

SEMINAR NASIONAL PENDIDIKAN FISIKA IX 2023
"Cybergogi dan Masa Depan Pendidikan Fisika di Indonesia"
Program Studi Pendidikan Fisika, FKIP, UNIVERSITAS PGRI Madiun
Madiun, 12 Juli 2023

**Makalah
Pendamping**

**Cybergogi dan Masa
Depan Pendidikan Fisika
di Indonesia**

ISSN: 2830-4535

Exploring Student's Misconception in Force and Motion Using the FCI

Ahmad Ridlotul Adha¹, Nasikhuddin², and Sutopo³

^{1,2,3} Department of Physics Education, Faculty of Science and Mathematic, Universitas
Negeri Malang, Jalan Semarang No.5, Malang 65145, Indonesia
e-mail: ¹ahmad.ridlotul.2203218@students.um.ac.id, ³sutopo.fisika@um.ac.id

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menyelidiki miskonsepsi yang dialami mahasiswa tahun pertama Pendidikan Fisika pada topik gaya dan gerak. Survey yang dilakukan melibatkan 81 mahasiswa yang terdiri atas tiga kelas. Setiap mahasiswa yang disurvei telah menerima pembelajaran di kelas pada topik gaya dan gerak. Survey dilakukan di tengah semester setelah mahasiswa menyelesaikan pembelajaran tentang Hukum Newton pada mata kuliah Fisika Dasar I. Tingginya keberhasilan FCI dalam mengungkap miskonsepsi dan kebutuhan pembelajaran, menjadikan kami menggunakan FCI sebagai instrumen untuk menemukan kendala penguasaan konsep tentang gaya dan gerak dan evaluasi pembelajaran. Hasil survey menunjukkan bahwa pembelajaran di kelas perkuliahan belum cukup untuk membentuk penguasaan konsep yang ideal. Terdapat 8 miskonsepsi yang kerap dijumpai dalam penelitian ini.

Kata kunci: *Miskonsepsi, Gaya dan Gerak, FCI*

Pendahuluan

Penguasaan konsep dalam pembelajaran fisika merupakan kompetensi penting yang harus dimiliki oleh setiap peserta didik. Kompetensi tersebut merupakan salah satu prioritas dalam pembelajaran fisika (Docktor and Mestre 2014; Kurniawati, Wartono, and Diantoro 2014; Diyana, Sutopo, and Sunaryono 2020). Penguasaan konsep yang baik mampu memberikan sumbangsih ketika peserta didik melakukan pemecahan masalah (Docktor et al. 2016) dan memunculkan konsistensi berpikir secara koheren (Chen et al. 2020; Gerace 1998; Hestenes 1997; Lee, Liu, and Linn 2011; Shen, Liu, and Chang 2017). Hal tersebut dikarenakan konsep-konsep yang digunakan dibingkai sesuai dengan yang dianut oleh komunitas ilmiah dan diperoleh secara ilmiah.

Alih-alih memiliki pengetahuan yang dibingkai melalui proses ilmiah, hampir setiap peserta didik yang mengikuti pembelajaran telah memiliki pengetahuan awal yang dibingkai melalui intuisi. Intuisi-intuisi yang digunakan untuk mbingkai pengetahuan kebanyakan diperoleh melalui interpretasi fenomena di kehidupan sehari-hari (Hecht 2015; Suwasono, Sutopo, and Handayanto 2023). Pada pembelajaran fisika, Hukum Newton merupakan salah satu topik yang erat kaitannya dengan kehidupan sehari-hari. Salah satu contoh pembingkai pengetahuan yang didasarkan pada intuisi ialah membenaran

terhadap Hukum gerak Aristoteles (). Sangat berpotensi instuisi yang demikian menjadi penghambat kemajuan belajar peserta didik utamanya dalam membingkai pengetahuan (Clement 1993; Mestre 2002; Hecht 2015). Adanya kendala dalam membingkai pengetahuan berdampak pada rendahnya kemampuan pemecahan masalah peserta didik (Suwasono et al. 2023; Stewart 2021; Sujarwanto and Putra 2018).

Hasil penelitian sebelumnya telah menemukan upaya-upaya untuk mereduksi kendala penguasaan konsep peserta didik. Penelitian yang dilakukan Taqwa dkk menunjukkan penggunaan multirepresentasi dalam pembelajaran mampu memberikan kesempatan pada peserta didik untuk membangun pemahaman yang komprehensif dan mendalam (Taqwa and Rahim 2022; Taqwa and Taurusi 2021). Selain itu, penggunaan media interaktif berbasis komputer di luar jam pembelajaran juga memberikan pengaruh signifikan dalam meningkatkan penguasaan konsep peserta didik (Diyana et al. 2020; Rahmawati and Sutopo 2019; Taqwa, Hidayat, and Sutopo 2017). Kendati demikian, adanya kecenderungan peserta didik memiliki kendala kognitif yang mengakar kuat, memungkinkan mereka untuk kembali ke pengetahuan lamanya meski telah diberikan perlakuan (Kohnle and Passante 2017; Sutopo and Waldrip 2014). Penelitian ini bertujuan untuk mensurvey tingkat penguasaan konsep peserta didik pada topik Hukum Newton setelah diberikan pembelajaran di kelas.

Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan survei penguasaan konsep pada topik gaya dan gerak setelah peserta didik menerima pembelajaran dalam perkuliahan Fisika Dasar I. Tujuan penelitian ini adalah mengeksplorasi miskonsepsi yang dialami mahasiswa tahun pertama Pendidikan Fisika. Sebanyak 81 mahasiswa yang terbagi dalam 3 kelas dengan keseluruhan terdiri atas 11 laki-laki dan 70 perempuan terlibat dalam penelitian survey ini. Survey dilaksanakan pada pertengahan semester setelah mahasiswa mendapatkan pembelajaran tentang Hukum Newton pada mata kuliah Fisika Dasar I.

