



Three Basic Skills of Rectilinear Motion Chart Interpretation; What do Students Already Have and How Should They be?

Tiga Keterampilan Dasar Interpretasi Grafik Gerak Lurus; Apa yang Sudah Siswa Miliki dan Bagaimana Seharusnya?

Rizqy Nur Ayu Putri^{*1}, Sutopo Sutopo²

Departemen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang, Indonesia

This study focuses on identifying high school students' skills in interpreting kinematics graphs of linear motion. The research was implemented by quantitative method to 70 students. The data collection technique was carried out by giving a direct test of 26 multiple choice questions adopted from TUG-K. The students' skills identification was reviewed based on three basic graphing skills, the results showed that 39% of students were skilled in reading graphs directly, 47% of students were skilled in interpreting the slope/gradient of the line and 37% of students were skilled in interpreting the area under the curve. This study found that students did not have full graphing skills. In the case of transforming one graph to another that requires a combination of two or more basic skills, the percentage success score decreased, 37% in the combination of basic skills 1-2 and 31% in the combination of 1-3. The combination of basic skills that requires a more complex thinking process is the main reason for students' failure to answer the questions correctly. The results of this study can be the basis of information for further research in improving students' skills in linear motion graphs.

OPEN ACCESS

ISSN 2540 9859 (online)

Edited by:

Septi Budi Sartika

*Correspondence

Rizqy Nur Ayu Putri

[rizqy.nur.2203218@students.um.ac](mailto:rizqy.nur.2203218@students.um.ac.id)

[.id](mailto:rizqy.nur.2203218@students.um.ac.id)

Received: 14-05-2024

Accepted: 21-05-2024

Published: 30-05-2024

Citation:

Putri Rizqy N.P & Sutopo S (2024)

Three Basic Skills of Rectilinear

Motion Chart Interpretation; What

do Students Already Have and How

Should They be?

Science Education Journal (SEJ).

8:1.

doi: 10.21070/sej.v%vi%i.1662

Keywords: Student Skills; Graph Interpretation; Linear Motion Kinematics

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi keterampilan siswa SMA dalam menginterpretasikan grafik kinematika gerak lurus. Pelaksanaan penelitian ini melalui metode kuantitatif yang dilakukan kepada 70 siswa. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan memberikan tes secara langsung berupa 26 butir soal pilihan ganda yang diadopsi dari TUG-K. Identifikasi keterampilan siswa ditinjau melalui tiga keterampilan dasar grafik, hasilnya menunjukkan bahwa 39% siswa terampil membaca grafik secara langsung, 47% siswa terampil menafsirkan kemiringan/gradien garis dan 37% siswa terampil memaknai luasan di bawah kurva. Penelitian ini menemukan bahwa siswa tidak memiliki keterampilan grafik secara utuh. Pada konteks mentransformasi satu grafik ke grafik lainnya yang membutuhkan kombinasi dari dua atau lebih keterampilan dasar menunjukkan penurunan skor persentase keberhasilan, yakni 37% pada kombinasi keterampilan

dasar 1-2 dan 31% pada kombinasi 1-3. Kombinasi antar keterampilan dasar yang membutuhkan proses berpikir lebih kompleks menjadi alasan utama kegagalan siswa menjawab soal dengan benar. Hasil penelitian ini dapat menjadi dasar informasi bagi penelitian selanjutnya dalam meningkatkan keterampilan siswa pada grafik gerak lurus.

Kata Kunci: Keterampilan Siswa; Interpretasi Grafik; Kinematika Gerak Lurus

PENDAHULUAN

Ilmu pengetahuan terus berkembang. Saat ini grafik telah menjadi tren dalam mengkomunikasikan data (Bragdon et al., 2019). Penggunaan grafik dapat ditemukan di berbagai bidang, seperti ekonomi, politik, hingga pendidikan (Chen, 2021). Grafik mampu merepresentasikan pola dan hubungan antar variabel secara praktis (Patahuddin & Lowrie, 2019). Efektivitas grafik sebagai representasi praktis tentu membutuhkan keterampilan untuk membaca dan menginterpretasinya (Binali et al., 2022). Dengan demikian, memiliki keterampilan menginterpretasikan grafik sama pentingnya dengan keterampilan membaca dan memahami teks (Bursal & Polat, 2020).

Interpretasi grafik diartikan sebagai suatu proses berpikir dalam memahami dan menganalisis informasi berdasarkan sajian grafik (Chen et al., 2018). Keterampilan interpretasi grafik dinyatakan sebagai suatu keterampilan yang membutuhkan tahap kognitif yang kompleks (Ayop & Ismail, 2019; McDermott et al., 1987). Tidak hanya mengandalkan pemrosesan informasi visual, namun juga diperlukan keterampilan dalam menghubungkan persepsi matematis ke dalam konsep gerak lurus (McDermott et al., 1987). Karena selain sebagai representasi data, grafik juga mengekspresikan suatu persamaan matematika fungsi $y(x)$ (Ceuppens et al., 2019). Maka diperlukan serangkaian keterampilan dasar untuk menunjang keterampilan interpretasi grafik (Amin et al., 2020). Berdasarkan tinjauan beberapa penelitian, terdapat tiga keterampilan dasar yang menunjang keterampilan interpretasi grafik, (1) membaca grafik secara langsung dengan memperhatikan label/sumbu, (2) memaknai kemiringan garis/gradien dan (3) memaknai area luasan di bawah kurva (Amin et al., 2020; Beichner, 1994; McDermott et al., 1987; Zavala et al., 2017).

Ketiga keterampilan dasar tersebut penting dimiliki siswa guna menunjang keberhasilannya dalam interpretasi grafik. Ketiga keterampilan dasar interpretasi grafik berpotensi diberikan dalam pembelajaran kinematika (Zavala et al., 2017). Bahkan Beichner menyatakan bahwa keterampilan interpretasi grafik merupakan jantung dari ilmu pengetahuan, salah satunya dalam kinematika gerak lurus (Beichner, 1994). Kinematika gerak lurus merupakan cabang ilmu fisika yang memberikan kerangka kerja yang kuat bagi siswa tentang hubungan antar variabel seperti waktu, posisi, kecepatan, dan percepatan (Hidayah et al., 2019). Guna menghubungkan antar variabel tersebut, guru biasanya menggunakan grafik $x-t$, $v-t$ dan $a-t$ (McDermott et al., 1987). Melalui ketiga grafik kinematika gerak lurus, siswa dapat melatih keterampilannya dalam membaca grafik, menginterpretasi kemiringan dan luasan di bawah kurva (Hidayah et al., 2019).

