

Simulasi Geogebra Untuk Mengeksplorasi Karakteristik Grafik Fungsi Kuadrat

Linta Mailani Sutarto, Axel Putra Handoyo, Rudi Santoso Yohanes
Universitas Katolik Widya Mandala Surabaya kampus Kota Madiun
lintamailani994@gmail.com, samuelkris854@gmail.com,
rudi.santoso.yohanes@ukwms.ac.id

Abstrak

Landasan penting mencapai tujuan pembelajaran matematika adalah pemahaman konsep matematika. Aplikasi *geogebra* dianggap solusi untuk meningkatkan pemahaman konsep matematika melalui simulasi dalam mengenali karakteristik dan menggambar grafik. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi karakteristik grafik fungsi kuadrat melalui simulasi dengan menggunakan perangkat lunak geogebra. Jenis penelitian yang digunakan adalah studi pustaka dengan mengkaji beberapa literatur yang relevan. Hasil penelitian ini adalah: (1) Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan; (2) Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan; (3) Grafik fungsi kuadrat $y = x^2 + q$ dengan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke atas sejauh q satuan; (4) Grafik fungsi $y = x^2 + q$ dengan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke bawah sejauh q satuan; (5) Dengan menggunakan karakteristik grafik fungsi kuadrat yang telah ditemukan di atas, dapat di peroleh karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$.

Kata Kunci: geogebra, karakteristik grafik fungsi kuadrat

Abstract

An important foundation for achieving mathematics learning goals is the understanding of mathematical concepts. Geogebra application is considered a solution to improve understanding of mathematical concepts through simulation in recognizing characteristics and drawing graphs. The purpose of this study is to explore the characteristics of quadratic function graphs through simulations using geogebra software. The type of research used is a literature study by reviewing some relevant literature. The results of this study are: (1) The graph of the quadratic function $y = (x + p)^2$ with positive p can be obtained by shifting the graph of the function $y = x^2$ to the left by p units; (2) The graph of the quadratic function $y = (x + p)^2$ with negative p can be obtained by shifting the graph of the function $y = x^2$ to the right by p units; (3) The graph of the quadratic function $y = x^2 + q$ with positive q can be obtained by shifting the graph of the function $y = x^2$ upwards by q units; (4) The graph of the function $y = x^2 + q$ with negative q can be obtained by shifting the graph of the function $y = x^2$ down by q units; (5) By using the characteristics of the graph of the quadratic function found above, we can obtain the characteristics of the graph of the quadratic function $y = (x + p)^2 + q$.

Keywords: geogebra, graphical characteristics of quadratic functions

Pendahuluan

Perkembangan teknologi menjadi suatu bagian yang tidak bisa dielakkan dan semakin berkembang di berbagai sektor kehidupan, termasuk di bidang Pendidikan, sehingga mendorong masyarakat untuk mengikuti arus perkembangan tersebut. Dalam dunia pendidikan abad ke-21, teknologi telah menjadi faktor kunci dalam segala aktivitas pembelajaran. Teknologi mempunyai pengaruh yang sangat kuat, termasuk dalam bidang pendidikan (Megahantara, 2017).

Pada tahun 2018, Indonesia memiliki indeks matematika siswa yang sangat rendah menurut *Program for International Student Assessment (PISA)*, dengan peringkat ke-73 dari 79 negara (Development, n.d.). Ini menunjukkan bahwa sistem pendidikan matematika di Indonesia perlu perbaikan. Untuk meningkatkan mutu pendidikan, diperlukan inovasi dalam dunia pendidikan, salah satunya adalah penggunaan teknologi dalam proses pembelajaran. Penggunaan teknologi dalam pembelajaran, seperti aplikasi komputer atau *software*, diharapkan dapat meningkatkan minat siswa dalam mempelajari materi matematika yang bersifat abstrak. Penggunaan aplikasi GeoGebra dianggap sebagai salah satu cara yang menarik untuk mengajar matematika dan menciptakan suasana yang menarik bagi siswa dalam memahami konsep-konsep matematika yang abstrak (Salama, 2015).

