

Analisis Kesulitan Mahasiswa dalam Memahami Konsep Hukum Newton

Tsania Nur Diyana*, Febrina Siska Widyaningtyas

Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

*E-mail: tsanianurdiyana@uny.ac.id

Abstract: Newton's laws are fundamental concepts in mechanics and serve as the foundation for various other topics in physics. However, mastering these concepts remains a challenge for university students. This study aims to analyze the difficulties experienced by students in understanding Newton's laws. The research method employed is descriptive quantitative, involving 35 first-year physics education students. The instrument used was the Force Concept Inventory (FCI), consisting of 30 multiple-choice questions with five answer options each. Data analysis was conducted by identifying items where students' posttest answer percentages were below 50%. Crosstabulation was used to observe shifts in students' answers from the pretest to the posttest, followed by descriptive analysis. The study revealed several difficulties encountered by students regarding Newton's laws, including challenges in understanding the concept of resultant velocity of moving objects, the distinction between velocity and acceleration (Newton's Second Law), and Newton's Third Law. These findings are based on the analysis of FCI items number 8, 13, and 26.

Key Words: Conceptual Understanding, Newton Law, Student Difficulties

Abstrak: Hukum Newton merupakan konsep dasar dalam mekanika yang menjadi fondasi berbagai topik fisika lainnya. Akan tetapi penguasaannya masih menjadi tantangan bagi mahasiswa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis kesulitan-kesulitan yang dialami mahasiswa dalam memahami konsep Hukum Newton. Metode penelitian dalam studi ini adalah deskriptif kuantitatif dengan melibatkan 35 mahasiswa pendidikan fisika tahun pertama. Instrumen yang digunakan adalah *Force Concept Inventories* (FCI) yang mencakup 30 soal pilihan ganda dengan lima opsi jawaban. Analisis data dilakukan dengan mengidentifikasi persentase jawaban posttest mahasiswa yang di bawah 50%. Crosstabulation digunakan untuk melihat pergeseran jawaban mahasiswa dari pretest ke posttest, kemudian dideskripsikan. Penelitian ini mengungkap beberapa kesulitan yang dialami oleh siswa pada konsep hukum Newton. Diantaranya adalah siswa kesulitan memahami konsep resultan kecepatan dari benda yang bergerak, konsep kecepatan dan percepatan (hukum II Newton) dan hukum III Newton. Hasil tersebut merupakan representasi analisis soal FCI nomor 8, 13, dan 26.

Kata kunci: Pemahaman Konsep, hukum Newton, Kesulitan Siswa

PENDAHULUAN

Hukum Newton merupakan konsep fundamental dalam mekanika dan menjadi dasar dari hampir semua topik dalam fisika (Gates, 2014; Wilson, 2020). Akan tetapi, penguasaan konsep materi ini sering kali menjadi tantangan bagi siswa, terutama dalam konteks pendidikan tinggi. Sebagai topik fisika yang berfokus pada efek energi dan gaya terhadap benda, mekanika Newtonian

menjelaskan hukum gerak melalui tiga prinsip dasar yang mengatur hubungan antara gaya dan pergerakan suatu objek. Gerak suatu benda dapat dijelaskan secara matematis melalui perpindahan, kecepatan, dan percepatan. Konsep-konsep seperti usaha, energi, dan daya juga terkait erat dengan hukum gerak Newton dan menjadi bagian integral dalam memahami mekanika secara menyeluruh.

Beberapa penelitian sebelumnya mengungkap tentang kesulitan siswa dalam mempelajari hukum Newton. Mahasiswa pada usia 16, 17, dan 27 tahun belum mampu menguasai dengan baik hukum Newton (Flynn & Hardman, 2019). Selain itu, mahasiswa masih mengalami teori naif (Galili et al., 2016). Teori naif dalam konteks hukum Newton mengacu pada pemahaman intuitif atau konsepsi awal yang sering kali salah yang dimiliki siswa sebelum mendapatkan pembelajaran formal dalam fisika (Suwasono et al., 2023). Mahasiswa dan guru masih mengalami teori naif bahwa gerak menyiratkan gaya, kebingungan antara posisi dan kecepatan, serta kecepatan dan percepatan, benda yang lebih berat jatuh lebih cepat, dan konsep aksi-reaksi berpasangan bertindak pada objek yang sama (Bayraktar, 2009; Hubbard, 2022; Munfaridah et al., 2017; Ndiaye et al., 2022; Suwasono et al., 2021).