Meskipun interpretasi grafik telah diajarkan dalam pembelajaran kinematika, faktanya dalam beberapa dekade terakhir interpretasi grafik masih menjadi tren kesulitan bagi siswa (Amin et al., 2020; McDermott et al., 1987; Susac et al., 2018). McDermott dan beberapa peneliti lainnya sepakat bahwa siswa seringkali terjebak karena melihat grafik sebagai gambar nyata suatu keadaan (Elby, 2000; McDermott et al., 1987; Susac et al., 2018; Zavala et al., 2017). Ketika disajikan

grafik dengan kurva melengkung ke bawah, siswa seringkali mengimajinasikan lengkungan tersebut sebagai bukit yang sesungguhnya (McDermott et al., 1987). Siswa cenderung mengamati gambar yang terbentuk oleh grafik, tanpa memperhatikan label/sumbu yang ada (Hidayah et al., 2019). Kesalahan tersebut dikenal dengan istilah WYSIWYG (*what you see is what you get*) (Elby, 2000; Hidayah et al., 2019). Selain itu, Susac menemukan bahwa interpretasi kemiringan garis/gradien dalam grafik gerak lurus menjadi kesulitan yang paling banyak dialami oleh siswa (Susac et al., 2018). Siswa seringkali salah ketika menentukan kecepatan berdasarkan grafik $x-t$, begitupula menentukan percepatan pada grafik $v-t$ (Susac et al., 2018; Taqwa & Rivaldo, 2018). Luasan di bawah kurva juga seringkali tidak diperhatikan oleh siswa (Bajracharya et al., 2023). Padahal, interpretasi luasan di bawah kurva yang identik dengan menghitung integral $\int y dx$ merupakan "shortcut" dalam menentukan perpindahan pada grafik $v-t$ serta menentukan kecepatan pada grafik $a-t$ (Susac et al., 2018). Artinya, kesulitan interpretasi grafik yang telah menjadi tren pada siswa dapat direduksi jika siswa terlatih dalam tiga keterampilan dasar interpretasi grafik.

Dekade terakhir ditemukan beberapa penelitian yang mengungkap keterampilan grafik gerak lurus sebatas pada pemaparan secara kuantitatif (Amin et al., 2020; Ayop & Ismail, 2019; Beichner, 1994; Zavala et al., 2017). Bahkan, penelitian-penelitian tersebut banyak dilakukan pada jenjang perguruan tinggi (Bollen et al., 2016; Bragdon et al., 2019; Patahuddin & Lowrie, 2019; Planinic et al., 2013). Perlu dicatat bahwa penelitian yang mengungkap keterampilan grafik gerak lurus yang ditinjau melalui tiga keterampilan dasar interpretasi grafik masih jarang ditemukan. Melihat celah tersebut, peneliti bermaksud melakukan penelitian identifikasi yang mengungkap secara terperinci kemampuan awal siswa SMA dalam bekerja dengan grafik kinematika. Salah satu cara yang paling umum digunakan untuk mengungkap keterampilan siswa yakni dengan pemberian tes (Klein et al., 2021). Beichner telah berhasil mengembangkan *Test of Understanding of Graphs in Kinematics* (TUG-K) sebagai tes yang mampu mengidentifikasi keterampilan siswa dalam menginterpretasi grafik kinematika gerak lurus (Beichner, 1994). TUG-K ini menjadi tes yang paling relevan digunakan hingga kini (Amin et al., 2020; Susac et al., 2018; Zavala et al., 2017). Hal ini karena TUG-K telah mencakup serangkaian tes untuk mengidentifikasi isu-isu yang menjadi tren kesulitan siswa dalam menginterpretasi grafik kinematika gerak lurus (Beichner, 1994; McDermott et al., 1987; Susac et al., 2018; Zavala et al., 2017). Melalui TUG-K tersebut, peneliti melakukan eksplorasi keterampilan siswa yang ditinjau berdasarkan tiga keterampilan dasar interpretasi yakni (1) Keterampilan membaca grafik secara langsung dengan memperhatikan label/sumbu ketika mendeskripsikan gerakan benda pada grafik posisi-waktu $x(t)$, kecepatan-waktu $v(t)$, dan/atau percepatan-waktu $a(t)$; (2) Keterampilan memaknai kemiringan/gradien garis singgung ketika mendeskripsikan kecepatan benda berdasarkan grafik $x(t)$ dan/atau mendeskripsikan percepatan benda dari grafik $v(t)$; serta (3) keterampilan memaknai area luasan di bawah kurva ketika menentukan jarak tempuh atau perpindahan benda berdasar

grafik $v(t)$ dan/atau menentukan perubahan kecepatan benda berdasar grafik $a(t)$. Harapannya, hasil penelitian ini dapat menjadi dasar dalam merancang strategi pembelajaran yang efektif untuk meningkatkan keterampilan siswa ketika bekerja dengan grafik kinematika.

METODE

Penelitian ini berfokus untuk mengidentifikasi keterampilan grafik pada siswa dengan metode kuantitatif. Pada penelitian ini data dikumpulkan melalui tes yang diadopsi dari *Test of Understanding Graphs in Kinematics* (TUG-K) yang telah dikembangkan oleh Beichner (Beichner, 1994). Tes ini terdiri dari 26 soal pilihan ganda dan telah diuji secara empiris pada 100 siswa SMA. Hasilnya menunjukkan bahwa TUG-K telah memenuhi standar validitas dan reliabilitas di Indonesia dengan nilai signifikansi rata-rata sebesar 0,037 dan nilai Cronbach's Alpha sebesar 0,654. Tingkat kesukaran dari 26 soal tergolong sedang dengan kategori indeks daya pembeda dalam kriteria baik.

Pelaksanaan penelitian ini secara langsung yang melibatkan 70 siswa SMA kelas XI MIPA di Malang, Indonesia. Pembahasan difokuskan pada analisis hasil identifikasi keterampilan siswa dalam menentukan jarak tempuh/perpindahan, kecepatan, dan percepatan berdasarkan tiga grafik kinematika gerak lurus, yaitu grafik posisi-waktu $x(t)$, grafik kecepatan-waktu $v(t)$ dan grafik percepatan-waktu $a(t)$. Keterampilan grafik pada siswa diidentifikasi berdasarkan indikator sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 1.

[\[Table 1 about here.\]](#)

Analisis jawaban siswa dinilai dengan memberikan skor 1 untuk jawaban benar dan skor 0 untuk jawaban salah. Hasil analisis jawaban siswa ditampilkan dalam bentuk tabel yang memuat statistik deskriptif berupa skor dan persentase rata-rata pada kelima indikator keterampilan interpretasi grafik. Pembahasan dipaparkan secara rinci pada masing-masing indikator keterampilan grafik yang menjawab kekuatan dan kelemahan siswa ketika bekerja dengan grafik gerak lurus.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis jawaban menunjukkan bahwa rata-rata siswa mendapatkan skor 10,64 dengan skor tertinggi 23,0 dan terendahnya adalah 6,0 sebagaimana yang ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

[\[Table 2 about here.\]](#)

Secara keseluruhan, hasil ini menunjukkan bahwa mayoritas siswa memiliki keterampilan grafik gerak lurus yang berada pada tingkat rata-rata (10,64), namun dengan variasi yang signifikan. Variasi signifikansi tersebut teramati berdasarkan skor standar deviasi (4,10) yang mengindikasikan tingkat variasi yang cukup besar. Artinya, beberapa siswa terindikasi mencapai skor yang jauh di atas

rata-rata, sementara yang lainnya memperoleh skor yang lebih rendah. Dengan kata lain, sebaran skor yang luas mengindikasikan bahwa ada siswa yang sangat mahir dalam menginterpretasi grafik gerak lurus, sementara ada juga siswa yang mungkin masih mengalami kesulitan. Meskipun demikian, terdapat sekelompok siswa yang memiliki keterampilan grafik gerak lurus di atas rata-rata. Hal ini terindikasi berdasarkan skor skewness yang menunjukkan nilai positif (0,97) yang mengindikasikan distribusi skor memiliki kecenderungan condong ke arah nilai yang lebih tinggi dari rata-rata.