Dalam pembelajaran matematika, pemahaman konsep adalah landasan yang sangat penting untuk mencapai tujuan pembelajaran. Ketika siswa tidak memahami konsep dasar, kemungkinan besar akan mengalami kesulitan dalam memahami materi-materi yang lebih kompleks yang terkait dengan konsep tersebut. Namun, jika siswa telah memahami konsep matematika dengan baik, mereka akan lebih mudah mengatasi permasalahan matematika yang berhubungan dengan konsep tersebut (Sudarsana, 2022; Majerek, 2014).

Berdasarkan kurikulum merdeka, materi yang dipelajari siswa di tingkat SMP yakni persamaan dan fungsi kuadrat. Menurut Azmi & Yunita (2022), siswa banyak melakukan kesalahan pada saat mengerjakan latihan yang berkaitan dengan fungsi kuadrat karena ketidakmampuan siswa dalam memahami serta menerapkan konsep materi fungsi kuadrat dalam konteks permasalahan yang diberikan. Pada fungsi kuadrat, menentukan grafik fungsi kuadrat merupakan salah satu topik yang sering diajarkan pada pembelajaran matematika. Dengan menggunakan geogebra, grafik fungsi kuadrat lebih mudah digambarkan dan diidentifikasi polanya. Siregar (2017) berpendapat bahwa penggunaan simulasi GeoGebra dalam pembelajaran grafik fungsi kuadrat dapat meningkatkan kemampuan siswa dalam mengenali karakteristik grafik dan menggambar grafik tersebut. Dengan begitu, geogebra bukan hanya sekedar inovasi, tetapi juga merupakan langkah menuju peningkatan kualitas pendidikan matematika.

Berdasarkan uraian di atas penulis ingin mengetahui bagaimana karakteristik grafik fungsi dengan penggunaan aplikasi Geogebra sebagai simulasi. Maka dari itu, penulis menyusun makalah dengan judul “Simulasi Geogebra Untuk Mengeksplorasi Karakteristik Grafik Fungsi Kuadrat”

Metode Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan adalah studi pustaka yaitu metode pengumpulan data yang dilakukan dengan cara mengkaji dari berbagai sumber seperti buku, jurnal, dan internet yang relevan dengan penelitian tersebut. Bahan pustaka yang didapat dari berbagai referensi tersebut dianalisis secara kritis dan mendalam guna mendukung proposisi dan gagasannya. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi karakteristik grafik fungsi kuadrat melalui simulasi dengan menggunakan perangkat lunak *geogebra*. Penelitian dilaksanakan selama tiga bulan, dimulai dari bulan September hingga November 2023. Pengkajian literatur dilakukan secara daring dengan mengakses pusat sumber daya informasi yang menyediakan akses literatur ilmiah. Sasaran dari penelitian ini mencakup peneliti, guru, atau mahasiswa yang memiliki minat terhadap penggunaan simulasi *geogebra* untuk memahami dan mengajarkan karakteristik grafik fungsi kuadrat. Objek kajian yang digunakan dalam penelitian ini adalah artikel ilmiah dari jurnal nasional dan Internasional yang diterbitkan dalam rentang tahun 2014-2022, serta website internet tahun 2021. Dengan proses pengumpulan data dari langkah-langkah : (1) Identifikasi literatur-literatur yang relevan melalui akses *google scholar* dan *repository* jurnal, buku, dan internet; (2) Analisis literatur secara kritis dan mendalam dengan menjelajahi konsep dan metode; (3) simulasi perangkat lunak *geogebra* untuk mendapat pemahaman visual yang lebih mendalam; (4) *melakukan intensif reading* untuk memahami setiap detail literatur; (5) membaca secara ekstensif untuk mendapat gambaran umum tentang konsep yang berkaitan.

