



ANALISIS KEMAMPUAN SISWA DALAM MENYELESAIKAN TES KOMPETENSI REPRESENTASI GERAK LURUS BERATURAN (TKR-GLB)

Judyanto Sirait^{1*}

¹Program 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: 2023-05-09 Accepted: 2023-05-29 Published: 2023-06-03

Abstrak

Kinematika merupakan salah satu topik dalam fisika yang membahas tentang gerak sebuah benda pada lintasan lurus. Topik ini menjadi dasar untuk mempelajari topik lain seperti gerak melingkar, parabola dan rotasi. Siswa mempelajari topik ini sejak sekolah menengah hingga perguruan tinggi. Jadi tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis kemampuan siswa menyelesaikan tes representasi gerak lurus dengan melibatkan tiga bentuk representasi yakni tabel, grafik, dan formula. Penelitian survey dilakukan untuk mengukur kompetensi representasi siswa dengan melibatkan 8 sekolah menengah atas (SMA) di kota Pontianak. Sebanyak 672 siswa terlibat dalam penelitian ini untuk menjawab tes sebanyak 24 butir berbentuk pilihan ganda. Jawaban siswa yang benar diberi skor 1 dan jawaban yang salah diberi skor 0 kemudian dikonversi ke skor 100. Hasil penelitian menunjukkan bahwa skor rata-rata kompetensi representasi siswa adalah 43.64 dengan kategori sedang. Persentase siswa pada kategori tinggi, sedang, dan rendah berturut-turut adalah 14.88%, 36.14%, dan 48.96%. Selanjutnya skor kompetensi representasi siswa paling tinggi yakni dari grafik ke tabel (57.07) sedangkan yang paling rendah adalah 35.65 dari formula ke grafik. Skor kompetensi representasi siswa berada di bawah 50 jika melibatkan representasi formula. Ini mengindikasikan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam mentransformasi formula. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa siswa tidak mampu menentukan slope positif atau negatif dari data posisi yang diberikan. Untuk itu pendidik harus memberikan perhatian khusus ketika mengajarkan konsep gerak lurus yang melibatkan tabel, grafik dan formula serta konsep slope.

Kata kunci: kompetensi representasi, gerak lurus beraturan, tabel, grafik, formula

Abstract

Kinematics is one of the physics topics that discusses about an object is moving in a straight line. This topic is a basis to study other topics such as circular motion, parabolic motion, and rotational motion. Students learn this topic since junior high school until university level. This study aims to analyse students' ability in solving representation test of linear motion by involving three different representations including table, graph, and formula. Survey study has been done to measure students' representational competence by involving eight senior high schools in Pontianak. 672 students solved the test which has 24 items in multiple choice format. Students obtain score 1 if the answer is correct and 0 if the answers is incorrect. The results show that the average score of students' representational competence is 43.64 in intermediate category. The percentages of students in expertlike, intermediate, and novice category are 14.88%, 36.14%, and 48.96% respectively. The highest score of students' representational competence is from table to graph (57.07) meanwhile the lowest score is from formula to graph which is 35.65. The students' score is below 50 if involving the formula. This indicates that students had difficulties in transforming formula to other representations. The results also shows that students were not able to determine positive and negative slope. Thus, teachers should pay attention when teaching linear motion concepts which involving table, graph, formula, and slope.

Keywords: representational competence, linear motion, table, graph, formula



How to cite (in APA style): Sirait, J. (2023). Analisis kemampuan siswa dalam menyelesaikan Tes Kompetensi Representasi Gerak Lurus Beraturan (TKR-GLB). *Jurnal Pendidikan Informatika Dan Sains*, 12(1), 12–22.

Copyright (c) 2023 Judyanto Sirait
DOI: 10.31571/saintek.v12i1.5675

PENDAHULUAN

Materi gerak lurus sudah dipelajari mulai dari jenjang sekolah menengah hingga perguruan tinggi (Volkwyn et al., 2020). Gerak lurus dapat dikategorikan menjadi dua yaitu gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan (Etkina et al., 2019). Sebuah benda yang bergerak lurus dan memiliki kecepatan konstan disebut gerak lurus beraturan. Sementara sebuah benda yang bergerak lurus dengan percepatan konstan disebut dengan gerak lurus berubah beraturan. Sebuah benda dapat bergerak lurus pada situasi horijontal dan vertikal. Contoh situasi horijontal dalam kehidupan sehari-hari adalah seorang pengendara sepeda motor bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Sedangkan sebuah bola yang di lempar ke atas dan buah kelapa yang jatuh dari pohon merupakan contoh dalam konteks vertikal.

