



---

**ANALISIS KEMAMPUAN MAHASISWA MENYELESAIKAN TES KOMPETENSI REPRESENTASI GAYA (TKR-GAYA)**

**Judyanto Sirait<sup>1\*</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Pendidikan Fisika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak, Kalimantan Barat, Indonesia

\*email: judyanto.sirait@fkip.untan.ac.id

**Received: November 1, 2023 Accepted: December 15, 2023 Published: December 31, 2023**

**Abstrak**

Gaya merupakan salah satu konsep dasar dalam fisika yang digunakan untuk menyelidiki gerak sebuah benda. Konsep gaya ini digunakan dalam berbagai materi fisika seperti gerak lurus, gerak melingkar, gerak parabola, gerak rotasi, momentum dan impuls, usaha dan energi, dan bahkan dalam listrik statis. Dengan demikian konsep gaya ini sangat penting untuk dikuasai sehingga diajarkan sejak sekolah dasar hingga perguruan tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman mahasiswa tentang gaya. Jenis penelitian survey dilakukan untuk mengukur kompetensi representasi mahasiswa dengan tiga bentuk representasi yakni diagram gaya, persamaan matematis, dan deskripsi konsep. Sebanyak 92 orang mahasiswa menjawab tes kompetensi representasi gaya yang terdiri dari 30 butir pertanyaan. Pemberian skor untuk jawaban mahasiswa adalah 1 untuk jawaban benar dan 0 untuk jawaban salah kemudian dikonversi ke skor 100. Hasil analisa data menunjukkan bahwa skor rata-rata kompetensi representasi mahasiswa adalah 34,17 dengan kategori pemula. Sebesar 32% mahasiswa mendapat skor pada kategori menengah (*intermediate*) dan 68% mahasiswa masih berada pada kategori pemula (*novice*). Skor mahasiswa paling tinggi diperoleh pada situasi balok dalam keadaan diam baik dalam permukaan horisontal dan bidang miring. Sementara skor mahasiswa yang paling rendah adalah situasi balok bergerak dengan kecepatan konstan untuk kedua bidang permukaan. Kompetensi representasi mahasiswa mengubah ke persamaan menjadi yang paling rendah dibandingkan dengan deskripsi dan diagram gaya. Dengan demikian pengajar dapat mencari solusi alternatif dalam pengajaran konsep gaya dan menggunakan tes kompetensi representasi gaya untuk mengukur kekonsistenan konsepsi mahasiswa.

**Kata kunci:** gaya, kompetensi representasi, diagram gaya, persamaan, deskripsi

**Abstract**

*Force is one of the physics concepts that can be used to investigate the motion of an object. The concepts of force are applied in physics topics including uniform motion, circular motion, parabolic motion, rotational motion, momentum and impulse, work and energy, and even static electricity. Therefore, this concept is very important to be taught for students since primary schools to university level. This research aims to analyze students' conception about force. Survey research has been conducted to measure students' competence with three different representations: force diagrams, mathematical equations, and conceptual descriptions. Force representational competence test which has 30 questions in multiple-choice format was administered for 92 students. Students' answers are scored 1 if the answer is correct meanwhile for incorrect answer is 0 then converted into 100. Based on data analysis, the average of students' representational competence is 34.17 in novice category. The percentage of students who achieved intermediate and novice level are 32% and 68% respectively. Students obtained the highest score when the situations are at rest for both horizontal and inclined plane. Meanwhile, when an object is moving with constant velocity for both surfaces, student gained the lowest score. Students' ability to transform representations by involving mathematical representations is the lowest compared to force diagrams and descriptions. Thus, instructors should find out the alternative solutions*



*in teaching force concept and use force representational competence text as one of the assessments to measure the consistency of students' conceptions.*

**Keywords:** force, representational competence, force diagrams, mathematical equations, and descriptions

**How to cite (in APA style):** Sirait, J. (2023). Analisis Kemampuan Mahasiswa Menyelesaikan Tes Kompetensi Representasi Gaya (TKR-Gaya). *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 12(2), 349–359. <https://doi.org/10.31571/saintek.v12i2.7260>

Copyright (c) 2023 Judyanto Sirait  
DOI: 10.31571/saintek.v12i2.7260

## PENDAHULUAN

Representasi dalam fisika meliputi deskripsi, gambar atau sketsa, tabel, grafik, diagram, persamaan matematis (Klein et al., 2017; Scheid et al., 2019). Representasi diagram juga bermacam-macam seperti diagram gaya, diagram gerak, diagram batang, diagram sinar. Para ahli umumnya menggunakan representasi ini dengan berbagai tujuan yakni untuk memahami fenomena, memvisualisasikan situasi, menguji konsep, dan menjelaskan temuan-temuan (Kohnle et al., 2020). Sebagai contoh, sketsa digunakan untuk mengilustrasikan situasi yang kompleks menjadi lebih sederhana. Kemudian, diagram gaya dapat digunakan untuk memvisualisasikan gaya-gaya yang bekerja pada sebuah benda untuk menguji apakah benda tersebut bergerak dengan kecepatan konstan atau percepatan konstan (Etkina et al., 2019).

