

Eksplorasi Perintah GeoGebra untuk Memahami Persamaan, Pertidaksamaan, dan Fungsi di Kelas VIII SMP

Torang Siregar¹, Rusdinal², Yerizon³

UIN Syekh Ali Hasan Ahmad Addary Padangsidempuan¹

Universitas Negeri Padang^{2,3}

**Contributor Email: torangsir@uinsyahada.ac.id*

Abstrak

Siswa kelas VIII sering memakai GeoGebra sebagai alat menggambar melalui ikon, sehingga hubungan antara bentuk aljabar dan grafik tidak dibangun secara eksplisit. Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan cara perintah pada Input Bar GeoGebra dapat dipakai untuk mengeksplorasi persamaan garis lurus, sistem persamaan linear dua variabel, pertidaksamaan, dan fungsi, serta menilai kesesuaiannya dengan Capaian Pembelajaran Fase D di SMP Negeri 1 Sinunukan. Penelitian menggunakan pendekatan kualitatif deskriptif dengan analisis dokumen terhadap rangkaian tugas eksplorasi perintah beserta keluaran layarnya. Data dianalisis melalui kondensasi, penyajian, dan penarikan simpulan, dengan register representasi semiotik Duval sebagai kerangka. Hasil menunjukkan enam kelompok tugas yang sesuai untuk Fase D dan satu kelompok yang berada di luar capaian, yaitu kalkulus, trigonometri, vektor, dan matriks. Setiap tugas menuntut siswa menuliskan representasi simbolik sebelum memperoleh grafik, sehingga memuat satu atau lebih konversi antarregister. Analisis juga menemukan empat ketidaktepatan pada protokol tugas yang berpotensi menimbulkan miskonsepsi, yakni kondisi interval yang kontradiktif, prioritas operasi yang ambigu, titik batas fungsi bersyarat, dan urutan komposisi fungsi. Temuan ini terbatas pada kualitas rancangan tugas, sedangkan pengaruhnya terhadap capaian belajar siswa memerlukan studi lanjutan dengan data siswa.

Kata Kunci: *GeoGebra, Input Bar, representasi matematis, sistem persamaan linear, fungsi bersyarat.*

A. Pendahuluan

Persamaan, pertidaksamaan, dan fungsi menjadi tulang punggung aljabar di sekolah menengah pertama. Capaian Pembelajaran Fase D menuntut siswa menyajikan dan menyelesaikan persamaan serta pertidaksamaan linear satu variabel, memakai relasi dan fungsi linear untuk memecahkan masalah, menyelesaikan sistem persamaan linear dua variabel dengan beberapa cara, dan membedakan fungsi nonlinear dari fungsi linear melalui grafik (Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan [BSKAP], 2022). Tuntutan itu meminta siswa berpindah di antara beberapa cara menyatakan objek matematika yang sama, yaitu kalimat verbal, simbol aljabar, tabel nilai, dan grafik. Menurut teori register representasi semiotik, pemahaman matematika bergantung pada kemampuan melakukan transformasi di dalam satu register dan konversi antarregister, dan kesulitan siswa paling sering muncul pada konversi (Duval, 2017).

Perangkat lunak geometri dinamis seperti GeoGebra menempatkan register simbolik dan grafik dalam satu layar, dan perubahan pada yang satu langsung tampak pada yang lain. Sintesis kuantitatif atas studi GeoGebra melaporkan efek rata-rata yang positif terhadap hasil belajar matematika, dengan efek yang lebih besar pada kelas berukuran kecil dan perlakuan yang berlangsung singkat (Juandi, Kusumah, Tamur, Perbowo, & Wijaya, 2021). Meta-analisis atas alat digital pada matematika dan sains di sekolah menengah juga melaporkan efek positif (Hillmayr, Ziernwald, Reinhold, Hofer, & Reiss, 2020). Di Indonesia, penelitian pra-eksperimen pada materi sistem persamaan linear dua variabel (SPLDV) kelas VIII melaporkan peningkatan kemampuan representasi matematis kategori sedang setelah siswa memakai GeoGebra (Oktaria, Alam, & Sulistiawati, 2016). Model pembelajaran berbasis proyek berbantuan GeoGebra juga menghasilkan representasi matematis yang lebih baik daripada model yang sama tanpa GeoGebra (Septian, Darhim, & Prabawanto, 2020).