Instrumen survey yang digunakan adalah FCI tahun 1995 yang terdiri atas 30 butir soal. Pemilihan FCI sebagai instrumen didasarkan pada pengalaman instrumen tersebut yang memuaskan dalam mengungkap miskonsepsi peserta didik tentang gaya dan gerak. Terlebih FCI dipandang sebagai instrumen yang tidak hanya mengukur sebatas penguasaan konsep, tetapi juga kemampuan pemecahan masalah (Stoen et al. 2020). Kendala konseptual mahasiswa didasarkan pada taksonomi miskonsepsi FCI tahun 1992 (Hestenes, Wells, and Swackhamer 1992). Adanya perevisian FCI dari tahun 1992 ke 1995 menjadikan taksonomi sebelumnya harus disesuaikan ulang. Taksonomi miskonsepsi FCI tahun 1995 disajikan dalam Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Taksonomi miskonsepsi FCI tahun 1995

Miskonsepsi	Nomor Soal (Jawaban)
Kinematika	
Posisi-kecepatan tidak terbedakan	19 (B, C, D)
Kecepatan-percepatan tidak terbedakan	19 (A), 20 (B, C)
Kecepatan bukan besaran vektor	9 (C)
Dorongan	
Impetus supplied by hit	11 (B, C), 27 (D), 30 (B, D, E)
loss/recovery of original impetus	7 (D), 8 (C, E), 21 (A), 23 (A, D, E)
Impetus dissipation	10 (C), 12 (C, D), 13 (A, B, C), 14 (E), 24 (B, C, E), 27 (B)
Gradual/delayed impetus build-up	9 (D), 10 (B, D), 21 (D), 26 (C), 27 (E)
Dorongan melingkar	6 (A), 7 (A, D)
Active Force	

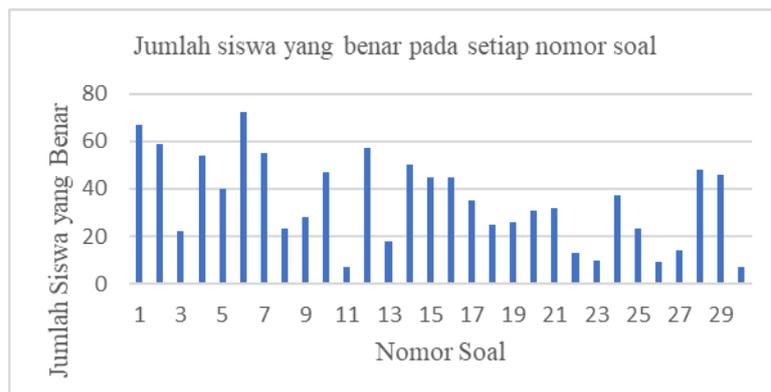
AF 1. Hanya agen aktif yang memberikan gaya	15(D), 16(D), 17(D), 18(A), 28(B), 29(B), 30(A)
AF 2. Gerakan menunjukkan adanya gaya aktif	5(C, D), 18(C), 27 (A)
AF 3. Tidak ada gerakan berarti tidak ada gaya yang bekerja	29 (E)
AF 4. Kecepatan sebanding dengan gaya yang bekerja	22(A), 25(A), 26 (A, B)
AF 5. Percepatan menunjukkan gaya yang bertambah besar	3 (B)
AF 6. Gaya menyebabkan percepatan menuju kecepatan terminal	3(A), 22(D), 26 (D)
AF 7. Active force wears out	22 (C, E)
Pasangan Aksi/Reaksi	
Massa yang lebih besar memberikan gaya lebih besar	4(A, D), 15(B), 16(B), 28(D)
Agen eksternal pemberi gaya yang lebih aktif memberikan gaya yang lebih besar	15 (C), 16(C), 28(D)
Pengaruh Gabungan	
Gaya yang lebih besar menentukan gerakan	17 (A, E)
Gabungan gaya menentukan gerakan	6(D), 7(C), 12(A), 14(C), 21(C)
Gaya terakhir yang bekerja menentukan gerakan	8(A), 9(B), 21(B), 23(C)
Pengaruh Lain pada Gerakan	
CF. Miskonsepsi terhadap gaya sentrifugal	5(E), 6 (C, D, E), 7(C, D, E), 18 (E)
Ob. Penghalang tidak memberikan gaya	4(C), 5(A), 11(A, B), 15(E), 16(E), 29(A)
R1. Hambatan: Massa menjadikan suatu benda berhenti	14(A, B), 27(A, B)
R2. Hambatan: Gerakan saat gaya mengatasi resistensi	25(B, D)
R3. Hambatan: Hambatan berlawanan dengan gaya/dorongan	25 (E)
G1. Gravitasi: Tekanan udara mempengaruhi gravitasi	3(E), 11(A), 17 (E), 29(C)
G2. Gravitasi: Gravitasi unsur instrinsik massa	3(D), 11(E), 13(E)
G3. Gravitasi: Objek lebih berat jatuh lebih cepat	1 (A), 2 (B, D)
G4. Gravitasi: Gravitasi bertambah ketika objek jatuh	3(D), 13(B)
G5. Gravitasi: Gravity acts after impetus down	12(D), 13(B), 14(E)

Hasil dan Pembahasan

Hasil statistik deskriptif survey yang dilaksanakan disajikan dalam Table 2 dan jumlah peserta didik yang berhasil menjawab benar pada tiap butir nomor ditunjukkan dalam Figur 1. Hasil survey yang dilakukan menunjukkan bahwa penguasaan konsep Hukum Newton mahasiswa masih belum optimal meski telah mendapatkan pembelajaran di kelas. Hasil ini serupa dengan penelitian sebelumnya (Poutot and Blandin 2015; Syuhendri 2017; Bayraktar 2009; Salameh, Nuseirat, and Alkofahi 2017). Terdapat kecenderungan pengetahuan yang diperoleh dari berbagai perlakuan tidak bersifat permanen (Bayraktar 2009; Kohnle and Passante 2017; Sutopo and Waldrip 2014), sehingga mahasiswa seolah mempertahankan miskonsepsinya. Pembelajaran di kelas kerap kali belum cukup untuk “menggantikan” miskonsepsi mahasiswa dengan konsep yang benar (Taqwa and Pilendia 2018).

