; Khoirunnisa *et al.*, 2024; Kurniawan, Istiyono dan Naba, 2024). Konsep ini menjadi dasar bagi pemahaman materi lanjutan seperti energi, momentum, dinamika rotasi, hingga fisika modern. Dengan demikian, penguasaan konsep Newton secara benar menjadi prasyarat penting dalam membangun struktur pengetahuan fisika yang utuh (Widyawati, 2025).

Dalam perspektif pendidikan sains, perlu dibedakan antara konsep ilmiah dan konsepsi siswa. Konsep ilmiah merujuk pada pemahaman yang sesuai dengan teori dan hukum yang telah diterima secara luas dalam komunitas ilmiah (Tayubi, 2005). Sementara itu, konsepsi siswa adalah pemahaman pribadi yang dimiliki individu terhadap suatu konsep. Ketika konsepsi siswa tidak selaras dengan konsep ilmiah, kondisi tersebut disebut sebagai miskonsepsi (Peşman dan Eryılmaz, 2010; Resbiantoro, Setiani dan Dwikoranto, 2022). Miskonsepsi seringkali bersifat resisten terhadap pembelajaran formal karena terbentuk dari pengalaman sehari-hari atau intuisi yang telah mengakar sebelumnya (Trisniarti, Aminah dan Sarwanto, 2020; Mehrabi dan Morphew, 2025; Berović, Jelić dan Bogdanović, 2026).

Berbagai penelitian dalam pendidikan fisika menunjukkan bahwa miskonsepsi pada materi gaya dan gerak masih banyak ditemukan (Khoirunnisa *et al.*, 2024; Aulia, Pratiwi dan Kuswanto, 2025). Siswa kerap memiliki pemahaman yang keliru mengenai hubungan antara gaya dan gerak, arah gaya pada benda yang bergerak, maupun prinsip aksi–reaksi. Fakta bahwa miskonsepsi tetap muncul bahkan setelah proses pembelajaran menunjukkan bahwa terdapat kesenjangan antara tujuan pembelajaran yang diharapkan dan hasil pemahaman yang sebenarnya dicapai siswa (Yao, Al Weshah dan Hunsu, 2020; Ariyani dan Rusilowati, 2023). Kondisi ini mengindikasikan perlunya evaluasi yang lebih sistematis terhadap pemahaman konseptual siswa pada materi mekanika.

Temuan tersebut sejalan dengan hasil wawancara yang dilakukan dengan guru fisika, yang menunjukkan bahwa siswa masih mengalami miskonsepsi pada materi gaya dan gerak. Salah satu miskonsepsi yang ditemukan adalah keyakinan bahwa massa benda memengaruhi waktu jatuh benda pada kondisi ideal tanpa hambatan udara, sehingga benda yang lebih berat dianggap akan jatuh lebih cepat dibandingkan benda yang lebih ringan. Temuan ini menunjukkan perlunya identifikasi lebih lanjut untuk memperoleh gambaran yang lebih mendalam mengenai miskonsepsi yang dimiliki siswa pada materi gaya dan gerak.

Upaya untuk mengatasi miskonsepsi umumnya dilakukan melalui tiga tahapan utama yang saling berkaitan, yaitu dengan mendiagnosis miskonsepsi yang dialami siswa, mengidentifikasi faktor penyebab terjadinya miskonsepsi, serta merancang strategi remediasi yang sesuai (Tayubi, 2005; Resbiantoro, Setiani dan Dwikoranto, 2022; Demetrio *et al.*, 2025). Dari ketiga tahapan tersebut, diagnosis yang akurat merupakan langkah awal yang sangat penting. Tanpa pemahaman yang jelas tentang bentuk dan pola miskonsepsi siswa, strategi pembelajaran yang dibuat berpotensi tidak efektif.

Force Concept Inventory (FCI) merupakan instrumen tes diagnostik yang dikembangkan oleh Hestenes, Wells dan Swackhamer, (1992) untuk mengukur pemahaman konseptual siswa mengenai konsep-konsep dasar mekanika Newton. Instrumen ini terdiri atas 30 butir soal pilihan ganda yang mencakup konsep kinematika, Hukum Newton, jenis-jenis gaya, serta prinsip superposisi gaya. Berbeda dengan tes prestasi konvensional yang lebih menekankan kemampuan perhitungan matematis, setiap distraktor pada FCI dirancang berdasarkan miskonsepsi yang umum dimiliki siswa sehingga mampu mengungkap pola pemahaman yang keliru secara lebih spesifik. Oleh karena itu, FCI tidak hanya digunakan untuk mengukur tingkat penguasaan konsep, tetapi juga untuk mengidentifikasi bentuk-bentuk miskonsepsi yang mendasari respons siswa pada materi gaya dan gerak. Karena kemampuannya dalam mengungkap pemahaman konseptual siswa, FCI telah banyak digunakan dalam penelitian pendidikan fisika pada berbagai jenjang pendidikan (Bayraktar, 2009; Bani-Salameh, 2017; AL-RSA ' I, Khoshman dan Tayeh, 2020; Wheatley *et al.*, 2022; Prenga, Kushta dan Musli, 2023).

Meskipun berbagai penelitian telah menggunakan *Force Concept Inventory* (FCI) untuk mengidentifikasi miskonsepsi siswa pada materi gaya dan gerak, sebagian besar analisis yang dilakukan masih bersifat deskriptif atau terbatas pada penghitungan skor persentase jawaban benar. Beberapa studi telah mengevaluasi kualitas instrumen FCI menggunakan pemodelan Rasch, sementara penelitian lain mengkategorikan bentuk-bentuk miskonsepsi berdasarkan pola jawaban siswa. Namun demikian, kajian mengenai evaluasi FCI melalui pemodelan Rasch dan analisis distribusi miskonsepsi umumnya dibahas secara terpisah.

Dalam penelitian ini, analisis data dilakukan menggunakan model Rasch untuk memperoleh estimasi kemampuan siswa dan tingkat kesulitan item dalam skala logit secara lebih objektif dan akurat. Penelitian ini tidak hanya berfokus pada evaluasi kualitas instrumen, tetapi juga memetakan distribusi miskonsepsi berdasarkan tingkat kesulitan item. Dengan mengintegrasikan analisis unidimensionalitas, *item fit*, dan *reliability*, penelitian ini bertujuan mengidentifikasi miskonsepsi yang dominan serta mengungkap pola konseptual yang paling lemah pada siswa. Pendekatan ini diharapkan memberikan gambaran yang lebih sistematis mengenai struktur pemahaman konseptual siswa pada materi gaya dan gerak,

sehingga dapat menjadi dasar dalam perancangan strategi pembelajaran yang lebih tepat sasaran.

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kuantitatif deskriptif dengan pendekatan analisis model Rasch untuk mengidentifikasi karakteristik instrumen serta miskonsepsi siswa pada materi gaya dan gerak. Pendekatan ini digunakan untuk mengevaluasi fungsi butir dalam model pengukuran modern sekaligus memetakan kemampuan konseptual siswa secara lebih komprehensif.