Variabel-variabel gerak lurus diantaranya posisi, jarak, perpindahan, waktu, kelajuan, kecepatan, dan percepatan (Volkwyn et al., 2020). Bentuk representasi yang sering digunakan pada gerak lurus adalah gambar, tabel, grafik, dan persamaan matematis (Klein et al., 2017; Lichtenberger et al., 2017). Data yang diperoleh dari sebuah percobaan atau eksperimen gerak lurus dapat disajikan dalam tabel kemudian dapat divisualisasikan dalam bentuk grafik dengan tujuan memudahkan dalam membaca data dan menganalisa data (Glazer, 2011). Sebagai contoh, posisi sebuah benda dalam waktu tertentu disajikan dalam tabel kemudian ditransformasikan ke dalam grafik. Selanjutnya tampilan dalam grafik dapat dinyatakan dalam bentuk persamaan matematis. Pada konteks gerak lurus beraturan, sebuah grafik umumnya terdiri dari dua variabel yaitu posisi versus waktu dan kecepatan versus waktu.

Graphicacy adalah kemampuan bekerja dengan grafik (Lavery & Kortemeyer, 2012). Kemampuan yang sangat penting adalah memahami data dan memvisualkan variabel-variabelnya. Ada tiga kategori dalam menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan grafik yaitu: *elementary*, *intermediate*, dan *comprehensive*. Pertanyaan *elementary* adalah mengekstrak data sederhana. Pertanyaan *intermediate* adalah mengidentifikasi pola atau tren. Sementara pertanyaan *comprehensive* adalah membandingkan seluruh struktur grafik. Sebagai contoh, sebuah grafik posisi versus waktu. Pertanyaan *elementary* adalah dimana posisi mobil pada saat $t = 3s$. Sementara pertanyaan *intermediate* adalah selama interval waktu tersebut, apakah mobil bergerak mundur. Pertanyaan *comprehensive* adalah kapan mobil mencapai kecepatan paling tinggi. Memahami dan menginterpretasikan grafik merupakan kemampuan yang sangat penting dalam belajar sains khususnya pada bidang fisika (Ivanjek et al., 2016). Namun siswa sering kurang pemahaman dalam menghubungkan antara grafik dan situasi nyata dan mengalami kesulitan dalam membaca dan menginterpretasikan grafik (Planinic et al., 2013).

Berpikir logis dan kemampuan spasial merupakan syarat untuk memahami grafik gerak lurus atau kinematika (Planinic et al., 2013). Siswa yang lebih visual (kemampuan spasial rendah) yang membuat gambar dari situasi nyata (visualisasi) cenderung menginterpretasikan grafik sebagai gambar situasi nyata dan tidak mampu mengekstrak informasi yang relevan dari grafik. Sementara siswa yang lebih spasial menganggap grafik menjadi sebuah representasi spasial yang abstrak dan tidak ada dari mereka yang menyimpulkan atau menganggap grafik sebagai gambar gerak yang konkrit.

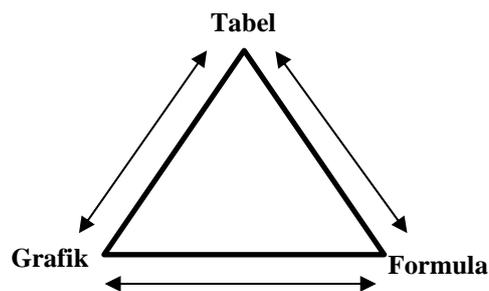
Penelitian tentang kompetensi siswa pada representasi grafik telah dilakukan oleh peneliti pendidikan fisika. Sebuah studi dilakukan oleh Planinic *et al.* (2013) tentang pemahaman grafik dalam konteks fisika dan matematika. Mereka menemukan bahwa grafik dalam konteks fisika lebih sulit

dibandingkan dengan grafik dalam konteks matematika. Ini mengindikasikan bahwa mahasiswa belum mampu mentransformasikan pemahaman mereka ke dalam konteks yang lain. Ivanjek et al. (2016) melakukan sebuah studi yang melibatkan mahasiswa untuk mengetahui kemampuan mahasiswa dalam menginterpretasikan grafik dalam tiga domain: fisika, matematika, konteks lain. Hasil yang diperoleh adalah mahasiswa mengalami kesulitan dalam memahami slope dan area di bawah kurva. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Van den Eynde *et al.* (2019) adalah menyelidiki kekonsistenan siswa dalam menerjemahkan konsep fisika antara grafik dan persamaan. Mereka menemukan bahwa lebih mudah bagi siswa untuk menyelesaikan soal kinematika dalam konteks matematika dibandingkan dengan soal dalam konteks fisika. Disamping itu, siswa lebih berhasil ketika memulai dari grafik ke persamaan dibandingkan dengan dari persamaan ke grafik. Indikasi dari penelitian ini adalah berkaitan dengan pemahaman konsep dan konsep matematika, konteks atau domain dapat mempengaruhi kemampuan siswa untuk menginterpretasikan representasi.

Sejumlah tes pemahaman grafik sudah dikembangkan oleh peneliti pendidikan fisika. Beichner (1994) mengembangkan sebuah tes pemahaman grafik (*Test of Understanding Graphs in Kinematics – TUGK*) dalam bentuk pilihan ganda untuk menguji pemahaman konsep siswa dan mahasiswa pada topik kinematika. Tes ini dikembangkan berdasarkan kesulitan siswa dalam menginterpretasikan grafik. Pengembangan tes ini melalui analisis statistik meliputi perhitungan KR-20, *point biserial coefficients*, Ferguson's delta untuk menjamin reliabilitas tes. Kemudian Zavala et al. (2017) memodifikasi TUGK diantaranya menambah beberapa butir soal (21 butir menjadi 26 butir), merevisi pilihan jawaban (*distractors*) dari sejumlah butir soal. Analisis yang dilakukan untuk tes ini meliputi tingkat kesulitan, daya pembeda, dan reliabilitas.