Studi-studi tersebut menilai GeoGebra sebagai media atau pada tingkat model pembelajaran. Bagian yang lebih jarang dikaji adalah Input Bar, tempat siswa menuliskan perintah dan harus mematuhi sintaksisnya. Kajian atas potensi dan keterbatasan GeoGebra mencatat bahwa sebagian perintah pada Input Bar sulit bagi siswa dan guru yang belum berpengalaman memprogram (Wassie & Zergaw, 2019).

Di sisi lain, intervensi berpikir komputasional dengan GeoGebra pada pelajaran kalkulus siswa berusia 16 sampai 17 tahun menunjukkan bahwa sebagian besar siswa dapat menguasai tugas semacam itu bila diberi dukungan yang memadai (Chytas, van Borkulo, Drijvers, Barendsen, & Tolboom, 2024). Kedua temuan berasal dari konteks yang berbeda dengan kelas VIII, sehingga tuntutan sintaks pada materi persamaan, pertidaksamaan, dan fungsi di SMP belum terpetakan. Anggapan bahwa menuliskan perintah melatih pola pikir yang formal dan sistematis juga masih berupa hipotesis, karena studi yang dirujuk di atas tidak membandingkan perintah dengan ikon secara langsung.

Naskah ini mengisi celah tersebut melalui analisis tugas pada rangkaian eksplorasi perintah GeoGebra untuk kelas VIII SMP Negeri 1 Sinunukan. Analisis dipandu empat pertanyaan. Pertama, tugas perintah mana yang sesuai dengan materi persamaan, pertidaksamaan, dan fungsi pada Fase D. Kedua, transformasi representasi apa yang dituntut tiap tugas. Ketiga, ketidaktepatan sintaks atau konsep apa yang ada pada protokol tugas dan dapat menimbulkan miskonsepsi. Keempat, bagian mana yang melampaui capaian jenjang SMP. Kontribusi naskah ini adalah pemetaan tugas Input Bar ke Capaian Pembelajaran dan ke register representasi, disertai koreksi sintaks yang dapat langsung dipakai guru.

B. Metodologi Penelitian

Penelitian ini memakai pendekatan kualitatif deskriptif, yaitu rancangan yang menyajikan fenomena sedekat mungkin dengan datanya dan lazim memakai analisis isi atau analisis tematik (Creswell & Poth, 2018; Doyle, McCabe, Keogh, Brady, & McCann, 2020). Konteks penelitian adalah pembelajaran matematika kelas VIII di SMP Negeri 1 Sinunukan. Unit analisis adalah tugas, yaitu satu instruksi perintah beserta keluaran layar yang diharapkan.

Sumber data berupa dokumen: delapan aktivitas, empat latihan, dan contoh perintah pada uraian materi, ditambah tangkapan layar GeoGebra Classic yang menyertainya. Data tidak mencakup nilai tes atau respons siswa. Perintah ditulis dengan kurung siku mengikuti protokol sumber.