Partisipan

Partisipan dalam penelitian ini terdiri atas 62 siswa dari salah satu sekolah menengah atas yang telah mempelajari materi mekanika, khususnya gerak dan Hukum Newton. Pemilihan partisipan dilakukan menggunakan teknik *convenience sampling*, yaitu pemilihan sampel berdasarkan kemudahan akses dan ketersediaan partisipan yang sesuai dengan kebutuhan penelitian.

Instrumen

Instrumen yang digunakan adalah *Force Concept Inventory* (FCI) yang terdiri atas 30 butir soal pilihan ganda. FCI dirancang untuk mengukur pemahaman konseptual siswa pada materi gaya dan gerak, meliputi Hukum Newton I, II, dan III, jenis-jenis gaya, serta prinsip superposisi gaya. Skor diberikan secara dikotomis, yaitu skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban salah.

Tabel 1. *Distribusi Butir FCI Berdasarkan Konsep Fisika*

Topik	Nomor Butir Soal
Kinematika	9,14,19,20,21,22,27
Hukum I Newton	6,7,8,10,17,23,24,27
Hukum II Newton	8,9,21,22,26
Hukum III Newton	4,15,16,25,28
Prinsip Superposisi	11,17
Jenis-Jenis Gaya	1,2,3, 5, 11,12, 13, 14,17, 18, 29, 30

Analisis Data

Data yang diperoleh dari hasil tes dianalisis menggunakan model Rasch dengan bantuan perangkat lunak Winsteps. Analisis model Rasch digunakan untuk mengubah skor mentah menjadi skala interval (logit) sehingga memungkinkan interpretasi yang lebih akurat terhadap kemampuan siswa dan tingkat kesulitan item.

Analisis data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa tahap, yaitu uji unidimensionalitas, analisis kesesuaian item terhadap model Rasch (item fit), serta analisis reliabilitas untuk mengidentifikasi karakteristik *Force Concept Inventory* (FCI). Selanjutnya, dilakukan analisis distribusi jawaban siswa berdasarkan konsep yang diukur untuk menggambarkan profil miskonsepsi siswa pada materi gaya dan gerak.

Uji unidimensionalitas merupakan bagian dari uji validitas yang bertujuan untuk memastikan bahwa instrumen mengukur satu konstruk yang sama. Dalam model Rasch, uji ini dilihat dari nilai raw variance explained by measures.

Tabel 2. *Kriteria Nilai Unidimensionalitas*

Raw variance explained by measure	Kriteria
$20\% \leq \text{value} < 40\%$	Terpenuhi
$40\% \leq \text{value} < 60\%$	Sesuai
$\text{value} \geq 60\%$	Istimewa

(Sumintono dan Widhiarso, 2015)

Instrumen dinyatakan memiliki kualitas unidimensionalitas yang baik apabila nilai *unexplained variance in 1st contrast* kurang dari 15% (Samsudin, A. *et al.*, 2020)

Setelah uji validitas keseluruhan dilakukan, analisis dilanjutkan dengan uji validitas per butir soal. Uji kesesuaian item dilakukan untuk mengetahui apakah setiap butir soal bekerja sesuai dengan model pengukuran Rasch. Kesesuaian item dianalisis menggunakan tiga indikator statistik, yaitu Outfit Mean Square (MNSQ), Z-Standard (ZSTD), dan Point Measure Correlation (Pt Measure Corr).

Tabel 3. *Kriteria Item Fit*

Output Item	Skor
Outfit MNSQ	$0,5 < \text{MNSQ} < 1,5$
Outfit ZSTD	$-2,0 < \text{ZSTD} < +2,0$
Point Measure Correlation	$0,4 < \text{Pt Measure Corr} < 0,85$

(Sumintono dan Widhiarso, 2015)

Tabel 4. *Interpretasi Statistik Kesesuaian Butir*

Kriteria	Interpretasi
Ketiga kriteria terpenuhi	Sangat Sesuai
Dua kriteria terpenuhi	Sesuai
Satu kriteria terpenuhi	Kurang Sesuai
Ketiga kriteria tidak terpenuhi	Tidak Sesuai

(Sumintono dan Widhiarso, 2015)

Selanjutnya dilakukan analisis reliabilitas untuk menilai konsistensi pengukuran kemampuan siswa. Reliabilitas dianalisis melalui indikator *person reliability* dan *item reliability* yang dihasilkan dari model Rasch, serta didukung oleh *nilai Cronbach's Alpha* (KR-20) sebagai ukuran konsistensi internal instrumen.

Tabel 5. *Interpretasi Uji Reliabilitas*

Statistik	Nilai Indeks	Interpretasi
<i>Item and Person Reliability</i>	$r \leq 0,67$	Rendah
	$0,67 < r \leq 0,80$	Cukup
	$0,80 < r \leq 0,90$	Baik
	$0,90 < r \leq 0,94$	Sangat Baik
	$r > 0,94$	Baik Sekali
<i>Crobach Alpha (KR-20)</i>	$\text{KR-20} < 0,50$	Buruk
	$0,50 \leq \text{KR-20} < 0,60$	Jelek
	$0,60 \leq \text{KR-20} < 0,70$	Cukup
	$0,70 \leq \text{KR-20} < 0,80$	Bagus
	$\text{KR-20} \geq 0,80$	Bagus Sekali

(Sumintono dan Widhiarso, 2015)

Analisis model Rasch juga menghasilkan nilai separation yang menunjukkan kemampuan instrumen dalam membedakan tingkat kemampuan siswa maupun tingkat kesulitan butir soal. Jumlah kelompok (strata) yang dapat dibedakan dapat dihitung menggunakan rumus

$$H = \frac{(4 \times \text{separation}) + 1}{3} \quad (1)$$

Semakin tinggi nilai separation, semakin baik instrumen dalam mengelompokkan siswa atau butir ke dalam beberapa tingkat yang berbeda, sehingga memberikan gambaran yang lebih jelas terhadap klasifikasi kemampuan siswa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Uji validitas menggunakan model Rasch dilakukan untuk mengevaluasi kualitas instrumen secara keseluruhan maupun pada setiap butir soal. Uji validitas secara keseluruhan dalam model Rasch dikenal sebagai uji unidimensionalitas. Uji ini bertujuan untuk memastikan bahwa instrumen mengukur satu konstruk yang sama, yaitu pemahaman konseptual siswa pada materi gaya dan gerak. Hasil uji unidimensionalitas pada instrumen *Force Concept Inventory* (FCI) diperoleh dari output *dimensionality* pada perangkat lunak Winsteps.

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance (in Eigenvalue units)				
		-- Empirical --		Modeled
Total raw variance in observations	=	38.7	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures	=	8.7	22.6%	23.8%
Raw variance explained by persons	=	1.7	4.4%	4.6%
Raw Variance explained by items	=	7.0	18.2%	19.2%
Raw unexplained variance (total)	=	30.0	77.4%	100.0%
Unexplnd variance in 1st contrast	=	4.0	10.3%	13.3%
Unexplnd variance in 2nd contrast	=	2.7	6.9%	8.9%
Unexplnd variance in 3rd contrast	=	2.5	6.6%	8.5%
Unexplnd variance in 4th contrast	=	1.9	5.0%	6.4%
Unexplnd variance in 5th contrast	=	1.8	4.7%	6.1%

Gambar 1. Hasil Uji Unidimensionalitas

Nilai *raw variance explained by measures* sebesar 22,6% menunjukkan bahwa instrumen memenuhi asumsi unidimensionalitas. Sementara itu, nilai *unexplained variance in 1st contrast* sebesar 10,3% masih berada dalam batas yang dapat diterima.

