



Contents lists available at <https://ojs.unsulbar.ac.id/index.php/saqbe>
Vol 3 N1 March 2026, <https://doi.org/10.31605/saqbe>

Saqbe : Sains dan Pembelajarannya



Analisis Penalaran Konseptual Mahasiswa pada Konsep Hukum Newton Menggunakan Kerangka *Scientific Reasoning* Berbasis Jawaban Esai

Analysis of Students' Conceptual Reasoning on Newton's Laws Using a Scientific Reasoning Framework Based on Essay Responses

Nur Rahmah Sangkala

¹Pendidikan IPA, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Makassar

*Correspondence e-mail: nurrahmah@unm.ac.id

Received: 20 February 2026

Revised: 15 March 2026

Accepted : 20 March 2026

Published: 21 March 2026

Abstrak

Miskonsepsi pada konsep Newton's Laws of Motion masih menjadi tantangan dalam pendidikan fisika karena mahasiswa sering mengalami kesulitan dalam memahami hubungan konseptual antara gaya dan gerak. Sebagian besar penelitian sebelumnya menggunakan instrumen pilihan ganda untuk mengidentifikasi miskonsepsi, sehingga kualitas penalaran yang mendasari jawaban mahasiswa belum banyak terungkap. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis profil penalaran konseptual mahasiswa pada konsep Newton's Laws of Motion melalui jawaban esai terbuka. Penelitian menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif dengan teknik analisis isi terhadap jawaban 30 mahasiswa pada mata kuliah Gerak dan Perubahan. Analisis dilakukan menggunakan kerangka *scientific reasoning* yang terdiri atas lima kategori, yaitu *Scientific Reasoning* (SR), *Structured Reasoning* (STR), *Fragmented Reasoning* (FR), *Intuitive Reasoning* (IR), dan *Contradictory Reasoning* (CR). Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa berada pada kategori *Fragmented Reasoning* dan *Contradictory Reasoning*, terutama pada konsep Hukum III Newton. Miskonsepsi dominan meliputi anggapan bahwa gaya aksi–reaksi bekerja pada satu benda yang sama dan bahwa resultan gaya pada pasangan aksi–reaksi selalu bernilai nol. Temuan penelitian menunjukkan bahwa asesmen berbasis esai efektif dalam mengungkap kualitas penalaran dan miskonsepsi mahasiswa, serta berpotensi mendukung pengembangan pembelajaran fisika yang berorientasi pada *scientific reasoning*.

Kata Kunci

Penalaran konseptual, Hukum Newton, miskonsepsi, *scientific reasoning*

Abstract

Misconceptions regarding Newton's Laws of Motion remain a significant challenge in physics education, as students often experience difficulties in understanding the conceptual relationships between force and motion. Most previous studies have relied on multiple-choice instruments to identify misconceptions, providing limited insight into the reasoning processes underlying students' responses. This study aimed to analyze students' conceptual reasoning profiles related to

Newton's Laws of Motion through open-ended essay responses. A qualitative descriptive approach was employed using content analysis of responses from 30 students enrolled in the Motion and Change course. The analysis was conducted using a scientific reasoning framework consisting of five categories: Scientific Reasoning (SR), Structured Reasoning (STR), Fragmented Reasoning (FR), Intuitive Reasoning (IR), and Contradictory Reasoning (CR). The results revealed that most students were classified within the Fragmented Reasoning and Contradictory Reasoning categories, particularly in relation to Newton's Third Law. The dominant misconceptions included the belief that action–reaction forces act on the same object and that the net force of an action–reaction pair is always zero. These findings indicate that essay-based assessment is effective in revealing students' reasoning quality and misconceptions and has the potential to support the development of physics instruction that emphasizes scientific reasoning.

Keywords

Conceptual understanding, Newton's Law, misconception, scientific reasoning

PENDAHULUAN

Konsep *Newton's Laws of Motion* merupakan fondasi utama dalam mekanika klasik dan menjadi dasar bagi berbagai topik fisika lanjutan seperti dinamika rotasi, fluida, gelombang, hingga elektromagnetik. Pemahaman yang baik terhadap konsep gaya dan gerak sangat penting karena konsep tersebut tidak hanya digunakan pada mata kuliah fisika dasar, tetapi juga menjadi dasar penalaran ilmiah dalam berbagai disiplin sains dan teknik. Namun demikian, berbagai penelitian dalam bidang *Physics Education Research* menunjukkan bahwa Hukum Newton merupakan salah satu topik yang paling sulit dipahami mahasiswa secara konseptual (Nakamura et al., 2016; Isra & Mufit, 2023).

