Pengaruh Model PBL Berbantuan *GeoGebra* terhadap Kemampuan Komunikasi dan Representasi Matematis

Stefania Nuratifah*[1], Yulis Jamiah[2], Dede Suratman[3]
[1,2,3] Program Studi Magister Pendidikan Matematika, FKIP, Universitas Tanjungpura, Pontianak
e-mail: [*1]stefanianuratifah26@gmail.com , [2]yulis.jamiah@fkip.untan.ac.id , [3]dede.suratman@fkip.untan.ac.id

Abstract. *This study was motivated by students' low mathematical communication and representation skills in learning linear regression. To overcome this, a GeoGebra-assisted Problem Based Learning (PBL) model was implemented. This quantitative study employed a quasi-experimental method with a nonequivalent control group design. The sample involved 72 eleventh-grade students of SMAN 4 Pontianak selected through purposive sampling (36 students in the experimental class and 36 students in the control class). Data were collected using essay tests and analyzed using the Independent Samples t-test, effect size (Cohen's d), and Pearson correlation. The results of the analysis showed a significant difference in mathematical communication and representation skills between the experimental and control groups* ($Sig. = 0.000 < 0.05$). *The GeoGebra-assisted PBL model had a large effect on mathematical communication skills* ($d = 1.67$) *and mathematical representation skills* ($d = 1.66$). *Furthermore, there was a very strong relationship between the two skills* ($r = 0.823$) *in the experimental group. These findings demonstrate that the model influences mathematical communication and representation abilities.*

Keyword: *PBL, GeoGebra, mathematical communication, mathematical representationl.*

Abstrak. *Kemampuan komunikasi dan representasi matematis penting dalam literasi matematika, tetapi masih rendah pada siswa, termasuk pada materi regresi linier. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh model Problem Based Learning (PBL) berbantuan GeoGebra terhadap kedua kemampuan tersebut. Penelitian kuantitatif ini menggunakan metode kuasi eksperimen dengan desain Nonequivalent Control Group Design. Sampel terdiri atas 72 siswa kelas XI SMAN 4 Pontianak yang dipilih melalui purposive sampling (36 siswa kelas eksperimen dan 36 siswa kelas kontrol). Data dikumpulkan melalui tes uraian dan dianalisis menggunakan uji-t sampel independen, effect size (Cohen's d), dan korelasi Pearson. Hasil penelitian menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelas eksperimen dan kelas kontrol pada kemampuan komunikasi dan representasi matematis (Sig. = 0,000 < 0,05). Model PBL berbantuan GeoGebra berefek besar terhadap kemampuan komunikasi (d = 1,67) dan representasi matematis (d = 1,66), serta kedua kemampuan tersebut berkorelasi sangat kuat pada kelas eksperimen (r = 0,823). Temuan ini menunjukkan bahwa PBL berbantuan GeoGebra layak dipertimbangkan guru sebagai alternatif pembelajaran untuk meningkatkan kedua kemampuan tersebut secara bersamaan.*

Kata Kunci: *PBL, GeoGebra, komunikasi matematis, representasi matematis*

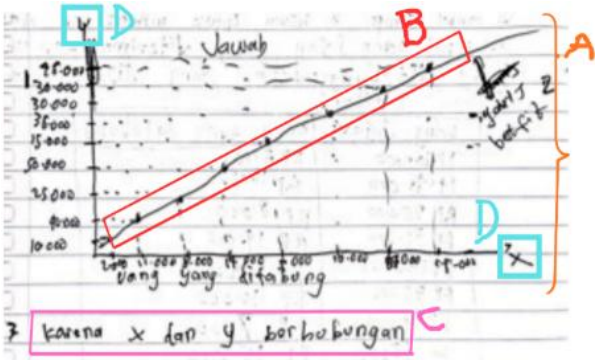
PENDAHULUAN

Capaian pendidikan Indonesia, khususnya bidang matematika, masih menjadi persoalan yang perlu mendapat perhatian serius sebagaimana tercermin dalam hasil PISA 2022 (Earthadara & Kismiantini, 2025). Indonesia memperoleh skor matematika 366 poin, menurun dari 379 poin pada 2018 dan berada di bawah rata-rata OECD sebesar 472 poin. Selain itu, hanya 18,35% siswa Indonesia yang mencapai kompetensi minimum Level 2 (OECD, 2023).

Kondisi ini menunjukkan perlunya penguatan kemampuan siswa dalam memahami dan menyelesaikan permasalahan matematika, termasuk kemampuan komunikasi dan representasi matematis. Kedua kemampuan tersebut berkaitan langsung dengan proses literasi matematika dalam PISA, yaitu merumuskan, menggunakan, serta menafsirkan matematika dalam berbagai konteks (OECD, 2023). Kemampuan komunikasi matematis memungkinkan siswa menyampaikan ide, menjelaskan prosedur, dan mengemukakan kesimpulan (Hanisyah et al., 2024). Sedangkan kemampuan representasi matematis membantu siswa menyajikan permasalahan dalam bentuk gambar, tabel, grafik, simbol, dan model matematika (Ristiani & Maryati, 2022).