Kemudian, Klein, Muller & Kuhn (2017) mengembangkan *two-tier test* pada materi kinematika (*representational competence in the field of kinematics – KiRC*). Tes ini terdiri dari 11 butir pilihan ganda dan 7 butir pilihan benar – salah dan mengandung beberapa representasi yaitu gambar, grafik, dan persamaan matematis. Tes ini diperuntukkan bagi mahasiswa tahun pertama yang mengambil mata kuliah pendahuluan mekanika berbasis kalkulus. Analisis yang dilakukan meliputi tingkat kesulitan, daya pembeda, dan reliabilitas. Selanjutnya Lichtenberger et al. (2017) mengembangkan sebuah tes konsep kinematika (*kinematics concept test – KCT*) yang terdiri dari 49 butir dengan bentuk pilihan ganda. Tes ini bertujuan untuk mengukur konsep siswa yaitu kecepatan sebagai nilai, kecepatan sebagai vektor satu dimensi, penjumlahan kecepatan dalam dua dimensi, perpindahan sebagai area di bawah kurva vt , percepatan sebagai nilai, percepatan sebagai satu dimensi, dan perubahan kecepatan sebagai area di bawah kurva at .

Sejumlah tes di atas fokus pada mengukur pemahaman konsep kinematika siswa dan mahasiswa yang disajikan dalam berbagai bentuk representasi. Namun mengukur kompetensi siswa mengubah representasi dari satu bentuk ke bentuk lain masih terbatas dan belum ada dalam versi bahasa Indonesia. Sementara kemampuan mengubah atau mentransformasi representasi atau dikenal dengan istilah kemampuan kompetensi representasi (De Cock, 2012; Rau, 2017; Tippett, 2016) sangat penting ketika belajar fisika khususnya pada materi gerak lurus.



Gambar 1. Kemampuan representasi tabel, grafik, dan formula (TGF)

Untuk itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur kompetensi representasi siswa pada gerak lurus yang meliputi tiga bentuk representasi yakni tabel, grafik, dan formula. Kemampuan siswa dalam mentransformasi ketiga representasi (dari tabel ke grafik, dari grafik ke tabel, dari grafik ke formula, dari formula ke grafik, dari tabel ke formula, dan dari formula ke tabel) ditunjukkan pada Gambar 1. Penelitian ini menggunakan tes yang dikembangkan oleh Ceuppens et al (2018) dengan menerjemahkan ke dalam versi bahasa Indonesia.

METODE

Jenis penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah survey. Menurut Creswell & Creswell (2018), 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. Penelitian survey ini melibatkan 672 siswa sekolah menengah atas (SMA) dengan akreditasi yang sama (A) di kota Pontianak. Sampel penelitian diperoleh dari 4 sekolah negeri dan 4 sekolah swasta dengan cara random (Cohen et al., 2018).

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini adalah tes kompetensi representasi gerak lurus beraturan yang dikembangkan oleh Ceuppens et al. (2018). Tes ini terdiri dari 24 butir soal pilihan ganda yang meliputi tiga bentuk representasi yakni tabel (T), grafik (G), dan formula (F). Masing-masing transisi representasi terdiri dari 4 butir soal. Konsep yang diukur adalah visualisasi posisi seseorang dalam waktu tertentu yang bergerak dengan kecepatan konstan dalam 3 bentuk representasi (tabel, grafik, dan formula). Untuk lebih rinci tentang tes disajikan dalam Tabel 1. Tes dalam versi bahasa Inggris diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia kemudian hasil terjemahan divalidasi oleh dosen bahasa Inggris dan dosen pendidikan fisika. Validasi ini bertujuan untuk memastikan ketepatan terjemahan dan istilah yang digunakan dalam fisika (Matejak et al., 2022).

Tabel 1. Rincian TKR-GLB

Representasi	Nomor
Tabel ke Grafik (T → G)	3,7,13,23
Grafik ke Tabel (G → T)	1,10,14,19
Grafik ke Formula (G → F)	6,12,15,24
Formula ke Grafik (F → G)	2,9,18,21
Tabel ke Formula (T → F)	4,8,16,20
Formula ke Tabel (F → T)	5,11,17,22

Tes kompetensi representasi gerak lurus beraturan terlebih dahulu diuji coba dalam skala kecil untuk mengetahui apakah ada item soal yang sulit dipahami dan mengetahui waktu yang dibutuhkan untuk mengerjakan tes tersebut. Kemudian tes tersebut diberikan kepada siswa SMA di kota Pontianak yang menjadi partisipan dalam penelitian ini. Siswa sudah mendapat materi gerak lurus beraturan sebelumnya. 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 menganalisis kemampuan representasi siswa untuk masing-masing representasi: tabel ke grafik, grafik ke tabel, grafik ke persamaan, persamaan ke grafik, tabel ke persamaan dan persamaan ke tabel.