Kesulitan mahasiswa dalam memahami Hukum Newton umumnya muncul dalam bentuk miskonsepsi yang bersifat persisten. Mahasiswa sering mempertahankan pemahaman intuitif mengenai gaya dan gerak meskipun telah mengikuti pembelajaran formal fisika (Halloun & Hestenes, 1985). Mereka cenderung percaya bahwa suatu benda harus terus diberi gaya agar tetap bergerak, padahal menurut Hukum I Newton benda dapat mempertahankan geraknya ketika resultan gaya sama dengan nol. Selain itu, mahasiswa sering mampu menghafal persamaan fisika, tetapi belum memahami makna konseptual di balik hubungan antara gaya, massa, dan percepatan (Aryani et al., 2024; McDermott, 1991).

Miskonsepsi pada konsep *Newtonian mechanics* juga ditemukan pada Hukum III Newton. Banyak mahasiswa gagal membedakan antara gaya yang bekerja pada suatu benda dan gaya yang diberikan oleh benda kepada objek lain (Savinainen & Scott, 2002; Bao & Fritchman, 2021; Suhandi et al., 2025). Akibatnya, mahasiswa menganggap pasangan gaya aksi–reaksi bekerja pada satu benda yang sama sehingga saling meniadakan dan menghasilkan resultan gaya nol. Kesalahan konseptual semacam ini menunjukkan bahwa mahasiswa tidak hanya mengalami kesalahan fakta, tetapi juga kelemahan dalam membangun struktur penalaran ilmiah.

Sebagian besar penelitian terdahulu mengidentifikasi miskonsepsi mahasiswa menggunakan instrumen pilihan ganda seperti *Force Concept Inventory* (FCI). Instrumen tersebut efektif dalam memetakan tingkat penguasaan konsep secara umum, tetapi belum sepenuhnya mampu mengungkap bagaimana mahasiswa membangun argumentasi ilmiah dalam menjelaskan fenomena fisika (Hake, 1998). Jawaban pilihan ganda hanya menunjukkan hasil akhir pemikiran mahasiswa tanpa memperlihatkan proses penalaran yang digunakan untuk menghubungkan konsep-konsep fisika (Wells et al., 2020; Fitriani et al., 2025).

Dalam perkembangan asesmen pembelajaran modern, kemampuan *scientific reasoning* menjadi aspek penting dalam pendidikan sains. *Scientific reasoning* tidak hanya berkaitan dengan kemampuan mengingat konsep, tetapi juga kemampuan menjelaskan fenomena secara logis, menghubungkan berbagai konsep, serta menggunakan prinsip ilmiah dalam membangun argument. Oleh karena itu, analisis jawaban esai dianggap lebih mampu mengungkap struktur berpikir mahasiswa dibandingkan instrumen objektif (Osborne, 2016; NRC, 2018; Evagorou & Osborne, 2022).

Dalam beberapa tahun terakhir, perhatian terhadap kemampuan scientific reasoning dan argumentasi ilmiah semakin meningkat dalam pendidikan sains. Kemampuan tersebut dipandang sebagai indikator penting yang membedakan antara penguasaan konsep secara hafalan dan pemahaman yang mendalam terhadap proses ilmiah. Mahasiswa yang memiliki scientific reasoning yang baik tidak hanya mampu memberikan jawaban yang benar, tetapi juga dapat menyusun penjelasan yang didukung bukti, menghubungkan berbagai konsep yang relevan, serta mengevaluasi alternatif penjelasan secara logis. Oleh karena itu, asesmen yang mampu mengungkap kualitas argumentasi dan penalaran mahasiswa menjadi kebutuhan penting dalam pembelajaran sains abad ke-21 (Tang, 2022; Erlina et al., 2018).

Selain itu, berbagai penelitian terkini menunjukkan bahwa miskonsepsi pada konsep-konsep mekanika, khususnya Hukum Newton, tidak hanya berkaitan dengan kurangnya penguasaan konsep, tetapi juga berhubungan dengan struktur mental dan pola penalaran yang digunakan mahasiswa dalam menjelaskan fenomena fisika. Miskonsepsi yang telah terbentuk cenderung bertahan meskipun mahasiswa telah mengikuti pembelajaran formal, sehingga diperlukan pendekatan asesmen yang tidak hanya mengidentifikasi jawaban benar atau salah, tetapi juga mampu menelusuri proses berpikir yang mendasarinya. Analisis terhadap argumentasi tertulis mahasiswa melalui jawaban esai memberikan peluang untuk mengidentifikasi hubungan antara kualitas reasoning dan kemunculan miskonsepsi secara lebih mendalam (Suhandi et al., 2025; Isra & Mufit, 2023).