Belum optimalnya kedua kemampuan tersebut diduga berakar dari pembelajaran yang masih berpusat pada guru (*teacher-centered learning*), sehingga membatasi kesempatan siswa mengemukakan ide secara mandiri (Suhenda & Munandar, 2023). Padahal, kedua kemampuan ini saling melengkapi dalam membangun pemahaman konsep serta kemampuan berpikir logis dan analitis (Junita, 2016).

Permasalahan serupa ditemukan di SMA Negeri 4 Pontianak. Berdasarkan wawancara dengan guru matematika pada 22 September 2025 siswa masih kesulitan memahami regresi linear, terutama dalam menjelaskan prosedur penyelesaian, menginterpretasikan diagram pencar, serta menentukan dan menafsirkan garis regresi. Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan komunikasi dan representasi matematis siswa belum optimal. Untuk memperkuat hasil wawancara, peneliti menganalisis jawaban dan analisis awal lembar jawaban siswa pada soal regresi linier, dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1 Arsip Lembar Jawaban Siswa

Pada aspek kemampuan komunikasi matematis, siswa mampu menyajikan diagram pencar dan menggambar garis *best fit* dengan kecenderungan hubungan positif (A dan B). Namun, siswa belum mampu memberikan alasan matematis dalam menentukan garis tersebut (B), menginterpretasikan hubungan antarvariabel secara jelas (C), serta mencantumkan keterangan variabel pada sumbu koordinat secara tepat (D). Hal ini menunjukkan bahwa kemampuan menyajikan,

menjelaskan, dan menginterpretasikan informasi matematis siswa masih belum optimal. Pada kemampuan representasi matematis bagian A (diagram pencar), siswa mampu mengubah data tabel menjadi diagram pencar, tetapi penempatan titik dan penggunaan skala belum sepenuhnya tepat. Pada bagian B (garis *best fit*), siswa mampu menggambar garis *best fit*, tetapi belum dapat menunjukkan ketepatan garis dalam mewakili pola sebaran data karena tidak disertai dasar penentuan yang jelas.

Guna mengatasi masalah tersebut, diterapkan model *PBL* berbantuan *GeoGebra*. Sintaks *PBL* memfasilitasi siswa berdiskusi, mengemukakan argumen, dan memecahkan masalah kontekstual (Hidayati et al., 2020). Sedangkan *GeoGebra* memfasilitasi visualisasi dinamis yang mengintegrasikan grafik dan aljabar untuk memperjelas konversi antarrepresentasi (Lestari et al., 2023).

Berbagai penelitian telah menunjukkan bahwa penerapan model *PBL* maupun pemanfaatan *GeoGebra* memberikan kontribusi positif terhadap pembelajaran matematika. Utami et al., (2024) melaporkan bahwa penerapan model *PBL* berbantuan *GeoGebra* mampu meningkatkan kemampuan representasi matematis siswa melalui kegiatan eksplorasi masalah dan visualisasi konsep secara dinamis. Penelitian Fazryn et al., (2023) juga menunjukkan bahwa penggunaan *GeoGebra* dapat meningkatkan partisipasi aktif siswa serta membantu siswa memahami konsep matematika melalui keterkaitan antara representasi visual dan simbolik. Selain itu, Hidayati et al., (2020) menjelaskan bahwa model *PBL* memberikan kesempatan yang lebih luas kepada siswa untuk berdiskusi, mengemukakan pendapat, serta mengomunikasikan proses berpikir matematis selama pembelajaran berlangsung.

Meskipun *PBL* dan *GeoGebra* terbukti potensial, penelitian terdahulu umumnya masih mengkaji kemampuan komunikasi atau representasi secara terpisah dan berfokus pada materi di luar regresi linier. Padahal, karakteristik materi regresi linier menuntut siswa untuk menguasai penyajian data, interpretasi, dan komunikasi hasil analisis secara bersamaan.

Untuk mengisi kesenjangan tersebut, penelitian ini menawarkan kebaruan melalui tiga aspek utama: (1) mengkaji pengaruh model *PBL* berbantuan *GeoGebra* terhadap kemampuan komunikasi dan representasi matematis secara bersamaan, (2) memfokuskannya pada materi regresi linier di tingkat SMA yang masih jarang diteliti, serta (3) memberikan bukti empiris langsung dari penerapan di kelas XI SMAN 4 Pontianak.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode kuasi eksperimen dan desain *Nonequivalent Control Group Design*. Desain ini dipilih karena kelas yang sudah terbentuk tidak dapat diacak. Kelas eksperimen memperoleh pembelajaran *PBL* berbantuan *GeoGebra*, sedangkan kelas kontrol memperoleh pembelajaran langsung. Kedua

kelas diberi *pretest* dan *posttest*. Desain penelitian dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 1 Desain Penelitian

Kelompok	*Pretest*	Perlakuan	*Posttest*
Eksperimen	O_1	X (PBL berbantu Geogebra)	O_2
Kontrol	O_3	– (pembelajaran langsung)	O_4

Sugiyono (2021)

Keterangan:
O_1 : *pretest* kelas eksperimen
O_2 : *posttest* kelas eksperimen
O_3 : *pretest* kelas kontrol
O_4 : *posttest* kelas control
X : PBL berbantu Geogebra

Penelitian dilaksanakan di SMAN 4 Pontianak pada semester genap tahun ajaran 2025/2026. Populasinya adalah seluruh siswa kelas XI. Sampel ditentukan dengan *purposive sampling* berdasarkan kesetaraan kemampuan akademik (rata-rata nilai rapor matematika semester sebelumnya), kesamaan waktu dan materi pembelajaran, serta rekomendasi guru matematika. Sampel berjumlah 72 siswa, yaitu 36 siswa Kelas Teknik 1 sebagai kelas eksperimen dan 36 siswa Kelas Teknik 2 sebagai kelas kontrol. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah model *PBL* berbantuan *GeoGebra* sedangkan variabel terikatnya adalah kemampuan komunikasi matematis dan kemampuan representasi matematis.