Untuk mengukur pemahaman mahasiswa terhadap konsep hukum Newton, banyak peneliti menggunakan instrumen *Force Concept Inventories* (FCI) (Al-Rsa'i et al., 2020; Escalante & Cuevas, 2023; Yasuda et al., 2023). FCI terdiri dari 30 butir soal yang telah divalidasi dan diuji lapangan (Niemenen et al., 2010; Savinainen et al., 2017). Instrumen ini mencakup beberapa topik utama, seperti gaya, kinematika, hukum I Newton, hukum II Newton, hukum III Newton, prinsip aksi-reaksi, dan berbagai jenis gaya. Setiap soal dalam FCI memiliki lima opsi jawaban, di mana setiap pilihan mencerminkan berbagai tingkat pemahaman mahasiswa terhadap konsep mekanika Newtonian.

Penelitian ini merupakan kelanjutan dari studi sebelumnya tentang strategi meningkatkan penguasaan konsep siswa pada topik hukum Newton melalui pembelajaran *Conceptual Problem Solving* (CPS) (Diyana & Sutopo, 2024). Dalam penelitian sebelumnya, intervensi pembelajaran berbasis CPS telah diterapkan untuk meningkatkan penguasaan konsep siswa terhadap hukum Newton. CPS menekankan pemahaman konsep dalam proses pemecahan masalah, bukan sekadar pendekatan kuantitatif berbasis persamaan matematis. Meskipun penelitian tersebut menunjukkan hasil yang positif dalam meningkatkan pemahaman konsep, masih ditemukan beberapa kesulitan yang dihadapi siswa. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi lebih lanjut kesulitan apa saja yang masih dialami siswa dalam memahami konsep hukum Newton setelah diberikan intervensi pembelajaran CPS. Dengan menganalisis letak kesulitan siswa, diharapkan dapat ditemukan strategi pembelajaran yang lebih efektif untuk meningkatkan penguasaan konsep topik hukum Newton.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif dengan menggunakan metode deskriptif kuantitatif dalam menjelaskan dan membahas hasil penelitian. Sampel penelitian ini diambil secara purposive, yaitu memilih 35 mahasiswa dari kelas eksperimen yang mendapatkan intervensi pembelajaran CPS. Instrumen yang digunakan adalah *Force Concept Inventories* (FCI) yang mencakup 30 soal pilihan ganda dengan lima opsi jawaban. Instrumen FCI telah diuji validitasnya oleh beberapa studi sebelumnya (Coletta et al., 2019; Munfaridah et al., 2017). Selain

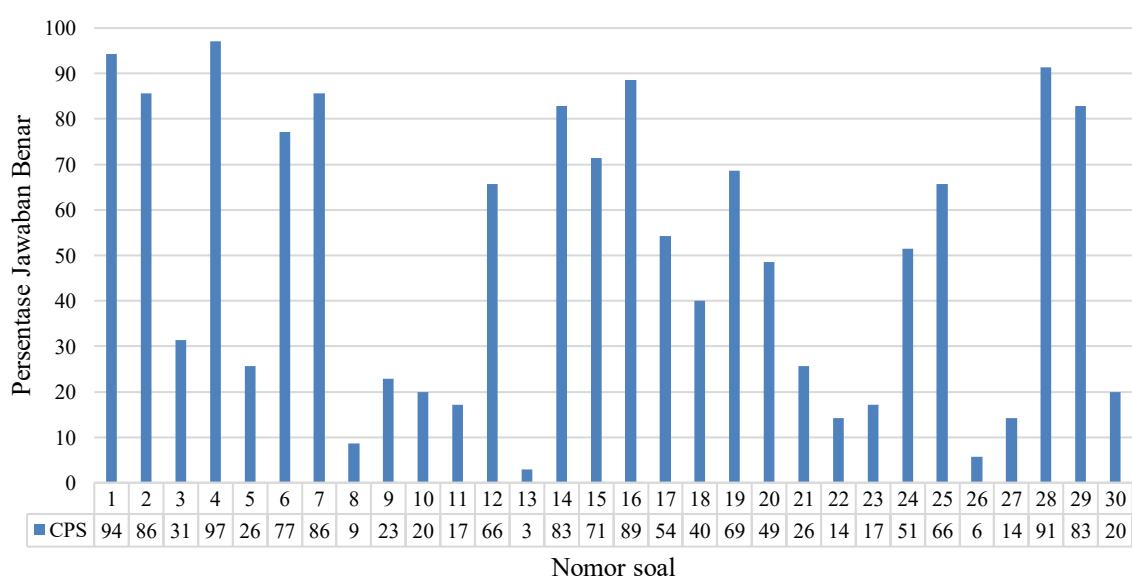
itu, reliabilitas FCI antara 0,81–0,9 menunjukkan konsistensi tinggi untuk menganalisis penguasaan konsep mahasiswa pada topik mekanika Newton (Munfaridah et al., 2017).