Setelah uji validitas secara keseluruhan dilakukan, selanjutnya dilakukan uji kesesuaian untuk setiap butir soal. Uji ini bertujuan untuk mengetahui apakah setiap butir dalam instrumen *Force Concept Inventory* (FCI) bekerja sesuai dengan model pengukuran Rasch. Hasil uji kesesuaian butir diperoleh dari output *item fit* pada perangkat lunak Winsteps.

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ ZSTD	OUTFIT MNSQ ZSTD	PT-MEASURE CORR.	EXACT EXP.	MATCH OBS%	Item
6	36	62	-2.15	.27	1.21	2.2	1.36	2.5	.04	Q6
8	10	62	.08	.36	1.06	.3	1.29	.9	.18	Q8
5	19	62	-.86	.29	1.16	1.2	1.29	1.6	.12	Q5
9	16	62	-.59	.31	1.17	1.1	1.29	1.3	.11	Q9
18	18	62	-.77	.30	1.14	1.1	1.28	1.5	.13	Q18
22	14	62	-.39	.32	1.09	.6	1.23	1.0	.17	Q22
16	11	62	-.05	.35	1.15	.8	1.19	.7	.13	Q16
25	8	62	.36	.40	1.13	.5	.87	-.2	.22	Q25
24	9	62	.21	.38	1.08	.4	.95	.0	.24	Q24
12	43	62	-2.70	.29	1.03	.3	1.06	.4	.25	Q12
30	3	62	1.53	.61	1.05	.3	.88	.1	.19	Q30
11	1	62	2.72	1.03	1.05	.4	.61	.1	.14	Q11
3	26	62	-1.41	.27	1.04	.4	1.05	.4	.29	Q3
27	17	62	-.68	.30	1.05	.4	.99	.0	.29	Q27
23	5	62	.94	.49	1.03	.2	.67	-.5	.31	Q23
29	10	62	.08	.36	.96	-.1	1.03	.2	.32	Q29
7	29	62	-1.63	.27	1.02	.2	1.02	.3	.31	Q7
26	6	62	.72	.45	1.02	.2	.64	-.7	.34	Q26
15	7	62	.53	.42	.98	.0	.84	-.2	.32	Q15
21	12	62	-.17	.34	.96	-.1	.97	.0	.34	Q21
19	18	62	-.77	.30	.92	-.5	.86	-.7	.34	Q19
10	17	62	-.68	.30	.92	-.5	.80	-1.0	.45	Q10
13	5	62	.94	.49	.88	-.2	.56	-.8	.43	Q13
20	11	62	-.05	.35	.87	-.5	.83	-.5	.45	Q20
4	20	62	-.94	.29	.86	-1.1	.79	-1.3	.51	Q4
14	6	62	.72	.45	.86	-.3	.66	-.7	.44	Q14
1	8	62	.36	.40	.78	-.8	.54	-1.3	.57	Q1
28	4	62	1.20	.54	.78	-.4	.39	-1.1	.52	Q28
2	6	62	.72	.45	.77	-.6	.52	-1.1	.54	Q2
17	1	62	2.72	1.03	.77	.1	.10	-.8	.45	Q17
MEAN	13.2	62.0	.00	.41	.99	.2	.89	.0		81.7 82.3
S.D.	9.8	.0	1.20	.18	.13	.7	.30	.9		11.0 9.9

Gambar 2. Hasil Uji Item Fit

Berdasarkan hasil analisis pada Figure 2, sebagian besar butir soal memenuhi kriteria kesesuaian terhadap model Rasch. Sebanyak 22 butir memenuhi seluruh kriteria, sementara sejumlah butir lainnya butir lainnya memenuhi sebagian kriteria namun masih berada dalam rentang penerimaan. Secara umum, seluruh butir dalam instrumen menunjukkan kesesuaian dengan model Rasch.

Uji reliabilitas pada penelitian ini dilakukan menggunakan model Rasch dengan bantuan perangkat lunak Winsteps melalui menu *summary statistics*. Data yang diperoleh meliputi nilai person reliability, item reliability, dan Cronbach's Alpha (KR-20). Hasil uji reliabilitas instrumen Force Concept Inventory (FCI) ditunjukkan pada Gambar 3.

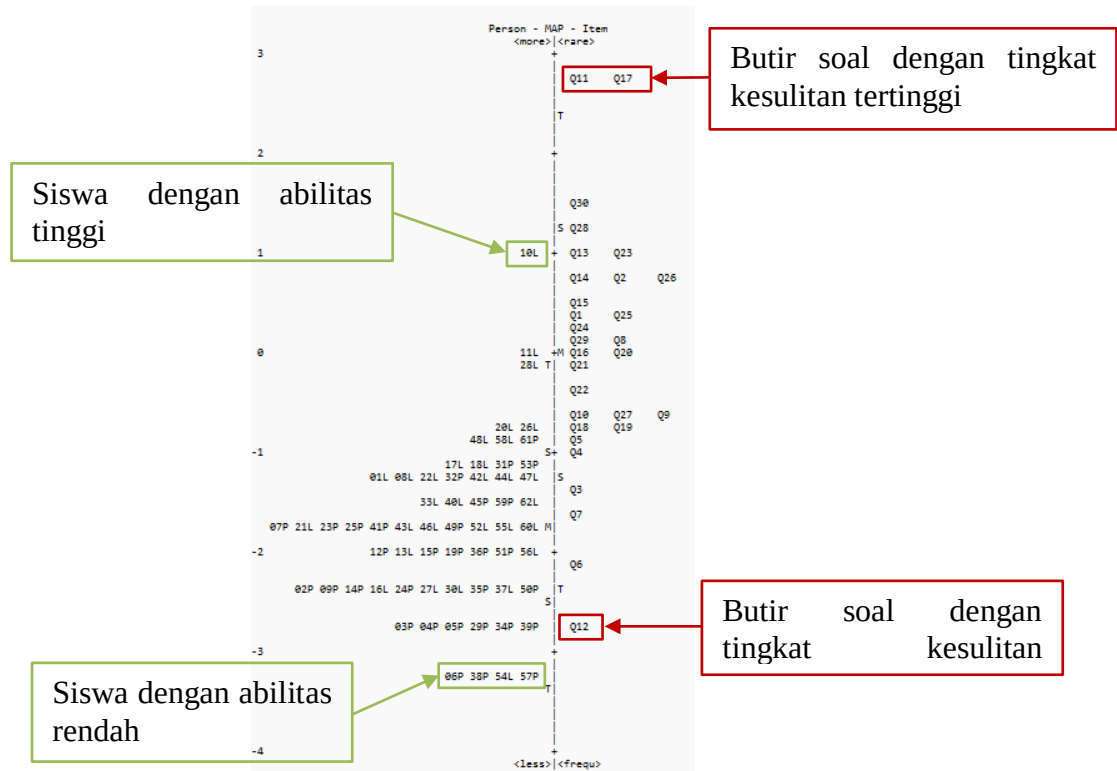
	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL ERROR	INFIT MNSQ ZSTD	OUTFIT MNSQ ZSTD
MEAN	6.4	30.0	-1.77	.53	1.00 .1	.89 .1
S.D.	3.3	.0	.79	.09	.21 .8	.35 .6
MAX.	21.0	30.0	1.06	.77	1.43 2.4	2.25 2.7
MIN.	2.0	30.0	-3.21	.41	.63 -1.3	.39 -1.0
REAL RMSE	.56	TRUE SD	.57	SEPARATION	1.01	Person RELIABILITY .51
MODEL RMSE	.54	TRUE SD	.58	SEPARATION	1.08	Person RELIABILITY .54
S.E. OF Person MEAN = .10						
Person RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .98						
CRONBACH ALPHA (KR-20) Person RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .64						
SUMMARY OF 30 MEASURED Item						
	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL ERROR	INFIT MNSQ ZSTD	OUTFIT MNSQ ZSTD
MEAN	13.2	62.0	.00	.41	.99 .2	.89 .0
S.D.	9.8	.0	1.20	.18	.13 .7	.30 .9
MAX.	43.0	62.0	2.72	1.03	1.21 2.2	1.36 2.5
MIN.	1.0	62.0	-2.70	.27	.77 -1.1	.10 -1.3
REAL RMSE	.46	TRUE SD	1.11	SEPARATION	2.41	Item RELIABILITY .85
MODEL RMSE	.45	TRUE SD	1.11	SEPARATION	2.46	Item RELIABILITY .86
S.E. OF Item MEAN = .22						