Instrumen utamanya yang digunakan yaitu tes tertulis berbentuk uraian pada materi regresi linier. Instrumen ini terdiri dari perangkat *pretest* dan *posttest* yang berbeda soalnya, tetapi disusun berdasarkan indikator yang sama sehingga mengukur kemampuan yang sama. Masing-masing perangkat terdiri dari 5 butir soal dengan waktu pengerjaan 90 menit. Bentuk uraian dipilih karena dapat menunjukkan proses berpikir siswa, mulai dari penyusunan model hingga penarikan kesimpulan. Setiap butir soal dapat mengukur kedua kemampuan sekaligus. Penskoran memakai rubrik dengan rentang skor 0-4 pada setiap indikator.

Tabel 2 Indikator Kemampuan Komunikasi dan Representasi Matematis

No	Indikator Kemampuan Komunikasi Matematis	Indikator Kemampuan Representasi Matematis
1	Menjelaskan langkah penyelesaian regresi linier secara tertulis secara runtut dan logis.	Menyajikan data dua variabel dalam bentuk diagram pencar (*scatter plot*) secara tepat.
2	Menginterpretasikan informasi dan ide matematis pada regresi linier merujuk pada konteks masalah yang diberikan	Menggambar garis regresi linier yang sesuai dengan pola data pada diagram pencar
3	Menuliskan notasi matematika, istilah, dan simbol secara benar dalam menjelaskan proses dan hasil regresi linier.	Menyatakan hubungan dua variabel dalam bentuk persamaan regresi linier sederhana
4	Mengkomunikasikan makna hasil analisis hubungan dua variabel secara tertulis.	Menentukan persamaan regresi linier untuk menunjukkan nilai koefisien regresi *a* dan *b* dari data yang diberikan.
5	Menyampaikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis regresi linier secara runtut dan logis.	Menggunakan persamaan regresi linier untuk memprediksi nilai suatu variabel berdasarkan konteks permasalahan.

Validitas isi kedua perangkat tes diuji oleh tiga validator ahli dengan indeks Aiken's V sebesar 0,82 (tinggi). Validitas butir secara empiris menunjukkan semua butir valid (r hitung > r tabel). Reliabilitas diuji dengan

Cronbach's Alpha dan diperoleh r = 0,85 (sangat tinggi) untuk kedua perangkat tes. Kesamaan hasil validasi dan reliabilitas ini menunjukkan bahwa kedua perangkat memiliki kualitas yang setara. Lembar observasi keterlaksanaan pembelajaran dan dokumentasi sekolah digunakan hanya sebagai data pendukung, bukan untuk menguji hipotesis.

Sealnjutnya penelitian ini dilaksanakan dalam tiga tahap yaitu : (1) tahap persiapan meliputi peneliti menyusun dan memvalidasi instrumen, menyiapkan perangkat pembelajaran (LKPD interaktif dan *GeoGebra*), lalu menentukan kelas eksperimen dan kontrol. (2) Tahap pelaksanaan meliputi: kedua kelas mengerjakan *pretest*, pembelajaran pada kedua kelas dilaksanakan langsung oleh peneliti, perlakuan diberikan dalam 2 pertemuan (masing-masing 2 × 45 menit) pada materi regresi linier, kelas eksperimen belajar dengan *PBL* berbantuan *GeoGebra* melalui lima tahap: orientasi masalah melalui LKPD interaktif, pengorganisasian siswa, penyelidikan terbimbing dengan *GeoGebra*, pengembangan hasil karya, serta analisis dan evaluasi pemecahan masalah.

Selanjutnya kelas kontrol belajar dengan pembelajaran langsung berupa ceramah, pencatatan konsep, dan latihan soal mandiri tanpa media digital, setelah perlakuan, kedua kelas mengerjakan *posttest*. (3) Tahap Analisis yaitu data *pretest* dan *posttest* diolah dan dianalisis menggunakan bantuan SPSS pada taraf signifikansi 5% (α = 0,05) sesuai teknik analisis data pada bagian berikut: Statistik deskriptif (rata-rata, simpangan baku, nilai minimum, dan nilai maksimum) untuk menggambarkan data *pretest* dan *posttest*. Uji prasyarat, yaitu uji normalitas dengan *Shapiro-Wilk* dan uji homogenitas dengan *Levene*. Uji kesetaraan kemampuan awal dengan *Independent Samples t-test* pada data *pretest* untuk melihat kesetaran kemampuan awal kelas eksperimen dan kontrol. *Independent Samples t-test* pada data *posttest* untuk menguji perbedaan kemampuan kedua kelas. *Effect size* (Cohen's d) untuk mengetahui besar pengaruh perlakuan, dengan interpretasi menurut Cohen (1988).