Tabel 2. Statistik deskriptif survey penguasaan konsep Hukum Newton

Keterangan	Nilai
Jumlah mahasiswa	81
Rerata	43,33
Standar Deviasi	16,87
Skor perolehan tertinggi	86,87
Skor perolehan terendah	6,67



Gambar 1. Hasil Survey dengan FCI

dialami sebagian besar mahasiswa. Secara lebih detail sebagaimana disajikan dalam Table 2. Terdapat 4 dari 8 miskonsepsi yang dijumpai dalam penelitian ini berhubungan dengan Hukum gerak Aristoteles. Hukum tersebut meyakini, “(1) Benda apapun yang diam akan tetap diam, sedangkan benda bergerak apapun yang tidak digerakkan oleh gaya akan segera berhenti, (2) Benda apapun yang bergerak dengan kecepatan konstan harus terus didorong jika ingin mempertahankan gerakannya” (Hecht 2015). Oleh karena itu, definisi matematis gaya menurut pemikiran Aristoteles adalah $F = mv$ (Itza-Ortiz, Rebello, and Zollman 2004). Anggapan gaya proporsional dengan kecepatan menjadi alasan yang logis terhadap kemunculan sebagian besar miskonsepsi (Wells et al. 2020). Secara spesifik miskonsepsi yang dimaksud dan dijumpai dalam penelitian ini ialah [M1], [M2], [M6], dan [M8]. Berikutnya akan dibahas masing-masing miskonsepsi dan membandingkannya dengan temuan penelitian sebelumnya serta upaya dalam mereduksinya.

Tabel 3. Miskonsepsi yang kerap dijumpai pada survey yang dilakukan

No	Miskonsepsi	(Jumlah/semesta [Nomor, Jawaban])	(Nomor soal dan Jawaban) Mahasiswa nomor ke	%
1	[M1] Percepatan menunjukkan gaya yang bertambah besar	(41/81[3, B])	(3B) 1, 4-7, 10, 11, 15, 17, 20-33, 35-38, 40-43, 46-49, 51-54, 70, 74.	50,62
2	[M2] Gerakan menunjukkan adanya gaya	(29/81[5, CD]), (39/81 [18, CD]), (38/81 [27, A])	(5C) 1, 5, 7, 10, 11, 14, 15, 17-20, 26, 39, 50. (5D) 2, 4, 9, 12, 13, 21-23, 35, 40, 41, 54, 55, 66, 74. (18C) 7, 8, 21, 55, 62. (18D) 1, 2, 4, 5, 9-11, 17, 18, 20, 22, 24, 26-33, 35, 37, 38, 40, 41, 44, 46, 48-54. (27A) 1-5, 7, 10, 13-15, 17, 18, 21, 23, 25-28, 30, 31, 34, 35, 37, 39, 41, 43, 47-49, 52, 53, 56, 57, 64, 67, 68, 70, 72.	71,60

No	Miskonsepsi	(Jumlah/semesta [Nomor, Jawaban])	(Nomor soal dan Jawaban) Mahasiswa nomor ke	%
3	[M3] Gaya terakhir yang bekerja menentukan gerakan	(46/81 [8, A]), (43/81[9, B]), (19/81 [21, B]), (18/81 [23, C])	(8A) 1, 3, 5, 7, 10-15, 17, 19-21, 24-35, 37-50, 52-55, 61, 67. (9B) 3, 7, 8, 10, 12, 13, 21, 22, 24, 25, 27, 29-47, 50, 52-55, 61-64, 67, 69, 71, 81. (21B) 1, 3, 5, 6, 12-17, 19, 24, 25, 38, 39, 44, 56, 62, 80. (23C) 20, 24, 25, 37, 39, 45-47, 53, 58, 59, 61, 62, 65, 73, 74, 77, 81.	75,31
4	[M4] Impetus supplied by "hit"	(64/81[11, BC]), (3/81 [27, D]), (64/81 [30, BDE])	(11B) 1-7, 10, 11, 13, 15-17, 19, 21, 26, 34, 37, 38, 41-43, 45, 47, 52, 59, 63, 66, 69, 71, 73, 75. (11C) 8, 9, 12, 14, 18, 20, 22-25, 27-33, 35, 36, 39, 40, 44, 46, 48, 49, 50, 53-55, 61, 67, 78. (27D) 42, 62, 80 (30B) 3, 4, 12, 13, 25, 27, 37, 38, 39, 53, 55, 56, 61, 70. (30D) 14, 16, 21, 24, 26, 45, 62, 63, 66. (30E) 1, 2, 5-11, 15, 17-20, 22, 23, 28-36, 40-44, 46-52, 54, 67, 75, 79.	85,19