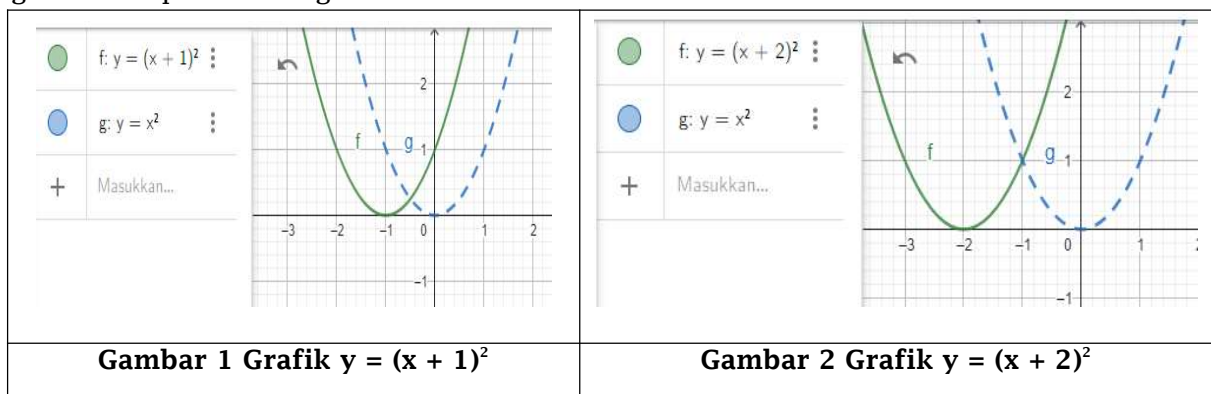
Hasil Penelitian dan Pembahasan

Hasil

Hasil penelitian ini mengungkapkan beberapa temuan penting terkait grafik fungsi kuadrat. Analisis dilakukan dengan memperhatikan variasi parameter pada fungsi kuadrat tertentu. Berikut hasil penelitian secara sistematis :

(1) Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan $p > 0$

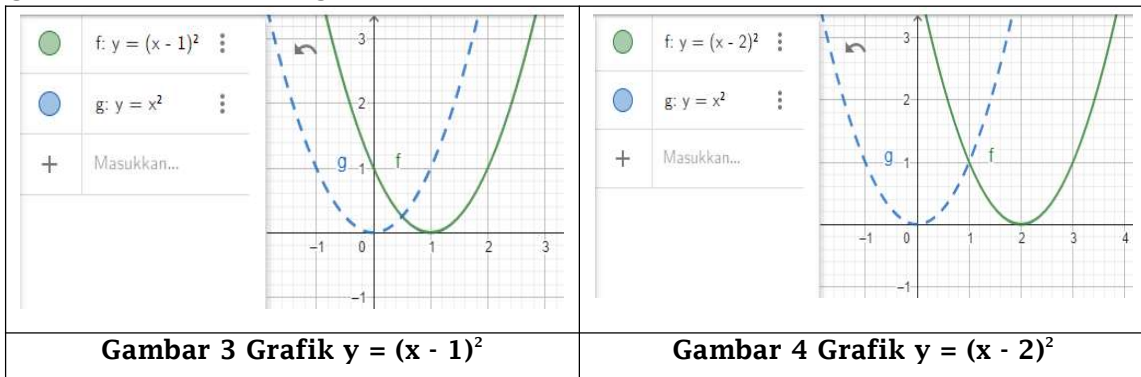
Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p positif dan $p \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengubah nilai p dengan sebarang bilangan real positif, sebagai contoh perhatikan gambar 1 dan 2 berikut.



Berdasarkan gambar 1 dan gambar 2, grafik $y = (x + 1)^2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kiri sejauh satu satuan dan grafik $y = (x + 2)^2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kiri sejauh dua satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan.

(2) Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan $p < 0$

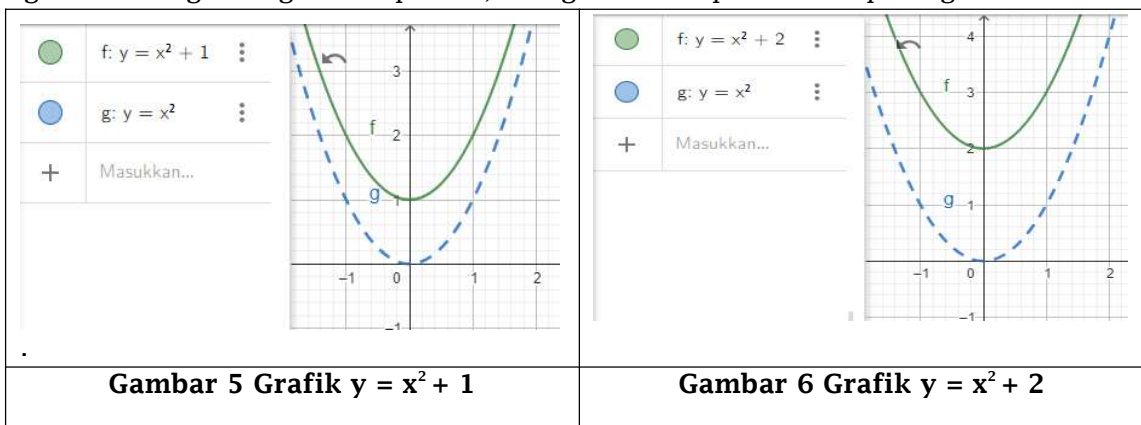
Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p negatif dan $p \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengubah nilai p dengan sebarang bilangan real negatif, sebagai contoh perhatikan gambar 3 dan 4 berikut.