Gambar 3. Hasil Summary Statistics

Berdasarkan hasil analisis *summary statistics*, diperoleh nilai reliabilitas item sebesar 0,85 dan reliabilitas *person* sebesar 0,51. Selain itu, besar nilai *person separation* sebesar 1,01 dan *item separation* 2,41.

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa FCI memiliki kualitas pengukuran yang baik pada sisi item, namun karakteristik kemampuan siswa dalam penelitian ini relatif homogen dan berada pada tingkat pemahaman konseptual yang rendah.

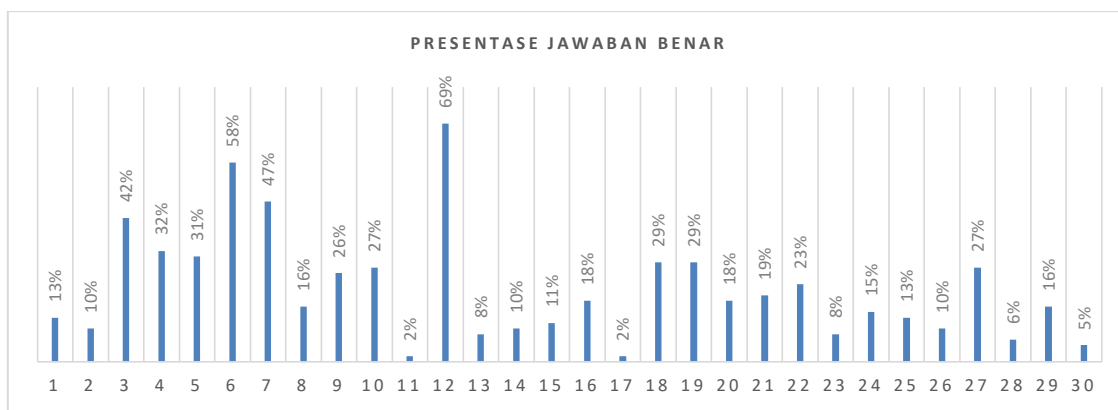
Untuk memperoleh gambaran yang lebih jelas mengenai hubungan antara tingkat kemampuan siswa dan tingkat kesulitan butir soal, hasil analisis kemudian disajikan dalam bentuk peta variabel (*Wright Map*).



Gambar 4. Hasil Wright Map

Berdasarkan peta variabel (*Wright Map*), terlihat bahwa distribusi kemampuan siswa cenderung terkonsentrasi pada bagian bawah hingga tengah skala logit. Sementara itu, butir soal tersebar pada berbagai tingkat kesulitan, mulai dari mudah hingga sulit. Beberapa butir berada di atas rata-rata kemampuan siswa, menunjukkan bahwa item tersebut relatif sulit bagi sebagian besar siswa.

Untuk melengkapi gambaran tersebut, distribusi persentase jawaban benar pada setiap butir soal ditampilkan pada Gambar 5. Hasil ini menunjukkan adanya variasi tingkat keberhasilan siswa dalam menjawab setiap item, dengan beberapa butir memiliki persentase jawaban benar yang relatif rendah.



Gambar 5. Persentase Jawaban Benar pada Setiap Butir Soal FCI

Grafik menunjukkan bahwa persentase jawaban benar bervariasi pada setiap butir soal. Beberapa item memiliki persentase jawaban benar yang relatif rendah, yang menunjukkan adanya kesulitan siswa dalam memahami konsep tertentu, sementara beberapa item lainnya menunjukkan tingkat keberhasilan yang lebih tinggi.

Pembahasan

Hasil uji unidimensionalitas menunjukkan bahwa instrumen memenuhi asumsi pengukuran satu konstruk. Hal ini ditunjukkan oleh nilai *raw variance explained by measures* sebesar 22,6%, yang telah melampaui batas minimum sebesar 20% (Sumintono dan Widhiarso, 2015). Selain itu, nilai *unexplained variance in 1st contrast* sebesar 10,3% masih berada di bawah batas yang disarankan, yaitu kurang dari 15% (Samsudin, A. *et al.*, 2020), sehingga mengindikasikan bahwa tidak terdapat dimensi lain yang dominan dalam instrumen. Dengan demikian, instrumen dapat dinyatakan mampu mengukur satu konstruk yang sama, yaitu pemahaman konseptual siswa pada materi gaya dan gerak.

Setelah instrumen memenuhi validitas secara keseluruhan, dilakukan analisis kesesuaian butir (item fit) untuk mengevaluasi validitas setiap butir soal. Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar butir soal telah sesuai dengan model Rasch, yang mengindikasikan bahwa setiap butir mampu mengukur konstruk yang sama secara konsisten.

Hasil analisis kesesuaian butir menunjukkan bahwa sebagian besar item berada pada kategori sangat sesuai dengan model Rasch, di mana 22 butir memenuhi ketiga indikator yang ditetapkan. Selain itu, terdapat 7 butir yang memenuhi dua dari tiga kriteria dan masih dapat dikategorikan sebagai sesuai, serta 1 butir yang hanya memenuhi satu kriteria. Secara umum, temuan ini menunjukkan bahwa sebagian besar butir soal dalam instrumen FCI mampu mengukur konstruk yang sama secara konsisten dan sesuai dengan model pengukuran.

Variasi tingkat kesesuaian ini dapat disebabkan oleh karakteristik butir maupun respon siswa. Butir yang tidak sepenuhnya memenuhi kriteria kemungkinan dipengaruhi oleh tingkat kesulitan yang kurang sesuai, redaksi soal yang kurang jelas, atau pola respon siswa yang tidak konsisten (Meyer, 2010; Cuhadar, 2022). Selain itu, kondisi kemampuan siswa yang cenderung homogen dan berada pada tingkat rendah juga dapat memengaruhi performa beberapa item, sehingga tidak semua butir mampu berfungsi optimal dalam membedakan kemampuan siswa (Huang, 2009; Hong *et al.*, 2012).