Analisis data untuk mengetahui letak kesulitan-kesulitan yang masih dialami mahasiswa kelas eksperimen dengan pembelajaran CPS dilakukan dengan melihat persentase jawaban benar saat *posttest* yang rendah (di bawah 50%). Setelah didapatkan butir soal dengan nilai rendah, maka dilakukan analisis dan soal dibahas secara mendalam. *Crosstabulation* digunakan untuk mengetahui pergeseran jawaban mahasiswa saat *pretest* ke *posttest* yang disajikan dalam bentuk tabel kemudian dianalisis dan dideskripsikan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis jawaban siswa pada tes penguasaan konsep topik hukum Newton dengan instrumen FCI menggunakan skala penilaian 1 sampai 30. Tes diberikan setelah siswa diajarkan materi hukum Newton dengan pembelajaran CPS. Nilai maksimum yang didapatkan adalah 28 dan nilai minimum 9. Sedangkan nilai rata-rata yang diperoleh adalah 14,77 ($SD = 3,51$).

Hasil rata-rata *N-gain* individu yang didapatkan kelas dengan pembelajaran CPS adalah sebesar 0,33 (medium bawah). Meskipun kelas CPS terdapat peningkatan pada kategori medium bawah, tetapi belum bisa dipastikan bahwa tidak ada kesulitan-kesulitan yang masih dialami oleh mahasiswa dalam menguasai konsep hukum Newton. Sehingga untuk mengetahui letak kesulitan-kesulitannya dilakukan dengan melihat persentase jawaban benar saat *posttest* yang rendah (di bawah 50%) pada kelas tersebut yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Persentase Jawaban Benar Mahasiswa Kelas CPS saat Posttest

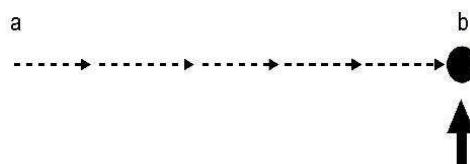
Berdasarkan Gambar 1 terdapat 15 butir soal dengan persentase jawaban benar mahasiswa rendah saat *posttest*. Diantaranya adalah butir soal nomor 3 (31%), soal nomor 5 (26%), soal nomor 8 (9%), soal nomor 9 (23%), soal nomor 10 (20%), soal nomor 11 (17%), soal nomor 13 (3%), soal nomor 18 (40%), soal nomor 20 (49%), soal nomor 21 (26%), soal nomor 22 (14%), soal nomor 23 (17%), soal nomor 26 (6%), soal nomor 27 (14%), dan soal nomor 30 (20%). Selanjutnya akan dibahas lebih mendalam tiga butir soal (nomor 8, 26 dan 13) yang

memiliki persentase dibawah 10%. Ketiga soal tersebut mewakili kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep pada submateri Hukum I Newton (soal nomor 8), Hukum II Newton (soal nomor 26), dan Hukum III Newton (soal nomor 13).

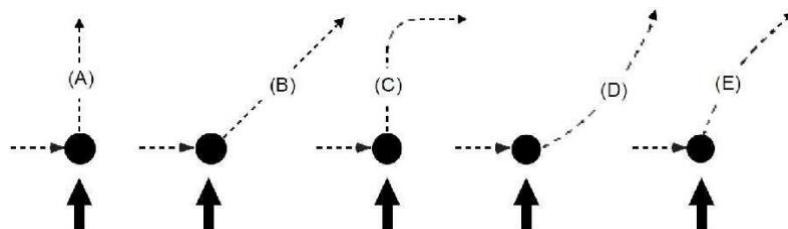
1. Hukum I Newton (Soal Nomor 8)

Soal nomor 8 mewakili kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep hukum I Newton. Pada soal ini mahasiswa diminta untuk menentukan gambar lintasan yang paling tepat diikuti cakram setelah cakram yang memiliki kelajuan konstan dipukul dengan arah tegak lurus dengan arah kelajuannya. Soal nomor 8 disajikan pada Gambar 2. Saat *posttest*, hanya sejumlah 9% mahasiswa yang mampu menjawab dengan benar.