Meskipun berbagai pendekatan telah dikembangkan untuk mengidentifikasi dan meremediasi miskonsepsi dalam pembelajaran mekanika, sebagian besar penelitian masih berfokus pada pengukuran perubahan penguasaan konsep melalui instrumen diagnostik atau tes konseptual. Pendekatan tersebut memberikan informasi penting mengenai tingkat pemahaman mahasiswa, tetapi belum sepenuhnya mampu menjelaskan bagaimana mahasiswa membangun, menghubungkan, dan mempertahankan argumen ilmiah ketika menghadapi suatu fenomena fisika. Padahal, kualitas penalaran yang mendasari suatu jawaban dapat memberikan informasi yang lebih mendalam mengenai sumber munculnya miskonsepsi dan hambatan konseptual yang dialami mahasiswa. Oleh karena itu, analisis yang secara eksplisit memfokuskan pada struktur reasoning mahasiswa masih diperlukan dalam penelitian pendidikan fisika (Li et al., 2022; Tang, 2022; Suhandi et al., 2025).

Meskipun penelitian mengenai miskonsepsi Hukum Newton telah banyak dilakukan, kajian yang secara khusus menganalisis kualitas penalaran mahasiswa melalui jawaban esai terbuka masih relatif terbatas, khususnya pada konteks pendidikan tinggi di Indonesia. Selain itu, sebagian besar penelitian sebelumnya lebih berfokus pada identifikasi benar atau salahnya konsep, bukan pada kualitas struktur argumentasi dan pola *reasoning* yang digunakan mahasiswa (Hammer, 1996; Vosniadou, 1994; Aryani et al., 2024; Suhandi et al., 2025). Dengan demikian, masih diperlukan penelitian yang mampu memetakan kualitas penalaran konseptual mahasiswa secara lebih mendalam dan sistematis.

Penelitian ini menawarkan pendekatan analisis *scientific reasoning* berbasis jawaban esai menggunakan kerangka lima kategori penalaran, yaitu *Scientific Reasoning* (SR), *Structured Reasoning* (STR), *Fragmented Reasoning* (FR), *Intuitive Reasoning* (IR), dan *Contradictory Reasoning* (CR). Kerangka ini digunakan untuk mengidentifikasi kualitas argumentasi mahasiswa, pola hubungan antarkonsep, serta bentuk miskonsepsi yang muncul pada konsep Hukum Newton (Bao & Fritchman, 2021; Suhandi et al., 2025).

Penelitian ini memiliki kontribusi pada tiga aspek utama. Secara teoretis, penelitian ini memperkaya kajian mengenai *scientific reasoning* dalam pendidikan fisika. Secara metodologis, penelitian ini menunjukkan potensi asesmen esai konseptual dalam mengungkap struktur penalaran mahasiswa yang tidak dapat diidentifikasi melalui tes objektif konvensional (McDermott, 1991; Fitriani et al., 2025; Aryani et al., 2024). Secara praktis, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar bagi dosen dalam merancang pembelajaran berbasis argumentasi ilmiah dan strategi remediasi miskonsepsi mahasiswa.

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan, penelitian ini diarahkan untuk menjawab pertanyaan penelitian berikut:

1. Bagaimana profil penalaran konseptual mahasiswa pada konsep Hukum Newton berdasarkan jawaban esai terbuka?
2. Miskonsepsi dominan apa saja yang ditunjukkan mahasiswa dalam menjelaskan fenomena yang berkaitan dengan Hukum Newton?
3. Bagaimana kualitas scientific reasoning mahasiswa berdasarkan kerangka reasoning yang digunakan dalam penelitian ini?

METODE

Desain Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis penalaran konseptual mahasiswa pada konsep Hukum Newton. Pendekatan ini dipilih karena bertujuan untuk menggali secara mendalam struktur argumentasi mahasiswa berdasarkan jawaban esai terbuka, bukan hanya mengukur tingkat penguasaan konsep secara kuantitatif. Analisis kualitatif memungkinkan peneliti mengidentifikasi pola reasoning, miskonsepsi, serta hubungan antar konsep yang muncul dalam penjelasan mahasiswa.

Subjek Penelitian

Subjek penelitian terdiri atas 30 mahasiswa program studi pendidikan IPA yang menempuh mata kuliah Gerak dan Perubahan pada salah satu perguruan tinggi di Indonesia. Pemilihan subjek dilakukan menggunakan teknik *convenience sampling*, yaitu berdasarkan ketersediaan dan aksesibilitas kelas yang sedang mengikuti perkuliahan pada saat penelitian dilakukan. Seluruh mahasiswa diberikan soal yang sama dalam kondisi evaluasi pembelajaran di kelas.

Instrumen Penelitian

Instrumen penelitian berupa tiga soal esai konseptual yang dirancang untuk mengukur kemampuan penalaran mahasiswa pada konsep Hukum Newton, meliputi:

1. Hukum I Newton melalui fenomena pelepasan paket dari pesawat,
2. Hukum III Newton melalui analisis gaya aksi–reaksi,
3. Hukum I dan II Newton melalui fenomena *whiplash* pada tabrakan kendaraan.