Berdasarkan gambar 3 dan gambar 4, grafik $y = (x - 1)^2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kanan sejauh satu satuan dan grafik $y = (x - 2)^2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kanan sejauh dua satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan.

(3) Grafik fungsi kuadrat $y = x^2 + q$ dengan $q > 0$

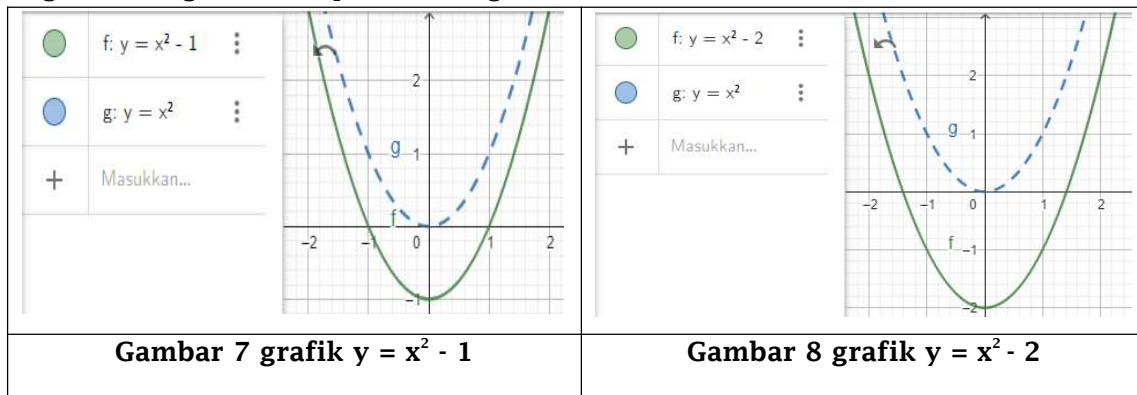
Untuk karakteristik grafik fungsi kuadrat selanjutnya yaitu $y = x^2 + q$ dengan q positif dan $q \in$ adalah bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengubah nilai q dengan sebarang bilangan real positif, sebagai contoh perhatikan pada gambar 5 dan 6.



Berdasarkan gambar 5 dan gambar 6, grafik $y = x^2 + 1$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke atas sejauh satu satuan dan grafik $y = x^2 + 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke atas sejauh dua satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = x^2 + q$ dengan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke atas sejauh q satuan.

(4) Grafik fungsi $y = x^2 + q$ dengan $q < 0$

Grafik fungsi kuadrat selanjutnya yaitu $y = x^2 + q$ dengan q negatif dan $q \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengubah nilai q dengan sebarang bilangan real negatif, sebagai contoh perhatikan gambar 7 dan 8.