Analisis jawaban siswa berdasarkan indikator keterampilan interpretasi grafik menunjukkan bahwa rata-rata 38,2% siswa dapat menjawab soal dengan benar. Hasil analisis menunjukkan bahwa interpretasi kemiringan grafik memperoleh skor persentase yang paling tinggi. Artinya sebanyak 47% siswa telah mampu memaknai grafik melalui kemiringan/gradien garis singgung. Meskipun temuan ini tidak sejalan dengan Susac yang menyatakan bahwa kemiringan/gradien garis merupakan tren kesulitan yang paling banyak dialami siswa (Susac et al., 2018). Namun, ketika siswa diminta untuk mentransformasi satu grafik ke grafik lainnya sehingga membutuhkan kombinasi keterampilan interpretasi kemiringan/gradien dengan keterampilan membaca grafik menunjukkan terjadinya penurunan skor persentase keberhasilan siswa menjawab soal dengan benar. Tercermin pada hasil kombinasi indikator 1 dan 2 yang lebih rendah dibandingkan dengan masing-masing indikator 1 dan 2. Hal tersebut menguatkan fakta bahwa mengkombinasikan suatu keterampilan membutuhkan proses berpikir yang lebih kompleks dibandingkan pada masing-masing indikator (Klein et al., 2021). Temuan ini relevan dengan penelitian Amin yang menyatakan bahwa memaknai grafik yang membutuhkan lebih dari satu keterampilan berpikir menjadi tren kesulitan yang paling banyak dialami oleh siswa (Amin et al., 2020). Apalagi ketika siswa lemah pada kedua indikator, maka ketika mengkombinasikan keduanya akan menjadi semakin sulit bagi siswa. Tercermin pada indikator keterampilan memaknai luasan di bawah kurva yang masih menjadi tren kesulitan yang paling banyak dibandingkan kedua indikator keterampilan dasar lainnya. Temuan ini sejalan dengan penelitian Bajracharya yang menyatakan banyak siswa yang kesulitan memaknai luasan di bawah kurva yang seharusnya menjadi "shortcut" ketika menentukan jarak tempuh/perpindahan melalui grafik kecepatan-waktu $v(t)$ dan/atau menentukan kecepatan melalui grafik percepatan-waktu $a(t)$ (Bajracharya et al., 2023). Apalagi ketika siswa diminta mentransformasi grafik yang membutuhkan kombinasi keterampilan memaknai luasan di bawah kurva dengan keterampilan membaca grafik menjadikan hal tersebut sangat sulit dipecahkan siswa. Tercermin pada persentase kombinasi indikator 1 dan 3 menunjukkan nilai terendah yakni hanya 31% siswa yang mampu menjawab benar. Secara lebih rinci pembahasan keterampilan siswa pada masing-masing indikator keterampilan interpretasi grafik dapat dijelaskan sebagai berikut.

Indikator 1; Membaca Grafik secara Langsung dengan Memperhatikan Label/Sumbu

Ide dasar agar siswa dapat menginterpretasikan sebuah grafik adalah dengan memperhatikan label/sumbu koordinat dalam grafik tersebut. Siswa perlu memahami bahwa dalam sebuah grafik terdapat dua garis yang memanjang secara horizontal dan vertikal. Kedua label/sumbu tersebut menggambarkan hubungan antara dua variabel/parameter yang berbeda dalam bentuk koordinat kartesius. Jika pada matematika siswa mengenal sumbu x dan y , pada kinematika gerak lurus siswa harus menghubungkan dua variabel yang memvisualisasikan gerak benda yaitu posisi (x), kecepatan (v), percepatan (a) dan waktu (t) dalam bentuk koordinat kartesius. Beragamnya label pada grafik kinematika gerak lurus menjadi salah satu penyebab siswa mengalami kesulitan dalam membaca grafik secara langsung. Pernyataan ini juga telah diungkapkan oleh beberapa penelitian sebelumnya (Amin et al., 2020; Ayop & Ismail, 2019; McDermott et al., 1987). Gambar 1 menyajikan butir soal nomor 8 sebagai contoh soal yang mengukur keterampilan siswa dalam membaca grafik.

[Figure 1 about here.]

Ditemukan bahwa 56% siswa salah menjawab pertanyaan tersebut. Sebagian besar jawaban yang salah didominasi oleh siswa yang memilih pilihan jawaban (A) yang mengasumsikan grafik sebagai gambar dari suatu lintasan yang sebenarnya. Pada garis lurus horizontal, beberapa siswa membayangkan gerak benda berada pada permukaan datar, sedangkan pada garis miring mereka mengasumsikan benda meluncur pada permukaan miring. Temuan ini sesuai dengan pernyataan (McDermott et al., 1987) yang menemukan bahwa siswa cenderung menginterpretasikan grafik sebagai lintasan benda yang sebenarnya. Kesalahan siswa dalam mengasumsikan grafik sebagai lintasan nyata sebenarnya telah terjadi dalam beberapa dekade terakhir. Elby mengindikasikan kesalahan ini sebagai kecenderungan siswa untuk mengandalkan representasi visual (atau efek WYSIWYG) (Elby, 2000). Efek WYSIWYG ini merupakan faktor terbesar yang menyebabkan siswa salah membaca grafik (Elby, 2000; Hidayah et al., 2019; McDermott et al., 1987; Sutopo & Waldrip, 2014). Susac mengungkapkan bahwa kesalahan terjadi karena siswa mengabaikan label/sumbu (Susac et al., 2018). Variasi pelabelan/sumbu pada kinematika juga menjadi salah satu penyebab kesulitan siswa dalam membaca grafik (McDermott et al., 1987; Planinic et al., 2013).

Siswa yang menjawab benar pada pilihan (D) memahami bahwa grafik merupakan representasi hubungan antar dua variabel yang diwakili oleh label/sumbu. Pada sumbu horizontal mewakili variabel waktu, sedangkan sumbu vertikal mewakili posisi. Sepanjang garis linear horizontal mengindikasikan bahwa benda mengalami perubahan posisi, artinya benda tidak bergerak (diam). Kemudian pada kemiringan garis yang menunjukkan perubahan sumbu vertikal (posisi) yang semakin lama semakin mendekati posisi awal, mengindikasikan benda bergerak kembali posisi awal

(mundur). Dengan demikian, agar dapat membaca grafik dengan benar, penting bagi siswa untuk mengidentifikasi label/sumbu. Guru perlu melatih siswa untuk selalu konsisten menulis label/sumbu koordinat grafik dengan benar (Rodriguez et al., 2020). Pelabelan variabel independen ditempatkan pada sumbu horizontal dan variabel lain pada sumbu vertikal. Pada grafik posisi-waktu $x(t)$, sumbu horizontal diberi label t (waktu), sedangkan sumbu vertikal diberi label x (posisi). Pelabelan waktu pada sumbu horizontal dikarenakan waktu merupakan variabel bebas yang menunjukkan lamanya pergerakan objek (Rodriguez et al., 2020; Skrabankova et al., 2020).

[Figure 2 about here.]