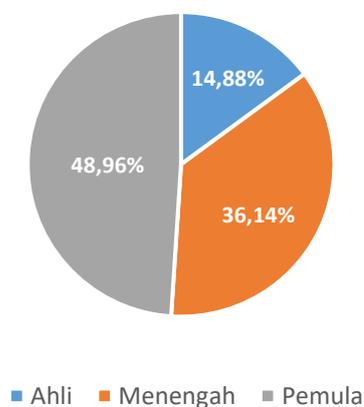
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tes representasi gerak lurus beraturan dikembangkan, divalidasi dan diberikan oleh Ceuppens et al (2018) kepada siswa sekolah menengah di Belgia. Tes yang berjumlah 24 butir dengan tiga

bentuk representasi (grafik, tabel, dan persamaan) adalah versi bahasa Inggris. Untuk keperluan penelitian ini, tes tersebut diterjemahkan oleh penulis ke dalam bahasa Indonesia. Kemudian hasil terjemahan divalidasi oleh dua orang dosen bahasa Inggris dan dua orang dosen pendidikan fisika. Ada tiga aspek yang diuji oleh ahli yaitu keakuratan, penerimaan, dan keterbacaan (Balta et al., 2016). Keakuratan adalah ketepatan terjemahan makna kata, istilah dan kalimat. Kemudian, kesesuaian bahasa terjemahan sehingga terasa alamiah, lazim dan akrab bagi pembaca bahasa Indonesia merupakan aspek penerimaan. Sedangkan keterbacaan adalah kemudahan pembaca memahami kata, istilah teknis, frasa, klausa, kalimat atau teks secara keseluruhan. Validator diminta untuk memberikan penilaian ya atau tidak untuk ketiga aspek tersebut. Berdasarkan hasil validasi bahwa secara keseluruhan validator memberikan ya untuk seluruh item. Itu berarti bahwa hasil terjemahan tes layak digunakan untuk versi bahasa Indonesia.

Hasil terjemahan dan validasi dinamai menjadi tes kompetensi representasi gerak lurus beraturan (TKR-GLB) kemudian diujicobakan kepada 30 orang siswa pada salah satu SMA di kota Pontianak. Uji coba ini (studi pilot) bertujuan untuk mengetahui keterbacaan soal oleh siswa dan waktu yang dibutuhkan oleh siswa untuk mengerjakan tes tersebut (Rainey et al., 2022). Berdasarkan respon dari siswa bahwa setiap pertanyaan dan pilihan jawaban sudah jelas sehingga tidak ada item yang perlu direvisi atau dengan kata lain layak untuk digunakan. Selanjutnya siswa mengerjakan tes tersebut mulai dari 50 menit hingga 70 menit. Sehingga rata-rata yang dibutuhkan untuk menyelesaikan tes tersebut adalah 60 menit. Setelah ujicoba skala kecil, tes tersebut diberikan kepada sampel skala besar dengan melibatkan 672 siswa.

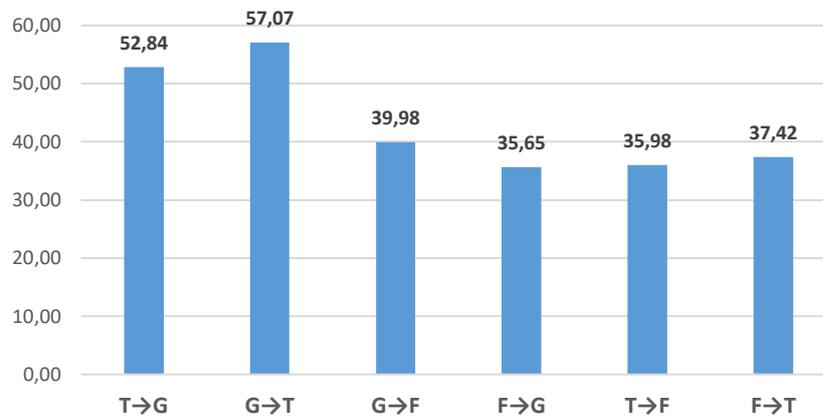
Berdasarkan analisis data diperoleh bahwa skor rata-rata kemampuan representasi siswa adalah 43,64 dengan kategori *intermediate* (menengah). Ini berarti bahwa rata-rata siswa mampu menjawab 10 dari 24 item tes dengan tepat. Persentase kompetensi representasi siswa ditunjukkan pada Gambar 2. Sebanyak 100 (14,88%) orang siswa berada pada level *expertlike* (ahli) dan sebanyak 243 (36,14%) siswa berada pada level *intermediate* (menengah). Sementara 48,96% (329) siswa di level *novice* (pemula). Diagram menunjukkan bahwa sekitar 50% siswa yaitu pada level *novice* hanya mampu menjawab 9 dari 24 item tes dengan benar. Ini mengindikasikan bahwa siswa masih mengalami kesulitan dalam mentransformasi konsep dalam berbagai bentuk representasi yang dalam hal ini antara tabel, grafik, dan formula. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Van den Eynde et al. (2019) bahwa siswa mengalami kendala dalam menyelesaikan gerak lurus yang berkaitan dengan grafik dan formula.