$$d = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{SD_{pooled}}$$

Keterangan:
d: nilai *effect size*
$\bar{x}_1$: rata-rata kelas eksperimen
$\bar{x}_2$: rata-rata kelas control
SD_{pooled}: standar deviasi gabungan

Tabel 3 Interpretasi Nilai *Effect Size*

Nilai *d*	Kategori
0,20	Kecil
0,50	Sedang
0,80 atau lebih	Besar

Cohen (1988)

Korelasi *Pearson Product Moment* pada data *posttest* kelas eksperimen untuk mengetahui hubungan antara kemampuan komunikasi dan representasi matematis, dengan interpretasi menurut Sugiyono (2021).

Tabel 4 Intepretasi Koefisien Korelasi

Interval Koefisien (*r*)	Tingkat Hubungan
0,00 – 0,199	Sangat rendah
0,20 – 0,399	Rendah
0,40 – 0,599	Sedang
0,60 – 0,799	Kuat
0,80 – 1,000	Sangat kuat

Sugiyono (2021)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Sebelum diberikan perlakuan, kedua kelas mengerjakan *pretest* untuk melihat kemampuan awal siswa. Selanjutnya, kelas eksperimen menerapkan *PBL* berbantuan *GeoGebra* dan kelas kontrol menggunakan pembelajaran langsung pada materi regresi linier, yang diakhiri dengan *posttest* sebagaimana rincian data kemampuan komunikasi matematis pada tabel berikut.

Tabel 5 Deskripsi Data Kemampuan Komunikasi Matematis

Kelas	Tes	*N*	*Mean*	SD	Min	Max
Eksperimen	*Pretest*	36	7,08	1,88	4	11
Eksperimen	*Posttest*	36	14,83	2,71	10	20
Kontrol	*Pretest*	36	6,86	1,48	4	10
Kontrol	*Posttest*	36	10,06	2,99	5	17

Berdasarkan Tabel 5, rata-rata *pretest* kedua kelas yang setara menunjukkan kemampuan awal komunikasi matematis yang seimbang. Setelah pembelajaran, peningkatan kelas eksperimen mencapai lebih dua kali lipat dibanding kelas kontrol, membuktikan bahwa model *PBL* berbantuan *GeoGebra* memberikan dampak peningkatan yang lebih besar. Deskripsi data kemampuan representasi matematis disajikan pada tabel berikut.

Tabel 6 Deskripsi Data Kemampuan Representasi Matematis

Kelas	Tes	*N*	*Mean*	SD	Min	Max
Eksperimen	*Pretest*	36	5,94	1,93	2	10
Eksperimen	*Posttest*	36	13,86	3,32	5	20
Kontrol	*Pretest*	36	6,19	1,87	3	10
Kontrol	*Posttest*	36	9,08	2,36	5	15

Berdasarkan Tabel 6, kemampuan awal representasi matematis kedua kelas setara. Setelah pembelajaran, kenaikan rata-rata kelas eksperimen melonjak hingga hampir tiga kali lipat kelas kontrol.

Sebelum uji hipotesis, hasil uji prasyarat menunjukkan seluruh data berdistribusi normal dan homogen ($Sig. > 0{,}05$). Uji *t-test* juga mengonfirmasi tidak ada perbedaan signifikan pada kemampuan awal kedua kelas ($Sig. = 0{,}334$), sehingga keduanya layak digunakan sebagai sampel penelitian.

Hasil uji hipotesis *Independent Samples t-test* pada data *posttest* disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7 Hasil Uji Hipotesis (*Independent Samples t-test*)

Kemampuan	*Sig.*	Keputusan
Komunikasi Matematis	0,000	H_0 ditolak
Representasi Matematis	0,000	H_0 ditolak

Berdasarkan Tabel 7, nilai signifikansi $0{,}000 (< 0{,}05)$ menunjukkan penolakan terhadap H_0, yang berarti terdapat perbedaan signifikan kemampuan komunikasi dan representasi matematis antara kedua kelompok. Besaran pengaruh perlakuan ini selanjutnya disajikan pada Tabel 8 (*Cohen's d*)

Tabel 8 Ringkasan Nilai *Effect Size* (Cohen's d)

Kemampuan	Nilai d	Kategori
Komunikasi Matematis	1,67	Besar
Representasi Matematis	1,66	Besar

Nilai *effect size* pada Tabel 8 yang > 0,80 tergolong kategori besar, menunjukkan dampak kuat model *PBL* berbantuan *GeoGebra* terhadap kemampuan komunikasi dan representasi matematis. Hubungan antarkemampuan pada kelas eksperimen selanjutnya dianalisis menggunakan korelasi *Pearson* dengan hasil pada tabel 9.

Tabel 9 Hasil Uji Korelasi *Pearson Product Moment*

Variabel	Nilai *r*	*Sig.*	Kategori
Komunikasi dan Representasi Matematis	0,823	0,000	Sangat kuat

Berdasarkan Tabel 9, menunjukkan hubungan yang sangat kuat antara kemampuan komunikasi dan representasi matematis siswa. Hal ini mengonfirmasi bahwa kedua kemampuan tersebut saling menunjang.