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai reliabilitas item sebesar 0,86 dan reliabilitas person sebesar 0,54. Nilai reliabilitas item yang tinggi menunjukkan bahwa butir soal memiliki konsistensi yang baik dalam mengukur konstruk yang sama, sehingga tingkat kesulitan item relatif stabil. Sementara itu, nilai reliabilitas person yang berada pada kategori sedang menunjukkan bahwa konsistensi pengukuran kemampuan siswa masih terbatas. Hal ini dapat disebabkan oleh distribusi kemampuan siswa yang cenderung homogen dan berada pada tingkat rendah, sehingga variasi respon yang dihasilkan tidak cukup untuk membedakan kemampuan siswa secara jelas (Saleh, Lazonder dan De Jong, 2005; Huang, 2009; Hong *et al.*, 2012).

Hal ini sejalan dengan nilai *person separation* sebesar 1,01 dan item separation sebesar 2,41 yang menghasilkan strata masing-masing sebesar 1,68 dan 3,55, yang menunjukkan sekitar dua kelompok kemampuan siswa dan empat tingkat kesulitan item. Nilai tersebut menunjukkan bahwa instrumen hanya mampu membedakan siswa ke dalam dua tingkat kemampuan, sementara butir soal dapat dikelompokkan ke dalam empat tingkat kesulitan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa variasi tingkat kesulitan item lebih baik dibandingkan variasi kemampuan siswa, sehingga instrumen belum mampu mengelompokkan kemampuan siswa secara lebih rinci.

Berdasarkan temuan tersebut, analisis selanjutnya difokuskan pada butir-butir soal dengan tingkat kesulitan tinggi atau persentase jawaban benar yang rendah untuk mengidentifikasi pola miskonsepsi siswa.

Butir soal nomor 11 merupakan item dengan tingkat kesulitan paling tinggi, dengan nilai logit sebesar $-2,15$ dan persentase jawaban benar hanya sekitar 2%. Soal ini menguji pemahaman siswa terkait prinsip superposisi gaya dan jenis gaya yang bekerja pada benda setelah menerima gaya pada lintasan tanpa gesekan, serta berkaitan langsung dengan konteks soal sebelumnya.

11. Sepanjang lintasan tanpa gesekan yang telah kamu pilih di soal nomor 8, gaya utama yang bekerja pada keping setelah menerima pukulan adalah :

 - gaya gravitasi ke bawah
 - gaya gravitasi ke bawah dan gaya mendatar searah gerak
 - gaya gravitasi ke bawah, gaya ke atas yang diberikan oleh permukaan dan gaya mendatar searah gerak
 - gaya gravitasi ke bawah dan gaya ke atas yang diberikan oleh permukaan
 - tidak ada (tidak ada gaya yang bekerja pada keping)

Gambar 6. Soal tentang Gaya yang Bekerja pada Benda Setelah Impuls (Butir Soal FCI 11)

Pada soal ini, siswa diminta untuk mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada benda setelah menerima gaya sesaat sebagaimana dijelaskan pada soal sebelumnya. Secara konseptual, gaya yang bekerja hanya gaya berat dan gaya normal tanpa adanya gaya horizontal.

Tabel 6. Distribusi Persentase Jawaban Siswa pada Butir Soal FCI 11

Pilihan Jawaban	A	B	C	D	E*
Persentase (%)	0	42	47	10	2

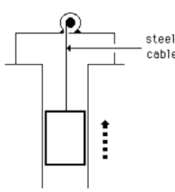
Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar siswa memilih opsi C (47%) dan B (42%), sementara hanya 2% siswa yang menjawab benar. Pola ini mengindikasikan adanya miskonsepsi, di mana siswa beranggapan bahwa suatu benda yang

bergerak harus selalu dipengaruhi oleh gaya horizontal yang searah dengan arah gerakannya (Bouزيد, Kaddari dan Darhmaoui, 2022; Horiguchi, Hirashima dan Hayashi, 2023; Khoirunnisa *et al.*, 2024).

Kondisi ini menunjukkan adanya miskonsepsi yang kuat, di mana siswa mengaitkan gerak dengan keberadaan gaya secara terus-menerus. Selain itu, rendahnya persentase jawaban benar juga mengindikasikan bahwa siswa belum mampu mengintegrasikan konsep yang telah diuji pada soal sebelumnya, khususnya terkait impuls, gerak tanpa gaya, dan hukum I Newton. Hal ini didukung oleh Tarhi *et al.*, 2025 yang menyatakan bahwa siswa sering mengalami kesulitan dalam menghubungkan konsep gaya dan gerak secara konsisten. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa masih terpisah-pisah dan belum konsisten dalam menerapkan konsep fisika secara utuh.

Selain itu, butir soal nomor 17 merupakan item dengan tingkat kesulitan yang sangat tinggi, dengan nilai logit sebesar 2,72 dan persentase jawaban benar hanya sekitar 2%.

17. Sebuah elevator sedang diangkat oleh kabel baja pada kelajuan konstan di terowongan elevator seperti yang ditunjukkan gambar di bawah. Semua efek gesekan diabaikan. Pada situasi ini gaya pada elevator adalah :



Lift bergerak naik dengan kecepatan konstan

- gaya ke atas oleh kabel lebih besar dari pada gaya gravitasi ke bawah
- gaya ke atas oleh kabel sama dengan gaya gravitasi ke bawah
- gaya ke atas oleh kabel lebih kecil daripada gaya gravitasi ke bawah
- gaya ke atas oleh kabel lebih besar dari jumlah gaya gravitasi ke bawah dan gaya ke bawah akibat udara
- tidak ada gaya sebagaimana tersebut diatas (elevator naik dikarenakan kabel menjadi lebih pendek bukan karena gaya ke atas yang diberikan pada elevator oleh kabel

Gambar 7. Soal tentang Gaya yang Bekerja pada Benda yang Bergerak dengan Kecepatan Konstan (Butir Soal FCI 17)

Soal ini menguji pemahaman siswa terkait gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda yang bergerak ke atas dengan kecepatan konstan. Secara konseptual, kondisi ini menunjukkan bahwa resultan gaya yang bekerja pada benda adalah nol, sehingga gaya tarik kabel ke atas harus sama besar dengan gaya gravitasi ke bawah.

Tabel 7. Distribusi Persentase Jawaban Siswa pada Butir Soal FCI 17

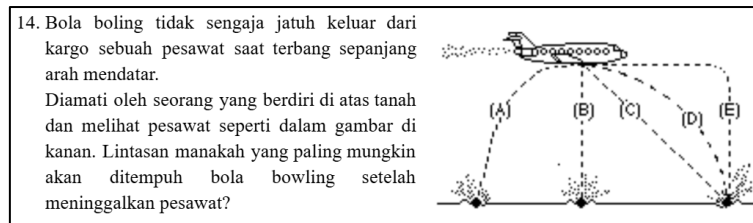
Pilihan Jawaban	A	B*	C	D	E
Persentase (%)	60	2	4	15	18

Berdasarkan distribusi jawaban siswa, sebagian besar siswa memilih opsi A (60%), sementara hanya sekitar 2% yang menjawab benar. Pola ini menunjukkan bahwa mayoritas siswa menganggap bahwa gaya ke atas harus lebih besar daripada gaya gravitasi ketika benda bergerak ke atas (Robertson *et al.*, 2021, 2022).