Gambar di bawah ini memperlihatkan sekeping cakram pada permainan hoki yang bergerak dengan kelajuan konstan v_0 dari titik "a" ke titik "b" membentuk garis lurus di atas bidang datar tanpa gesekan. Gaya oleh udara juga diabaikan. Anda sedang melihatnya dari atas. Ketika cakram sampai di titik "b", cakram tersebut dipukul mendatar dengan arah yang diperlihatkan oleh anak panah tebal. Seandainya cakram dalam keadaan diam di titik "b", maka pukulan yang diberikan jelas akan menyebabkannya bergerak mendatar searah pukulan dengan kelajuan v_p .



8. Lintasan manakah di bawah ini yang paling tepat diikuti cakram setelah cakram itu dipukul?



Gambar 2. Soal Nomor 8

Berdasarkan sebaran data jawaban mahasiswa pada *pretest* dan *posttest* (Tabel 1), sejumlah 14 mahasiswa (40%) saat *pretest* dan 18 mahasiswa (51%) saat *posttest* menjawab opsi A. Sebagian besar mahasiswa beranggapan bahwa tidak ada pengaruh gerakan benda secara mendatar saat benda dipukul (dengan arah tegak lurus dengan arah kelajuannya) sehingga mahasiswa memiliki jawaban A yaitu benda bergerak mendatar tegak lurus dengan arah gerak benda semula. Sedangkan hanya terdapat 9 mahasiswa (26%) yang menjawab benar (opsi B) saat *pretest*, dan menurun menjadi hanya 3 mahasiswa (8%) yang menjawab benar saat *posttest*.

Tabel 1. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 8

		Posttest					Total
		A	B*	C	D	E	Pretest
Pretest	A	12	0	0	2	0	14
	B*	4	2	0	1	2	9
	C	0	0	1	0	1	2
	D	0	0	0	2	1	3
	E	2	1	0	0	4	7
	Total Posttest	18	3	1	5	8	35

Konsep yang harus ditekankan pada mahasiswa agar mampu menjawab benar soal nomor 8 adalah terkait dengan resultan kecepatan dari benda yang bergerak. Jika pada awalnya benda bergerak dengan kecepatan tertentu, maka setelah diberikan gaya dengan arah tegak lurus dengan kecepatan awal, maka kecepatan akhir dari benda tersebut harus memperhitungkan kecepatan yang sudah dimiliki oleh benda tersebut (Munfaridah et al., 2017). Kecepatan akhir ini merupakan resultan dari kecepatan awal dan kecepatan yang diberikan sesaat pada benda. Konsep bagaimana mengidentifikasi gaya yang bekerja pada benda selama bergerak perlu ditekankan. Jika terdapat benda yang bergerak akibat pukulan atau dorongan dari benda lain, maka saat benda yang dipukul atau didorong tidak lagi ada kontak dengan pemukul atau pendorong, maka gaya pukul atau gaya dorong tidak lagi bekerja pada benda yang bergerak.

2. Hukum II Newton (Soal Nomor 26)

Soal nomor 26 mewakili kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep hukum II Newton. Pada soal ini mahasiswa diminta untuk menentukan kelajuan kotak besar setelah didorong orang seorang wanita pada lantai horizontal dengan memperbesar gaya dorongnya dua kali lipat. Soal nomor 26 disajikan pada Gambar 3. Saat *posttest*, hanya sejumlah 6% mahasiswa yang mampu menjawab dengan benar.