1. Percepatan menunjukkan gaya yang bertambah besar [M1]

Pada survey yang dilakukan, mahasiswa kami cenderung memilih opsi B pada butir soal nomor 3. Hasil ini berbeda signifikan dengan hasil survey yang dilakukan dalam penelitian sebelumnya yang sebagian besar mahasiswa memilih opsi A (Poutot and Blandin 2015). Poutot dan Blandin mengklaim penyebab kemunculan miskonsepsi tersebut ialah kebingungan mahasiswa dalam memaknai kecepatan dengan percepatan (Poutot and Blandin 2015). Disisi lain, terdapat hasil penelitian yang mengklaim bahwa miskonsepsi ini disebabkan oleh *Preconceived Misunderstanding*, yaitu miskonsepsi akibat kesalahan dalam menginterpretasi fenomena yang terlanjur melekat dalam pikiran mahasiswa (Liu and Fang 2016). Sedangkan dalam penelitian survey ini penyebab yang disampaikan oleh Poutot dan Blandin tampak kurang sesuai, karena hanya sebagian kecil (26,36%) mahasiswa yang tidak dapat membedakan kecepatan dengan percepatan. Hasil yang kami peroleh cenderung sesuai dengan pernyataan Liu dan Fang, terlebih terdapat penelitian lain yang juga menyatakan bahwa miskonsepsi ini didukung dari pengalaman sehari-hari (Hecht 2015). Misalnya, ketika berkendara dengan kecepatan rendah yang dijaga konstan pedal gas tidak ditekan cukup dalam, sedangkan ketika bergerak dengan kecepatan tinggi yang dijaga konstan pedal gas ditekan cukup dalam. Perbedaan dalam menekan pedal gas memungkinkan mereka berpikir kemunculan percepatan harus akibat gaya yang bertambah besar.

Padahal kemunculan percepatan merupakan dampak dari adanya gaya yang konstan. Dampak dari miskonsepsi ini menjadikan mahasiswa terkendala dalam memahami Hukum I dan II Newton dengan benar (Wells et al. 2020; Clement 1981). Penggunaan video animasi, Hands-on experiment, dan simulasi komputer merupakan cara yang dianjurkan untuk mengatasi miskonsepsi ini (Liu and Fang 2016). Upaya tersebut secara spesifik ditujukan untuk mengganti pemikiran $F=mv$ menjadi $F=ma$. Solusi yang dianjurkan oleh Liu dan Fang juga dapat dimuat ke dalam resitasi berbasis komputer yang mampu memfasilitasi mahasiswa untuk belajar mandiri di luar jam perkuliahan (Hidayati and Taqwa 2022; Sutopo and Wartono 2016; Taqwa et al. 2017).

2. Gerakan menunjukkan adanya gaya [M2]

Miskonsepsi ini memiliki banyak butir soal FCI yang mengungkapkannya. Secara keseluruhan mahasiswa kami yang mengalami miskonsepsi ini sebanyak 71,60%. Banyaknya mahasiswa yang terjebak pada salah satu opsi pada butir nomor 27, menjadikan kami fokus pada butir tersebut. Sebanyak 46,91% mahasiswa membenarkan 27A dan hanya sebagian kecil yang berhasil menjawab dengan benar 27C (17,28%). Hasil ini berbeda signifikan dengan survey sebelumnya, dimana sebagian besar mahasiswa (65,36%) berhasil menjawab dengan benar (Poutot and Blandin 2015). Adapun hasil survey terhadap mahasiswa Turki menunjukkan 48,20% mampu menjawab dengan benar (Bayraktar 2009). Ciri-ciri mahasiswa dengan miskonsepsi [M2] yaitu adanya kecenderungan untuk menggambarkan gaya yang searah dengan arah gerak benda dan jika tidak ada gaya yang bekerja searah dengan gerak benda maka benda akan segera berhenti (Clement 1981; Hestenes et al. 1992; Sutopo and Waldrup 2014). Mahasiswa dengan miskonsepsi [M2] ketika dihadapkan pada gerak vertikal ke atas akan cenderung menggunakan pemikiran Galileo, yakni ketika benda bergerak ke atas terdapat gaya ke atas yang lebih besar daripada gaya gravitasi ke bawah dan ketika benda diam sesaat di posisi tertinggi gaya ke atas yang bekerja pada benda bernilai nol, serta ketika benda bergerak ke bawah dipercepat menunjukkan gaya gravitasi yang diperbesar (Clement 1981). Liu dan Fang menduga salah satu penyebab miskonsepsi [M2] ialah kegagalan mahasiswa dalam mengaktivasi dan mengkaitkan pengetahuan yang telah dipelajari dikelas dengan situasi nyata (Liu and Fang 2016). Adanya pemikiran yang demikian berpotensi mempersulit mahasiswa dalam membangun persamaan Hukum II Newton dan memahami Hukum III Newton dengan tepat. Oleh karena itu, upaya yang dianjurkan ialah memberikan penegasan pada mahasiswa tentang definisi gaya dan terus menggunakan definisi tersebut untuk menganalisis berbagai konteks Newtonian. Penggunaan program berbasis komputer dengan *feedback* otomatis yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dirasa layak untuk melakukan pekerjaan ini (Sutopo and Wartono 2016; Taqwa et al. 2017).

3. Gaya terakhir yang bekerja menentukan gerakan [M3]

Terdapat empat butir soal FCI yang mengungkap miskonsepsi [M3], yaitu 8A, 9B, 21B, dan 23C. Sebanyak 75,31% mahasiswa setidaknya membenarkan salah satu dari empat butir tersebut. Pada survey ini soal nomor 8 merupakan butir yang paling banyak mengungkap miskonsepsi [M3]. Sebanyak 56,79% mahasiswa memilih opsi A, 14,81% mahasiswa memilih opsi D dan E. Sedangkan 28,35% mahasiswa berhasil menjawab dengan benar yakni opsi B. Hasil ini berbeda secara signifikan dengan hasil survey sebelumnya, dimana terdapat 40,00% - 47,04% mahasiswa berhasil menjawab dengan benar (Bayraktar 2009; Poutot and Blandin 2015; Salameh et al. 2017). Meski telah banyak diteliti tetapi belum dijumpai penyebab spesifik mahasiswa mengalami miskonsepsi ini. Dugaan kemunculan miskonsepsi [M3] karena mahasiswa cenderung memperhatikan urutan gaya-gaya yang bekerja pada sistem, bukan menentukan resultan gaya yang bekerja pada saat tertentu. Selain itu terdapat kecenderungan

mereka yang mengalami miskonsepsi [M3] juga mengalami miskonsepsi [M4], yakni sebanyak 69,14%.