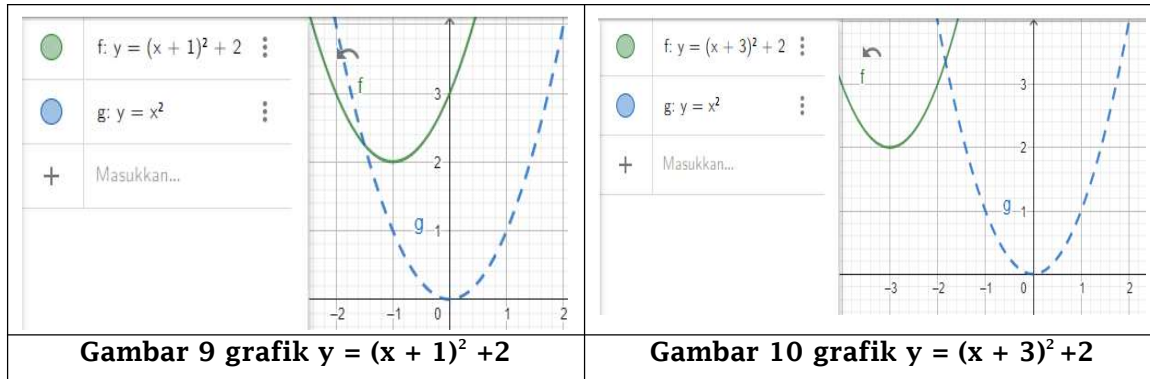
Berdasarkan gambar 7 dan gambar 8, grafik $y = x^2 - 1$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke bawah sejauh satu satuan dan grafik $y = x^2 - 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke bawah sejauh dua satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = x^2 + q$ dengan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke bawah sejauh q satuan.

(5) Grafik fungsi $y = (x + p)^2 + q$

Dengan menggunakan karakteristik grafik fungsi kuadrat yang telah ditemukan di atas, dapat di peroleh karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan q adalah bilangan real. Berikut karakteristiknya :

(a) Untuk grafik fungsi $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan $q > 0$

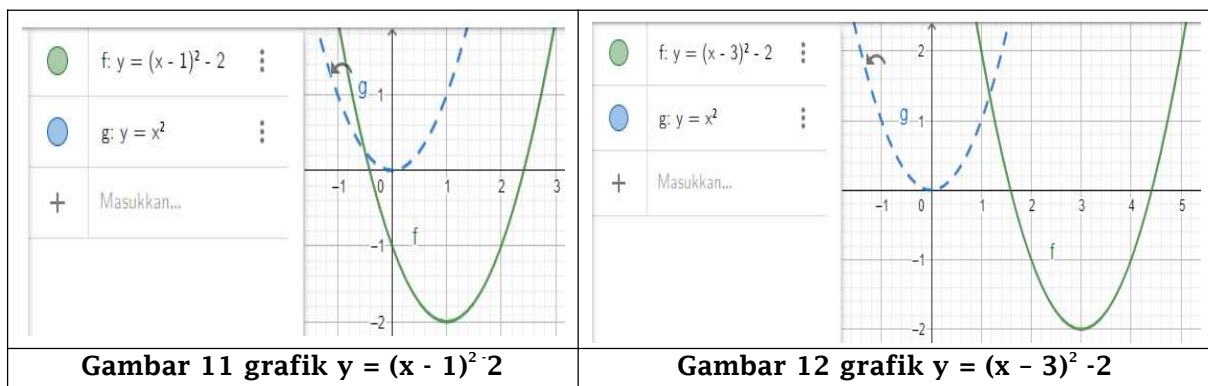
Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan q bernilai positif dan $p, q \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengambil beberapa contoh. Perhatikan contoh berikut.



Berdasarkan gambar 9 dan gambar 10, grafik $y = (x + 1)^2 + 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kiri sejauh satu satuan dan ke atas sejauh 2 satuan, dan grafik $y = (x + 3)^2 + 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kiri sejauh tiga satuan dan ke atas sejauh 2 satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan dan ke atas sejauh q satuan.

(b) Grafik fungsi $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan $q < 0$

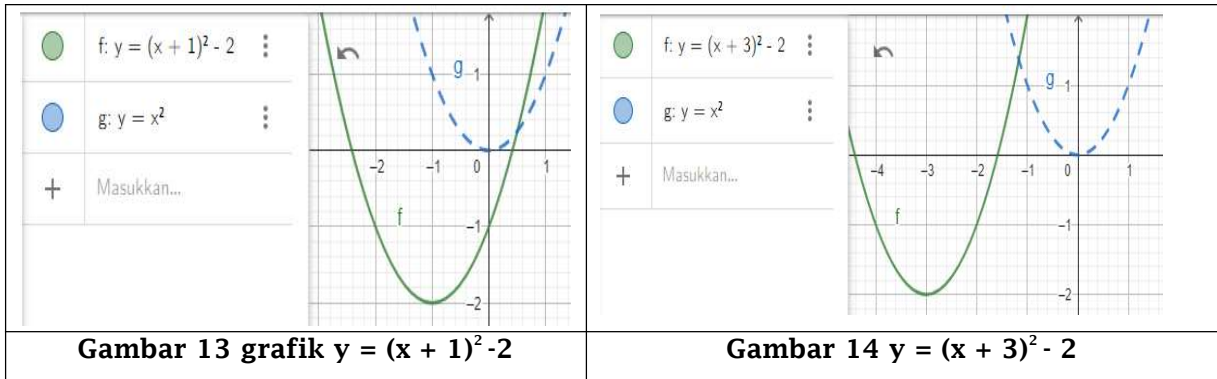
Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan q bernilai negatif dan $p, q \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengambil beberapa contoh. Perhatikan contoh berikut.