Pembahasan

Perbedaan kemampuan komunikasi matematis berakar dari karakteristik *PBL* berbantuan *GeoGebra* yang memfasilitasi eksplorasi aktif, diskusi, dan visualisasi konsep regresi linier secara dinamis (Hadi, et al, 2024). Proses pembentukan pemahaman secara aktif dan kolaboratif ini sejalan dengan kerangka teori Vygotsky (1978) mengenai *Zone of Proximal Development* (ZPD), yang menegaskan bahwa fungsi kognitif tingkat tinggi dan bahasa anak berkembang melalui interaksi sosial dan kolaborasi. Secara kualitatif, keunggulan kemampuan komunikasi matematis pada kelas eksperimen teridentifikasi secara jelas melalui analisis lembar jawaban siswa pada kelima indikator.

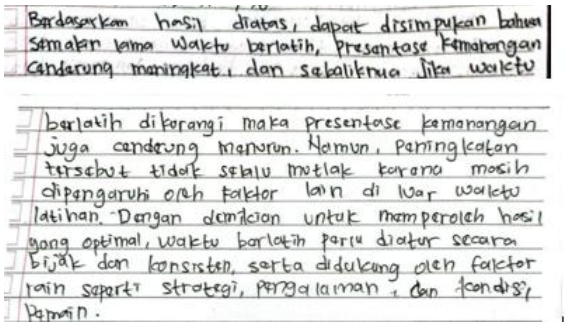
Pada indikator pertama siswa kelas eksperimen mampu menuliskan algoritma pengerjaan soal secara runtut dan sistematis, melengkapinya dengan alasan ilmiah di setiap tahap hitungan. Sebaliknya, siswa kelas kontrol cenderung langsung menyodorkan kalkulasi angka tanpa disertai penjelasan logis. Temuan peneliti ini memperkuat pendapat Arends (2019) yang menyatakan bahwa sintaks *PBL* yang diawali masalah autentik secara efektif mendorong siswa untuk tidak hanya menemukan solusi, tetapi juga menjelaskan alasan dan menyusun argumen penyelesaian secara sistematis.

Pada indikator kedua Siswa kelas eksperimen mampu menginterpretasikan hubungan positif antarvariabel secara kontekstual, sedangkan kelas kontrol hanya memberikan penafsiran umum. Temuan ini sejalan dengan dengan pendapat Hendriana & Kadarisma, (2019) bahwa komunikasi matematis mencakup kemampuan menjelaskan makna hubungan matematis sesuai situasi kontekstual, serta didukung hasil riset (Yanti & Amir, 2025) bahwa *PBL* berbasis teknologi mempermudah siswa menginterpretasikan hasil analisis regresi secara bermakna.

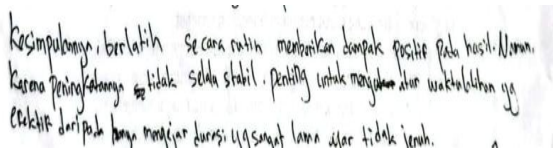
Pada indikator ketiga eksplorasi fitur aljabar dan grafik *GeoGebra* membiasakan siswa kelas eksperimen menerapkan variabel bebas-terikat serta model persamaan regresi ($y = a + bx$) secara konsisten dan terstruktur. Temuan ini mengonfirmasi hasil penelitian (Hadi, et al, 2024) dan (Perangin, 2024) bahwa visualisasi dinamis membantu siswa mengomunikasikan ide matematika melalui simbol dan notasi yang presisi.

Indikator keempat siswa kelas eksperimen mampu mendeskripsikan arah dan arti kemiringan garis regresi secara kontekstual, sedangkan kelas kontrol belum mampu menyampaikannya secara utuh. Hal ini sejalan dengan Salsabilla et al. (2023) dan Puspitasari et al. (2023) bahwa perpaduan teknologi dan *PBL* efektif membantu siswa menghubungkan representasi visual dengan keterkaitan antarvariabel.

Perbedaan kualitas komunikasi paling kontras terlihat pada Indikator 5 (menyusun kesimpulan), seperti pada Gambar berikut.



Gambar 2 Jawaban Siswa Kelas Eksperimen



Gambar 3 Jawaban Siswa Kelas Kontrol

Gambar 2 menunjukkan siswa kelas eksperimen merumuskan kesimpulan secara runtut dan kontekstual, sementara kelas kontrol (Gambar 3) masih singkat dan belum utuh. Hal ini didukung oleh tahap penyelidikan dalam *PBL* yang memberi kesempatan merumuskan kesimpulan berbasis bukti Y. Rahmawati et al., (2021) dan media teknologi yang membantu menyusun kesimpulan sesuai konsep dan konteks (Anisa et al., 2023).