Analisis mengikuti tiga alur data kualitatif, yaitu kondensasi data, penyajian data, dan penarikan simpulan (Miles, Huberman, & Saldaña, 2014). Pada tahap

kondensasi, setiap tugas dikodekan menurut empat kategori. Kategori pertama adalah materi menurut Capaian Pembelajaran Fase D (BSKAP, 2022), dengan status sesuai, pengayaan, atau di luar capaian. Kategori kedua adalah register awal dan akhir menurut Duval (2017), yaitu bahasa natural, simbolik, grafik, atau numerik, beserta jenis transformasinya. Kategori ketiga adalah tuntutan sintaks pada Input Bar. Kategori keempat adalah ketidaktepatan, yang meliputi kesalahan sintaks, kondisi logika, prioritas operasi, dan titik batas. Keluaran setiap perintah diverifikasi secara analitik dengan perhitungan aljabar, lalu dibandingkan dengan keluaran layar yang terdokumentasi. Hasil pengkodean disajikan pada Tabel 1 sampai Tabel 4. Kredibilitas dijaga melalui verifikasi analitik tersebut dan pencatatan keputusan pengkodean pada setiap tabel.

C. Hasil

1. Pemetaan tugas terhadap Capaian Pembelajaran Fase D

Dari rangkaian tugas, enam kelompok sesuai atau dapat dipakai sebagai pengayaan bagi kelas VIII, sedangkan satu kelompok berada di luar capaian Fase D (Tabel 1). Kelompok yang berada di luar capaian mencakup perintah Integral, LowerSum, UpperSum, dan TrapezoidalSum pada Aktivitas 7 dan 8, fungsi trigonometri seperti $\sin(x)+\cos(x)$, serta pendefinisian vektor dan matriks. Materi tersebut tergolong kalkulus, trigonometri, dan aljabar linear pada jenjang SMA, sehingga tidak dianalisis lebih lanjut sebagai tugas Fase D. Pada K2, protokol sumber memakai alat ikon untuk menandai titik potong. Padanannya berupa perintah `Intersect[a,b]` dicantumkan pada Tabel 1 agar seluruh kelompok memakai Input Bar.

Tabel 1. Pemetaan kelompok tugas pada Capaian Pembelajaran Fase D

Kelompok	Perintah kunci pada Input Bar	Materi Fase D	Status
K1 Persamaan garis lurus	$y=4x+1$; $m=10$, $c=5$, $y=m \cdot x+c$	Persamaan linear, gradien, grafik	Sesuai
K2 Sistem persamaan	$2x+y=3$; $x-3y=5$; <code>Intersect[a,b]</code>	SPLDV dengan metode grafik	Sesuai
K3 Pertidaksamaan	$x \leq 8$; $2x+y \leq 30$	Pertidaksamaan linear satu variabel; daerah penyelesaian dua variabel	Sesuai (satu variabel); pengayaan (dua variabel)
K4 Fungsi dan aljabar fungsi	$f(x)=2x+1$; $f(3)$; $\text{sum}(x)=f(x)+g(x)$; $\text{compose}(x)=f(g(x))$	Relasi, fungsi, nilai fungsi	Sesuai; komposisi sebagai pengayaan

Kelompok	Perintah kunci pada Input Bar	Materi Fase D	Status
K5 Fungsi bersyarat	Function[f,-6,6]; If[x>0,f(x)]; If bersarang	Daerah asal (domain) fungsi	Sesuai
K6 Parameter fungsi kuadrat	$y=a*x^2+b*x+c$ dengan slider	Pembedaan fungsi nonlinear dari linear secara grafik	Sesuai; analisis parameter sebagai pengayaan
K7 Kalkulus, trigonometri, vektor, matriks	Integral, LowerSum, sin(x)	Tidak tercantum pada Fase D	Di luar capaian

2. Keluaran perintah dan konsep yang diuji

Verifikasi analitik menunjukkan bahwa keluaran yang terdokumentasi pada protokol konsisten dengan perhitungan aljabar (Tabel 2). Pada K2, garis $2x+y=3$ dan $x-3y=5$ berpotongan di titik $(2, -1)$, sama dengan hasil metode eliminasi. Latihan 2 menghasilkan sistem $8m + 2s = 17$ dan $6m + 4s = 19$ bila harga dinyatakan dalam ribuan rupiah. Garis-garisnya berpotongan di $(1,5; 2,5)$, sehingga harga enam manggis dan enam semangka adalah Rp24.000, yaitu pilihan e.