Konsep gaya merupakan salah satu konsep yang sangat penting dalam fisika karena digunakan di berbagai topik besar seperti mekanika, kelistrikan, dan kemagnetan (Giancoli, 2014). Konsep gaya digunakan untuk memahami interaksi muatan listrik dan interaksi benda dan bumi. Secara umum, gaya didefinisikan sebagai interaksi dua buah benda (Etkina et al., 2019). Sebagai contoh, untuk memahami bagaimana sebuah benda tetap diam di atas meja, interaksi antara benda-benda lain dan buku harus diidentifikasi. Semua interaksi dapat divisualisasikan menggunakan diagram gaya. Gaya total atau resultan gaya yang bekerja pada buku dapat ditentukan dari diagram gaya kemudian diagram gaya dapat dikonversi menjadi persamaan matematis. Kemudian, gaya total yang bekerja pada sebuah benda dapat memprediksi gerak sebuah benda, sebaliknya gerak sebuah benda dapat memprediksi gaya-gaya yang bekerja pada benda tersebut. Sehingga, gaya selalu dihubungkan dengan gerak ketika belajar pada topik mekanika (Giambattista et al., 2004) dimana Hukum Newton digunakan untuk memahami hubungan antara gerak dan gaya.

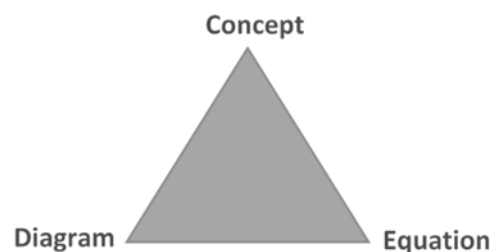
Literatur menunjukkan bahwa mahasiswa memiliki sejumlah konsepsi tentang gaya (Nie et al., 2019; Robertson et al., 2021). Pertama, sebuah benda yang bergerak akan terus bergerak karena ada gaya dalam benda tersebut. Dengan kata lain, sebuah benda yang bergerak membawa sebuah gaya untuk mempertahankan benda tersebut tetap bergerak. Kedua, sebuah benda yang tidak bergerak pasti tidak ada gaya yang bekerja pada benda tersebut. Kedua konsepsi ini yang mengakibatkan siswa dan mahasiswa beranggapan bahwa sebuah benda memiliki gaya. Ketiga, kecepatan sebuah benda sebanding dengan gaya yang bekerja pada benda tersebut; mahasiswa beranggapan bahwa gerak dan gaya berbanding lurus tanpa memperhatikan percepatan benda tersebut. Kemudian, gaya total menentukan gerak benda; ini berarti bahwa jika gaya total atau resultan gaya tidak sama dengan nol, benda bergerak namun jika resultan gaya sama dengan nol benda akan berhenti atau bergerak melambat.

Sejumlah instrumen sudah dikembangkan untuk mengetahui pemahaman konsep siswa dan mahasiswa tentang konsep gaya. Salah satu tes yang cukup dikenal adalah *the force concept inventory* (FCI) yang terdiri dari 30 pertanyaan pilihan ganda dimana tes ini umumnya digunakan sebagai tes diagnostik untuk mengukur pemahaman siswa tentang gaya dan aplikasi Hukum Newton (Hestenes

et al., 1992). Kemudian *the force and motion concept evaluation* (FMCE) mengukur pemahaman siswa tentang gerak dan gaya. Tes ini terdiri dari 43 item pertanyaan yang menyediakan sejumlah pilihan jawaban dimana siswa diberi kesempatan untuk memilih lebih dari satu jawaban (Thornton & Sokoloff, 1998). Selanjutnya Nieminen et al. (2010) mengembangkan sebuah tes yang mengambil 9 pertanyaan dari FCI kemudian setiap pertanyaan dibuat dalam tiga bentuk representasi: diagram gerak, vektor, dan grafik. Aviani et al. (2015) membuat sebuah asesmen dalam bentuk pilihan ganda dimana siswa diberi kesempatan memilih diagram gaya yang tepat dari sebuah konteks atau situasi. Asesmen-asesmen ini masih memiliki keterbatasan pada variasi konteks dan bentuk representasi yang dilibatkan dalam pertanyaan. Untuk itu perlu asesmen yang dapat mengukur kemampuan mahasiswa secara lebih komprehensif yang melibatkan berbagai representasi seperti konsep, diagram, dan persamaan matematis.

Kemampuan untuk membuat, menggunakan, dan mengubah representasi adalah sangat penting karena dapat membantu untuk memahami fenomena yang rumit atau kompleks. Kemampuan ini disebut dengan kompetensi representasi. Bagi mahasiswa, salah satu kompetensi yang sangat penting dalam penyelesaian soal fisika adalah mengubah atau mentransformasi satu bentuk representasi ke bentuk representasi yang lain (Bollen et al., 2017; Küchemann et al., 2021).

Menurut Sirait (2020), untuk menyelesaikan soal yang berkaitan dengan gaya diperlukan tiga hal penting yakni konsep, diagram, dan persamaan matematis. Ketiga komponen ini dikenal dengan segitiga CDE (*concepts, diagrams, and equations*). Siswa dapat memulai dengan menuliskan konsep yang ada dalam soal tersebut kemudian menggambar diagram gaya untuk memvisualisasikan gaya-gaya yang bekerja pada benda. Dari diagram tersebut, siswa dapat menuliskan persamaan matematis yang sesuai untuk menentukan solusi atas soal tersebut.



**Gambar 1. Segitiga CDE**

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pemahaman mahasiswa tentang konsep gaya yang melibatkan tiga bentuk representasi yakni konsep, diagram, dan persamaan matematis.