Penyusunan soal didasarkan pada indikator konsep mekanika Newtonian yang umum digunakan dalam *Physics Education Research*. Instrumen telah melalui validasi isi oleh dua dosen ahli pendidikan IPA kepakaran fisika untuk memastikan kesesuaian konsep, tingkat kognitif, dan keterwakilan indikator penalaran ilmiah.

Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan melalui beberapa tahap. Pertama, peneliti menyusun instrumen soal esai berdasarkan konsep Hukum Newton. Kedua, instrumen divalidasi oleh ahli untuk memastikan kelayakan isi dan keterpaduan konsep. Ketiga, soal diberikan kepada mahasiswa dalam kondisi ujian tertulis di kelas dengan waktu pengerjaan ± 60 menit tanpa akses sumber belajar. Keempat, jawaban mahasiswa dikumpulkan untuk dianalisis lebih lanjut. Kelima, seluruh jawaban dikodekan dan diklasifikasikan berdasarkan kategori penalaran yang telah ditetapkan.

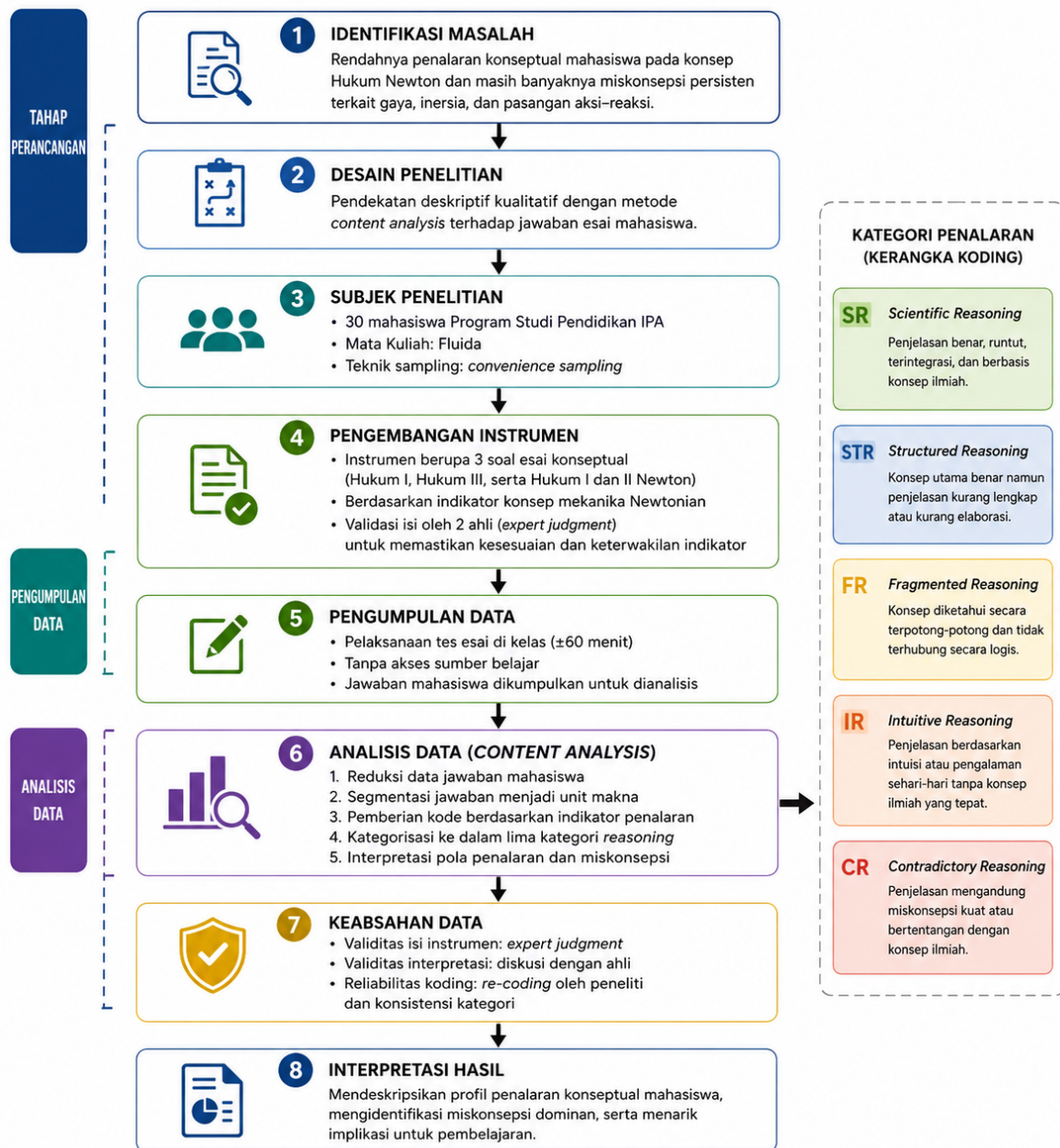
Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan teknik analisis isi (*content analysis*) dengan pendekatan koding deduktif. Jawaban mahasiswa diklasifikasikan ke dalam lima kategori penalaran:

- Scientific Reasoning (SR)
- Structured Reasoning (STR)
- Fragmented Reasoning (FR)
- Intuitive Reasoning (IR)
- Contradictory Reasoning (CR)

Proses analisis data dilakukan secara bertahap untuk mengidentifikasi kualitas penalaran mahasiswa dalam menjawab soal esai. Tahap pertama adalah reduksi data, yaitu menyeleksi dan memfokuskan jawaban mahasiswa yang relevan dengan tujuan penelitian. Selanjutnya, setiap jawaban disegmentasi menjadi unit-unit makna yang merepresentasikan ide atau argumen tertentu. Unit makna tersebut kemudian diberi kode berdasarkan indikator pada masing-masing kategori reasoning yang telah ditetapkan. Hasil koding selanjutnya dikelompokkan untuk mengidentifikasi kecenderungan pola penalaran yang muncul pada setiap kategori. Pada tahap akhir, dilakukan interpretasi terhadap pola penalaran dan miskonsepsi yang teridentifikasi guna memperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai karakteristik reasoning mahasiswa pada konsep yang diteliti.

Untuk menjaga keabsahan data, proses koding dilakukan secara berulang (*re-coding*) hingga diperoleh konsistensi kategori. Selain itu, hasil klasifikasi dikonsultasikan dengan ahli pendidikan fisika sebagai bentuk *expert judgment* untuk meningkatkan validitas interpretasi.



Gambar 1. Alur penelitian analisis penalaran konseptual mahasiswa pada konsep Hukum Newton menggunakan pendekatan *content analysis*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Distribusi Kategori Reasoning

Hasil analisis menunjukkan bahwa sebagian besar mahasiswa berada pada kategori *Fragmented Reasoning* (FR) dan *Contradictory Reasoning* (CR). Hanya sedikit mahasiswa yang menunjukkan *Scientific Reasoning* (SR). Pada soal nomor 1, mayoritas mahasiswa mampu menyebut konsep “inersia”, “resultan gaya”, atau “massa berkurang”, namun gagal mengintegrasikan konsep tersebut menjadi penjelasan ilmiah yang utuh. Contoh jawaban FR ditunjukkan pada pernyataan berikut:

“massa pesawat berkurang akan tetapi kecepatannya tidak berubah secara instan termasuk hukum newton 1”

Sementara itu, jawaban yang termasuk SR menunjukkan hubungan konseptual yang lebih runtut:

“jika massa benda mulai berkurang, sementara gaya dorong tetap maka percepatannya sedikit bertambah sehingga pesawat mempercepat namun kecepatan tidak berubah secara langsung dan memerlukan waktu”

Miskonsepsi pada Hukum III Newton

Miskonsepsi paling dominan ditemukan pada soal nomor 2 mengenai *Newton's Third Law*. Banyak mahasiswa menganggap bahwa pasangan gaya aksi–reaksi bekerja pada satu sistem yang sama sehingga resultan gaya selalu nol.

Contoh jawaban CR:

“gaya yang diberikan sama dengan nol karena apabila kita mendorong tembok terdapat reaksi yang diberikan ke tangan kita”

Jawaban tersebut menunjukkan bahwa mahasiswa belum mampu membedakan:

- gaya yang bekerja pada suatu benda,
- dan gaya yang diberikan oleh benda lain.

Sebaliknya, jawaban STR menunjukkan pemahaman yang lebih baik:

“gaya aksi reaksi bekerja pada dua benda berbeda bukan pada benda yang sama”

Analisis Fenomena Whiplash

Pada soal nomor 3, sebagian besar mahasiswa mampu mengidentifikasi konsep inersia pada *Newton's First Law*, tetapi masih mengalami kesulitan menjelaskan hubungan antara percepatan dan gaya sesuai *Newton's Second Law*.