Tabel 2. Keluaran perintah yang diverifikasi secara analitik

Perintah atau tugas	Keluaran terverifikasi	Konsep yang diuji
$2x+y=3, x-3y=5$	Titik potong $(2, -1)$	Penyelesaian SPLDV sebagai titik potong dua garis
Latihan 2 (ribuan rupiah): $8x+2y=17, 6x+4y=19$	Titik potong $(1,5; 2,5)$; $6x + 6y = 24$	Pemodelan masalah kontekstual menjadi SPLDV
$f(x)=2x^2+1, f(3)$	19	Nilai fungsi
$y=a*x^2+b*x+c, a = 1,15; b = 0; c = 1$	Puncak $(0, 1)$; parabola terbuka ke atas	Arah buka parabola; fungsi nonlinear
$a = -0,8; b = 0; c = 1$	Puncak $(0, 1)$; terbuka ke bawah; memotong sumbu x di $\pm 1,118$	Pengaruh tanda koefisien a
$h(x)=\text{If}[f(x)>0,f(x)], f(x) = x^2 - 2$	Terdefinisi untuk $x < -\sqrt{2}$ dan $x > \sqrt{2}$	Daerah asal sebagai penyelesaian pertidaksamaan
$\text{If}[x<2,x,\text{If}[x<5,2,\text{If}[x>5,-x+7,0]]]$	$f(5) = 0$; nilai di sekitar $x = 5$ mendekati 2	Titik batas pada fungsi bersyarat

Kelompok K1 dan K6 memperlihatkan peran parameter. Pada $y=m*x+c$, nilai m menentukan kemiringan dan c menentukan titik potong sumbu y , yaitu $(0, c)$. Dengan $m = 10$ dan $c = 5$, garis memotong sumbu x di $(-0,5; 0)$. Menggeser m mendekati nol membuat garis mendatar di $y = c$, dan m negatif membuat garis menurun. Pada K6, nilai $a = 0$ menjadi batas antara parabola dan garis lurus,

sehingga slider a memberi siswa cara melihat secara grafik mengapa fungsi kuadrat tergolong nonlinear.

Pada K5, $g(x)=\text{If}[x>0, f(x)]$ dengan $f(x) = x^2 - 2$ hanya terdefinisi untuk $x > 0$, dan titik $x = 0$ sendiri tidak termasuk karena syaratnya memakai tanda $>$. Perbedaan antara g dan $h(x)=\text{If}[f(x)>0, f(x)]$ terletak pada objek yang diuji oleh syarat: g menguji nilai x , sedangkan h menguji nilai fungsi. Pada K3, perintah $x \leq 8$ menghasilkan daerah setengah bidang di Tampilan Grafik, yaitu semua titik (x, y) dengan $x \leq 8$, sedangkan penyelesaian pertidaksamaan satu variabel pada Fase D berupa himpunan bilangan pada garis bilangan.

3. Transformasi representasi

Setiap kelompok memuat konversi antarregister (Tabel 3). Siswa memulai dari register simbolik karena perintah harus diketik, lalu GeoGebra menampilkan grafik secara otomatis. Konversi dari bahasa natural ke simbolik muncul hanya pada tugas kontekstual, yaitu Latihan 1 dan 2, dan konversi itu tidak dilakukan oleh GeoGebra sehingga tetap menjadi pekerjaan siswa. Tugas pada K5 juga memuat transformasi di dalam register simbolik, yaitu penulisan syarat dan fungsi.