Pada soal tersebut, ditemukan bahwa 53% siswa menjawab salah. Jawaban salah didominasi oleh siswa yang memilih opsi (B). Sebanyak 29% siswa terjebak oleh pernyataan soal yang menyebutkan kata "kecepatan negatif", sehingga sebagian siswa mengandalkan representasi spasial visualnya meyakini bahwa kecepatannya negatif terjadi ketika benda tepat berada di titik I (titik paling bawah). Kesalahan ini juga terjadi pada penelitian-penelitian sebelumnya. Susac menyatakan bahwa siswa memiliki kecenderungan untuk menggunakan informasi berdasarkan ketinggian daripada kemiringan garis (Binali et al., 2022; Susac et al., 2018). Susac juga menemukan bahwa menginterpretasikan kemiringan garis merupakan kesulitan yang paling banyak ia temukan (Susac et al., 2018). Dengan demikian, penelitian ini relevan dengan penelitian sebelumnya serta membuktikan bahwa kecenderungan siswa mengandalkan informasi ketinggian dibandingkan kemiringan grafik faktanya masih menjadi tren kesalahan yang dialami siswa hingga saat ini.

Beberapa siswa juga memilih opsi (C) karena mereka melihat titik P sebagai titik tertinggi, sehingga mereka membayangkannya sebagai benda yang bergerak mendaki bukit, oleh karenanya siswa menganggap bahwa kecepatan benda tersebut akan berkurang. Inilah yang mereka yakini sebagai kecepatan negatif. Berdasarkan analisis kesalahan-kesalahan tersebut diindikasikan bahwa sebagian besar siswa hanya mengandalkan representasi visual. Temuan ini menguatkan fakta bahwa siswa masih mengalami WYSIWYG (Elby, 2000; Sutopo & Waldrip, 2014). Berdasarkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hidayah, kesalahan ini dapat terjadi karena siswa tidak mampu mengkonstruksi informasi berdasarkan kemiringan garis/gradien (Hidayah et al., 2019). Susac menyatakan bahwa ketidakmampuan siswa mengkonstruksi kemiringan garis $x(t)$ sebagai definisi dari kecepatan karena siswa hanya mengenal gradien pada sumbu $x - y$ (Susac et al., 2018).

Interpretasi kemiringan garis merupakan alternatif cara untuk menentukan nilai kecepatan dan percepatan melalui grafik. Kemiringan garis dapat dimaknai ketika siswa telah mampu mengidentifikasi label/sumbu pada grafik (Friel et al., 2001; Susac et al., 2018). Jika siswa tidak dapat membaca label/sumbu, mereka cenderung menggunakan representasi visual mereka secara spasial melalui informasi ketinggian.

Artinya, interpretasi kemiringan baru dapat dicapai ketika siswa terampil membaca grafik dengan memperhatikan sumbu. Pada pilihan (A) dan (D) menunjukkan kemiringan yang sama-sama menuju ke bawah. Namun, jika diperhatikan lebih detail terlihat bahwa pilihan (A) menunjukkan kemiringan yang lebih curam dibandingkan pilihan (D). Hal ini mengindikasikan bahwa nilai kecepatan pada opsi (A) lebih besar daripada opsi (D). Jika siswa memiliki keterampilan interpretasi kemiringan garis maka siswa dapat menentukan gradien persamaan matematika tanpa harus memiliki bekal kalkulus derivatif. Oleh sebab itu, guru perlu menjelaskan makna kemiringan garis (gradien) pada grafik posisi terhadap waktu sebagai definisi kecepatan dan/atau pada grafik kecepatan terhadap waktu sebagai definisi percepatan. Selain itu siswa perlu memahami matematika yang melandasinya. Gradien (m) pada grafik dapat dituliskan sebagai $m = \Delta y / \Delta t$ sehingga pada grafik posisi-waktu mengindikasikan kecepatan karena $v = \Delta x / \Delta t$. Demikian pula, kemiringan pada grafik kecepatan yang mengindikasikan nilai percepatan karena $a = \Delta v / \Delta t$.

Indikator 3; Memaknai Area Luasan di bawah Kurva

Menginterpretasikan area di bawah kurva seharusnya menjadi "shortcut" yang memudahkan siswa untuk menentukan perubahan jarak tempuh/perpindahan dan/atau kecepatan. Pada kenyataannya, pada beberapa penelitian sebelumnya ditemukan bahwa interpretasi luasan di bawah kurva merupakan keterampilan yang "asing" bagi sebagian siswa (Bollen et al., 2016; Susac et al., 2018). Oleh sebab itu, beberapa terdapat beberapa laporan menyatakan bahwa interpretasi luasan di bawah kurva merupakan keterampilan yang sulit dicapai siswa (Amin et al., 2020; Susac et al., 2018). Salah satu contoh soal untuk mengukur keterampilan siswa dalam menginterpretasikan luasan di bawah kurva disajikan pada soal nomor 16 pada Gambar 3.

[Figure 3 about here.]

Pertanyaan di atas menyajikan grafik percepatan-waktu ($a - t$). Sebanyak 61% siswa salah dalam menentukan nilai kecepatan. Sebanyak 34% siswa terjebak memilih opsi (E) karena meyakini bahwa $3 \times 2 = 6,0$ m/s adalah kecepatan benda untuk tiga detik pertama. Kesalahan ini dapat diindikasikan siswa cenderung WYSIWYG karena langsung mengalikan apa yang mereka lihat tanpa mengidentifikasi sumbu/label yang mereka operasikan. Kesalahan ini juga dikonfirmasi oleh penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa siswa tidak terbiasa dengan cara menginterpretasikan area di bawah kurva, sehingga siswa yang kesulitan akhirnya memilih jawaban dengan mengandalkan dari apa yang mereka lihat (Ceuppens et al., 2019; McDermott et al., 1987; Susac et al., 2018). Kesalahan lainnya disebabkan oleh siswayang memilih jawaban (C). Sekali lagi, mereka mengabaikan label/sumbu dan menggunakan intuisi mereka. Mereka gagal mengidentifikasi bahwa sumbu vertikal dari grafik tersebut merupakan label percepatan(a), bukan kecepatan(v). Ada pula beberapa siswa yang membagi dua titik. Siswa yang

memilih opsi (A) membagi 3 dengan 2, dan sebaliknya pada opsi (B) membagi 2 dengan 3 menunjukkan bahwa siswa tidak memiliki keterampilan yang dapat menghubungkan variabel percepatan(a) dengan kecepatan(v). Dengan demikian, mereka tidak memiliki informasi lain selain mengandalkan informasi visual mereka. Berbagai kesalahan tersebut memperkuat temuan penelitian-penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa WYSIWYG masih menjadi kesalahan paling banyak dilakukan ketika siswa bekerja dengan grafik (Elby, 2000; Friel et al., 2001; Hidayah et al., 2019; McDermott et al., 1987; Skrabankova et al., 2020).