Pola ini mengindikasikan adanya miskonsepsi, di mana siswa mengaitkan arah gerak dengan besar gaya yang bekerja. Siswa cenderung beranggapan bahwa benda yang bergerak ke atas harus dipengaruhi oleh gaya ke atas yang lebih besar, tanpa mempertimbangkan bahwa kecepatan konstan menunjukkan tidak adanya percepatan (Kahaleh dan Lopez, 2025).

Hal ini menunjukkan bahwa siswa belum memahami konsep kesetimbangan gaya secara tepat, sehingga belum mampu membedakan antara kondisi gerak dipercepat dan gerak dengan kecepatan konstan.

Butir soal nomor 14 merupakan salah satu item dengan tingkat kesulitan tinggi, ditunjukkan oleh nilai logit sebesar 0,72 dan persentase jawaban benar hanya sekitar 10%. Soal ini menguji pemahaman siswa terkait konsep gerak peluru pada bidang kinematika.



Gambar 8. Soal tentang Gerak Benda yang Jatuh dari Pesawat Bergerak (Butir Soal FCI 14)

Soal ini menggambarkan sebuah bola yang jatuh dari pesawat yang bergerak secara horizontal, di mana siswa diminta untuk menentukan lintasan gerak bola setelah dilepaskan. Secara konseptual, bola akan mengikuti lintasan parabola dan tetap memiliki kecepatan horizontal yang sama dengan pesawat pada saat dilepaskan.

Tabel 8. Distribusi Persentase Jawaban Siswa pada Butir Soal FCI 14

Pilihan Jawaban	A	B	C	D*	E
Persentase (%)	55	13	23	10	0

Berdasarkan distribusi jawaban siswa, sebagian besar siswa memilih opsi A (55%) dan C (23%), sementara hanya sekitar 10% siswa yang memilih jawaban benar yaitu opsi D. Pola ini menunjukkan bahwa sebagian besar siswa tidak memahami bahwa benda yang dilepaskan dari pesawat tetap mempertahankan kecepatannya horizontalnya (Mou, Zhu dan Chen, 2015; Piten, Rakkapao dan Prasitpong, 2017; Fongsamut, Tanasittikosol dan Phaksunchai, 2023).

Hal ini mengindikasikan adanya miskonsepsi, di mana siswa cenderung menganggap bahwa benda yang jatuh akan bergerak lurus ke bawah atau tertinggal jauh di belakang pesawat (Piten, Rakkapao dan Prasitpong, 2017). Siswa belum memahami bahwa gerak horizontal dan vertikal bersifat independen, sehingga benda tetap bergerak maju sambil jatuh. Miskonsepsi ini menunjukkan bahwa siswa belum memahami konsep dasar gerak peluru serta belum mampu mengintegrasikan komponen gerak secara simultan dalam dua arah (Piten, Rakkapao dan Prasitpong, 2017; Daniel, 2019).

Hasil ini menunjukkan bahwa miskonsepsi siswa tidak hanya muncul pada satu konsep tertentu, tetapi juga terjadi pada berbagai konsep yang saling berkaitan dalam materi gaya dan gerak. Hal ini didukung oleh beberapa penelitian yang menunjukkan bahwa siswa sering memiliki miskonsepsi yang saling berkaitan, seperti anggapan bahwa gerak memerlukan gaya yang bekerja secara terus-menerus dan bahwa gaya hanya ada ketika suatu benda bergerak (Métoui dan Trudel, 2019; Nie *et al.*, 2019). Selain itu, miskonsepsi mengenai gaya, percepatan, dan hukum Newton juga cenderung saling memengaruhi, di mana pemahaman yang keliru tentang percepatan yang selalu searah dengan gerak dapat

berdampak pada kesalahan dalam memahami hukum II Newton (Liu dan Fang, 2016; Wancham, Tangdhanakanond dan Kanjanawasee, 2023).

Kondisi ini mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam memahami hubungan antar konsep secara menyeluruh, sehingga diperlukan strategi pembelajaran yang menekankan keterpaduan konsep. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa pendekatan perubahan konseptual merupakan salah satu strategi yang efektif dalam mereduksi miskonsepsi, di mana siswa dihadapkan pada situasi yang bertentangan dengan pemahaman awalnya sehingga mendorong terjadinya rekonstruksi konsep (Dilber, 2010; Resbiantoro, Setiani dan Dwikoranto, 2022). Selain itu, pembelajaran berbasis inkuiri juga terbukti mampu membantu siswa memahami konsep secara lebih mendalam melalui eksplorasi aktif dan keterlibatan langsung dalam proses pembelajaran (Getty, 2009; Jiang *et al.*, 2018).

Penggunaan teknologi dan media digital, seperti simulasi berbasis komputer, juga memberikan kontribusi signifikan dalam mengurangi miskonsepsi karena memungkinkan visualisasi konsep secara lebih konkret (Kaniawati *et al.*, 2020; Adimayuda *et al.*, 2025). Di sisi lain, pendekatan hybrid learning dan demonstrasi eksperimen turut mendukung pembelajaran yang lebih efektif dengan menggabungkan pengalaman langsung dan interaksi digital (Maryanti *et al.*, 2022; Hermita *et al.*, 2024). Selain strategi pembelajaran, penggunaan tes diagnostik seperti instrumen FCI dan multi-tier test juga berperan penting dalam mengidentifikasi miskonsepsi siswa secara lebih spesifik, sehingga guru dapat merancang intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran (Fenditasari dan Istiyono, 2020; Resbiantoro dan Setiani, 2022; Bessas *et al.*, 2024). Dengan demikian, penerapan strategi pembelajaran yang terintegrasi dengan penggunaan tes diagnostik diharapkan mampu membantu siswa memperbaiki miskonsepsi dan membangun pemahaman konsep yang lebih utuh.

SIMPULAN

Hasil analisis menunjukkan bahwa instrumen *Force Concept Inventory* (FCI) memiliki kualitas pengukuran yang baik, ditinjau dari terpenuhinya asumsi unidimensionalitas serta kesesuaian butir terhadap model Rasch, di mana seluruh butir soal secara umum berada dalam kategori fit. Selain itu, nilai *reliabilitas item* sebesar 0,85 dan *reliabilitas person* sebesar 0,51, serta nilai *item separation* sebesar 2,41 menunjukkan bahwa instrumen memiliki konsistensi pengukuran dan variasi tingkat kesulitan butir yang baik.