Tabel 3. Transformasi representasi dan tuntutan sintaks pada tiap kelompok tugas

Kelompok	Register awal dan akhir	Jenis transformasi	Tuntutan sintaks
K1	Simbolik $\rightarrow$ grafik	Konversi	Rendah: persamaan satu baris, variabel, dan slider
K2	Simbolik $\rightarrow$ grafik $\rightarrow$ numerik (koordinat)	Konversi	Sedang: dua persamaan dan Intersect
K3	Simbolik $\rightarrow$ grafik (daerah)	Konversi	Rendah: operator $\leq$
K4	Simbolik $\rightarrow$ numerik; simbolik $\rightarrow$ simbolik	Konversi dan perlakuan	Sedang: notasi fungsi dan komposisi
K5	Simbolik $\rightarrow$ grafik	Konversi dan perlakuan	Tinggi: kurung siku, urutan argumen, syarat bersarang
K6	Simbolik $\rightarrow$ grafik (dinamis)	Konversi	Sedang: perkalian eksplisit, pangkat, tiga slider
Latihan 1 dan 2	Bahasa natural $\rightarrow$ simbolik $\rightarrow$ grafik atau numerik	Konversi yang dikerjakan siswa	Sedang: pemodelan dan penulisan sistem

4. Ketidaktepatan pada protokol tugas

Audit protokol menemukan empat ketidaktepatan yang perlu dikoreksi sebelum tugas dipakai di kelas (Tabel 4). Kondisi pada $\text{If}[-6>x>6, \dots]$ tidak dapat

dipenuhi oleh bilangan apa pun, sebab tidak ada bilangan yang lebih kecil dari -6 sekaligus lebih besar dari 6 , sehingga fungsi tidak terdefinisi di mana pun. Grafik pada protokol memperlihatkan bahwa yang dimaksud adalah interval $-6 < x < 6$. Penulisan $1/10x^2$ memuat prioritas operasi yang dapat dibaca berbeda oleh siswa dan oleh perangkat lunak. Pada Aktivitas 4, If bersarang tidak mencakup $x = 5$, sehingga $f(5)$ bernilai 0 padahal nilai di sisi kiri dan kanan 5 mendekati 2 , dan grafik memuat titik terpisah. Latihan 1 tidak menyatakan urutan potongan harga. Bila diskon Rp30.000 diberikan lebih dulu lalu potongan 10%, harga yang dibayar Rp117.000, sedangkan bila potongan 10% diberikan lebih dulu, harganya Rp114.000.

Tabel 4. Ketidaktepatan pada protokol tugas dan koreksinya

Tugas	Bentuk pada protokol	Masalah	Bentuk yang dianjurkan
Fungsi pada interval	$f(x)=If[-6>x>6,1/10^2]$	Kondisi tidak dapat dipenuhi; fungsi kosong	$f(x)=If[-6<x<6,x^2/10]$
Fungsi pada interval	<code>Function[1/10x^2,-6,6]</code>	Prioritas operasi ambigu	<code>Function[x^2/10,-6,6]</code>
Aktivitas 4	<code>If[x<2,x,If[x<5,2,If[x>5,-x+7,0]]]</code>	$f(5) = 0$; titik terpisah pada grafik	<code>If[x<2,x,If[x<5,2,-x+7]]</code>
Latihan 1	Urutan potongan harga tidak dinyatakan	Hasil Rp117.000 atau Rp114.000	Nyatakan urutan; $g(x)=x-30000$, $h(x)=0.9x$, $h(g(160000))$

D. Pembahasan

1. Input Bar sebagai tugas konversi register

Temuan bahwa seluruh kelompok tugas dimulai dari register simbolik memiliki konsekuensi teoretis. Pada alat berbasis ikon, siswa dapat membuat garis dengan mengklik dua titik, sehingga grafik lahir tanpa persamaan. Pada Input Bar, siswa lebih dahulu memproduksi ekspresi simbolik yang benar, dan grafik berfungsi sebagai umpan balik langsung atas ekspresi tersebut. Dalam kerangka Duval (2017), situasi ini mempertemukan dua register yang hadir bersamaan di Tampilan Aljabar dan Tampilan Grafik. Koordinasi antarregister, yang menurut teori itu menjadi syarat pemahaman, dapat dilatih berulang. Tugas parameter pada K1 dan K6 memperkuat koordinasi ini karena satu perubahan nilai slider menghasilkan perubahan grafik yang dapat dikaitkan dengan satu koefisien tertentu.