Gambar 2. Persentase kemampuan representasi siswa

Kemudian kompetensi representasi siswa untuk masing-masing transisi representasi ditunjukkan pada Gambar 3. Kemampuan representasi grafik ke tabel dan sebaliknya tabel ke grafik merupakan yang paling tinggi yaitu di atas 50. Mengubah grafik ke tabel menjadi lebih mudah bagi siswa dibandingkan dengan mengubah tabel ke grafik. Hasil ini hampir sama dengan hasil penelitian yang

dilakukan oleh Ceuppens et al (2018) namun perbedaannya adalah skor siswa pada penelitian mereka untuk kedua transisi representasi ini adalah di atas 80. Sementara skor kemampuan representasi yang lain yaitu grafik ke formula, formula ke grafik, tabel ke formula dan formula ke tabel berkisar antara 35 hingga 40. Dari diagram tersebut menunjukkan bahwa mengubah representasi yang melibatkan formula menjadi tantangan bagi siswa. Hasil yang sama juga diperoleh oleh Ceuppens et al (2018). Mengubah formula ke grafik dan tabel ke formula menjadi yang paling sulit bagi siswa. Selanjutnya mengubah representasi tabel dan formula ke grafik menjadi tantangan juga bagi siswa. Secara keseluruhan skor siswa lebih tinggi jika melibatkan representasi grafik dan lebih rendah jika melibatkan formula. Hal ini diakibatkan oleh representasi formula lebih abstrak karena hanya simbol saja dibanding dengan grafik (Susac et al., 2018).



Gambar 3. Skor kompetensi representasi siswa untuk setiap representasi

Kompetensi representasi siswa dari tabel ke grafik dan sebaliknya grafik ke tabel disajikan pada Tabel 2. Tabel tersebut mendeskripsikan persentase siswa yang menjawab benar untuk 8 item soal. 4 item representasi tabel ke grafik berpasangan dengan 4 item representasi grafik ke tabel. Sebagai contoh item 13 menyajikan tabel dimana posisi awal pembalap sepeda mulai dari titik 0 dan bergerak ke posisi yang lebih besar (positif) dan item 1 menyajikan grafik posisi pembalap sepeda yang bergerak dari titik 0 hingga ke posisi tertentu yang lebih besar (positif). Item 13 dan item 1 ditunjukkan pada Gambar 4.

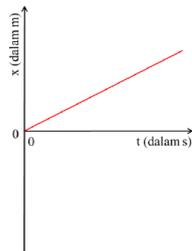
Tabel 2. Persentase siswa yang menjawab benar representasi ($T \rightarrow G$) dan ($G \rightarrow T$)

Representasi ($T \rightarrow G$)	Jumlah dan persentase	Representasi ($G \rightarrow T$)	Jumlah dan persentase
3	342 (50.89%)	14	382 (56.85%)
7	361 (53.72%)	19	348 (51.78%)
13	420 (62.50%)	1	475 (70.68%)
23	360 (53.71%)	10	394 (58.63%)

Berdasarkan Tabel 2, jumlah siswa yang menjawab benar paling tinggi yakni item 1 dan item 13. Ini mengindikasikan bahwa lebih mudah bagi siswa untuk mentransformasi data yang dimulai dari titik nol (sumbu $y = 0$) dan memiliki slope positif dibandingkan dengan situasi yang lain. Tiga soal yang lain yaitu item 3 dan 14 memiliki sumbu y negatif dan slope positif, item 7 dan 19 memiliki sumbu y positif dan slope positif, dan item 23 dan 10 memiliki sumbu y positif dan slope negatif. Siswa mengalami kesulitan untuk mentransformasi data yang dimulai bukan dari titik nol baik sumbu y positif dan negatif. Temuan ini juga sama dengan temuan oleh Ceuppens et al (2018). Hal ini mungkin diakibatkan karena siswa terbiasa membaca data yang selalu mulai dari titik nol ketika belajar matematika pada materi trigonometri dan belajar fisika ketika belajar materi gerak lurus dan gelombang. Kemudian ketika data

posisi disajikan pada sumbu y negatif, siswa cenderung menganggap slopenya adalah negatif yang mengakibatkan kecepatannya negatif.

1. Seorang pembalap sepeda bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Grafik berikut menunjukkan hubungan antara posisi x (dalam meter) dan waktu t (dalam sekon).



Tabel manakah yang menunjukkan hubungan posisi dan waktu dari grafik tersebut?