26. Seandainya saja wanita dalam soal 25 di atas (seorang wanita mengerjakan gaya konstan mendatar pada sebuah kotak besar, akibatnya, kotak tersebut bergerak dengan kelajuan “ v_0 ”) memperbesar gaya konstan mendatar yang dikerjakannya pada kotak tersebut menjadi dua kali lipat untuk mendorong kotak itu pada lantai horizontal yang sama, maka kotak akan bergerak:
- dengan kelajuan konstan dua kali lipat kelajuan “ v_0 ”
 - dengan kelajuan konstan lebih besar dari “ v_0 ” tetapi tak harus dua kali lipatnya.
 - untuk sementara waktu dengan kelajuan konstan lebih besar dari “ v_0 ” dan kemudian dengan kelajuan yang semakin besar.
 - untuk sementara waktu dengan kelajuan yang semakin besar dan kemudian dengan kelajuan konstan.
 - dengan kelajuan yang terus semakin besar.

Gambar 3. Soal Nomor 26

Tabel 2 menunjukkan sebaran jawaban mahasiswa pada soal nomor 26. Dari data tersebut nampak hanya ada 1 mahasiswa yang konsisten menjawab benar (opsi E) saat *pretest* dan *posttest*. Selain itu, sebaran jawaban mahasiswa lainnya sangat beragam. Saat *pretest*, 13

mahasiswa (37%) menjawab opsi A. Mereka beranggapan bahwa kelajuan kotak setelah diberi gaya konstan yang diberikan diperbesar adalah dua kali lipat kelajuan awalnya. Pada saat *posttest* juga masih terdapat 11 mahasiswa (31%) yang menjawab opsi A. Namun saat *posttest* banyak juga yang menjawab opsi D, 13 mahasiswa (37%). Mereka memahami bahwa untuk sementara waktu kotak bergerak dengan kelajuan yang semakin membesar dan kemudian dengan kelajuan konstan. Selain itu, setelah pembelajaran diberikan, masih ada 6 mahasiswa (17%) yang menjawab opsi B, yakni kotak akan memiliki kelajuan lebih besar dari kelajuan awal tetapi tidak harus dua kali lipatnya. Terakhir, masih terdapat 3 mahasiswa (8%) yang menjawab opsi C, yakni untuk sementara waktu kotak bergerak dengan kelajuan konstan lebih besar dari kelajuan awal dan kemudian dengan kelajuan yang semakin besar.

Tabel 2. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 26

		<i>Posttest</i>					Total
		A	B	C	D	E*	<i>Pretest</i>
<i>Pretest</i>	A	6	0	1	5	1	13
	B	3	3	0	2	0	8
	C	0	2	1	1	0	4
	D	2	1	1	4	0	8
	E*	0	0	0	1	1	2
	Total Posttest	11	6	3	13	2	35

Dari hasil jawaban mahasiswa, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa belum memahami dengan tepat konsep kecepatan dan percepatan. Ketika benda dikenai gaya lebih besar, maka yang terjadi lebih besar adalah percepatannya, sedangkan kecepatannya terus menerus bertambah. Karena percepatan benda berubah menjadi besar, maka kelajuannya juga terus meningkat secara kontinyu. Hasil ini menunjukkan bahwa pembelajaran CPS dengan melatih mahasiswa menyelesaikan masalah dengan mengidentifikasi konsep dan prinsip yang sesuai belum mampu sepenuhnya memberikan pemahaman yang utuh terkait konsep kecepatan dan percepatan.

Penelitian sebelumnya oleh Suwasono et al., (2023) telah mengekplorasi usaha mereduksi teori naif mahasiswa dalam memahami konsep hukum II Newton melalui pembelajaran *problem based-learning* berbantuan *scaffolding* dengan permasalahan terbuka dan tertutup. Hasilnya, terjadi kenaikan persentase reduksi teori naif terbaik adalah pada kelas dengan model pembelajaran PBL dengan permasalahan terbuka berbantuan *scaffolding*. Lebih lanjut, dengan memberikan instruksi tambahan, memperkuat konsep fisika dalam berbagai lingkungan dan sumber, membantu siswa mengembangkan pemahaman hukum II Newton yang lebih konsisten (Low & Wilson, 2017). Selain itu, eksperimen kinestetik juga mampu membantu siswa mencapai pemahaman intuitif tentang hukum II Newton dengan mengharuskan mereka menyesuaikan gerakan mereka sendiri untuk mempertahankan gaya konstan pada kereta (Coletta et al., 2019). Pembelajaran dengan bantuan simulasi komputer juga bisa menjadi alternatif solusi meningkatkan pemahaman siswa tentang hukum II Newton (AlArabi et al., 2022).