Melalui pemaknaan luasan daerah di bawah kurva, siswa dapat dengan mudah memilih jawaban yang benar pada pilihan (D). Sayangnya, hanya sekitar 39% siswa yang dapat memilih jawaban yang benar. Temuan ini juga sejalan dengan penelitian Susac yang menemukan bahwa lebih dari 40% siswa tidak mampu menginterpretasikan luas daerah di bawah kurva (Susac et al., 2018). Berdasarkan grafik percepatan-waktu ($a - t$) tersebut, luasan di bawah kurva selama interval waktu tiga detik pertama membentuk daerah segitiga. Daerah segitiga tersebut dapat dimaknai sebagai nilai dari kecepatan. Hal ini karena kecepatan adalah antiturunan/integral dari fungsi percepatan terhadap waktu. Secara matematis $\int_b^a f(x)$ merupakan luasan area yang terjepit di bawah kurva $f(x)$ dalam batas a hingga b . Pada konteks gerak lurus, luasan di bawah kurva grafik percepatan-waktu $a(t)$ memberikan makna $\int_{t_i}^{t_f} a dt$. Artinya, melalui cara menghitung luasan di bawah kurva, siswa dapat lebih memanipulasi persamaan matematis integral tanpa harus memiliki bekal kalkulus yang rumit. Dengan demikian, guru perlu membekali siswa dengan kemampuan memaknai luasan area di bawah kurva sebagai cara yang mempermudah menentukan nilai jarak tempuh/perpindahan melalui luasan di bawah kurva grafik kecepatan-waktu $v(t)$ dan/atau menentukan nilai kecepatan melalui luasan di bawah kurva grafik percepatan $a(t)$.

Analisis ketiga keterampilan dasar interpretasi grafik menunjukkan hasil bahwa ketiganya merupakan serangkaian yang harus dimiliki siswa guna menunjang keberhasilan mereka bekerja dengan grafik gerak lurus. Tanpa ketiga keterampilan tersebut, siswa akan kesulitan dan/atau salah dalam memaknai grafik. Pada beberapa kondisi siswa diharuskan untuk dapat melakukan kombinasi dari ketiga keterampilan dasar tersebut. Seperti halnya ketika siswa diharapkan oleh soal yang memintanya melakukan transformasi grafik posisi-waktu $x(t)$ menjadi grafik kecepatan-waktu $v(t)$. Pada kondisi tersebut, terampil membaca grafik saja tidak cukup. Siswa diharuskan mampu mengkombinasikan informasi berdasarkan hasil membaca grafik dengan informasi berdasarkan pemaknaan kemiringan garis yang disajikan grafik posisi-waktu $x(t)$ untuk dituangkan ke dalam grafik kecepatan-waktu $v(t)$. Demikian pula ketika mentransformasi grafik percepatan-waktu $a(t)$ ke dalam grafik kecepatan-waktu $v(t)$ yang membutuhkan kombinasi keterampilan membaca grafik dan keterampilan memaknai luasan di bawah kurva. Berikut dipaparkan secara lebih detail

pembahasan soal yang membutuhkan kombinasi dua keterampilan interpretasi grafik.

Indikator 4; Kombinasi Keterampilan Membaca Grafik dengan Keterampilan Interpretasi Kemiringan/Gradien Garis Singgung

Beberapa peneliti menyatakan bahwa sebagian besar kesulitan siswa didominasi oleh kegagalan siswa dalam mentransfer informasi berdasarkan satu grafik ke grafik kinematika lainnya (Kusairi et al., 2019). Transformasi informasi dari satu grafik ke grafik kinematika lainnya membutuhkan kombinasi antar keterampilan dasar interpretasi grafik (Kusairi et al., 2019). Sebagai contoh guna mentransformasi grafik posisi-waktu $x(t)$ menjadi grafik kecepatan-waktu $v(t)$ yang dapat dilihat pada soal nomor 11 yang ditunjukkan pada Gambar 4.

[Figure 4 about here.]

Berdasarkan analisis jawaban siswa, ditemukan bahwa 67% siswa memilih opsi yang salah. Mentransformasikan informasi berdasarkan grafik posisi-waktu ke dalam grafik kecepatan-waktu bukanlah hal yang mudah. Hal ini juga diungkapkan oleh Amin yang menyatakan bahwa siswa tidak mampu mentransformasikan informasi berdasarkan grafik (Amin et al., 2020). Siswa diharuskan memiliki beberapa keterampilan dasar dalam bekerja dengan grafik. Pertama, siswa perlu membaca grafik posisi-waktu $x(t)$ dengan mengamati label/sumbu. Hasil interpretasi dari grafik posisi-waktu menjadi informasi dasar dalam membuat grafik kecepatan-waktu $v(t)$. Jika siswa tidak memiliki keterampilan membaca grafik dengan mengamati label/sumbu, maka secara spasial siswa mengandalkan representasi visualnya (efek WYSIWYG). Sayangnya, hasil analisis jawaban siswa menunjukkan bahwa beberapa siswa masih terjebak pada hal tersebut, tepatnya 2,86% siswa memilih opsi jawaban (A).

Memiliki keterampilan membaca saja tidak cukup. Pernyataan ini juga relevan dengan beberapa penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa diperlukan kombinasi keterampilan membaca grafik dengan keterampilan interpretasi kemiringan garis (Binali et al., 2022; Kusairi et al., 2019; McDermott et al., 1987). Kedua keterampilan tersebut harus sepenuhnya terintegrasi dan terhubung. Jika siswa hanya memiliki keterampilan membaca grafik posisi-waktu dan keterampilan membaca grafik kecepatan-waktu tanpa mengetahui keterkaitannya dengan kemiringan garis, maka siswa cenderung memilih jawaban yang salah. Hal ini terjadi pada beberapa siswa yang terjebak untuk memilih opsi (E). Beberapa siswa dapat membaca grafik posisi terhadap waktu, tetapi mereka tidak dapat mengkonstruksi informasi tersebut ke dalam grafik kecepatan. Sebanyak 46% siswa salah menafsirkan kemiringan garis grafik posisi.

Pada grafik posisi dalam interval waktu 4 detik hingga 5 detik, menunjukkan kemiringan garis yang menurun. Nilai kemiringan/gradien dari yang mengarah miring ke bawah adalah negatif. Nilai gradien dari grafik posisi-waktu adalah

definisi dari kecepatan, sehingga kemiringannya diartikan sebagai kecepatan negatif. Dengan demikian, pada selang waktu 4 detik hingga 5 detik, dapat diartikan bahwa benda bergerak dengan kecepatan konstan bernilai negatif, sehingga pilihan (E) merupakan pilihan yang salah. Kesalahan ini relevan dengan penelitian sebelumnya oleh McDermott yang menemukan bahwa beberapa siswa tampaknya sangat sulit untuk menerima gagasan bahwa gerak yang sama dapat diwakili oleh grafik yang bentuknya sangat berbeda (McDermott et al., 1987).

Jika dicermati secara detail, opsi (B) dan (D) menunjukkan bentuk grafik yang serupa. Perbedaan di antara keduanya adalah nilai kecepatan dalam interval waktu 0s hingga 2s dan pada interval waktu 4s hingga 5s. Jika siswa tidak memiliki keterampilan untuk menyusun informasi berdasarkan kemiringan garis grafik posisi-waktu, mereka dapat terjebak pada jawaban yang salah. Siswa perlu memahami bahwa kecuraman kemiringan garis pada grafik posisi-waktu berdampak pada nilai kecepatan. Semakin curam kemiringannya, semakin besar nilai kecepatannya. Beberapa dari mereka terjebak memilih opsi (B) karena tidak cermat membandingkan kecuraman antar kedua interval tersebut. Pada grafik posisi terlihat bahwa kemiringan garis pada interval waktu 4s hingga 5s lebih curam dibandingkan kemiringan garis pada interval waktu 0s hingga 2s. Artinya, nilai kecepatan pada interval waktu 4s sampai 5s lebih besar dibandingkan dengan interval waktu 0s sampai 2s. Penelitian sebelumnya juga mendapati bahwa pemaknaan curam/landainya kemiringan garis masih menjadi tren kesulitan bagi siswa sehingga perlu mendapat perhatian khusus bagi guru (Ayop & Ismail, 2019; Bajracharya et al., 2023; Susac et al., 2018).