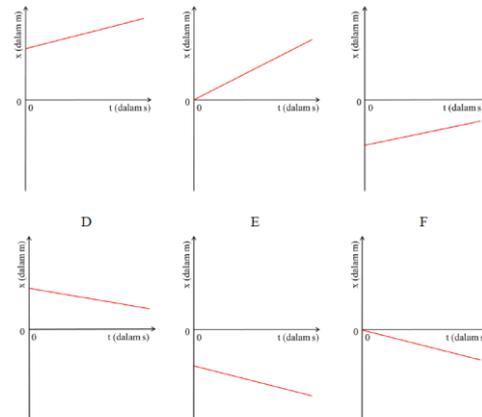
A		B		C	
t (s)	x (m)	t (s)	x (m)	t (s)	x (m)
0	-24	0	24	0	-24
1	-20	1	28	1	-28
2	-16	2	32	2	-32
3	-12	3	36	3	-36
4	-8	4	60	4	-40

D		E		F	
t (s)	x (m)	t (s)	x (m)	t (s)	x (m)
0	24	0	0	0	0
1	20	1	4	1	-4
2	16	2	8	2	-8
3	12	3	12	3	-12
4	8	4	16	4	-16

13. Seorang pembalap sepeda bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Tabel berikut menunjukkan hubungan antara posisi x (dalam meter) dan waktu t (dalam sekon).

t (dalam s)	x (dalam m)
0	0
1	7
2	14
3	21
4	28

Grafik manakah yang menunjukkan hubungan posisi dan waktu dari tabel tersebut?



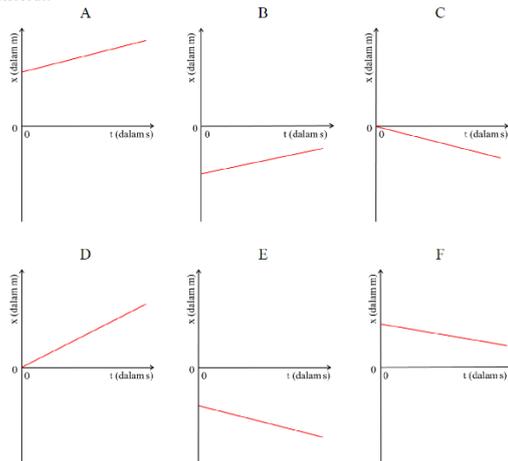
Gambar 4. Item 1 dan item 13

Kompetensi representasi siswa dari grafik ke formula dan sebaliknya formula ke grafik disajikan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa semua item kecuali item 18 di bawah 50%. Ini mengindikasikan bahwa lebih dari 50% siswa tidak mampu mengubah representasi grafik ke formula dan formula ke grafik. Hal ini mungkin diakibatkan oleh formula dalam soal menggunakan simbol bukan menggunakan angka sehingga lebih abstrak bagi siswa. Kemudian bagi siswa mengubah representasi formula ke grafik lebih sulit dibandingkan dengan mengubah grafik ke formula. Ini menunjukkan bahwa formula lebih abstrak dibandingkan dengan grafik (Van den Eynde et al., 2019). Ketika data divisualisasikan dengan grafik, akan lebih mudah melihat tanda variabel posisi akibatnya akan lebih mudah menentukan besar kecepatan. Contoh representasi formula ke grafik dan grafik ke formula ditunjukkan pada Gambar 5. Dua item yakni item 2 dan item 24 menjadi yang paling sulit bagi siswa. Item 2 menyajikan formula kemudian siswa diminta untuk memilih grafik yang sesuai untuk formula tersebut sedangkan item 24 menyajikan grafik kemudian siswa diminta untuk memilih formula yang sesuai untuk grafik tersebut. Jika dibandingkan keempat item (2,9,18,21) transisi representasi formula ke grafik, item 2 menjadi yang paling sulit. Ini mungkin diakibatkan oleh posisi pembalap sepeda bergerak bukan dari titik nol atau $x_0 > 0$. Sekitar 24% siswa memilih jawaban yang tepat yakni F dan sisanya tersebar memilih empat pilihan lain. Sementara item 18, pembalap sepeda bergerak mulai dari posisi nol sehingga lebih mudah bagi siswa untuk menerjemahkan ke grafik.

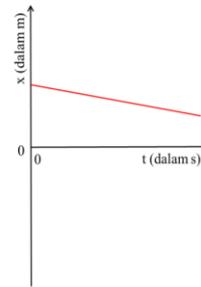
Tabel 3. Persentase siswa yang menjawab benar representasi ($G \rightarrow F$) dan ($F \rightarrow G$)

Representasi ($G \rightarrow F$)	Jumlah dan persentase	Representasi ($F \rightarrow G$)	Jumlah dan persentase
6	279 (41.52%)	18	354 (52.68%)
12	308 (45.83%)	9	292 (43.45%)
15	297 (44.20%)	21	249 (37.05%)
24	251 (37.35%)	2	161 (23.96%)

2. Seorang pembalap sepeda bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Hubungan antara posisi x (dalam meter) dan waktu t (dalam sekon) dinyatakan melalui persamaan $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 > 0$ dan $v < 0$. Grafik manakah yang menunjukkan hubungan posisi dan waktu dari persamaan tersebut?



24. Seorang pembalap sepeda bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Grafik berikut menunjukkan hubungan antara posisi x (dalam meter) dan waktu t (dalam sekon).



Persamaan matematis manakah yang menunjukkan hubungan posisi dan waktu dari grafik tersebut?