Beberapa mahasiswa menggunakan reasoning intuitif, misalnya dengan menyatakan bahwa sandaran kepala harus dibuat lebih ringan agar benturan lebih kecil. Hal ini menunjukkan bahwa mahasiswa masih memahami gaya hanya sebagai akibat langsung massa tanpa mempertimbangkan percepatan dan waktu tumbukan.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa mayoritas mahasiswa belum mencapai tingkat *scientific reasoning* yang utuh. Mahasiswa cenderung memahami konsep fisika secara parsial dan terfragmentasi. Temuan ini sejalan dengan penelitian (Halloun & Hestenes, 1985) yang menunjukkan bahwa miskonsepsi mekanika bersifat persisten dan sulit diubah meskipun mahasiswa telah menerima pembelajaran formal. Dominasi kategori FR menunjukkan bahwa mahasiswa sebenarnya telah mengenal istilah fisika formal seperti “inersia”, “resultan gaya”, dan $F = ma$ namun belum mampu menghubungkan konsep-konsep tersebut menjadi struktur argumentasi ilmiah yang koheren. Mahasiswa cenderung menghafal istilah tanpa memahami hubungan sebab-akibat antar konsep fisika.

Kondisi tersebut menunjukkan adanya kesenjangan antara penguasaan terminologi ilmiah dan kemampuan mengintegrasikan konsep secara bermakna. Dalam kerangka *knowledge integration*, mahasiswa sering kali telah memiliki sejumlah pengetahuan yang relevan, tetapi pengetahuan tersebut masih tersimpan sebagai fragmen-fragmen terpisah yang belum terhubung menjadi suatu struktur konseptual yang koheren. Akibatnya, mahasiswa dapat menyebutkan istilah atau hukum fisika yang tepat, namun mengalami kesulitan ketika harus menggunakan konsep tersebut untuk membangun penjelasan ilmiah yang konsisten terhadap suatu fenomena. Fenomena ini banyak ditemukan pada pembelajaran fisika tingkat universitas, khususnya pada topik-topik yang menuntut koordinasi beberapa konsep secara simultan (Linn et al., 2015; Kuo et al., 2020).

Pada soal nomor 1, sebagian mahasiswa mampu menyadari bahwa massa pesawat berkurang setelah paket dilepas, tetapi gagal menjelaskan bahwa perubahan kecepatan memerlukan percepatan yang bekerja

secara kontinu. Kondisi ini menunjukkan bahwa mahasiswa memahami Hukum I Newton secara verbal, tetapi belum memahami makna fisis inersia dan resultan gaya secara mendalam.

Miskonsepsi paling kuat muncul pada soal nomor 2 mengenai pasangan aksi–reaksi. Banyak mahasiswa menganggap bahwa gaya aksi dan reaksi saling meniadakan pada satu benda. Temuan ini konsisten dengan penelitian (Savinainen & Scott, 2002) yang menyatakan bahwa konsep sistem gaya merupakan salah satu aspek tersulit dalam pembelajaran mekanika Newtonian.

Kesalahan memahami konsep sistem menyebabkan mahasiswa menyimpulkan bahwa resultan gaya selalu nol sehingga benda mustahil bergerak dari keadaan diam. Padahal, pasangan gaya aksi–reaksi bekerja pada dua benda yang berbeda sehingga tidak dapat dijumlahkan sebagai resultan gaya pada satu benda yang sama. Kesulitan dalam membedakan pasangan gaya aksi–reaksi juga dapat dipengaruhi oleh kecenderungan mahasiswa untuk memusatkan perhatian pada objek yang diamati tanpa mempertimbangkan interaksi antarobjek sebagai suatu sistem. Perspektif yang berorientasi pada objek tunggal menyebabkan mahasiswa lebih mudah mengaitkan dua gaya yang berlawanan arah sebagai gaya yang bekerja pada benda yang sama. Padahal, pemahaman Hukum III Newton menuntut kemampuan untuk mengidentifikasi dua benda yang saling berinteraksi dan menelusuri gaya yang bekerja pada masing-masing benda secara terpisah. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa kegagalan dalam merepresentasikan sistem interaksi merupakan salah satu penyebab utama bertahannya miskonsepsi pada konsep gaya dan gerak di tingkat pendidikan tinggi (Docktor & Mestre, 2014; Bollen et al., 2017).

Pada soal nomor 3, mahasiswa relatif lebih mudah mengidentifikasi konsep inersia karena fenomena *whiplash* dekat dengan pengalaman sehari-hari. Akan tetapi, banyak mahasiswa masih gagal menghubungkan desain *headrest* dengan konsep gaya dan percepatan dalam Hukum II Newton. Beberapa mahasiswa bahkan beranggapan bahwa sandaran kepala harus dibuat lebih ringan agar benturan lebih kecil.

Jawaban tersebut menunjukkan dominasi *intuitive reasoning* berbasis pengalaman sehari-hari dibandingkan *scientific reasoning*. Hammer (1996) menjelaskan bahwa mahasiswa sering menggunakan intuisi sederhana (*p-prims*) dalam memahami fenomena fisika sehingga konsep ilmiah formal tidak terbentuk secara utuh.