3. Hukum III Newton (Soal Nomor 13)

Soal nomor 13 mewakili kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep hukum III Newton. Pada soal ini mahasiswa diminta untuk menentukan gaya-gaya yang bekerja pada bola logam yang dilemparkan tegak lurus ke atas dengan mengabaikan gesekan udara. Soal nomor 13 disajikan

pada Gambar 4. Saat *posttest*, hanya sejumlah 3% mahasiswa yang mampu menjawab dengan benar.

13. Seorang anak laki-laki melemparkan sebuah bola logam tegak lurus ke atas. Cermati gerak bola setelah meninggalkan tangan anak tersebut dan sebelum mencapai tanah, serta abaikan gesekan udara. Pada kondisi ini, gaya-gaya yang bekerja pada bola adalah:
- gaya gravitasi ke bawah bersama dengan gaya ke atas yang berkurang secara beraturan.
 - gaya ke atas yang berkurang secara beraturan mulai dari bola meninggalkan tangan anak sampai mencapai titik tertinggi; ketika bola bergerak ke bawah, gaya gravitasi ke bawah yang bertambah secara beraturan seiring dengan semakin dekatnya bola ke bumi.
 - gaya gravitasi ke bawah yang hampir konstan bersama dengan gaya ke atas yang berkurang secara beraturan sampai bola mencapai titik tertinggi; ketika bola bergerak ke bawah hanya ada gaya gravitasi ke bawah.
 - hanya gaya gravitasi yang hampir konstan ke bawah.
 - tidak satupun yang benar dari pilihan di atas. Bola jatuh kembali ke tanah karena kecenderungan alami benda untuk diam di permukaan bumi.

Gambar 4. Soal Nomor 13

Berdasarkan tabel sebaran jawaban mahasiswa pada soal nomor 13 (Tabel 3). Saat *pretest* hanya terdapat 3 mahasiswa yang menjawab benar (opsi D), serta hanya 1 mahasiswa saat *posttest*. Mahasiswa yang menjawab benar telah memahami bahwa pada peristiwa tersebut hanya gaya gravitasi yang bekerja pada bola yang besarnya hampir kontan dengan arah ke bawah. Sementara itu, baik saat *pretest* dan *posttest*, 51% mahasiswa menjawab opsi B. Mereka beranggapan bahwa gaya-gaya yang bekerja pada benda adalah gaya ke atas yang berkurang secara beraturan mulai dari bola meninggalkan tangan anak sampai mencapai titik tertinggi, kemudian ketika bola bergerak ke bawah, ada gaya gravitasi ke bawah yang bertambah secara beraturan seiring dengan semakin dekatnya bola ke bumi. Selain itu, sebanyak 42% mahasiswa saat *pretest* maupun *posttest* menjawab opsi C dengan pemahaman bahwa gaya-gaya yang bekerja pada bola adalah gaya gravitasi ke bawah yang hampir konstan bersama dengan gaya ke atas yang berkurang secara beraturan sampai bola mencapai titik tertinggi, kemudian ketika bola bergerak ke bawah hanya ada gaya gravitasi ke bawah yang bekerja pada bola.

Tabel 3. Crosstabulation Jawaban Mahasiswa pada Soal Nomor 13

		<i>Posttest</i>				Total
		A	B	C	D*	<i>Pretest</i>
<i>Pretest</i>	B	2	8	8	0	18
	C	0	8	6	0	14
	D*	0	1	1	1	3
Total Posttest		2	17	15	1	35

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Munfaridah et al., (2017) bahwa sebagian besar jawaban mahasiswa pada kasus ini merujuk pada kesalahan pemahaman berupa berkurangnya gaya ke atas secara beraturan ketika benda dilempar ke atas. Selain itu, setelah

benda bergerak ke bawah mahasiswa masih beranggapan bahwa gaya yang dialami semakin besar karena benda semakin dekat ke bumi. Berbagai penelitian sebelumnya juga telah mengeksplorasi kesulitan mahasiswa dalam memahami hukum III Newton (Clark et al., 2010; Gauld, 1994; Suwasono et al., 2023; Terry & Jones, 1986). Disamping itu, beberapa alternatif solusi untuk meningkatkan pemahaman siswa juga dilakukan dengan berbagai strategi pembelajaran, seperti, pembelajaran dengan *visual representation tool* (Savinainen et al., 2017), demonstrasi interaktif (Mansyur et al., 2020), *Open Source Tutorials (OST)* (Smith & Wittmann, 2007), pembelajaran representasi dan interaksi sosial (Savinainen et al., 2005).