## **METODE**

Jenis penelitian survey digunakan untuk mengumpulkan data pemahaman mahasiswa tentang gaya. Penelitian survey bertujuan untuk menyajikan deskripsi pola atau tren, sikap dan opini dari sebuah populasi atau tes untuk hubungan antara variabel-variabel dari populasi dengan menguji sebuah sampel dari populasi tersebut (Creswell & Creswell, 2018). Penelitian ini melibatkan 92 orang mahasiswa yang mengambil mata kuliah fisika dasar di Jurusan Pendidikan Matematika dan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Tanjungpura pada tahun 2023. Sampel penelitian ini diambil secara utuh (Cohen et al., 2018) yang mengambil mata kuliah fisika dasar.

Tes Kompetensi Representasi Gaya (TKR-Gaya) yang dikembangkan oleh Sirait et al. (2023) digunakan untuk mengumpulkan data. Tes ini terdiri dari 10 situasi dimana setiap situasi terdiri dari tiga bentuk representasi yakni diagram gaya, persamaan matematis, dan deskripsi sehingga jumlah seluruhnya adalah 30 butir pertanyaan. Indikator tes ini ditunjukkan pada Tabel 1 dimana mahasiswa

diharapkan mampu merepresentasikan situasi dalam berbagai bentuk untuk keadaan benda diam, bergerak dengan kecepatan konstan, benda bergerak dengan percepatan konstan.

**Tabel 1. Indikator Tes Kompetensi Representasi Gaya**

Representasi	Indikator
Diagram Gaya	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menentukan diagram gaya yang tepat untuk benda yang diam</li> <li>• Menentukan diagram gaya yang tepat untuk benda yang ditarik dengan gaya F</li> <li>• Menentukan diagram gaya yang tepat untuk benda bergerak dengan kecepatan konstan</li> <li>• Menentukan diagram gaya yang tepat untuk benda bergerak dengan percepatan konstan</li> </ul>
Persamaan Matematis	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Menentukan persamaan matematis dari diagram gaya yang dipilih untuk benda diam</li> <li>• Menentukan persamaan matematis dari diagram gaya yang dipilih untuk benda bergerak dengan kecepatan konstan</li> <li>• Menentukan persamaan matematis dari diagram gaya yang dipilih untuk benda bergerak dengan percepatan konstan</li> </ul>
Deskripsi	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada benda yang diam</li> <li>• Mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada benda yang bergerak dengan kecepatan konstan</li> <li>• Mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada benda yang bergerak dengan percepatan konstan</li> </ul>

Kemudian tes ini juga menampilkan situasi pada bidang horijontal dan bidang miring. Distribusi soal untuk masing-masing representasi, konteks, dan keadaan ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Distribusi soal dan bentuk representasi**

Representasi	Soal			
	Horizontal		Bidang Miring	
	Diam	Bergerak	Diam	Bergerak
Diagram Gaya	1,4,7	10,13	16,25	19,22,28
Persamaan Matematis	2,5,8	11,14	17,26	20,23,29
Deskripsi	3,6,9	12,15	18,27	21,24,30

TKR-Gaya diberikan kepada mahasiswa setelah menyelesaikan pembelajaran materi dinamika gerak yang membahas gaya, Hukum Newton dan aplikasinya. Tes diberikan dalam bentuk kertas dan mahasiswa diminta untuk memilih salah satu pilihan yang paling tepat. Data yang terkumpul kemudian dianalisis dengan melakukan rekapitulasi jawaban siswa dan melakukan penskoran yakni untuk jawaban yang benar diberikan skor 1 dan jawaban yang salah diberikan skor 0. Skor yang diperoleh siswa kemudian dikonversi ke dalam range 100. Kemampuan representasi siswa dikategorikan menjadi tiga level yaitu *novice* (pemula) (0.00-40.00), *intermediate* (menengah) (40.01-80.00), dan *expertlike* (ahli) (80.01-100.00) (Tong et al., 2023). Kemudian kemampuan representasi mahasiswa dianalisis untuk masing-masing representasi: diagram gaya, persamaan matematis, deskripsi.

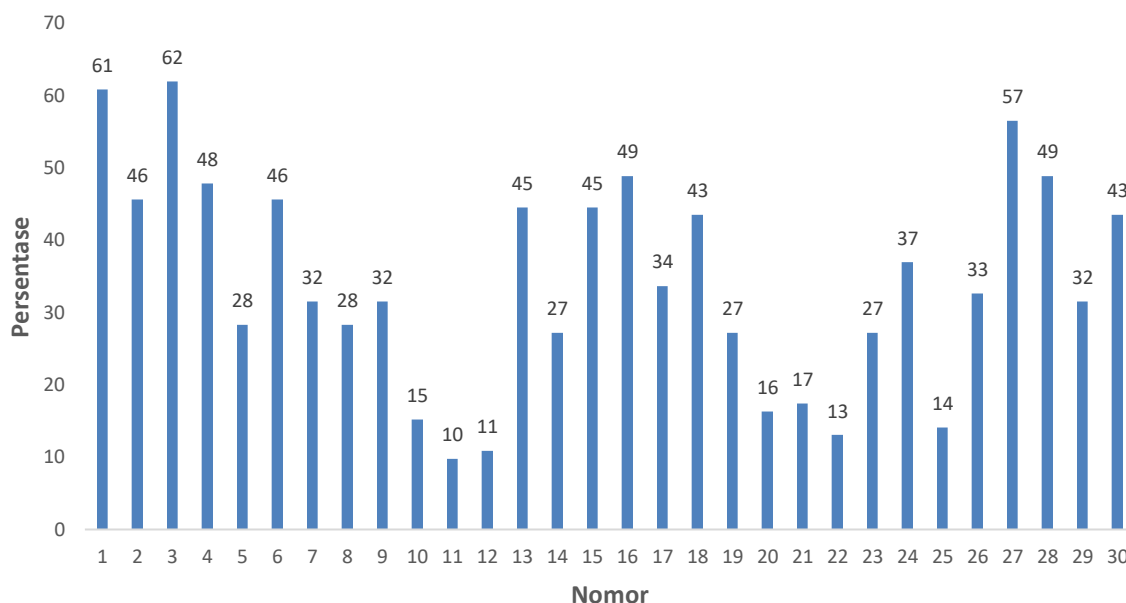
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Tes kompetensi representasi gaya digunakan untuk mengukur pemahaman mahasiswa tentang konsep gaya (Sirait et al., 2023). TKR-Gaya terdiri dari 10 situasi dimana masing-masing situasi