Selanjutnya model *PBL* berbantuan *GeoGebra* juga berpengaruh terhadap kemampuan representasi matematis. Keunggulan kelas eksperimen terjadi karena siswa diberi ruang mengonstruksi dan mengonversi representasi melalui masalah kontekstual, sementara kelas kontrol dibatasi prosedur formal, sejalan dengan Nuratifah et al., (2024) bahwa *GeoGebra* secara konsisten berefek positif pada kemampuan representasi visual

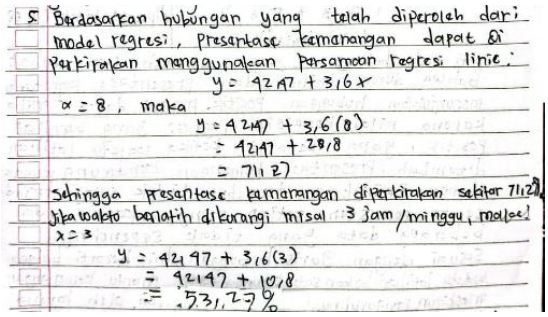
Pada indikator pertama siswa kelas eksperimen mampu mengonversi data tabel ke dalam bentuk koordinat titik pada diagram pencar secara presisi. Hal ini mengonfirmasi hasil penelitian Paro & Daga-as, (2026) yang menunjukkan bahwa *PBL* berbantuan *GeoGebra* mempermudah siswa menyajikan data visual dan menginterpretasikan pola hubungan antarvariabel. Sebaliknya, kesulitan siswa kelas kontrol dalam memplot titik data memperkuat temuan Rahmawati & Muhtadi, (2025) bahwa siswa yang belum terbiasa mengonversi data ke bentuk visual akan mengalami hambatan dalam menggambarkan hubungan antarvariabel secara optimal.

Pada indikator kedua siswa kelas eksperimen mampu menggambarkan garis regresi linier yang mengikuti pola sebaran titik data dan mengidentifikasi tren linier positif secara akurat. Temuan ini mendukung hasil riset Zamsir et al, (2025) yang menyatakan bahwa GeoGebra membantu siswa memahami arah kecenderungan data sehingga garis regresi ditarik berdasarkan pola penyebaran titik, bukan sekadar perkiraan intuitif sebagaimana yang terjadi pada kelas kontrol.

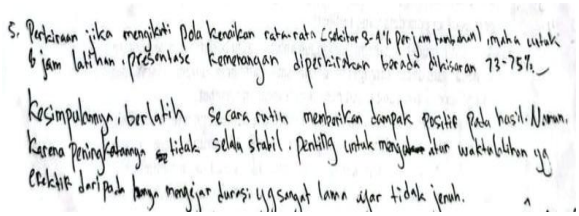
Pada indikator ketiga kelas eksperimen mampu menyusun model matematika $y = a + bx$ secara sistematis dari olahan data dan grafik. Hal ini sejalan dengan penelitian Harahap et al., (2020) bahwa penggunaan *GeoGebra* dalam pembelajaran berbasis masalah membantu siswa menghubungkan representasi data, grafik, dan persamaan dalam satu alur yang utuh.

Pada indikator keempat siswa kelas eksperimen tidak sekadar menghitung nilai konstanta (a) dan koefisien regresi (b), tetapi memahami makna geometris dan kontekstualnya. Hasil analisis ini relevan dengan temuan Bitu et al., (2024) bahwa visualisasi *GeoGebra* membantu siswa memahami arti fisik koefisien regresi melalui keterkaitan antarvariabel, bukan sekadar hafalan rumus prosedural.

Perbedaan kualitas representasi paling kontras terlihat pada Indikator 5 (kemampuan memprediksi nilai variabel), seperti perbandingan lembar jawaban berikut.


5. Berdasarkan hubungan yang telah diperoleh dari model regresi, Presentase kemenangan dapat di perkirakan menggunakan persamaan regresi linier:
$y = 92{,}97 + 3{,}16x$
$x = 8$, maka
$y = 92{,}97 + 3{,}16(8)$
$= 92{,}97 + 28{,}8$
$= 71{,}27$
sehingga presentase kemenangan diperkirakan sekitar 71,27% jika waktu berlatih dikurangi misal 3 jam/minggu, maka:
$x = 3$
$y = 92{,}97 + 3{,}16(3)$
$= 92{,}97 + 10{,}8$
$= 53{,}27\%$

Gambar 4 Jawaban Siswa Kelas Eksperimen


5. Perkiraan jika mengikuti pola kenaikan rata-rata sekitar 3-4% per jam tambahan, maka untuk 6 jam latihan, presentase kemenangan diperkirakan berada dikisaran 73-75%.
Kesimpulannya, berlatih secara rutin memberikan dampak positif pada hasil. Namun, karena peningkatannya tidak selalu stabil. penting untuk mengatur waktu belajar yg efektif daripada hanya mengejar durasi yg sangat lama atau tidak jenuh.

Gambar 5 Jawaban Siswa Kelas Eksperimen

Gambar 4 menunjukkan siswa kelas eksperimen mampu menggunakan persamaan regresi untuk memprediksi nilai secara tepat sesuai konteks, sementara kelas kontrol (Gambar 5) mengalami kekeliruan. Hal ini diperkuat temuan Amallya et al., (2025) bahwa visualisasi grafik dinamis *GeoGebra* membantu siswa memahami makna persamaan regresi dalam estimasi data.