Perintah `Intersect[a,b]` pada K2 menggantikan alat ikon yang dipakai pada protokol sumber. Perintah berupa teks yang dapat disalin ke lembar kerja, dibaca guru, dan dicatat dalam log. Sifat ini membuka kemungkinan menganalisis kesalahan sintaks siswa secara sistematis, yang dapat menjadi data utama pada studi lanjutan.

Dugaan bahwa tugas semacam itu membantu pemahaman sejalan dengan bukti yang ada, tetapi bukti itu belum langsung berlaku bagi temuan penelitian ini. Efek positif GeoGebra pada hasil belajar diperoleh dalam sintesis kuantitatif (Hillmayr et al., 2020; Juandi et al., 2021), dan peningkatan representasi pada SPLDV kelas VIII dilaporkan oleh Oktaria et al. (2016). Studi terakhir memakai rancangan satu kelompok dengan pretes dan postes, sehingga peningkatan sebesar 0,651 tidak dapat dipisahkan dari pengaruh faktor lain. Efek GeoGebra juga lebih besar pada kelas kecil dan perlakuan singkat (Juandi et al., 2021), sehingga kelas besar atau program panjang tidak dapat diasumsikan memperoleh manfaat yang sama. Penelitian ini tidak mengukur capaian siswa, sehingga bukti tersebut hanya berfungsi sebagai latar.

2. Tuntutan sintaks dan urutan tugas

Tuntutan sintaks pada Tabel 3 berbeda jauh antarkelompok. Sebagian perintah pada Input Bar sulit bagi pengguna yang belum berpengalaman memprogram (Wassie & Zergaw, 2019), dan teori beban kognitif menjelaskan alasannya. Pemula yang harus mengingat sintaks sambil memikirkan konsep menanggung beban memori kerja yang tinggi, dan panduan terstruktur dapat menurunkannya (Sweller, van Merriënboer, & Paas, 2019). Berdasarkan keduanya, urutan K1, K3, K2, K4, K6, dan K5 dapat diajukan sebagai rancangan. Kelompok dengan satu baris perintah dan operator sederhana ditempatkan lebih awal, sedangkan fungsi bersyarat bersarang pada K5 ditempatkan paling akhir. Urutan ini merupakan hasil penalaran dari data tugas dan literatur, dan belum diuji pada siswa.

Temuan Chytas et al. (2024) bahwa siswa dapat menangani tugas berbasis komputasi bila ada dukungan yang memadai menunjukkan bahwa dukungan itu perlu dirancang. Bentuknya dapat berupa contoh kerja berjenjang, daftar kesalahan sintaks yang umum, dan lembar kerja yang meminta siswa memprediksi grafik sebelum menekan Enter lalu membandingkannya dengan hasil di layar. Prediksi

tertulis mendorong siswa menghubungkan koefisien dengan bentuk grafik terlebih dahulu, sehingga konversi tidak diserahkan seluruhnya kepada perangkat lunak. Tabel 5 memuat rancangan awal untuk empat kelompok tugas.

Tabel 5. Rancangan awal lembar kerja prediksi, observasi, dan penjelasan

Kelompok	Prediksi sebelum menekan Enter	Observasi di layar	Pertanyaan penjelasan
K1	Sketsa grafik $y=2x+3$ dan $y=2x-1$	Dua garis sejajar yang memotong sumbu y di 3 dan -1	Apa yang sama dan apa yang berbeda pada kedua persamaan?
K2	Perkiraan titik potong $2x+y=3$ dan $x-3y=5$	Titik (2, -1)	Bagaimana memeriksa bahwa titik itu memenuhi kedua persamaan?
K3	Daerah yang diarsir untuk $x \leq 8$	Setengah bidang di kiri garis $x = 8$	Bagaimana menyatakan $x \leq 8$ pada garis bilangan?
K5	Daerah asal $\text{If}[x>0, f(x)]$	Grafik hanya di sebelah kanan sumbu y	Apa bedanya dengan $\text{If}[f(x)>0, f(x)]$?