terdiri tiga bentuk representasi: diagram gaya, persamaan matematis, dan deskripsi dengan total pertanyaan 30 butir dalam bentuk pilihan ganda. Tes tersebut juga menyajikan berbagai konteks seperti bidang horijontal dan bidang miring serta benda dalam keadaan diam dan bergerak. Mahasiswa diberikan kesempatan selama 60 menit untuk mengerjakan tes tersebut secara tertulis.

Berdasarkan hasil analisa data diperoleh bahwa 32% (29 orang) mahasiswa mendapat skor dengan kategori menengah (*intermediate*) dan selebihnya 68% (63 orang) masuk dalam kategori pemula (*novice*). Rata-rata skor yang diperoleh mahasiswa adalah 34,17 dengan kategori pemula. Ini menunjukkan bahwa rata-rata mahasiswa mampu menjawab 10 dari 30 pertanyaan. Hasil ini menyatakan bahwa kompetensi representasi mahasiswa tentang gaya yang melibatkan tiga representasi yakni diagram gaya, persamaan matematis, dan deskripsi belum mencapai kategori ahli atau berpengalaman. Ini mengindikasikan bahwa mahasiswa masih mengalami kesulitan untuk memahami konsep gaya melalui transformasi representasi diagram, persamaan, dan deskripsi. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Sirait et al. (2023) bahwa mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami konsep gaya khususnya yang berkaitan dengan gaya gesek.

Kemudian persentase mahasiswa yang menjawab benar masing-masing pertanyaan ditunjukkan pada Gambar 2.

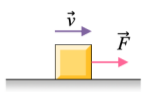


**Gambar 2. Persentase mahasiswa yang menjawab benar untuk setiap pertanyaan**

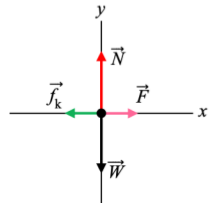
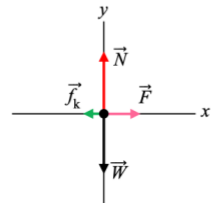
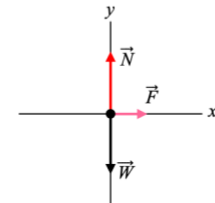
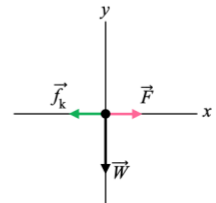
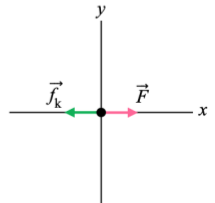
Persentase yang paling rendah yang mampu dijawab benar oleh mahasiswa adalah pertanyaan situasi 4 (pertanyaan 10,11,12) seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Pada situasi ini, mahasiswa diminta untuk memilih diagram gaya yang tepat dari “sebuah balok ditarik dengan gaya  $F$  bergerak dengan kecepatan konstan di atas meja (permukaan datar)”, menentukan persamaan matematis dari diagram gaya yang dipilih sebelumnya, dan mendeskripsikan konsep gaya dari situasi tersebut. Untuk pertanyaan no 10, diagram gaya yang paling tepat untuk menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada balok yang bergerak dengan kecepatan konstan adalah pilihan A (15% memilih pilihan ini) dimana panjang vektor gaya  $F$  sama dengan panjang vektor gaya gesek dan panjang vektor gaya normal sama dengan panjang vektor gaya berat. Sebanyak 57% mahasiswa memilih pilihan B yang mengindikasikan bahwa mereka tidak mampu membedakan gerak balok dengan kecepatan konstan atau percepatan konstan. Berdasarkan konsep gaya, resultan gaya atau gaya total yang bekerja pada sebuah benda dapat memprediksi gerak benda tersebut apakah diam, bergerak dengan kecepatan

konstan, dan bergerak dengan percepatan konstan (Alonzo & Steedle, 2009). Sebaliknya, dengan mengetahui gerak sebuah benda dapat menentukan resultan gaya yang bekerja pada benda tersebut.

Situasi 4  
 Sebuah balok ditarik dengan gaya  $\vec{F}$  bergerak dengan kecepatan konstan di atas meja (permukaan datar).