Indikator 5; Kombinasi Keterampilan Membaca Grafik dengan Keterampilan Memaknai Luasan di Bawah Kurva

Susac dkk menuatakan bahwa menginterpretasikan area di bawah kurva adalah salah satu kemampuan penting yang harus dimiliki siswa (Friel et al., 2001; McDermott et al., 1987; Susac et al., 2018). Tetapi pada beberapa kondisi tidaklah cukup hanya memiliki keterampilan menginterpretasi luasan di bawah kurva, sehingga harus dibarengi dengan keterampilan lainnya. Seperti halnya ketika siswa diminta untuk mentransformasi grafik kecepatan ke dalam grafik posisi yang ditunjukkan pada soal nomor 21 dalam Gambar 5 berikut.

[Figure 5 about here.]

Berdasarkan pertanyaan ini, 73% siswa memilih jawaban yang salah. Ini tentu saja merupakan persentase yang tinggi, karena hanya 19 siswa yang dapat menjawab dengan benar dari total 70 siswa. Temuan ini memperkuat temuan Amin yang menyatakan keterampilan mengkombinasikan beberapa variabel grafik merupakan hal yang paling sulit bagi siswa (Amin et al., 2020). Pada soal tersebut, siswa juga dituntut untuk dapat menghubungkan makna luasan tersebut dengan hasil membaca grafik posisi yang disajikan pada setiap pilihan jawaban. Pertama, siswa harus mampu menghubungkan informasi yang berasal dari hasil membaca grafik kecepatan

dengan hasil membaca grafik posisi di setiap opsi jawaban. Kemudian, siswa juga tidak boleh melupakan bahwa di bawah grafik kecepatan tersebut membentuk luasan yang dapat menghubungkannya dengan grafik posisi. Kombinasi yang tidak tepat antar kedua keterampilan dapat mengakibatkan siswa terjebak pada jawaban yang salah. Hal ini terjadi pada opsi (B) dan (D). Pada kedua opsi tersebut, keduanya terlihat serupa, tetapi terdapat perbedaan pada peristiwa dalam interval waktu 1s hingga 2s dan peristiwa dalam interval waktu 4s hingga 6s. Kunci perbedaannya terletak pada pemaknaan luasan di bawah kurva. Sayangnya, beberapa siswa masih melakukan kesalahan dan terjebak memilih opsi (D). Mereka gagal menentukan perubahan posisi pada interval waktu 1s hingga 2s dan interval waktu 4s hingga 6s. Hal ini karena mereka kurang cermat dalam memaknai luasan di bawah kurva pada grafik kecepatan. Pada interval waktu 1s hingga 2s, di bawah kurva grafik kecepatan membentuk luasan persegi panjang seluas 2m. Artinya, objek bergerak dengan kecepatan konstan 2 m/s. Namun, opsi (D) menunjukkan bahwa benda tersebut berubah posisi sejauh 1 m, sehingga opsi tersebut salah.

Jawaban salah lainnya disebabkan oleh siswa yang memilih opsi (E). Pada interval 1 s hingga 2s, siswa berhasil menginterpretasikan area di bawah kurva grafik kecepatan sebagai 2meter. Dengan demikian, mereka memilih (E) yang merepresentasikan perubahan posisi sebesar 2meter pada interval waktu 1s hingga 2s. Namun, mereka gagal dalam menentukan perubahan posisi dalam interval waktu 4s hingga 6s, sehingga mereka merepresentasikannya pada grafik posisi dengan perubahan posisi 3m. Pemahaman yang benar tetapi tidak konsisten juga sering menjebak siswa untuk memilih jawaban yang salah ([Bajracharya et al., 2023](#); [Skrbankova et al., 2020](#)). Berdasarkan soal tersebut, hanya 27% siswa yang dapat menjawab dengan benar pada pilihan (B). Oleh karena itu, guru perlu memberikan perhatian yang intens dengan memberikan metode pembelajaran yang tepat untuk melatih konsistensi siswa dalam mengerjakan soal-soal grafik dengan benar dan tepat.

KESIMPULAN

Keberhasilan siswa dalam mempelajari gerak lurus merupakan kunci utama dalam mempelajari ilmu fisika lainnya, seperti mekanika. Namun, pada kenyataannya keterampilan siswa bekerja dengan grafik masih rendah. Banyak siswa yang ditemukan mengalami kesulitan dalam lima indikator keterampilan interpretasi grafik. Temuan ini semakin menguatkan fakta bahwa kesulitan dalam bekerja dengan grafik gerak lurus masih menjadi tren bagi siswa SMA. Untuk meningkatkan keterampilan bekerja dengan grafik, siswa perlu membekali diri mereka dengan serangkaian keterampilan dasar grafik dengan integrasi yang baik. Selain memiliki kemampuan matematis, siswa juga harus mampu mentransfer persepsi matematis tersebut ke dalam konsep kinematika gerak lurus. Hal ini dikarenakan beberapa kesulitan siswa dalam menginterpretasikan grafik

sebenarnya bukan disebabkan oleh kurangnya pengetahuan matematika, tetapi lebih kepada kemampuan mereka dalam menginterpretasikan makna kemiringan grafik dan/atau luasan di bawah kurva pada beberapa grafik gerak lurus.

Hasil analisis kuantitatif menunjukkan bahwa sebagian besar siswa masih mengalami kesulitan dalam menjawab 26 soal TUG-K yang diberikan. Oleh karena itu, guru perlu melatih tiga kemampuan dasar yang menunjang keterampilan interpretasi grafik yakni (1) membaca grafik secara langsung dengan memperhatikan sumbu-sumbu koordinatnya; (2) memahami makna gradien garis; dan (3) menginterpretasikan luasan daerah di bawah kurva. Selain itu, latihan mengkombinasikan antar keterampilan juga sangat penting guna membangun integrasi keterampilan yang utuh ketika bekerja dengan grafik. Hasil penelitian ini harapannya dapat mendorong penelitian lebih lanjut yang berfokus pada penanganan kesulitan siswa. Seperti halnya penelitian inovasi pembelajaran yang berfokus pada pelatihan tiga keterampilan dasar interpretasi grafik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih kami ucapkan kepada kepala sekolah dan jajarannya serta guru biologi SMA Negeri 01 Seputih Mataram yang sudah memberikan izin untuk melakukan penelitian ini, dan terimakasih kepada dosen pembimbing yang telah mendukung, mengarahkan dan memfasilitasi kegiatan penelitian ini.