Kesulitan mahasiswa dalam memahami konsep Hukum Newton secara umum disebabkan oleh adanya miskonsepsi yang bertahan kuat meskipun telah dilakukan pembelajaran CPS. Mahasiswa sering kali mempertahankan keyakinan awal mereka tentang hubungan antara gaya dan gerak, seperti anggapan bahwa gaya secara langsung menentukan kecepatan, bukan percepatan, atau bahwa gerak benda selalu mengikuti arah gaya yang diterapkan (Munfaridah et al., 2017). Selain itu, keterbatasan dalam menghubungkan konsep-konsep fisika yang abstrak dengan representasi nyata atau visualisasi fenomena dunia nyata juga memperparah kesulitan ini. Hal ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menunjukkan bahwa penguasaan konsep-konsep dasar fisika sangat bergantung pada kemampuan mahasiswa dalam membangun representasi mental yang tepat (Low & Wilson, 2017; Savinainen et al., 2005).

KESIMPULAN

Dari hasil jawaban mahasiswa, dapat disimpulkan bahwa mahasiswa belum memahami dengan tepat terkait konsep resultan kecepatan dari benda yang bergerak. Sebagian besar mahasiswa beranggapan bahwa tidak ada pengaruh gerakan benda secara mendatar saat benda dipukul (dengan arah tegak lurus dengan arah kelajuannya) sehingga mahasiswa memiliki jawaban yaitu benda bergerak mendatar tegak lurus dengan arah gerak benda semula (konteks soal no.8). Selain itu, siswa kesulitan memahami konsep kecepatan dan percepatan (hukum II Newton). Ketika benda dikenai gaya lebih besar, maka yang terjadi lebih besar adalah percepatannya, sedangkan kecepatannya terus menerus bertambah (konteks soal no.26). Pada konsep hukum III Newton, kesalahan pemahaman berupa kurangnya gaya ke atas secara beraturan ketika benda dilempar ke atas. Selain itu, setelah benda bergerak ke bawah mahasiswa masih beranggapan bahwa gaya yang dialami semakin besar karena benda semakin dekat ke bumi (konteks soal no.13).

REFERENSI

- AlArabi, K., Tairab, H., Wardat, Y., Belbase, S., Alabidi, S., & Alabidi, S. (2022). Enhancing the Learning of Newton's Second Law of Motion Using Computer Simulations. *Journal of Baltic Science Education*, 21(6), Continuous. <https://doi.org/10.33225/jbse/22.21.946>
- Al-Rsa'i, M. S., Khoshman, J. M., & Tayeh, K. A. (2020). Jordanian Pre-Service Physics Teacher's Misconceptions about Force and Motion. *Journal of Turkish Science Education*, 17(4), Article 4.
- Bayraktar, S. (2009). Misconceptions of Turkish Pre-Service Teachers about Force and Motion. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 7(2), 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10763-007-9120-9>