10. Diagram mana di bawah ini yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada balok

A	B	C	D	E
				

11. Tentukanlah persamaan matematis yang menunjukkan besar gaya F berdasarkan diagram gaya yang telah anda pilih

A	B	C	D	E
$\Sigma \vec{F}_x = ma$ $F = ma$	$\Sigma \vec{F}_x = ma$ $N - W = ma$	$\Sigma \vec{F}_x = ma$ $F + N - f_k - W = ma$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $F - f_k - W = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $F - f_k = 0$

12. Pernyataan yang tepat menyebabkan balok bergerak dengan kecepatan konstan

- Besar gaya F lebih besar dari gaya gesek
- Besar gaya F sama dengan besar gaya gesek
- Besar gaya F lebih kecil dari gaya gesek
- Besar gaya F sama dengan besar gaya normal ditambah gaya berat
- Besar gaya F sama dengan massa kali kecepatan

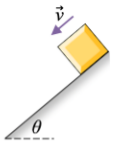
**Gambar 3. Pertanyaan situasi 4 (no 10,11,12)**

Selanjutnya untuk menentukan persamaan matematis yang sesuai dari diagram (pertanyaan no 11), 40% mahasiswa memilih pilihan C. Ini memperkuat temuan bahwa mahasiswa menganggap balok tersebut bergerak dengan percepatan konstan. Namun persamaan matematis yang dipilih tidak tepat karena memasukkan semua komponen gaya pada sumbu x dan y. Pilihan jawaban yang paling tepat adalah pilihan E (hanya 10% yang memilih) yakni resultan gaya sama dengan nol, dimana gaya yang bekerja pada balok searah sumbu x adalah gaya F dan gaya gesek. Kemudian untuk representasi deskripsi pada pertanyaan 12, sebanyak 52% mahasiswa memilih pilihan A yakni: besar gaya F lebih besar dari gaya gesek dimana pilihan ini konsisten dengan pilihan diagram gaya namun pilihan ini tidak tepat. Ini semakin memperkuat anggapan bahwa mahasiswa memiliki konsepsi bahwa balok bergerak dengan percepatan konstan. Padahal seharusnya jika balok bergerak dengan kecepatan konstan maka besar gaya F sama dengan besar gaya gesek.

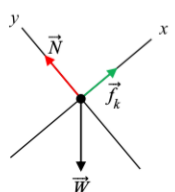
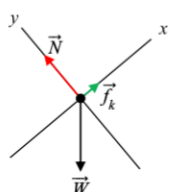
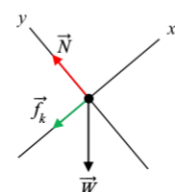
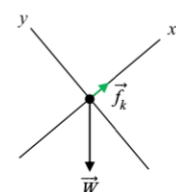
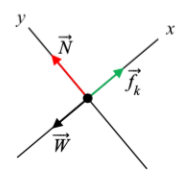
Kemudian, mahasiswa juga mengalami kesulitan dalam memahami konsep gaya untuk situasi benda bergerak dengan kecepatan konstan pada bidang miring seperti ditunjukkan pada Gambar 4. Pada situasi ini, langkah pertama adalah mahasiswa mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada balok meliputi gaya berat, gaya normal, dan gaya gesek. Pilihan yang memungkinkan adalah A, B, C, dan E. Namun pilihan E, arah gaya berat tidak tepat dan arah gaya gesek pada pilihan C tidak tepat karena searah dengan gerak benda. Sehingga pilihan yang paling memungkinkan adalah antara A dan B. Kemudian, langkah kedua adalah menentukan resultan gaya yang bekerja pada balok yang bergerak dengan kecepatan konstan; dalam hal ini besar resultan gaya sama dengan nol. Oleh karena itu komponen gaya berat searah sumbu x yang sama besarnya dengan gaya gesek adalah pada pilihan A. Sebanyak 27% mahasiswa memilih A dan 22% memilih B. Sementara 41% mahasiswa memilih C yang keliru dengan arah gaya gesek. Ini mengindikasikan bahwa masih ada mahasiswa yang belum tepat dalam menentukan arah gaya gesek. Ini sejalan dengan temuan bahwa konsep gaya gesek menjadi salah satu konsep kompleks dan sulit yang mungkin diakibatkan karena sangat abstrak (Balta & Asikainen, 2019; Sirait, 2020). Selanjutnya kompetensi dalam menentukan persamaan matematis

dari pilihan diagram gaya, hanya 16% mahasiswa dapat memilih dengan tepat (pilihan E) yang mana lebih rendah dari persentase diagram gaya. Sebanyak 22% memilih pilihan D dimana komponen gaya berat searah sumbu x tidak tepat yakni  $W \cos \theta$ . Ini mengindikasikan bahwa mahasiswa mengalami kendala dalam trigonometri atau tidak teliti dalam menganalisis komponen gaya. Sirait (2021) menyatakan bahwa salah satu kemampuan yang harus dimiliki mahasiswa dalam mempelajari gaya adalah kemampuan trigonometri. Disamping itu, kemampuan matematis menjadi salah satu kemampuan yang sangat penting dalam penyelesaian soal fisika (Burkholder et al., 2021). Selanjutnya, sekitar 40% mahasiswa memilih A dan B yang menganggap bahwa balok tersebut bergerak dengan percepatan konstan.