Besarnya *effect size* didukung dua faktor: sintaks *PBL* yang mendorong konstruksi pengetahuan secara kolaboratif Hadi et al, (2024) dan visualisasi dinamis *GeoGebra* yang menghubungkan tabel, grafik, dan persamaan (Wulandari, 2019). Dengan demikian, pengintegrasian *GeoGebra* ke dalam *PBL* berkontribusi nyata dalam mengakselerasi kemampuan komunikasi dan representasi matematis secara terpadu

Analisis korelasi mengonfirmasi hubungan yang sangat kuat antara kemampuan komunikasi dan representasi matematis ($r = 0{,}823$). Representasi seperti diagram dan grafik berfungsi sebagai *thinking tools*, sementara aktivitas komunikasi memvalidasi representasi tersebut. Keterkaitan ini sejalan dengan (Junita, 2016) dan NCTM (2000) yang memandang komunikasi dan representasi sebagai standar proses terpadu. Sinergi ini tumbuh secara simultan melalui diskusi dalam *PBL* Kamid et al., (2020) dan visualisasi dinamis *GeoGebra* (Wulandari, 2019). Berbeda dari studi terdahulu yang menguji terpisah, temuan ini memberikan bukti empiris pengaruh terpadu *PBL* berbantuan *GeoGebra*, serta memperkuat pandangan Arends dalam Ngalimun (2017) dan standar NCTM (2000).

SIMPULAN (PENUTUP)

Berdasarkan hasil penelitian, penerapan model *PBL* berbantuan *GeoGebra* terbukti berpengaruh signifikan terhadap kemampuan komunikasi dan representasi matematis siswa pada materi regresi linier di SMAN 4 Pontianak, yang dikonfirmasi oleh

effect size besar serta korelasi yang sangat kuat antarkedua kemampuan tersebut. Secara teoretis, temuan ini memperkuat teori pembelajaran konstruktivistik dan standar proses NCTM mengenai pentingnya pengembangan kemampuan matematis secara terpadu. Secara praktis, model ini memberikan alternatif solusi bagi pendidik untuk mendesain pembelajaran berbasis pemecahan masalah kontekstual dan visualisasi dinamis. Untuk pengembangan ke depan, penelitian selanjutnya direkomendasikan untuk menguji model ini pada topik matematika lain yang memerlukan visualisasi, mengintegrasikan variabel afektif seperti kemandirian belajar, serta memperluas cakupan sampel guna meningkatkan generalisasi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

Amallya, E., Anggoro, B. S., & Fadila, A. (2025). Problem Based Learning with GeoGebra: Impact on Mathematical Communication Skills and Mathematical Problem Solving. *LINEAR: Journal of Mathematics Education*, 6(1), 1–13. https://doi.org/10.32332/8g8bjr06

Anisa, U. I., Suanto, E., & Yuanita, P. (2023). Analisis kemampuan komunikasi matematis peserta didik kelas IX materi Pythagoras. Dalam *SEMANTIK: Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Matematika* (hlm. 44–50). Yogyakarta.

Bitu, Y. S., Setiawi, A. P., Bili, F. G., Iriyani, S. A., Patty, N. S., Pgpaud, P. S., Loura, K., Sumba, K., Daya, B., & Timur, N. T. (2024). Pembelajaran interaktif: Meningkatkan keterlibatan dan pemahaman siswa. *J-KIP (Jurnal Keguruan dan Ilmu Pendidikan)*, 5(2), 193–198.

Earthadara, S. C., & Kismiantini. (2025). Path analysis of teachers' cognitive activation and students' mathematics achievement in PISA 2022 Indonesia. *Jurnal Riset Pendidikan Matematika*, 12(2), 266–279.

Fazryn, M., Adiansha, A. A., Syarifudin, S., Mariamah, M., & Diana, N. (2023). Implementasi Model Problem Based Learning Berbasis Aplikasi Geogebra untuk Meningkatkan Kemampuan Bernalar Kritis Matematika pada Siswa Sekolah Dasar. *JagoMIPA: Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, *3*(1), 42–51. https://doi.org/10.53299/jagomipa.v3i1.279

Perangin-angin, F. S., & Y. (2024). Studi literatur: Penerapan GeoGebra terhadap kemampuan komunikasi matematis siswa. *Konstanta: Jurnal Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam*, *2*(3).

Hadi, Wahyudin, & D. U. (2024). Improving mathematical communication skills through the GeoGebra-helped *PBL* and direct instruction reviewed from the level of learning independence. *Prisma Sains: Jurnal Pengkajian Ilmu dan Pembelajaran Matematika dan IPA IKIP Mataram*, 12(1), 71–85.

Hanisyah, W. A., Rachmani, N., Nino, D., Pd, M., St, P., Waluya, B., & Si, M. (2024). Systematic literature review: Kemampuan komunikasi matematis berdasarkan gaya belajar. *PRISMA, Prosiding Seminar*

Nasional Matematika, 7, 207–215.

Harahap, K. A., Sinaga, B., & Siagian, P. (2020). Development of GeoGebra-Assisted Problem Based Learning (*PBL*) learning tools to improve visual thinking skills in mathematical problem solving students of SMA Negeri 1 Samudera. *Budapest International Research and Critics in Linguistics and Education (BirLE) Journal*, 239–251.