4. Impetus supplied by “hit” [M4]

Miskonsepsi [M4] didefinisikan sebagai gaya imajiner yang disebabkan oleh pukulan. Seperti halnya pemahaman impetus pada umumnya, pada miskonsepsi [M4] gaya imajiner terus bekerja pada benda selama benda bergerak dan akan berkurang akibat adanya hambatan oleh medium atau gaya yang memiliki arah berlawanan dengan gerak benda dan menyebabkan benda berhenti (Bayraktar 2009). Terdapat tiga butir soal FCI yang mengungkap miskonsepsi [M4] yaitu 11BC, 27D, dan 30BDE. Sebanyak 85,19% mahasiswa yang memilih setidaknya salah satu jawaban yang mengungkap miskonsepsi [M4]. Mereka yang mengalami miskonsepsi [M4] akan membenarkan pernyataan (2) pada butir soal nomor 30. Total sebanyak 79,01% mahasiswa memilih salah satu opsi B, D, atau E, sehingga soal ini menjadi butir dengan presentase jawaban benar terendah. Secara lebih detail disajikan pada Figure 2. Kecenderungan mahasiswa untuk memilih opsi E pada soal ini juga ditemukan pada survey sebelumnya, yakni sebanyak 62,65% (Poutot and Blandin 2015), selain itu jumlah mahasiswa yang berhasil menjawab dengan benar pada tiga survey yang berbeda menunjukkan presentase yang kurang dari 30% (Bayraktar 2009; Poutot and Blandin 2015; Salameh, Nuseirat, and Alkofahi 2017). Hasil survey kami juga menunjukkan 77,78% mahasiswa konsisten pada miskonsepsi “impetus” baik Impetus supplied by hit [M4] maupun Impetus dissipation [M7]. Miskonsepsi tentang adanya gaya imajiner menunjukkan adanya masalah pemahaman mahasiswa tentang definisi gaya. Oleh karena itu miskonsepsi [M4] dapat dikelompokkan ke dalam miskonsepsi yang disebabkan oleh *Preconceived Misunderstanding* (Liu and Fang 2016). Dampak dari miskonsepsi ini menjadikan mahasiswa terkendala dalam memahami Hukum I dan II Newton dengan benar (Wells et al. 2020; Clement 1981). Penggunaan resitasi berbasis komputer di luar jam perkuliahan dirasa memungkinkan untuk menanggulangi miskonsepsi [M4] (Hidayati and Taqwa 2022; Sutopo and Wartono 2016; Taqwa et al. 2017).

30. Meskipun angin bertiup sangat kencang, pemain tenis berhasil memukul bola tenis dengan raketnya sehingga bola melewati net dan mendarat di lapangan lawannya. Pertimbangkan gaya berikut:

1. Gaya gravitasi ke bawah.
2. Sebuah gaya oleh “pukulan”
3. Gaya ke bawah yang diberikan oleh udara.

Manakah dari gaya di atas yang bekerja pada bola tenis setelah bola meninggalkan kontak dengan raket dan sebelum menyentuh tanah?

(A) 1 saja. (11,11%)
 (B) 1 dan 2. (17,28%)
 (C) 1 dan 3* (9,88%)
 (D) 2 dan 3. (1,11%)
 (E) (E) 1, 2, dan 3. (50,62%)

Gambar 2. Butir soal nomor 30

5. Massa menjadikan suatu benda berhenti [M5]

Terdapat tiga butir soal yang mengungkap miskonsepsi [M5] yaitu 14AB, 25A, dan 27AB. Sebanyak 82,72% mahasiswa yang memilih setidaknya salah satu jawaban yang mengungkap miskonsepsi [M5]. Soal nomor 27 merupakan butir yang menjadi fokus kami dalam membahas miskonsepsi [M5], dimana 77,78% mahasiswa memilih opsi A atau B. Sedangkan hanya 17,28% mahasiswa yang dapat menjawab dengan benar. Terdapat hasil survey sebelumnya yang dilakukan pada mahasiswa Indonesia yang menunjukkan hasil serupa, dimana 75,34% mahasiswa membenarkan 27 A atau B (Syuhendri 2017). Hasil ini sangat berbeda dengan survey yang dilakukan Poutot dan Blandin dimana terdapat 28,44% mahasiswa yang memilih opsi A atau B dan

65,36% mahasiswa berhasil menjawab dengan benar (Poutot and Blandin 2015) dan juga survey yang dilakukan di Turki menunjukkan 48,20% mampu menjawab dengan benar (Bayraktar 2009). Adanya kemiripan hasil dengan wilayah yang sama seolah menunjukkan bahwa jenis miskonsepsi mahasiswa bergantung dengan letak geografis. Terlepas dari hal tersebut, mahasiswa dengan miskonsepsi [M5] berpikir bahwa objek yang bergerak dengan kecepatan konstan dengan gaya yang dikerjakan oleh seseorang di atas permukaan yang kasar akan (1) langsung berhenti jika gaya tersebut dihilangkan atau (2) objek tetap akan bergerak dengan kecepatan konstan untuk beberapa saat kemudian melambat hingga berhenti. Hasil penelitian sebelumnya untuk menggunakan strategi Predict, Observe, Explain, Apply (POEA) mampu meningkatkan presentase keberhasilan mahasiswa dari 25,00% menjadi 29,55%, secara lebih detail baca artikel penelitian Syuhendri (Syuhendri 2017).