- A. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 > 0$ dan $v > 0$
- B. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 = 0$ dan $v > 0$
- C. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 < 0$ dan $v < 0$
- D. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 < 0$ dan $v > 0$
- E. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 = 0$ dan $v < 0$
- F. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 > 0$ dan $v < 0$

Gambar 5. Item 2 dan item 24

Kompetensi representasi siswa dari tabel ke formula dan formula ke tabel disajikan pada Tabel 4. Secara keseluruhan persentase siswa yang menjawab benar di bawah 50%. Ini menunjukkan bahwa siswa mengalami kesulitan dalam mentransformasi representasi ini seperti halnya dengan representasi sebelumnya (grafik ke formula dan formula ke grafik). Hal ini sejalan dengan temuan Ceuppens et al (2018). Item 8 dan 11 menjadi item yang paling sulit bagi siswa seperti ditunjukkan pada tabel yakni hanya sekitar 32% siswa yang mampu menjawab dengan benar. Kedua item ini seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 memiliki sumbu y negatif dan slope positif. Pilihan yang tepat untuk masing-masing item 8 dan 11 berturut-turut adalah F dan D. Untuk item 8, siswa memilih B (21.28%) setelah pilihan F. Ini mengindikasikan bahwa siswa menganggap kecepatan pembalap sepeda lebih kecil dari nol ($v < 0$) karena posisinya bertanda negatif. Siswa tidak mampu menentukan slope dari data tabel yang disajikan. Sedangkan untuk item 11, siswa cenderung memilih C (20%). Ini menunjukkan bahwa siswa hanya memperhatikan tanda posisinya yakni negatif tanpa memperhatikan slopenya. Kemudian sebesar 17% memilih A yang berarti hanya memperhatikan kecepatan lebih besar dari nol ($v > 0$). Hasil ini mengindikasikan bahwa siswa mengalami kesulitan membedakan slope positif dan negatif (Maries & Singh, 2013; Wemyss & Van Kampen, 2013).

Tabel 4. Persentase siswa yang menjawab benar representasi ($T \rightarrow F$) dan ($F \rightarrow T$)

Representasi ($T \rightarrow F$)	Jumlah dan persentase	Representasi ($F \rightarrow T$)	Jumlah dan persentase
4	179 (26.64%)	17	234 (34.82%)
8	217 (32.29%)	11	220 (32.74%)
16	289 (43.01%)	22	348 (51.79%)
20	335 (49.85%)	5	262 (38.99%)

Mengubah representasi tabel ke formula dan sebaliknya formula ke tabel tidaklah mudah karena representasi formula memiliki sifat yang abstrak. Untuk itu siswa mencoba merepresentasikan tabel ke grafik terlebih dahulu untuk memudahkan dalam menentukan slopenya apakah positif atau negatif yang berguna untuk menentukan tanda kecepatan. Dengan demikian siswa perlu keterampilan dalam mengubah ketiga representasi secara bolak balik. Memahami representasi grafik sangat penting karena dapat digunakan sebagai alat bantu untuk mentransformasi data ke representasi yang lain (Nixon et al., 2016). Redish & Kuo (2015) menyatakan bahwa kemampuan yang harus dimiliki ketika belajar grafik

adalah kemampuan membuat grafik dari data matematis, kemampuan menginterpretasi grafik artinya memaknai grafik secara fisis, dan kemampuan menghubungkan grafik ke representasi yang lain.

8. Seorang pembalap sepeda bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Tabel berikut menunjukkan hubungan antara posisi x (dalam meter) dan waktu t (dalam detik).

t (dalam sekon)	x (dalam meter)
0	-18
1	-15
2	-12
3	-9
4	-6

Persamaan matematis manakah yang menunjukkan hubungan posisi dan waktu dari tabel tersebut?

- A. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 > 0$ dan $v > 0$
- B. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 < 0$ dan $v < 0$
- C. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 = 0$ dan $v > 0$
- D. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 > 0$ dan $v < 0$
- E. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 = 0$ dan $v < 0$
- F. $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 < 0$ dan $v > 0$

11. Seorang pembalap sepeda bergerak dengan kecepatan konstan pada jalan yang lurus. Hubungan antara posisi x (dalam meter) dan waktu t (dalam sekon) dinyatakan melalui persamaan $x = x_0 + vt$ dengan $x_0 < 0$ dan $v > 0$.

Tabel manakah yang menunjukkan hubungan posisi dan waktu dari persamaan tersebut?