Temuan ini mengindikasikan bahwa pengalaman sehari-hari tidak selalu menghasilkan pemahaman ilmiah yang akurat. Dalam banyak kasus, pengalaman justru membentuk pengetahuan intuitif yang efektif untuk kehidupan sehari-hari, tetapi tidak memadai untuk menjelaskan fenomena fisika secara ilmiah. Oleh karena itu, pembelajaran fisika perlu memberikan kesempatan kepada mahasiswa untuk menguji dan merevisi intuisi awal mereka melalui kegiatan prediksi, argumentasi, dan evaluasi bukti empiris. Proses tersebut penting untuk mendorong terjadinya *conceptual change* sehingga mahasiswa dapat menggantikan penjelasan intuitif dengan model ilmiah yang lebih konsisten (diSessa, 2018; Chi et al., 2018).

Temuan penelitian ini juga menunjukkan bahwa asesmen berbasis esai memiliki potensi yang besar dalam mengungkap kualitas penalaran (*reasoning*) mahasiswa. Berbeda dengan tes objektif yang umumnya hanya mengukur ketepatan jawaban akhir, respons esai memungkinkan peneliti mengeksplorasi secara lebih mendalam struktur argumentasi yang dibangun mahasiswa, hubungan antarkonsep yang digunakan dalam menjelaskan suatu fenomena, miskonsepsi yang tidak tampak pada tes pilihan ganda, serta pola berpikir intuitif yang mendasari proses pengambilan keputusan. Selain itu, kerangka *reasoning* lima kategori yang digunakan dalam penelitian ini memberikan kontribusi metodologis dalam analisis jawaban konseptual mahasiswa. Kerangka tersebut memungkinkan klasifikasi kualitas penalaran secara lebih rinci dan komprehensif dibandingkan pendekatan konvensional yang hanya membedakan jawaban menjadi benar atau salah.

Selain mengungkap miskonsepsi, penggunaan asesmen esai dalam penelitian ini memungkinkan identifikasi kualitas *reasoning* yang tidak dapat ditangkap melalui skor benar-salah semata. Informasi mengenai pola *reasoning* memberikan gambaran yang lebih rinci mengenai posisi konseptual mahasiswa,

mulai dari pemahaman yang masih intuitif hingga penalaran yang telah mendekati struktur ilmiah. Dengan demikian, asesmen tidak hanya berfungsi sebagai alat pengukuran hasil belajar, tetapi juga sebagai sarana diagnostik untuk memahami proses berpikir mahasiswa. Pendekatan semacam ini semakin mendapat perhatian dalam penelitian pendidikan sains karena dinilai mampu mendukung perancangan intervensi pembelajaran yang lebih tepat sasaran (Furtak et al., 2016; Laverty et al., 2018).

Hasil penelitian ini juga memiliki implikasi penting bagi pembelajaran fisika di perguruan tinggi. Temuan bahwa sebagian besar mahasiswa masih menunjukkan pola penalaran yang belum sepenuhnya ilmiah mengindikasikan perlunya strategi pembelajaran yang secara eksplisit mengembangkan kemampuan argumentasi dan penalaran konseptual. Oleh karena itu, dosen perlu merancang kegiatan pembelajaran yang menekankan argumentasi ilmiah, diskusi konseptual, visualisasi sistem gaya, penciptaan konflik kognitif yang produktif, serta penerapan pendekatan *interactive engagement*. Melalui strategi-strategi tersebut, mahasiswa diharapkan dapat membangun hubungan konseptual yang lebih terintegrasi, memperkuat kemampuan reasoning ilmiah, serta mengurangi miskonsepsi yang masih banyak ditemukan pada konsep-konsep mekanika dasar.

KESIMPULAN

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa profil penalaran konseptual mahasiswa pada konsep Hukum Newton masih didominasi oleh *Fragmented Reasoning* dan *Contradictory Reasoning*. Miskonsepsi utama ditemukan pada pemahaman pasangan gaya aksi–reaksi, konsep resultan gaya, serta hubungan antara massa, gaya, dan percepatan. Hanya sebagian kecil mahasiswa yang telah menunjukkan *Scientific Reasoning* secara utuh dan konsisten. Berdasarkan temuan tersebut, penelitian ini merekomendasikan penerapan pembelajaran berbasis argumentasi ilmiah, penggunaan asesmen esai konseptual, visualisasi sistem gaya, serta pendekatan *interactive engagement* untuk meningkatkan kualitas penalaran konseptual mahasiswa.