Situasi 7  
 Sebuah balok meluncur dari puncak bidang miring dengan kecepatan konstan



19. Diagram mana di bawah ini yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada balok

A	B	C	D	E
				

20. Tentukanlah persamaan matematis yang sesuai dengan diagram yang anda pilih

A	B	C	D	E
$\Sigma \vec{F}_x = ma$ $W - f_k = ma$	$\Sigma \vec{F}_x = ma$ $W + f_k = ma$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W - f_k = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W \cos \theta - f_k = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W \sin \theta - f_k = 0$

21. Pernyataan yang tepat menyebabkan balok bergerak dengan kecepatan konstan


- Komponen gaya berat searah bidang miring lebih besar dari gaya gesek
- Komponen gaya berat searah bidang miring sama dengan besar gaya gesek
- Besar gaya normal sama dengan besar gaya berat
- Besar gaya berat searah bidang miring lebih dari besar gaya gesek
- Arah komponen gaya berat searah bidang miring sama dengan arah gaya gesek

**Gambar 4. Pertanyaan situasi 7 (no 19,20,21)**

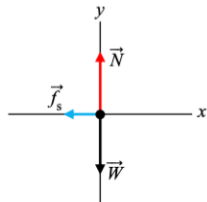
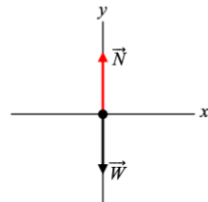
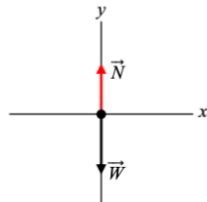
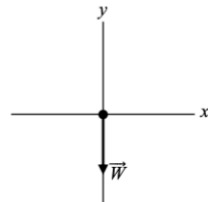
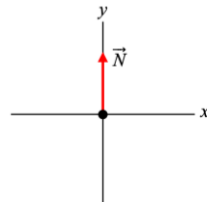
Kemampuan representasi mahasiswa paling tinggi adalah situasi balok ketika diam pada bidang horijontal dan bidang miring. Situasi 1 seperti ditunjukkan pada Gambar 5 adalah sebuah balok diam di atas meja dan mahasiswa diminta untuk mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada balok lewat diagram gaya, persamaan matematis yang sesuai, dan deskripsi gaya-gaya yang bekerja pada balok. Sebanyak 61% mahasiswa memilih diagram dengan tepat (pilihan B). Persentase ini paling tinggi mungkin dipengaruhi oleh mahasiswa sudah cukup kenal dengan situasi ini yang sering mereka dapatkan dalam contoh perkuliahan dan contoh dalam buku teks. Kemudian, sebesar 15% mahasiswa memilih C dimana panjang vektor gaya berat lebih panjang dari vektor gaya normal. Hal ini mungkin diakibatkan oleh ketidakteelitian dalam melihat panjang vektor gaya. Namun ada sekitar 12% mahasiswa memilih A dimana gaya gesek statis bekerja pada balok. Mahasiswa beranggapan bahwa jika balok diam, maka gaya gesek statis bekerja pada balok dan tidak memperhatikan resultan gaya. Mahasiswa cenderung hanya memperhatikan gaya gesek statis bekerja pada benda diam dan gaya gesek kinetis pada benda bergerak. Untuk persamaan matematis, 46% mahasiswa memilih persamaan matematis dengan tepat. Ini berarti bahwa mahasiswa yang memilih diagram dengan tepat tidak dapat mentransformasikan ke dalam bentuk persamaan. Kemudian, untuk deskripsi gaya yang bekerja pada

balok diam sebesar 62% mampu menjawab dengan tepat yang hampir sama dengan persentase pada diagram gaya.

Situasi 1  
Sebuah balok diam di atas meja.



1. Diagram mana di bawah ini yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada balok

A	B	C	D	E
				

2. Tentukanlah persamaan matematis yang sesuai dengan diagram yang anda pilih

A	B	C	D	E
$\Sigma \vec{F}_y = 0$ $N = 0$	$\Sigma \vec{F}_y = 0$ $W = 0$	$\Sigma \vec{F}_y = 0$ $f_s - W = 0$	$\Sigma \vec{F}_y = 0$ $N = W$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $N = W$

3. Pernyataan yang tepat menyebabkan balok diam

- Gaya normal saja yang membuat balok tetap diam
- Gaya berat saja yang membuat balok tetap diam
- Besarnya gaya gesek sama dengan besarnya gaya berat
- Besarnya gaya berat lebih besar dari gaya normal
- Besarnya gaya berat sama dengan besarnya gaya normal

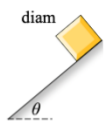
Gambar 5. Pertanyaan Situasi 1 (no 1,2,3)

Untuk balok diam pada bidang miring seperti ditunjukkan pada Gambar 6, sekitar 50% mahasiswa mampu memilih diagram gaya yang tepat (pilihan D). Ini berarti bahwa mahasiswa mampu mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja dengan tepat beserta dengan arahnya. Namun, sebanyak 18% mahasiswa keliru dalam menentukan arah gaya gesek yang bekerja pada balok diam seperti pada pilihan E. Kemudian masih ada 14% mahasiswa keliru dalam menentukan arah gaya berat (pilihan B). Selanjutnya, kemampuan dalam mengubah ke representasi persamaan, masing-masing 34% dan 32% mahasiswa memilih B dan D yang mana arah gaya gesek sudah tepat namun komponen gaya berat keliru di pilihan D yang seharusnya  $W \sin \theta$  searah sumbu x. Menganalisis komponen gaya menjadi salah satu kesulitan mahasiswa (Sirait et al., 2019). Sebesar 10% mahasiswa konsisten memilih diagram gaya dan persamaan matematis yang kurang tepat dimana gaya gesek searah dengan komponen gaya berat. Kemudian, 43% mahasiswa kompeten dalam mendeskripsikan gaya yang bekerja pada balok yakni komponen gaya berat searah dengan bidang miring sama besar dengan gaya gesek (pilihan C). Sekitar 10% mahasiswa memilih bahwa besarnya gaya normal sama dengan besarnya gaya berat. Ini mengindikasikan bahwa mahasiswa beranggapan sama dengan situasi bidang horisontal.