3. Ketidaktepatan protokol sebagai risiko dan bahan belajar

Keempat ketidaktepatan pada Tabel 4 berdampak berbeda. Kondisi yang kontradiktif menghasilkan grafik kosong, dan siswa dapat menyimpulkan bahwa siswa salah mengetik padahal rumus pada lembar tugas yang keliru. Kasus itu bermanfaat bila guru sengaja menyajikannya sebagai analisis kesalahan, tetapi merugikan bila tidak disadari. Titik terpisah di $x = 5$ memberi kesempatan membahas arti tanda $<$ dan $\leq$ pada himpunan penyelesaian, yang berkaitan langsung dengan pertidaksamaan pada Fase D. Perbedaan Rp117.000 dan Rp114.000 pada Latihan 1 menunjukkan bahwa soal kontekstual memerlukan asumsi yang dinyatakan eksplisit. Perintah $\text{compose}(x)=f(g(x))$ dapat dipakai untuk memperlihatkan bahwa urutan dua operasi memengaruhi hasil. Komposisi fungsi sebagai topik formal biasanya baru dipelajari di jenjang SMA, sehingga pada kelas VIII konsep ini cukup dipakai sebagai urutan dua operasi tanpa notasi formal.

Pada K3, daerah setengah bidang yang ditampilkan untuk $x \leq 8$ dapat membuat siswa menyamakan penyelesaian pertidaksamaan satu variabel dengan daerah dua dimensi. Guru perlu meminta siswa menunjukkan himpunan $x \leq 8$ pada garis bilangan dan membandingkannya dengan daerah di bidang. Tanpa langkah itu, tampilan yang menarik secara visual dapat menggeser perhatian dari konsep yang dituntut Fase D.

4. Cakupan jenjang dan keterbatasan

Pemisahan kelompok K7 menunjukkan bahwa protokol eksplorasi perintah memuat materi dua jenjang sekaligus. Protokol sebaiknya dipecah menjadi modul SMP dan modul SMA agar tujuan pembelajaran, indikator, dan asesmen tiap jenjang tidak tercampur. Pertidaksamaan dua variabel pada K3 dan analisis parameter fungsi kuadrat pada K6 juga perlu diberi label pengayaan agar tidak dipakai sebagai ukuran capaian kelas VIII.

Keterbatasan utama penelitian ini adalah ketiadaan data siswa. Analisis dokumen memperlihatkan apa yang dituntut tugas dan di mana letak risikonya, tetapi tidak memperlihatkan bagaimana siswa di SMP Negeri 1 Sinunukan menjawab. Verifikasi dilakukan secara analitik, bukan melalui uji coba di kelas. Literatur yang dirujuk dibatasi pada artikel yang dapat diverifikasi, sehingga kajian ini tidak setara dengan tinjauan sistematis. Studi lanjutan dapat memakai penelitian pengembangan atau eksperimen semu dengan data log perintah siswa, jenis kesalahan sintaks, dan tes representasi, serta mempertimbangkan ukuran kelas dan durasi perlakuan (Juandi et al., 2021).