6. Kecepatan sebanding dengan gaya yang bekerja [M6]

Dua butir soal yang mengungkap miskonsepsi [M6] yaitu 22A dan 26AB. Pada kedua butir tersebut, sebanyak 75,54% mahasiswa yang memilih setidaknya salah satu jawaban yang mengungkap miskonsepsi [M6]. Butir nomor 26 menjadi fokus kami dalam membahas miskonsepsi [M6], dimana 67,90% mahasiswa memilih opsi A atau B, sehingga kurang dari 30% mahasiswa yang mampu menjawab dengan benar. Hasil ini serupa dengan hasil survey sebelumnya yang menunjukkan 72,50% mahasiswa memilih kedua opsi tersebut (Poutot and Blandin 2015). Kami mendapati adanya kecenderungan mahasiswa yang mengalami [M6] juga mengalami [M1] dan [M2] yakni sebanyak 39,51% mahasiswa. Dugaan penyebab miskonsepsi ini tidak terlepas dari formulasi matematis gaya menurut pemikiran Aristoteles menjadi $F = mv$ (Itza-Ortiz et al. 2004) dan pemikiran Galileo (Clement 1981). Karakteristik miskonsepsi yang demikian menjadikan mahasiswa tidak dapat mendefinisikan gaya dengan benar dan akan berdampak kesalahan dalam membangun persamaan Hukum II Newton. Oleh karena itu, penggunaan program resitasi berbasis komputer dengan *feedback* yang dirancang otomatis dan sesuai dengan kebutuhan mahasiswa layak untuk menanggulangi kendala konseptual mahasiswa (Sutopo and Wartono 2016; Taqwa et al. 2017).

7. Impetus dissipation [M7]

Impetus dissipation [M7] didefinisikan sebagai gaya imajiner yang memaksa benda bergerak dimana gaya tersebut akan hilang secara bertahap dan menjadikan benda kembali berhenti. Terdapat enam butir soal yang mengungkap miskonsepsi [M7] yaitu 10C, 12CDE, 13ABC, 14E, 24BCE, dan 27B. Sebanyak 91,35% mahasiswa yang memilih setidaknya salah satu jawaban yang mengungkap miskonsepsi [M7]. Soal nomor 13 merupakan butir yang menjadi fokus kami dalam membahas miskonsepsi [M7]. Seperti pada Figure 3 hanya sebagian kecil mahasiswa yang mampu menjawab dengan benar. Hasil ini serupa dengan hasil survei sebelumnya yang menunjukkan jumlah responden yang mampu menjawab dengan benar kurang dari 30% (Poutot and Blandin 2015). Perbedaan signifikan dengan survey sebelumnya ialah kecenderungan untuk memilih opsi C sebanyak 45,71% (Poutot and Blandin 2015). Mahasiswa dengan miskonsepsi ini meyakini adanya gaya intrinsik yang ditransmisikan pada benda yang menjadikan benda bergerak dan gaya tersebut terus bekerja selama benda masih bergerak, seiring berjalannya waktu gaya tersebut semakin melemah yang menjadikan benda berhenti (Hestenes et al. 1992). Pemahaman ini akan mempersulit mahasiswa dalam memahami konsep gaya sebagaimana yang digagas oleh Newton. Kecenderungan mahasiswa dalam membenarkan opsi B menunjukkan pemikiran mahasiswa masih menggunakan pendekatan Galileo, yakni ketika benda bergerak ke atas terdapat gaya ke atas yang lebih besar daripada gaya gravitasi ke bawah dan ketika benda diam sesaat di posisi tertinggi gaya ke atas yang bekerja pada benda

bernilai nol, serta ketika benda bergerak ke bawah dipercepat menunjukkan gaya gravitasi yang diperbesar (Clement 1981). Oleh karena itu, tampak terdapat hubungan antara miskonsepsi [M7] dengan [M6] dan [M2]. Melalui survey yang dilakukan diperoleh sebanyak 55,56% mahasiswa kami yang mengalami ketiga miskonsepsi tersebut. Upaya yang dapat dilakukan untuk mereduksi miskonsepsi ini ialah dengan menanamkan definisi gaya dan terus menggunakan definisi tersebut untuk menganalisis berbagai konteks Newtonian. Penggunaan program berbasis komputer dengan *feedback* otomatis yang sesuai dengan kebutuhan mahasiswa dirasa layak untuk melakukan pekerjaan ini (Sutopo and Wartono 2016; Taqwa et al. 2017).

13. Seorang anak laki-laki melempar bola baja lurus ke atas. Pertimbangkan gerakan bola hanya setelah bola terlepas dari tangan anak laki-laki tetapi sebelum menyentuh tanah, dan diasumsikan gaya yang diberikan oleh udara dapat diabaikan. Untuk kondisi ini, gaya yang bekerja pada bola adalah:
- Gaya gravitasi ke bawah bersama dengan gaya ke atas yang terus menurun. (2,47%)
 - Gaya ke atas yang terus menurun sejak ia meninggalkan tangan anak laki-laki itu hingga mencapai titik tertingginya; saat turun ada gaya gravitasi yang terus meningkat ketika objek semakin dekat dengan bumi. (65,43%)
 - Gaya gravitasi ke bawah yang hampir konstan bersama dengan gaya ke atas yang terus menurun hingga bola mencapai titik tertingginya; saat turun hanya ada gaya gravitasi konstan ke bawah. (9,87%)
 - Gaya gravitasi ke bawah yang hampir konstan saja. *(22,22%)
 - Tidak ada satu pun jawaban di atas. Bola jatuh kembali ke tanah karena kecenderungan alamnya untuk beristirahat di permukaan bumi. (0%)