REFERENSI

- Aryani, S. D., Novia, H., Setiawan, A., & Samsudin, A. (2024). Advancement of conceptual change in physics education from 2018–2024: A literature review. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 8(2), 293–312. <https://doi.org/10.20527/jipf.v8i2.12346>
- Bollen, L., De Cock, M., Zuza, K., Guisasola, J., & van Kampen, P. (2017). Generalizing a categorization of students' interpretations of linear kinematics graphs. *International Journal of Science Education*, 39(17), 2428–2447. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1397295>
- Chi, M. T. H., Roscoe, R. D., Slotta, J. D., Roy, M., & Chase, C. C. (2018). Misconceived causal explanations for emergent processes. *Cognitive Science*, 42(Suppl. 3), 404–433. <https://doi.org/10.1111/cogs.12597>
- diSessa, A. A. (2018). A friendly introduction to “knowledge in pieces”: Modeling types of knowledge and their roles in learning. In S. Vosniadou (Ed.), *International handbook of research on conceptual change* (2nd ed., pp. 49–70). Routledge.
- Docktor, J. L., & Mestre, J. P. (2014). Synthesis of discipline-based education research in physics. *Physical Review Special Topics–Physics Education Research*, 10(2), 020119. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.10.020119>
- Erlina, N., Susantini, E., & Wasis. (2018). Common false of student's scientific reasoning in physics problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1108(1), 012016. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1108/1/012016>

- Furtak, E. M., Hardy, I., Beinbrech, C., Shavelson, R. J., & Shemwell, J. T. (2016). A framework for analyzing evidence-based reasoning in science classroom discourse. *Educational Assessment, 21*(4), 242–263. <https://doi.org/10.1080/10627197.2016.1236540>
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics, 66*(1), 64–74. <https://doi.org/10.1119/1.18809>
- Halloun, I. A., & Hestenes, D. (1985). Common sense concepts about motion. *American Journal of Physics, 53*(11), 1056–1065. <https://doi.org/10.1119/1.14031>
- Hammer, D. (1996). Misconceptions or P-Prims: How May Alternative Perspectives of Cognitive Structure Influence Instructional Perceptions and Intentions. *Journal of the Learning Sciences, 5*(2), 97–127. https://doi.org/10.1207/s15327809jls0502_1
- Isra, R. A., & Mufit, F. (2023). Students' conceptual understanding and causes of misconceptions on Newton's law. *International Journal of Evaluation and Research in Education, 12*(4), 1914–1924. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i4.25568>
- Kuo, E., Hull, M. M., Gupta, A., & Elby, A. (2020). How students blend conceptual and formal mathematical reasoning in solving physics problems. *Science Education, 104*(3), 403–428. <https://doi.org/10.1002/sce.21561>
- Laverty, J. T., Underwood, S. M., Matz, R. L., Posey, L. A., Carmel, J. H., Caballero, M. D., Fata-Hartley, C. L., Ebert-May, D., Jardeleza, S. E., & Cooper, M. M. (2018). Characterizing college science assessments: The Three-Dimensional Learning Assessment Protocol. *PLoS ONE, 13*(1), e0190464. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0190464>
- Linn, M. C., Eylon, B. S., & Davis, E. A. (2015). The knowledge integration perspective on learning and instruction. In R. K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge handbook of the learning sciences* (2nd ed., pp. 141–156). Cambridge University Press.
- Li, X., Wang, W., & Li, Y. (2022). Systematically reviewing the potential of scientific argumentation to promote multidimensional conceptual change in science education. *International Journal of Science Education, 44*(7), 1165–1185. <https://doi.org/10.1080/09500693.2022.2070787>
- McDermott, L. C. (1991). Millikan Lecture 1990: What we teach and what is learned—Closing the gap. *American Journal of Physics, 59*(4), 301–315. <https://doi.org/10.1119/1.16539>
- Savinainen, A., & Scott, P. (2002). The Force Concept Inventory: a tool for monitoring student learning. *Physics Education, 37*(1), 45. <https://doi.org/10.1088/0031-9120/37/1/306>
- Singh, C., & Schunn, C. D. (2016). Connecting three pivotal concepts in K–12 science state standards and maps of conceptual growth to research in physics education. *Physical Review Physics Education Research, 12*(1), 010122. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010122>
- Suhandi, A., Samsudin, A., Fratiwi, N. J., Nurdini, N., Feranie, S., Purwanto, M. G., Linuwih, S., & Coştu, B. (2025). Altering misconceptions: How e-rebuttal texts on Newton's laws reconstruct students' mental models. *Frontiers in Education, 10*, Article 1472385. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1472385>
- Tang, K.-S. (2022). Material inquiry and transformation as prerequisite processes of scientific argumentation: Toward a social-material theory of argumentation. *Journal of Research in Science Teaching, 59*(6), 969–1009. <https://doi.org/10.1002/tea.21749>
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and modeling the process of conceptual change. *Learning and Instruction, 4*(1), 45–69. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90018-3](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90018-3)