- Clark, J. W., Sayre, E. C., & Franklin, S. V. (2010). Fluctuations in Student Understanding of Newton's 3rd Law. *AIP Conference Proceedings*, 1289(1), 101-104. <https://doi.org/10.1063/1.3515171>
- Coletta, V. P., Bernardin, J., Pascoe, D., & Hoemke, A. (2019). Feeling Newton's Second Law. *The Physics Teacher*, 57(2), 88-90. <https://doi.org/10.1119/1.5088467>
- Diyana, T. N., & Sutopo, S. (2024). Enhancing Students' Conceptual Understanding of Newton Law with Conceptual Problem Solving Learning: An Experimental Study. *International Journal of Education and Teaching Zone*, 3(3), Article 3. <https://doi.org/10.57092/ijetz.v3i3.318>
- Escalante, F., & Cuevas, F. (2023). Comparing the acquisition of concepts in Newtonian mechanics for engineering students in different levels courses. *AIP Conference Proceedings*, 2731(1), 050002. <https://doi.org/10.1063/5.0133083>
- Flynn, S., & Hardman, M. (2019). The Use of Interactive Fiction to Promote Conceptual Change in Science: A Forceful Adventure. *Science & Education*, 28(1-2), 127-152. <https://doi.org/10.1007/s11191-019-00032-6>
- Galili, I., Bar, V., & Brosh, Y. (2016). Teaching Weight-Gravity and Gravitation in Middle School: Testing a New Instructional Approach. *Science & Education*, 25(9-10), 977-1010. <https://doi.org/10.1007/s11191-016-9865-z>
- Gates, J. (2014). Experimentally Building a Qualitative Understanding of Newton's Second Law. *The Physics Teacher*, 52(9), 542-545. <https://doi.org/10.1119/1.4902198>
- Gauld, C. (1994). Newton's Third Law after Newton. *Research in Science Education*, 24(1), 93-101. <https://doi.org/10.1007/BF02356333>
- Hubbard, T. L. (2022). The possibility of an impetus heuristic. *Psychonomic Bulletin & Review*, 29(6), 2015-2033. <https://doi.org/10.3758/s13423-022-02130-z>
- Low, D. J., & Wilson, K. F. (2017). The role of competing knowledge structures in undermining learning: Newton's second and third laws. *American Journal of Physics*, 85(1), 54-65. <https://doi.org/10.1119/1.4972041>
- Mansyur, J., Kaharu, S. N., & Holdsworth, J. (2020). A Simple Approach to Teach Newton's Third Law. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(1), Article 1. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i1.21775>
- Munfaridah, N., Sutopo, S., Sulur, S., & Asim, A. (2017). Analisis Miskonsepsi Gerak dan gaya Menggunakan Instrumen Force Concept Inventories (FCI) pada Mahasiswa Calon Guru Fisika. *LENZA (Lentera Sains): Jurnal Pendidikan IPA*, 7(2), Article 2. <https://doi.org/10.24929/lensa.v7i2.23>
- Ndiaye, Y., Hérold, J.-F., & Chatoney, M. (2022). French teacher perceptions of student learning about force: A preliminary study. *Research in Science & Technological Education*, 40(1), 103-126. <https://doi.org/10.1080/02635143.2020.1779050>
- Nieminen, P., Savinainen, A., & Viiri, J. (2010). Force Concept Inventory-based multiple-choice test for investigating students' representational consistency. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 6(2), 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.6.020109>

- Savinainen, A., Mäkynen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2017). The Effect of Using a Visual Representation Tool in a Teaching-Learning Sequence for Teaching Newton's Third Law. *Research in Science Education*, 47(1), 119–135. <https://doi.org/10.1007/s11165-015-9492-8>
- Savinainen, A., Scott, P., & Viiri, J. (2005). Using a Bridging Representation and Social Interactions to Foster Conceptual Change: Designing and Evaluating an Instructional Sequence for Newton's Third Law. *Science Education*, 89, 175–195. <https://doi.org/10.1002/SCE.20037>
- Smith, T. I., & Wittmann, M. C. (2007). Comparing three methods for teaching Newton's third law. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 3(2), 020105. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.3.020105>
- Suwasono, P., Sutopo, S., Handayanto, S. K., Mufti, N., Sunaryono, S., & Taufiq, A. (2023). Alleviating Students' Naive Theory on Newton's Laws of Motion through Problem Optimization and Scaffolding Discussion. *Education Research International*, 2023(1), 2283455. <https://doi.org/10.1155/2023/2283455>
- Suwasono, P., Suyudi, A., Pramono, N. A., & Saniso, E. (2021). *The use of blended learning as an attempt to improve students' higher order thinking skills*. 050031. <https://doi.org/10.1063/5.0043872>
- Terry, C., & Jones, G. (1986). Alternative frameworks: Newton's third law and conceptual change. *European Journal of Science Education*, 8(3), 291–298. <https://doi.org/10.1080/0140528860080305>
- Wilson, M. (2020). Mechanics: Force, mass, acceleration energy, work, power. *Anaesthesia & Intensive Care Medicine*, 21(5), 256–260. <https://doi.org/10.1016/j.mpaic.2020.02.007>
- Yasuda, J., Hull, M. M., & Mae, N. (2023). Visualizing depth of student conceptual understanding using subquestions and alluvial diagrams. *Physical Review Physics Education Research*, 19(2), 020121. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.19.020121>