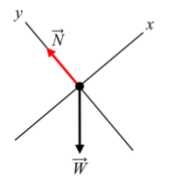
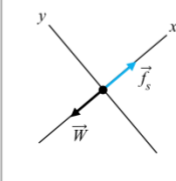
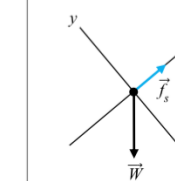
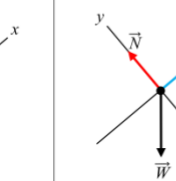
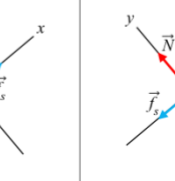
Kemampuan mahasiswa untuk masing-masing representasi diagram gaya, persamaan matematis, dan deskripsi ditunjukkan pada Gambar 7. Grafik tersebut menunjukkan persentase yang paling tinggi yakni rata-rata 39% mahasiswa mampu menjawab pertanyaan yang pilihannya dalam bentuk deskripsi kemudian diikuti dengan diagram gaya sebesar 35%. Sementara hanya rata-rata 28% mahasiswa dapat menjawab pertanyaan persamaan matematis. Hasil ini mengindikasikan bahwa lebih mudah bagi mahasiswa mengidentifikasi gaya-gaya yang bekerja pada balok melalui deskripsi dan diagram gaya dibanding dengan menentukan persamaan matematis dari diagram gaya. Dengan kata lain kemampuan untuk mentransformasi ke dalam bentuk persamaan menjadi salah satu tantangan bagi mahasiswa. Mahasiswa mungkin saja mencoba mengingat persamaan-persamaan yang sering mereka pelajari dan baca dalam buku teks tanpa melihat konteks dalam diagram.



Situasi 6  
 Sebuah balok berada dalam keadaan diam di puncak bidang miring.



16. Diagram mana di bawah ini yang menunjukkan gaya-gaya yang bekerja pada balok

A	B	C	D	E
				

17. Tentukanlah persamaan matematis yang sesuai dengan diagram yang anda pilih

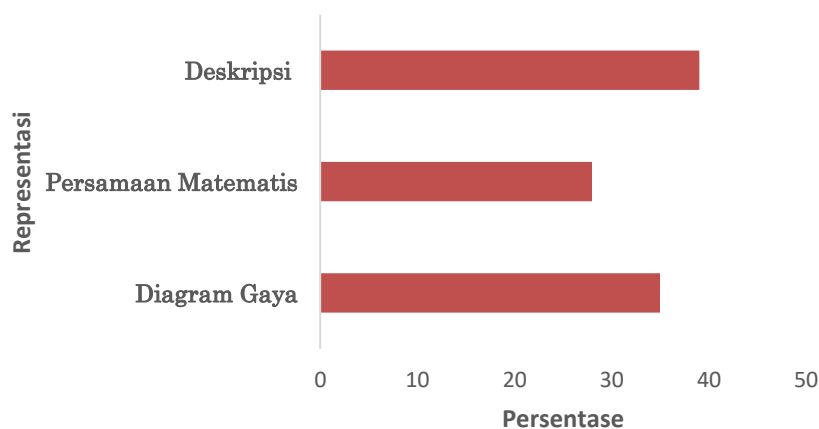
A	B	C	D	E
$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W - f_s = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W \sin \theta - f_s = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W \sin \theta + f_s = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W \cos \theta - f_s = 0$	$\Sigma \vec{F}_x = 0$ $W \cos \theta + f_s = 0$

18. Pernyataan yang tepat menyebabkan balok tetap diam

- Besar gaya normal sama dengan besar gaya berat
- Besar gaya berat sama dengan besar gaya gesek
- Komponen gaya berat searah bidang miring sama besar dengan gaya gesek
- Komponen gaya berat searah bidang miring lebih besar dari gaya gesek
- Komponen gaya berat searah bidang miring lebih kecil dari gaya gesek

**Gambar 6. Pertanyaan Situasi 6 (no 16,17,18)**

Hasil ini sejalan dengan penelitian Sirait (2023) tentang kemampuan representasi pada gerak lurus yang melibatkan tiga representasi yakni tabel, grafik, dan persamaan diperoleh bahwa kemampuan siswa paling rendah adalah mentransformasi representasi yang melibatkan persamaan matematis. Redish dan Kuo (2015) menyatakan bahwa matematika merupakan sebuah bahasa yang digunakan untuk memahami konsep fisika dan menyelesaikan permasalahan dalam fisika. Mereka menekankan bahwa salah satu tantangan yang sering terjadi adalah siswa atau mahasiswa yang belajar fisika tidak mampu membuat arti dari persamaan yang disajikan karena sering menganggap bahwa persamaan dalam matematika sama dengan persamaan dalam fisika. Lebih lanjut lagi, kemampuan mengkonstruksi dan mentransformasi representasi dapat meningkatkan pemahaman konsep (Tippett, 2016) dan siswa yang menggambar diagram lebih berhasil dalam menyelesaikan soal fisika (Lucas & Lewis, 2019).