REFERENSI

- Amin, B. D., Sahib, E. P., Harianto, Y. I., Patandean, A. J., Herman, H., & Sujiono, E. H. (2020). The Interpreting Ability on Science Kinematics Graphs of Senior High School Students in South Sulawesi, Indonesia. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia*, 9(2), 179–186. <https://doi.org/10.15294/jpii.v9i2.23349>
- Ayop, S. K., & Ismail, A. T. (2019). Students' Understanding in Kinematics: Assessments, Conceptual Difficulties and Teaching Strategies. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 9(2).
- Bajracharya, R. R., Sealey, V. L., & Thompson, J. R. (2023). Student Understanding of the Sign of Negative Definite Integrals in Mathematics and Physics. *International Journal of Research in Undergraduate Mathematics Education*, 9(1), 62–91. <https://doi.org/10.1007/s40753-022-00202-y>
- Beichner, R. J. (1994). Testing student interpretation of kinematics graphs. *American Journal of Physics*, 62(8), 750–762. <https://doi.org/10.1119/1.17449>
- Binali, T., Chang, C.-H., Chang, Y.-J., & Chang, H.-Y. (2022). High School and College Students' Graph-Interpretation Competence in Scientific and Daily Contexts of Data Visualization. *Science & Education*. <https://doi.org/10.1007/s11191-022-00406-3>
- Bollen, L., De Cock, M., Zuza, K., Guisasola, J., & Van Kampen, P. (2016). Generalizing a categorization of students' interpretations of linear kinematics graphs. *Physical Review Physics Education Research*, 12(1), 010108. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.12.010108>
- Bragdon, D., Pandiscio, E., & Speer, N. (2019). University students' graph interpretation and comprehension abilities. *Investigations in Mathematics Learning*, 11(4), 275–290. <https://doi.org/10.1080/19477503.2018.1480862>
- Bursal, M., & Polat, F. (2020). Middle School Students' Line Graph Skills and Affective States about Common Graph Types Used in Science Courses. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 8(4), 290. <https://doi.org/10.46328/ijemst.v8i4.1026>
- Ceuppens, S., Bollen, L., Deprez, J., Dehaene, W., & De Cock, M. (2019). 9th grade students' understanding and strategies when solving $x(t)$ problems in 1D kinematics and $y(x)$ problems in mathematics. *Physical Review Physics Education Research*, 15(1), 010101. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEduRes.15.010101>
- Chen, C.-C. (2021). Effects of Flipped Classroom on Learning Outcomes and Satisfaction: An Experiential Learning Perspective. *Sustainability*, 13(16), 9298. <https://doi.org/10.3390/su13169298>

- Chen, P., Lu, Y., Zheng, V. W., Chen, X., & Yang, B. (2018). KnowEdu: A System to Construct Knowledge Graph for Education. *IEEE Access*, 6, 31553–31563. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2839607>
- Elby, A. (2000). What students' learning of representations tells us about constructivism. *The Journal of Mathematical Behavior*, 19(4), 481–502. [https://doi.org/10.1016/S0732-3123\(01\)00054-2](https://doi.org/10.1016/S0732-3123(01)00054-2)
- Friel, S. N., Curcio, F. R., & Bright, G. W. (2001). Making Sense of Graphs: Critical Factors Influencing Comprehension and Instructional Implications. *Journal for Research in Mathematics Education*, 32(2), 124. <https://doi.org/10.2307/749671>
- Hidayah, N., Sutopo, S., & Wisodo, H. (2019a). Meningkatkan Kemampuan Bekerja dengan Grafik melalui Pembelajaran Kinematika. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 4(3), Article 3. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i3.12067>
- Hidayah, N., Sutopo, S., & Wisodo, H. (2019b). Meningkatkan Kemampuan Bekerja dengan Grafik melalui Pembelajaran Kinematika. *Jurnal Pendidikan: Teori, Penelitian, dan Pengembangan*, 4(3), Article 3. <https://doi.org/10.17977/jptpp.v4i3.12067>
- Klein, P., Becker, S., Küchemann, S., & Kuhn, J. (2021). Test of understanding graphs in kinematics: Item objectives confirmed by clustering eye movement transitions. *Physical Review Physics Education Research*, 17(1), 013102. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.17.013102>
- Kusairi, S., Noviandari, L., Universitas Negeri Malang, Indonesia, lelitanovi@gmail.com, Parno, P., Universitas Negeri Malang, Indonesia, parno.fmipa@um.ac.id, Pratiwi, H. Y., & Universitas Kanjuruhan Malang, Indonesia, hesti@unikama.ac.id. (2019). Analysis of Students' Understanding of Motion in Straight Line Concepts: Modeling Instruction with Formative E-Assessment. *International Journal of Instruction*, 12(4), 353–364. <https://doi.org/10.29333/iji.2019.12423a>
- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & Van Zee, E. H. (1987). Student difficulties in connecting graphs and physics: Examples from kinematics. *American Journal of Physics*, 55(6), 503–513. <https://doi.org/10.1119/1.15104>
- Patahuddin, S. M., & Lowrie, T. (2019). Examining Teachers' Knowledge of Line Graph Task: A Case of Travel Task. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 17(4), 781–800. <https://doi.org/10.1007/s10763-018-9893-z>
- 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), 020103. <https://doi.org/10.1103/PhysRevSTPER.9.020103>
- Rodriguez, J.-M. G., Bain, K., & Towns, M. H. (2020). Graphical Forms: The Adaptation of Sherin's Symbolic Forms for the Analysis of Graphical Reasoning Across Disciplines. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(8), 1547–1563. <https://doi.org/10.1007/s10763-019-10025-0>
- Skrabankova, J., Popelka, S., & Beitlova, M. (2020). Students' Ability to Work with Graphs in Physics Studies Related to Three Typical Student Groups. *Journal of Baltic Science Education*, 19(2), 298–316. <https://doi.org/10.33225/jbse/20.19.298>
- 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), 020109. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.14.020109>
- Sutopo, & Waldrup, B. (2014a). Impact of A Representational Approach on Students' Reasoning and Conceptual Understanding in Learning Mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(4), 741–765. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9431-y>
- Sutopo, & Waldrup, B. (2014b). Impact of A Representational Approach on Students' Reasoning and Conceptual Understanding in Learning Mechanics. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 12(4), 741–765. <https://doi.org/10.1007/s10763-013-9431-y>
- Taqwa, M. R. A., & Rivaldo, L. (2018). Kinematics Conceptual Understanding: Interpretation of Position Equations as A Function of Time. *Jurnal Pendidikan Sains*, 6(4), 120–127.
- 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), 020111. <https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.13.020111>

that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Conflict of Interest Statement: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright © 2024 Putri Rizqy N.P & Sutopo S. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) and the copyright owner(s) are credited and

LIST OF TABLES

1. [Indikator Keterampilan Interpretasi Grafik Gerak Lurus 103](#)
2. [Hasil Analisis Statistik Jawaban Siswa..... 104](#)

TABLE 1 / Indikator Keterampilan Interpretasi Grafik Gerak Lurus

Indicator	Item Number
Basic Skills	
1. Read the graph directly by noticing the coordinate labels/axes	3, 8, 12, 17, 24, 25
2. Interpretation of line slope/gradient	2, 5, 6, 7, 9, 13, 18, 20,22
3. Interpret the area under a curve	1, 4, 10, 16, 19, 23, 26
Combination Skills	
1. Transform the graph based on a combination of information from reading and interpreting the slope/gradient	11 dan 14
2. Graph transformation based on a combination of information from reading and interpreting area under the curve	15 dan 21

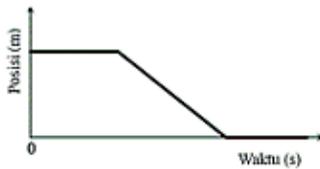
TABLE 2 / Hasil Analisis Statistika Jawaban Siswa

Statistic	Score	Indicator of Graphic Skills	Percentage of Students Answered Correctly (%)
Maximum score	23,0	Read the graph directly	39%
Minimum Score	6,0	Interpretation of slope/gradient	47%
Mean Score	10,64	Interpret the area under a curve	37%
Standard Deviation	4,10	Combination of indicators 1 and 2	37%
Skewness	0,97	Combination of indicators 1 and 3	31%