Gambar 3. Butir soal nomor 13

8. Motion when force overcomes resistance [M8]

Miskonsepsi [M8] merupakan pemikiran naif yang menganggap benda hanya akan bergerak jika terdapat gaya yang lebih besar daripada gaya yang menghambat. Soal nomor 25 merupakan butir yang menjadi fokus kami dalam membahas miskonsepsi ini. Sebanyak 59,26% mahasiswa memilih opsi B, D atau E. Sedangkan hanya sebagian kecil (28,39%) mahasiswa memilih jawaban benar yakni opsi C, serta sisanya memilih opsi A. Hasil ini serupa dengan hasil survey yang dilakukan sebelumnya, dimana 85,55% mahasiswa memilih opsi B, D, atau E dan hanya 10,46% mahasiswa yang berhasil menjawab opsi C (Poutot and Blandin 2015). Adapun hasil survey lain yang dilakukan di Turki menunjukkan presentase mahasiswa yang berhasil menjawab soal ini sebesar 29,1% (Bayraktar 2009). Mereka yang mengalami miskonsepsi ini diduga cenderung berpikir “terdapat gaya yang lebih besar ke arah gerakan” (Poutot and Blandin 2015). Dugaan tersebut dikuatkan oleh adanya kecenderungan mahasiswa yang mengalami miskonsepsi [M8] juga mengalami [M2] dan [M6]. Sebanyak 40,74% mahasiswa yang mengalami ketiga miskonsepsi tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa meski telah diberikan pembelajaran di dalam kelas belum cukup untuk menggantikan pemikiran naif menjadi pemikiran yang tepat. Liu dan Fang menyarankan penggunaan video animasi, Hands-on experiment, dan simulasi komputer untuk mengatasi miskonsepsi ini (Liu and Fang 2016). Solusi tersebut juga dapat dimuat dalam resitasi berbasis komputer yang diklaim mampu memfasilitasi mahasiswa untuk belajar mandiri di luar jam perkuliahan (Hidayati and Taqwa 2022; Sutopo and Wartono 2016; Taqwa et al. 2017).

Kesimpulan

Pembelajaran di kelas belum cukup untuk membentuk penguasaan konsep yang ideal. Terdapat delapan miskonsepsi yang kerap dijumpai setelah mahasiswa diberikan pembelajaran di kelas, (1) Percepatan menunjukkan gaya yang bertambah besar, [M1] (2) Gerakan menunjukkan adanya gaya [M2], (3) Gaya terakhir yang bekerja menentukan gerakan [M3], (4) Impetus supplied by “hit” [M4], (5) Massa menjadikan suatu benda

berhenti [M5], (6) Kecepatan sebanding dengan gaya yang bekerja [M6], (7) Impetus dissipation [M7], dan (8) Motion when force overcomes resistance [M8]. Beberapa penelitian menyarankan untuk memberikan remediasi melalui media pembelajaran interaktif atau resitasi berbasis komputer di luar jam pembelajaran.

Daftar Pustaka

- Bayraktar, Sule. 2009. "Misconceptions of Turkish Pre-Service Teachers about Force and Motion." *International Journal of Science and Mathematics Education* 7(2):273–91. doi: 10.1007/s10763-007-9120-9.
- Chen, Qingwei, Guangtian Zhu, Qiaoyi Liu, Jing Han, Zhao Fu, and Lei Bao. 2020. "Development of a Multiple-Choice Problem-Solving Categorization Test for Assessment of Student Knowledge Structure." *Physical Review Physics Education Research* 16(2):20120. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.020120.
- Clement, John. 1981. "Students' Preconceptions in Introductory Mechanics." 66–71.
- Clement, John. 1993. "Using Bridging Analogies and Anchoring Intuitions to Deal with Students' Preconceptions in Physics." *Journal of Research in Science Teaching* 30(10):1241–57. doi: 10.1002/tea.3660301007.
- Diyana, T. N., Sutopo, and Sunaryono. 2020. "The Effectiveness of Web-Based Recitation Program on Improving Students' Conceptual Understanding in Fluid Mechanics." *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 9(2):219–30. doi: 10.15294/jpii.v9i2.24043.
- Docktor, Jennifer L., Jay Dornfeld, Evan Frodermann, Kenneth Heller, Leonardo Hsu, Koblar Alan Jackson, Andrew Mason, Qing X. Ryan, and Jie Yang. 2016. "Assessing Student Written Problem Solutions: A Problem-Solving Rubric with Application to Introductory Physics." *Physical Review Physics Education Research* 12(1):1–18. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.12.010130.
- Docktor, Jennifer L., and José P. Mestre. 2014. "Synthesis of Discipline-Based Education Research in Physics." *Physical Review Special Topics - Physics Education Research* 10(2):1–58. doi: 10.1103/PhysRevSTPER.10.020119.
- Gerace, William J. 1998. "Problem Solving and Conceptual Understanding." 2–5. doi: 10.1119/perc.2001.inv.005.
- Hecht, Eugene. 2015. "Origins of Newton's First Law." *The Physics Teacher* 53(2):80–83. doi: 10.1119/1.4905802.
- Hestenes, David. 1997. "Modeling Methodology for Physics Teachers." 935:935–58. doi: 10.1063/1.53196.
- Hestenes, David, Malcolm Wells, and Gregg Swackhamer. 1992. "Force Concept Inventory." *The Physics Teacher* 30(3):141–58. doi: 10.1119/1.2343497.
- Hidayati, R. A., and M. R. A. Taqwa. 2022. "Analisis Kebutuhan Pengembangan Program Resitasi Pada Materi Hukum Newton Tentang Gerak." *Jurnal MIPA Dan Pembelajarannya*
- Itza-Ortiz, Salomon F., Sanjay Rebello, and Dean Zollman. 2004. "Students' Models of Newton's Second Law in Mechanics and Electromagnetism." *European Journal of Physics* 25(1):81–89. doi: 10.1088/0143-0807/25/1/011.
- Kohnle, Antje, and Gina Passante. 2017. "Characterizing Representational Learning: A Combined Simulation and Tutorial on Perturbation Theory." *Physical Review Physics Education Research* 13(2):1–13. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020131.
- Kurniawati, Wartono, and M. Diantoro. 2014. "Pengaruh Pembelajaran Inkuiri Terbimbing Integrasi Peer Instruction Terhadap Penguasaan Konsep Dan Kemampuan Berpikir Kritis Siswa." *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia* 10(1). doi: 10.15294/jpfi.v10i1.3049.
- Lee, Hee Sun, Ou Lydia Liu, and Marcia C. Linn. 2011. "Validating Measurement of Knowledge Integration in Science Using Multiple-Choice and Explanation Items." *Applied Measurement in Education* 24(2):115–36. doi: 10.1080/08957347.2011.554604.
- Liu, Gang, and Ning Fang. 2016. "Student Misconceptions about Force and Acceleration in Physics and Engineering Mechanics Education." *International Journal of Engineering Education* 32(1):19–29.
- Mestre, Jose P. 2002. "Probing Adults' Conceptual Understanding and Transfer of Learning via Problem Posing." *Journal of Applied Developmental Psychology* 23(1):9–50. doi: 10.1016/S0193-3973(01)00101-0.