**Gambar 7. Persentase mahasiswa yang menjawab benar untuk setiap representasi**

## SIMPULAN

Kemampuan rata-rata mahasiswa menyelesaikan tes kompetensi representasi gaya berada pada kategori pemula. Mahasiswa lebih mudah mendeskripsikan gaya-gaya yang bekerja pada balok dibandingkan dengan memilih diagram gaya yang tepat sesuai dengan situasi. Kompetensi yang paling rendah adalah kemampuan mahasiswa mentransformasi diagram gaya ke dalam persamaan matematis. Kemudian, mahasiswa mengalami kendala dalam membedakan balok yang bergerak dengan kecepatan dan percepatan konstan untuk permukaan horijontal dan bidang miring.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada Universitas Tanjungpura yang mendukung penelitian ini melalui DIPA UNTAN tahun 2023. Terimakasih juga kepada validator dan mahasiswa yang sudah terlibat dalam penelitian ini.

## REFERENSI

- Alonzo, A. C., & Steedle, J. T. (2009). Developing and assessing a force and motion learning progression. *Science Education*, 93(3), 389–421.
- Aviani, I., Erceg, N., & Mešić, V. (2015). Drawing and using free body diagrams: Why it may be better not to decompose forces. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 11(2), 1–14.
- Balta, N., & Asikainen, M. A. (2019). A comparison of Olympians' and regular students' approaches and successes in solving counterintuitive dynamics problems. *International Journal of Science Education*, 41(12), 1644-1666
- Bollen, L., Van Kampen, P., Baily, C., Kelly, M., & De Cock, M. (2017). Student difficulties regarding symbolic and graphical representations of vector fields. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1–17.
- Burkholder, E. W., Murillo-Gonzalez, G., & Wieman, C. (2021). Importance of math prerequisites for performance in introductory physics. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 10108.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2018). *Research Methods in Education* (Eight). Routledge, Taylor & Francis Group.
- Creswell, J. W., & Creswell, J. D. (2018). *Research Design* (Fifth). SAGE Publication .
- Etkina, Planinsic, & Van Heuvelen. (2019). *A College Physics: Explore and Apply* (2nd ed.). Pearson.
- Giambattista, A., Richardson, B. M., & Richardson, R. C. (2004). *College Physics, Volume One*. McGraw-Hill.
- Giancoli, D. C. (2014). *Physics Principles with Applications Volume 1*. Pearson.
- Hestenes, D., Wells, M., & Swackhamer, G. (1992). Force concept inventory. *The Physics Teacher*, 30(3), 141-158.
- Klein, P., Müller, A., & Kuhn, J. (2017). Assessment of representational competence in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 010132.
- Kohnle, A., Ainsworth, S. E., & Passante, G. (2020). Sketching to support visual learning with interactive tutorials. *Physical Review Physics Education Research*, 16(2), 020139.
- Küchemann, S., Malone, S., Edelsbrunner, P., Lichtenberger, A., Stern, E., Schumacher, R., Brünken, R., Vaterlaus, A., & Kuhn, J. (2021). Inventory for the assessment of representational competence of vector fields. *Physical Review Physics Education Research*, 17(2), 020126.
- Lucas, L. L., & Lewis, E. B. (2019). High school students' use of representations in physics problem solving. *School Science and Mathematics*, 119(6), 327–339.
- Nie, Y., Xiao, Y., Fritchman, J. C., Liu, Q., Han, J., Xiong, J., & Bao, L. (2019). Teaching towards knowledge integration in learning force and motion. *International Journal of Science Education*, 41(16), 1672905.
- 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), 1–12.
- Redish, E. F., & Kuo, E. (2015). Language of Physics, Language of Math: Disciplinary Culture and Dynamic Epistemology. *Science and Education*, 24(5–6), 561–590.
- Robertson, A. D., Goodhew, L. M., Scherr, R. E., & Heron, P. R. L. (2021). University student conceptual resources for understanding forces. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 010121.
- Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R., & Schnotz, W. (2019). Improving learners' representational coherence ability with experiment-related representational activity tasks. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010142.
- Sirait, J., Ainley, J., & Barstow, M. (2023). The pattern of physics education students' diagrams and answers in solving force problems. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 12(2), 178–186.
- Sirait, J., Hamdani, H., & Mursyid, S. (2019). The relationship between students' views and performance of solving physics problems. *Journal of Physics: Conference Series*, 1171(1), 012008.
- Sirait, Judyanto; (2023). Analisis kemampuan siswa dalam menyelesaikan tes kompetensi representasi gerak lurus beraturan (TKR-GLB). *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 12(1), 12–22.
- Sirait, Judyanto; Firdaus, F., Hidayatullah, M. M. S., & Habellia, R. C. (2023). Development and Validation of Force Test to Assess Physics Education Students' Representational Competence. *Jurnal Pendidikan Sains Indonesia*, 11(2), 306–317.
- Sirait, Judyanto. (2020). *Students' Use of Representations in Solving Physics Problems: Complete and Incomplete Force Diagrams*. University of Leicester.
- Sirait, Judyanto. (2021). *Multirepresentasi Dalam Penyelesaian Soal Fisika*. Fahrana Bahagia.
- Thornton, R. K., & Sokoloff, D. R. (1998). Assessing student learning of Newton's laws: The Force and Motion Conceptual Evaluation and the Evaluation of Active Learning Laboratory and Lecture Curricula. *American Journal of Physics*, 66(4), 18863.
- Tippett, C. D. (2016). What recent research on diagrams suggests about learning with rather than learning from visual representations in science. *International Journal of Science Education*, 38(5), 725–746.
- Tong, D., Liu, J., Sun, Y., Liu, Q., & Zhang, X. (2023). Assessment of student knowledge integration in learning work and mechanical energy. *Physical Review Physics Education Research*, 19(1), 010127.