LIST OF FIGURES

1. [Soal untuk menilai kemampuan membaca grafik secara langsung..... 106](#)
2. [Soal untuk menilai kemampuan membaca garis singgung \(gradien\)..... 107](#)
3. [Soal untuk menilai kemampuan memaknai area luasan di bawah kurva 108](#)
4. [Soal untuk menilai kemampuan transformasi grafik berdasarkan kemiringan garis \(gradien\)..... 109](#)
5. [Soal untuk menilai kemampuan transformasi grafik berdasarkan Luasan di bawah Kurva..... 110](#)

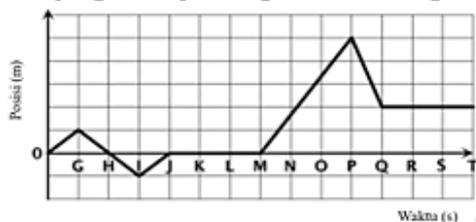
Berikut adalah grafik posisi terhadap waktu dari gerak suatu benda. Kalimat manakah yang merupakan penafsiran yang benar?



- (A) Benda menggelinding di sepanjang permukaan datar. Kemudian berguling ke depan menuruni bukit, dan akhirnya berhenti.
- (B) Benda tidak bergerak pada awalnya. Kemudian berguling ke depan menuruni bukit, dan akhirnya berhenti.
- (C) Benda bergerak dengan kecepatan tetap. Kemudian melambat dan berhenti.
- (D) Benda tidak bergerak pada awalnya. Kemudian bergerak mundur, dan akhirnya berhenti.
- (E) Benda bergerak di sepanjang area datar, bergerak mundur menuruni bukit, dan kemudian terus bergerak.

FIGURE 1 / Soal untuk Menilai Kemampuan Membaca Grafik secara Langsung

Di bawah ini merupakan grafik posisi terhadap waktu dari sebuah benda yang bergerak dalam lintasan lurus. Manakah dari opsi berikut yang menunjukkan gerak benda dengan kecepatan paling besar yang bertanda negatif?



- (A) Pada interval waktu dari P hingga Q
- (B) Pada waktu $t = I$
- (C) Pada interval waktu dari M hingga P
- (D) Pada interval waktu dari G hingga I
- (E) Pada waktu $t = P$

FIGURE 2 / Soal untuk Menilai Kemampuan Membaca Kemiringan Garis Singgung (Gradien)

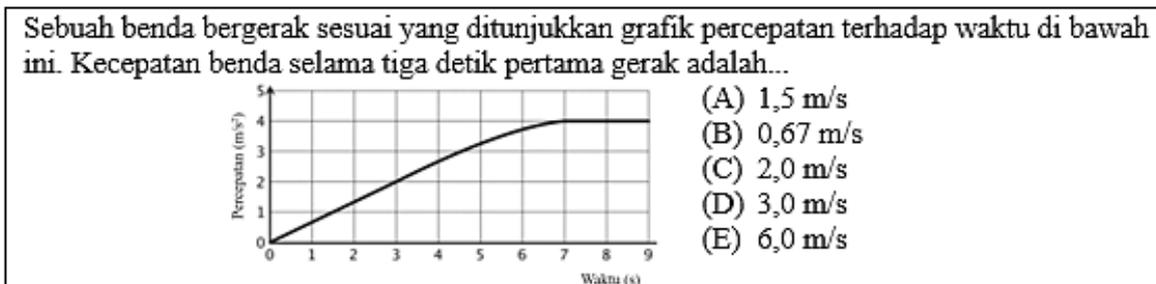


FIGURE 3 / Soal untuk Menilai Kemampuan Memaknai Area Luasan di bawah Kurva

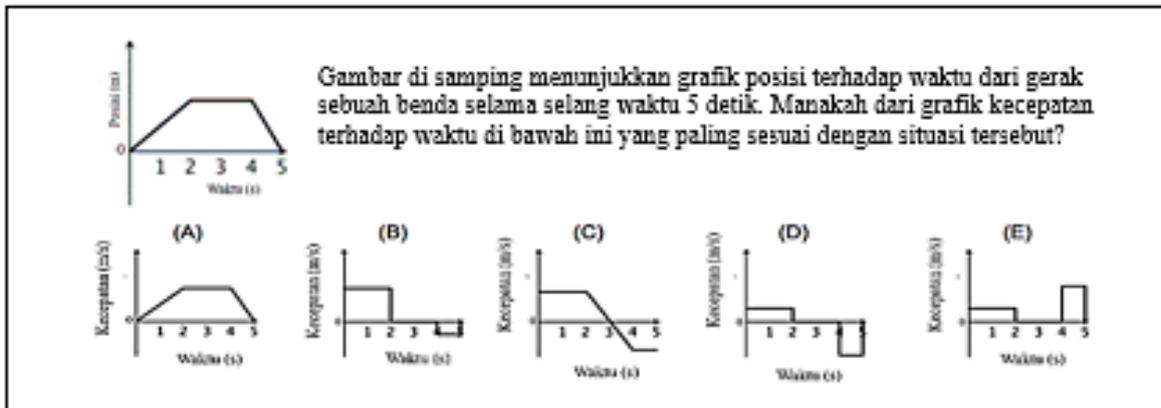


FIGURE 4 / Soal untuk Menilai Kemampuan Transformasi Grafik berdasarkan Kemiringan Garis (Gradien)

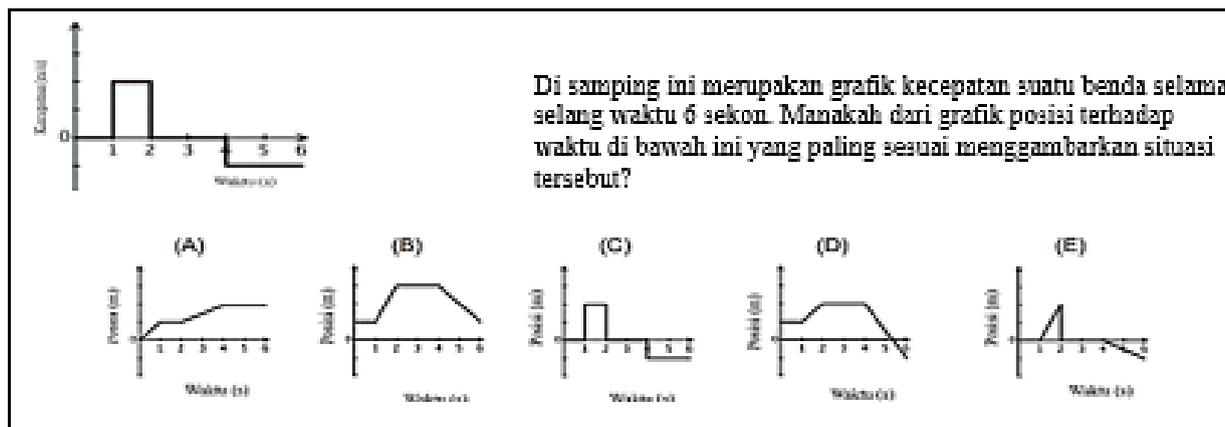


FIGURE 5 / Soal untuk Menilai Kemampuan Transformasi Grafik berdasarkan Luasan di bawah Kurva