- Poutot, Géraldine, and Bernard Blandin. 2015. "Exploration of Students' Misconceptions in Mechanics Using the FCI." *American Journal of Educational Research* 3(2):116–20. doi: 10.12691/education-3-2-2.
- Rahmawati, Irma, and Sutopo. 2019. "Computer-Assisted Recitation Program to Improve Students' Conceptual Understanding." in *AIP Conference Proceedings*. Vol. 2194. American Institute of Physics Inc.
- Salameh, H. N. Bani-, M. Nuseirat, and K. A. Alkofahi. 2017. "Do First Year College Female and Male Students Hold Different Misconceptions about Force and Motion?" *IOSR Journal of Applied Physics* 09(02):14–18. doi: 10.9790/4861-0902021418.
- Shen, Ji, Ou Lydia Liu, and Hsin Yi Chang. 2017. "Assessing Students' Deep Conceptual Understanding in Physical Sciences: An Example on Sinking and Floating." *International Journal of Science and Mathematics Education* 15(1):57–70. doi: 10.1007/s10763-015-9680-z.
- Stewart, J. 2021. "Examining the Relation of Correct Knowledge and Misconceptions Using the Nominal Response Model." *Physical Review Physics Education Research* 17(1). doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.010122.
- Stoen, Siera M., Mark A. McDaniel, Regina F. Frey, K. Mairin Hynes, and Michael J. Cahill. 2020. "Force Concept Inventory: More than Just Conceptual Understanding." *Physical Review Physics Education Research* 16(1):10105. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.16.010105.
- Sujarwanto, Eko, and Ino Angga Putra. 2018. "Conception of Motion as Newton Law Implementation among Students of Physics Education." *Jurnal Pendidikan Sains* 6(4):110–19.
- Sutopo, Sutopo, and Wartono Wartono. 2016. "Computer-Assisted Recitation Program to Improve Students' Conceptual Understanding about Force and Motion (Efektivitas Program Resitasi Berbasis Komputer Untuk Meningkatkan Penguas ...". *Jurnal Inovasi Dan Pembelajaran Fisika* (September).
- Sutopo, and Bruce Waldrup. 2014. "Impact of a Representational Approach on Students' Reasoning and Conceptual Understanding in Learning Mechanics." *International Journal of Science and Mathematics Education* 12(4):741–65. doi: 10.1007/s10763-013-9431-y.
- Suwasono, Purbo, Sutopo Sutopo, and Supriyono Koes Handayanto. 2023. "Alleviating Students' Naive Theory on Newton's Laws of Motion through Problem Optimization and Scaffolding Discussion." 2023.
- Syuhendri. 2017. "A Learning Process Based on Conceptual Change Approach to Foster Conceptual Change In Newtonian Mechanics." *Journal Of Baltic Science Education* 16(2):228–40.
- Taqwa, M. R. A., and T. Taurusi. 2021. "Improving Conceptual Understanding on Temperature and Heat through Modeling Instruction." *Journal of Physics: Conference Series* 1918(5). doi: 10.1088/1742-6596/1918/5/052054.
- Taqwa, Muhammad Reyza Arief, Arif Hidayat, and Sutopo Sutopo. 2017. "Deskripsi Penggunaan Program Resitasi Dalam Meningkatkan Kemampuan Membangun Free-Body Diagrams (FBDs)." *JPFT (Jurnal Pendidikan Fisika Tadulako Online)* 5(1):52. doi: 10.22487/j25805924.2017.v5.i1.8411.
- Taqwa, Muhammad Reyza Arief, and Dwitri Pilendia. 2018. "Kekeliruan Memahami Konsep Gaya , Apakah Pasti Miskonsepsi?" *Jurnal Inovasi Pendidikan Fisika Dan Integrasinya* 01(02):1–12.
- Taqwa, Muhammad Reyza Arief, and Handy Faishal Rahim. 2022. "Students' Conceptual Understanding on Vector Topic in Visual and Mathematical Representation: A Comparative Study." *Journal of Physics: Conference Series* 2309(1). doi: 10.1088/1742-6596/2309/1/012060.
- Wells, James, Rachel Henderson, Adrienne Traxler, Paul Miller, and John Stewart. 2020. "Exploring the Structure of Misconceptions in the Force and Motion Conceptual Evaluation with Modified Module Analysis." *Physical Review Physics Education Research* 16(1):10121. doi: 10.1103/PHYSREVPHYSEDUCRES.16.010121.