Hendriana, H., & Kadarisma, G. (2019). Self-Efficacy dan kemampuan komunikasi matematis siswa SMP. *Jurnal Nasional Pendidikan Matematika*, 3(1), 153–164.

Hidayati, Abidin, Z., & Ansari, B. I. (2020). Improving students' mathematical communication skills and learning interest through problem based learning model. *Journal of Physics: Conference Series*, 1460(1), 012047. https://doi.org/10.1088/17426596/1460/1/012047

Junita, R. (2016). Kemampuan representasi dan komunikasi matematis peserta didik SMA ditinjau dari prestasi belajar dan gaya kognitif. *PYTHAGORAS: Jurnal Pendidikan Matematika*, 11(2), 193. https://doi.org/10.21831/pg.v11i2.10655

Kamid, Rusdi, M., Fitaloka, O., Basuki, F. R., & Anwar, K. (2020). Mathematical communication skills based on cognitive styles and gender. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 9(4),847–856. https://doi.org/10.11591/ijere.v9i4.20497

Lestari, Sugiarto, S., & Kurniati, R. (2023). Systematic literature review (SLR): Pemanfaatan software GeoGebra dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Review Pendidikan Dan Pengajaran*, 6(4), 2655–6022.

NCTM. (2000). *Principles and standards for school mathematics*. National Council of Teachers of Mathematics.

Ngalimun. (2017). *Strategi dan model pembelajaran*. Aswaja Pressindo.

Nuratifah, S., T, A. Y., Siregar, N., & Meldi, N. F. (2024). Peran aplikasi GeoGebra dalam kemampuan representasi visual matematis siswa pada materi fungsi. *J-PiMat: Jurnal Pendidikan Matematika*, *6*(2),1445–1456. https://doi.org/10.31932/jpimat.v6i2.392.

Organisation for Economic Co-operation and Development. (2023). *PISA 2022 results (Volume I): The state of learning and equity in education*. OECD Publishing. https://doi.org/10.1787/53f23881-en

Paro, L. C. M., & Daga-as, J. D. (2026). A mixed-method study on problem-based learning approach and mathematics readiness of first-year students. *IJMERI*, 4(2), 378–398

Puspitasari, N., Sofyan, D., Handriani, R. T. S., & Maharani, R. P. (2023). Improving junior high school students' ability to ask mathematical problems through the use of GeoGebra-based learning media. *Mosharafa: Jurnal Pendidikan Matematika*, 12(4), 937–946. https://doi.org/10.31980/mosharafa.v12i4.1203

Rahmawati, L., & Muhtadi, D. (2025). Difficulties and contributing factors faced by junior high school students in solving data representation. *JARME*, 7(2), 151–165.

Rahmawati, Y., Afrizal, A., Dwi Astari, D., Mardiah, A., Budi Utami, D., & Muhab, S. (2021). The integration of dilemmas stories with STEM-Project-Based Learning: Analyzing students' thinking skills using Hess' cognitive rigor matrix. *Journal of Technology and Science Education*, 11(2), 419–439.

Ristiani, A., & Maryati, I. (2022). Kemampuan representasi matematis dan self-esteem siswa pada materi statistika. *Jurnal Inovasi Pembelajaran Matematika: PowerMathEdu*, 1(1), 37–46. https://doi.org/10.31980/pme.v1i1.1364

Salsabilla, N. A., Kartasasmita, B. G., & Saputra, J. (2023). Peningkatan kemampuan komunikasi matematis siswa smp melalui model Problem Based Learning berbantuan GeoGebra. *Symmetry: Pasundan Journal of Research in Mathematics Learning and Education, 8(1), 95–108. https://doi.org/10.23969/symmetry.v8i1.8857*.8857

Sugiyono. (2021). *Metode penelitian kuantitatif, kualitatif, dan R&D*. Alfabeta.

Suhenda, L. L. A., & Munandar, D. R. (2023). Kemampuan komunikasi matematis siswa dalam pembelajaran matematika. *Jurnal Educatio FKIP UNMA*, *9*(2), 1100–1107. https://doi.org/10.31949/educatio.v9i2.5049.

Utami, N. P., Zuhri, M. S., Lestari, I. B., & Buchori, A. (2024). Pengaruh model pembelajaran Problem Based Learning berbantuan aplikasi GeoGebra pada materi fungsi kuadrat terhadap hasil belajar matematika siswa kelas X SMA Negeri 14 Semarang. *Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Indonesia (JPPI)*, 4(2), 459–466. https://doi.org/10.53299/jppi.v4i2.53

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Harvard University Press.

Wulandari, D. A. (2019). Pemanfaatan GeoGebra dalam pembelajaran grafik fungsi pada ranah kompetensi keterampilan. *Prosiding Seminar Nasional Pendidikan Program Pascasarjana*, 154–159

Yanti, I. N., & Amir, Z. (2026). Effectiveness of the problem based learning model assisted by GeoGebra in elementary school mathematics: (Study of literature). Tarbiyah Suska Conference Series, 4(1), 186–201.

Zamsir, Kodirun, Busnawir, Hafiludin Samparadja, S., & Suhar. (2025). Mathematical representation ability of students taught with problem-based learning model using GeoGebra application. International Journal of Education and Research, 13(1), 163–174.