Namun demikian, tingkat keberhasilan siswa secara keseluruhan masih rendah, dengan persentase jawaban benar hanya sebesar 21%, yang mencerminkan bahwa pemahaman konseptual siswa terhadap materi gaya dan gerak masih belum optimal serta menunjukkan adanya miskonsepsi yang cukup signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa siswa belum mampu memahami hubungan antara gaya dan gerak secara tepat serta belum dapat mengintegrasikan konsep-konsep dasar fisika secara konsisten. Kondisi tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran yang berlangsung belum sepenuhnya mampu membangun pemahaman konseptual yang mendalam. Oleh karena itu, diperlukan strategi pembelajaran yang menekankan pada penguatan dan keterpaduan konsep, seperti pendekatan konflik kognitif dan penggunaan representasi visual, untuk membantu siswa memperbaiki miskonsepsi yang dimiliki. Penelitian selanjutnya dapat difokuskan pada pengembangan dan

penerapan model pembelajaran yang lebih efektif dalam meningkatkan pemahaman konseptual siswa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak sekolah, guru, dan seluruh siswa yang telah berpartisipasi dalam penelitian ini. Penulis juga menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pembimbing atas bimbingan, arahan, dukungan, serta masukan yang diberikan selama proses penelitian. Selain itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan mendukung sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adimayuda, R. *et al.* (2025) “Breaking Misconceptions: Technology-Integrated MORE Model for Meaningful Learning of Momentum and Impulse,” *Online Learning In Educational Research*, 5(1), hal. 25–40. Tersedia pada: <https://doi.org/10.58524/oler.v5i1.606>.
- AL-RSA ' I, M.S., Khoshman, J.M. dan Tayeh, K.A. (2020) “Jordanian Pre-Service Physics Teacher ' s Misconceptions about Force and Motion,” *Journal of Turkish Science Education*, 17(4), hal. 528–543. Tersedia pada: <https://doi.org/10.36681/tused.2020.43>.
- Ariyani, A. dan Rusilowati, A. (2023) “Identification and remediation of misconceptions on thermodynamics law for students with interactive demonstration,” *AIP Conference Proceedings*. Department of Physics, Universitas Negeri Semarang, Central Java, Semarang, Indonesia: American Institute of Physics Inc. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1063/5.0125922>.
- Aulia, F., Pratiwi, I. dan Kuswanto, H. (2025) “Student ' s Conceptual Understanding in Physics Learning : A Systematic Literature Review,” 10(1), hal. 57–66. Tersedia pada: <https://doi.org/10.26737/jipf.v10i1.5953>.
- Bani-Salameh, H.N. (2017) “Using the method of dominant incorrect answers with the FCI test to diagnose misconceptions held by first year college students,” *Physics Education*, 52(1). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/52/1/015006>.
- Bayraktar, S. (2009) “Misconceptions of Turkish pre-service teachers about force and motion,” *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(2), hal. 273–291. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9120-9>.
- Berović, M., Jelić, S. dan Bogdanović, I. (2026) “Dealing with students' misconceptions about friction coefficient,” *European Journal of Physics*, 47(2). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1361-6404/ae4cd7>.
- Bessas, N. *et al.* (2024) “Diagnosing students' misconception in Hydrostatic Pressure through a 4-tier test,” *Heliyon*, 10(23). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40425>.
- Bouزيد, T., Kaddari, F. dan Darhmaoui, H. (2022) “Force and motion misconceptions' pliability, the case of Moroccan high school students,” *Journal of Educational Research*, 115(2), hal. 122–132. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1080/00220671.2022.2064802>.
- Carpendale, J. dan Cooper, R. (2021) “understanding procedure to elicit metacognition with pre-service physics teachers.”
- Cuhadar, I. (2022) “Sample Size Requirements for Parameter Recovery in the 4-Parameter Logistic Model,” *Measurement*, 20(2), hal. 57–72. Tersedia pada:

- <https://doi.org/10.1080/15366367.2021.1934805>.
- Daniel, A. (2019) "Experiential learning model in two-dimensional kinematics," *Physics Teacher*, 57(9), hal. 648–649. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1119/1.5135803>.
- Demetrio, G.R. *et al.* (2025) "Assessing evolutionary theory knowledge performance among Brazilian undergraduates: exploring political and religious affiliation differences and gender, ethnicity, and socioeconomic inequalities," *Evolution: Education and Outreach*, 18(1). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1186/s12052-025-00222-7>.
- Dilber, R. (2010) "Effect of conceptual change instruction on students' understanding of electricity concepts," *International Journal of Innovation and Learning*, 7(4), hal. 478–496. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1504/IJIL.2010.032935>.
- Fenditasari, K. dan Istiyono, E. (2020) "Identification of misconceptions on heat and temperature among physics education students using four-tier diagnostic test," *Journal of Physics: Conference Series*. Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia: Institute of Physics Publishing. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1470/1/012055>.
- Fongsamut, K., Tanasittikosol, M. dan Phaksunchai, M. (2023) "Effectiveness of the simulation-based learning (SBL) assisted with scaffolding approach to address students' misconceptions about projectile motion," *Physics Education*, 58(2). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/aca57d>.
- Getty, J.C. (2009) "Assessing inquiry learning in a circuits/electronics course," in *Proceedings - Frontiers in Education Conference, FIE*. Montana Tech. Petroleum Engineering Butte, MT 59701, United States. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1109/FIE.2009.5350849>.
- Hermita, N. *et al.* (2024) "Hybrid learning, blended learning or face-to-face learning: which one is more effective in remediating misconception?," *Quality Assurance in Education*, 32(1), hal. 64–78. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1108/QAE-02-2023-0019>.
- Hestenes, D., Wells, M. dan Swackhamer, G. (1992) "Force Concept Inventory," 30(March), hal. 1–15.
- Hong, G. *et al.* (2012) "Differential Effects of Literacy Instruction Time and Homogeneous Ability Grouping in Kindergarten Classrooms: Who Will Benefit? Who Will Suffer?," *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 34(1), hal. 69–88. Tersedia pada: <https://doi.org/10.3102/0162373711424206>.
- Horiguchi, T., Hirashima, T. dan Hayashi, Y. (2023) "Error-based simulation as a thought experimental method for changing 'motion implies a force' misconception: An evaluation," *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(4), hal. 1290–1302. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1111/jcal.12800>.
- Huang, M.-H. (2009) "Classroom homogeneity and the distribution of student math performance: A country-level fixed-effects analysis," *Social Science Research*, 38(4), hal. 781–791. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2009.05.001>.
- Jiang, T. *et al.* (2018) "Effect of different instructional methods on students' conceptual change regarding electrical resistance as viewed from a synthesized theoretical framework," *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(7), hal. 2771–2786. Tersedia pada: <https://doi.org/10.29333/ejmste/90592>.
- Kahaleh, R. dan Lopez, V. (2025) "Evaluating large language models in high school physics education: addressing misconceptions and fostering conceptual understanding," *Physics Education*, 60(2). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1361-6552/adb235>.
- Kaniawati, I. *et al.* (2020) "An analysis of students' misconceptions about the implementation of active learning of optics and photonics approach assisted by computer simulation," *International Journal of Emerging Technologies in Learning*,

15(9), hal. 76–93.