E. Kesimpulan

Analisis tugas eksplorasi perintah GeoGebra untuk persamaan, pertidaksamaan, dan fungsi menghasilkan empat kesimpulan. Pertama, enam kelompok tugas sesuai dengan Capaian Pembelajaran Fase D, sebagian sebagai pengayaan, sedangkan kalkulus, trigonometri, vektor, dan matriks berada di luar jenjang. Kedua, perintah Input Bar menuntut siswa menghasilkan representasi simbolik lebih dahulu, sehingga setiap tugas memuat konversi ke grafik atau nilai numerik, dan tugas kontekstual menambahkan konversi dari bahasa natural yang tetap dikerjakan siswa. Ketiga, empat ketidaktepatan pada protokol, yaitu kondisi interval, prioritas operasi, titik batas, dan urutan komposisi, perlu dikoreksi atau dijadikan bahan analisis kesalahan sebelum dipakai di kelas. Keempat, tuntutan sintaks berbeda antarkelompok, sehingga urutan tugas dan dukungan awal perlu dirancang.

Bagi guru, temuan ini berarti memakai protokol yang telah dikoreksi, memulai dari tugas bersintaks ringan, dan meminta siswa menuliskan asumsi pada

soal kontekstual. Klaim bahwa eksplorasi perintah meningkatkan pemahaman siswa belum dapat dinyatakan dari data ini. Penelitian berikutnya perlu mengumpulkan data siswa di SMP Negeri 1 Sinunukan atau sekolah lain, termasuk log perintah, jenis kesalahan sintaks, dan tes representasi, untuk menguji urutan tugas yang diusulkan.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan. (2022). Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 033/H/KR/2022 tentang perubahan atas Keputusan Kepala Badan Standar, Kurikulum, dan Asesmen Pendidikan Nomor 008/H/KR/2022 tentang capaian pembelajaran pada pendidikan anak usia dini, jenjang pendidikan dasar, dan jenjang pendidikan menengah pada Kurikulum Merdeka. Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi.
- Chytas, C., van Borkulo, S. P., Drijvers, P., Barendsen, E., & Tolboom, J. L. J. (2024). Computational thinking in secondary mathematics education with GeoGebra: Insights from an intervention in calculus lessons. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 10(2), 228–259. <https://doi.org/10.1007/s40751-024-00141-0>
- Creswell, J. W., & Poth, C. N. (2018). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (4th ed.). SAGE Publications.
- Doyle, L., McCabe, C., Keogh, B., Brady, A., & McCann, M. (2020). An overview of the qualitative descriptive design within nursing research. *Journal of Research in Nursing*, 25(5), 443–455. <https://doi.org/10.1177/1744987119880234>
- Duval, R. (2017). *Understanding the mathematical way of thinking: The registers of semiotic representations*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-56910-9>
- Hillmayr, D., Ziernwald, L., Reinhold, F., Hofer, S. I., & Reiss, K. M. (2020). The potential of digital tools to enhance mathematics and science learning in secondary schools: A context-specific meta-analysis. *Computers & Education*, 153, Article 103897. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103897>
- Juandi, D., Kusumah, Y. S., Tamur, M., Perbowo, K. S., & Wijaya, T. T. (2021). A meta-analysis of GeoGebra software decade of assisted mathematics learning: What to learn and where to go? *Heliyon*, 7(5), Article e06953. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06953>
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative data analysis: A methods sourcebook* (3rd ed.). SAGE Publications.

- Oktaria, M., Alam, A. K., & Sulistiawati. (2016). Penggunaan media software GeoGebra untuk meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa SMP kelas VIII. *Kreano, Jurnal Matematika Kreatif-Inovatif*, 7(1), 99–107. <https://doi.org/10.15294/kreano.v7i1.5014>
- Septian, A., Darhim, & Prabawanto, S. (2020). Mathematical representation ability through GeoGebra-assisted project-based learning models. *Journal of Physics: Conference Series*, 1657, Article 012019. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1657/1/012019>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Wassie, Y. A., & Zergaw, G. A. (2019). Some of the potential affordances, challenges and limitations of using GeoGebra in mathematics education. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 15(8), Article em1734. <https://doi.org/10.29333/ejmste/108436>