A		B		C	
t (s)	x (m)	t (s)	x (m)	t (s)	x (m)
0	0	0	42	0	0
1	7	1	49	1	-7
2	14	2	56	2	-14
3	21	3	63	3	-21
4	28	4	70	4	-28

D		E		F	
t (s)	x (m)	t (s)	x (m)	t (s)	x (m)
0	-42	0	42	0	-42
1	-35	1	35	1	-49
2	-28	2	28	2	-56
3	-21	3	21	3	-63
4	-14	4	14	4	-70

Gambar 6. Item 8 dan item 11

SIMPULAN

Kemampuan rata-rata siswa menyelesaikan tes kompetensi representasi gerak lurus beraturan berada pada kategori sedang. Siswa lebih mudah mengubah representasi tabel ke grafik dan sebaliknya dibandingkan dengan transisi representasi lain yaitu grafik ke formula dan sebaliknya serta tabel ke formula dan sebaliknya. Hal ini diakibatkan oleh angka dalam tabel dan tanda dalam grafik memudahkan siswa dalam melakukan transisi. Kemudian siswa mengalami kesulitan mengubah transformasi representasi yang melibatkan formula. Ini dikarenakan karena formula lebih abstrak dibandingkan dengan tabel dan grafik. Sebagian besar siswa tidak mampu membedakan slope positif dan negatif untuk menentukan tanda dari kecepatan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Universitas Tanjungpura yang telah mendanai penelitian ini melalui DIPA UNTAN 2023. Penulis juga tidak lupa mengucapkan terimakasih kepada validator serta siswa yang sudah terlibat dalam penelitian ini.

REFERENSI

- Balta, N., Mason, A. J., & Singh, C. (2016). Surveying Turkish high school and university students' attitudes and approaches to physics problem solving. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1–16.
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750-762.
- Ceuppens, S., Deprez, J., Dehaene, W., & De Cock, M. (2018). Design and validation of a test for representational fluency of 9th grade students in physics and mathematics: The case of linear functions. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 1-19.
- 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.
- De Cock, M. (2012). Representation use and strategy choice in physics problem solving. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 8(2), 1-15.
- Etkina, Planinsic, & Van Heuvelen. (2019). *A College Physics: Explore and Apply* (2nd ed.). Pearson.
- Glazer, N. (2011). Challenges with graph interpretation: A review of the literature. *Studies in Science*

- Education*, 47(2), 183–210.
- Henaff, R., Le Doudic, G., Pilette, B., Even, C., Fischbach, J.-M., Bouquet, F., Bobroff, J., Monteverde, M., & Marrache-Kikuchi, C. A. (2018). A study of kinetic friction: The Timoshenko oscillator. *American Journal of Physics*, 86(3), 174–179.
- Ivanjek, L., Susac, A., Planinic, M., Andrasevic, A., & Milin-Sipus, Z. (2016). Student reasoning about graphs in different contexts. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1-13.
- Klein, P., Müller, A., & Kuhn, J. (2017). Assessment of representational competence in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 1-18.
- Laverty, J., & Kortemeyer, G. (2012). Function plot response: A scalable system for teaching kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 80(8), 724–733.
- Lichtenberger, A., Wagner, C., Hofer, S. I., Stern, E., & Vaterlaus, A. (2017). Validation and structural analysis of the kinematics concept test. *Physical Review Physics Education Research*, 13(1), 1-13.
- Maries, A., & Singh, C. (2013). Exploring one aspect of pedagogical content knowledge of teaching assistants using the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 1–14.
- Matejak Cvenic, K., Planinic, M., Susac, A., Ivanjek, L., Jelacic, K., & Hopf, M. (2022). Development and validation of the Conceptual Survey on Wave Optics. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1), 1-11.
- Nixon, R. S., Godfrey, T. J., Mayhew, N. T., & Wiegert, C. C. (2016). Undergraduate student construction and interpretation of graphs in physics lab activities. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 1–19.
- Planinic, M., Ivanjek, L., Susac, A., & Milin-Sipus, Z. (2013). Comparison of university students' understanding of graphs in different contexts. *Physical Review Special Topics - Physics Education Research*, 9(2), 1-9.
- Rainey, K. D., Vignal, M., & Wilcox, B. R. (2022). Validation of a coupled, multiple response assessment for upper-division thermal physics. *Physical Review Physics Education Research*, 18(2), 1–20.
- Rau, M. A. (2017). Conditions for the Effectiveness of Multiple Visual Representations in Enhancing STEM Learning. *Educational Psychology Review*, 29(4), 717–761.
- 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.
- Susac, A., Bubic, A., Kazotti, E., Planinic, M., & Palmovic, M. (2018). Student understanding of graph slope and area under a graph: A comparison of physics and nonphysics students. *Physical Review Physics Education Research*, 14(2), 1-15.
- 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), 1-13.
- Van den Eynde, S., van Kampen, P., Van Dooren, W., & De Cock, M. (2019). Translating between graphs and equations: The influence of context, direction of translation, and function type. *Physical Review Physics Education Research*, 15(2), 1-13.
- Volkwyn, T. S., Airey, J., Gregorcic, B., & Linder, C. (2020). Developing representational competence: linking real-world motion to physics concepts through graphs. *Learning: Research and Practice*, 6(1), 88–107.
- Wemyss, T., & Van Kampen, P. (2013). Categorization of first-year university students' interpretations of numerical linear distance-time graphs. *Physical Review Special Topics -*

Physics Education Research, 9(1), 1–17.

Zavala, G., Tejada, S., Barniol, P., & Beichner, R. J. (2017). Modifying the test of understanding graphs in kinematics. *Physical Review Physics Education Research*, 13(2), 1–16.