- Khoirunnisa, R. *et al.* (2024) “Misconceptions of High School Students on Motion and Force Using the Force Concept Inventory (FCI),” *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA*, 10(5), hal. 2711–2720. Tersedia pada: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.6979>.
- Kurniawan, A., Istiyono, E. dan Naba, S.D. (2024) “Item Quality Analysis of Physics Concept Understanding Test with Rasch Model,” 9(3), hal. 474–486.
- Liu, G. dan Fang, N. (2016) “Student misconceptions about force and acceleration in physics and engineering mechanics education,” in *International Journal of Engineering Education*. Department of Engineering Education, College of Engineering, Utah State University, Logan, 84322, UT, United States: Tempus Publications, hal. 19–29.
- Maryanti, R. *et al.* (2022) “TEACHING HIGH SCHOOL STUDENTS WITH/WITHOUT SPECIAL NEEDS AND THEIR MISCONCEPTION ON CORROSION,” *Journal of Engineering Science and Technology*, 17(1), hal. 225–238.
- Mehrabi, A. dan Morphew, J.W. (2025) “Uncovering the Cognitive Roots of Misconceptions in Physics Education for Engineering Students Through Transitional Diagnostic Models,” in *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. Purdue Engineering Education & Electronic and Computer Engineering, United States: American Society for Engineering Education. Tersedia pada: <https://doi.org/10.18260/1-2--57727>.
- Métioui, A. dan Trudel, L. (2019) “Quebec children and elementary pre-service teacher’s conceptions of force and motion,” in M. E. dan van K. P. (ed.) *Journal of Physics: Conference Series*. Département de Didactique, Université du Québec À Montréal, C.P. 8888, Succ. Centre-ville, Montréal, H3C 3P8, QC, Canada: Institute of Physics Publishing. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1286/1/012041>.
- Meyer, J.P. (2010) “A mixture rasch model with item response time components,” *Applied Psychological Measurement*, 34(7), hal. 521–538. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1177/0146621609355451>.
- Mou, Y., Zhu, L. dan Chen, Z. (2015) “Developmental changes in children’s understanding of horizontal projectile motion,” *International Journal of Psychology*, 50(4), hal. 256–264. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1002/ijop.12095>.
- Nie, Y. *et al.* (2019) “Teaching towards knowledge integration in learning force and motion,” *International Journal of Science Education*, 41(16), hal. 2271–2295. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1672905>.
- Nikat, R.F. *et al.* (2022) “Pemahaman Konsep Dinamika dan Kinematika Berdasarkan Conceptual Knowledge Melalui Aplikasi Game Quizizz Pendahuluan,” 10(2), hal. 218–230. Tersedia pada: <https://doi.org/10.24815/jpsi.v10i2.23418>.
- Peşman, H. dan Eryılmaz, A. (2010) “Development of a Three-Tier Test to Assess Misconceptions About Simple Electric Circuits,” *The Journal of Educational Research*, 103(3), hal. 208–222. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1080/00220670903383002>.
- Piten, S., Rakkapao, S. dan Prasitpong, S. (2017) “Cambodian students’ prior knowledge of projectile motion,” in *Journal of Physics: Conference Series*. Department of Physics, Faculty of Science, Prince of Songkla University Hat Yai, Songkhla, 90110, Thailand: Institute of Physics Publishing. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/901/1/012116>.
- Prenga, D., Kushta, E. dan Musli, F. (2023) “Enhancing Concept Inventory Analysis by Using Indexes, Optimal Histogram Idea, and the Likert Analysis,” *Journal of Human, Earth, and Future*, 4(1), hal. 103–120. Tersedia pada: <https://doi.org/10.28991/HEF-2023-04-01-08>.
- Putri, V.A. *et al.* (2024) “Analysis of Students’ Physics Conceptual Understanding using

- Five-Tier Multiple Choice Questions : the Newton ' s Law of Motion Context,” 10(5), hal. 2275–2285. Tersedia pada: <https://doi.org/10.29303/jppipa.v10i5.5847>.
- Resbiantoro, G. dan Setiani, R. (2022) “A Review of Misconception in Physics: The Diagnosis, Causes, and Remediation,” *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), hal. 403–427. Tersedia pada: <https://doi.org/10.36681/tused.2022.128>.
- Resbiantoro, G., Setiani, R. dan Dwikoranto (2022) “A Review of Misconception in Physics: The Diagnosis, Causes, and Remediation,” *Journal of Turkish Science Education*, 19(2), hal. 403–427. Tersedia pada: <https://doi.org/10.36681/tused.2022.128>.
- Robertson, A.D. *et al.* (2021) “Impetus-Like Reasoning as Continuous with Newtonian Physics,” *Physics Teacher*, 59(3), hal. 185–188. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1119/10.0003660>.
- Robertson, A.D. *et al.* (2022) “Impetus-Force-Like Drawings May Be Less Common Than You Think,” *Physics Teacher*, 60(4), hal. 254–257. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1119/5.0027858>.
- Saleh, M., Lazonder, A. dan De Jong, T. (2005) “Effects of within-class ability grouping on social interaction, achievement, and motivation,” *Instructional Science*, 33(2), hal. 105–119. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1007/s11251-004-6405-z>.
- Samsudin, A. *et al.* (2020) “No TitleUsing rasch analysis to develop multi-representation ofier instrument on newton’s law (motion),” *nternational Journal ofPsychosocial Rehabilitation* [Preprint]. Tersedia pada: <https://doi.org/https://doi.org/10.37200/IJPR/V24I6/PR260865>.
- Sumintono, B. dan Widhiarso, W. (2015) *Aplikasi Pemodelan Rasch Pada Assessment Pendidikan*. Trim Komunikata.
- Tarhi, I. *et al.* (2025) “Remediation Of Conceptual Errors In Mechanics Via Experimental And Reflective Approaches,” *International Journal on Technical and Physical Problems of Engineering*, 17(63), hal. 75–
- Tayubi, Y.R. (2005) “Identifikasi Miskonsepsi pada Konsep-Konsep Fisika Menggunakan Certainty of Response Index (CRI),” *Jurnal UPI*, 24(3), hal. 4–9.
- Trisniarti, M.D., Aminah, N.S. dan Sarwanto, S. (2020) “How interpersonal and generic science skills influence students’ alternative conceptions in learning physics?,” in *Journal of Physics: Conference Series*. Program Magister Pendidikan Fisika, Universitas Sebelas Maret, Jl. Ir. Sutami 36 A, Kentingan, Jebres, Surakarta, 57126, Indonesia: Institute of Physics Publishing. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1521/2/022051>.
- Wancham, K., Tangdhanakanond, K. dan Kanjanawasee, S. (2023) “Sex and Grade Issues in Influencing Misconceptions about Force and Laws of Motion: An Application of Cognitively Diagnostic Assessment,” *International Journal of Instruction*, 16(2), hal. 437–456. Tersedia pada: <https://doi.org/10.29333/iji.2023.16224a>.
- Wandi, W. *et al.* (2023) “Universitas Papua Theory and Practice of Conceptual Understanding in Physics Education : A Literature Review and Bibliometric Analysis of the Recent Decades,” 6(2), hal. 37–46.
- Wheatley, C. *et al.* (2022) “Comparing conceptual understanding across institutions with module analysis,” *Physical Review Physics Education Research*, 18(2). Tersedia pada: <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.020132>.
- Widyawati, E. (2025) “Relevansi kemampuan prasyarat dalam penguasaan konsep mahasiswa,” 4(1), hal. 10–15.
- Yao, K., Al Weshah, A.W. dan Hunsu, N. (2020) “Work in Progress: Investigating students’ meta-cognitive awarenessof their misconceptions about electric circuits,” in *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. University of Georgia, United States: American Society for Engineering Education.