Berdasarkan gambar 11 dan gambar 12, grafik $y = (x - 1)^2 - 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kanan sejauh satu satuan dan ke bawah sejauh 2 satuan, dan grafik $y = (x - 3)^2 - 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kanan sejauh tiga satuan dan ke bawah sejauh 2 satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p dan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan dan ke bawah sejauh q satuan.

(c) Grafik fungsi $y = (x + p)^2 + q$ dengan $p > 0$ dan $q < 0$

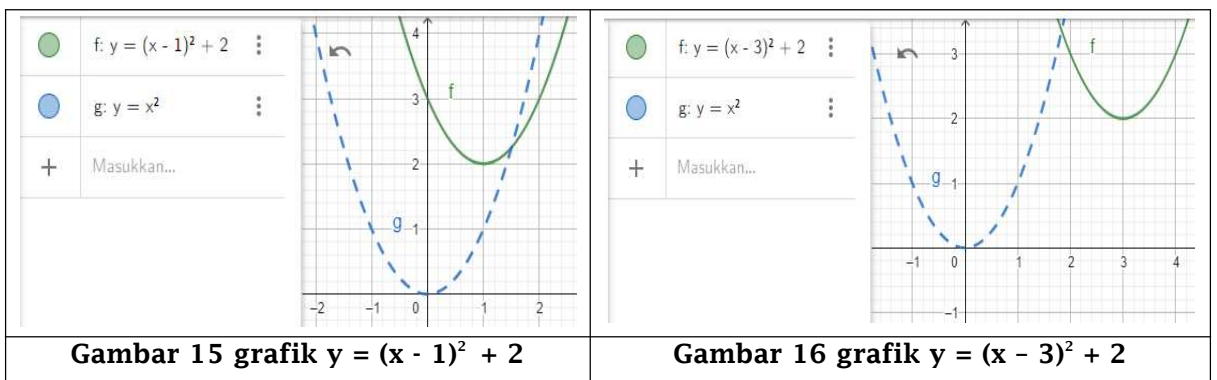
Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p positif dan q negatif dan $p, q \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengambil beberapa contoh. Perhatikan contoh berikut.



Berdasarkan gambar 13 dan gambar 14, grafik $y = (x + 1)^2 - 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kiri sejauh satu satuan dan ke bawah sejauh 2 satuan, dan grafik $y = (x + 3)^2 - 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kiri sejauh tiga satuan dan ke bawah sejauh 2 satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p positif dan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan dan ke bawah sejauh q satuan.

(d) Grafik fungsi $y = (x + p)^2 + q$ dengan $p < 0$ dan $q > 0$

Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p negatif dan q positif dan $p, q \in$ bilangan real, dapat diamati karakteristiknya dengan mengambil beberapa contoh. Perhatikan contoh berikut.



Berdasarkan gambar 15 dan gambar 16, grafik $y = (x - 1)^2 + 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kanan sejauh satu satuan dan ke atas sejauh 2 satuan, dan grafik $y = (x - 3)^2 + 2$ diperoleh dengan menggeser grafik $y = x^2$ ke kanan sejauh tiga satuan dan ke atas sejauh 2 satuan. Kesimpulan umum karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$ dengan p negatif dan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan dan ke atas sejauh q satuan.

Pembahasan

Geogebra adalah perangkat lunak yang berfokus pada visualisasi dan pemecahan masalah matematika. Perangkat lunak ini dikembangkan oleh Markus Hohenwarter di *University of Salzburg*, Austria, pada tahun 2001/2002 sebagai bagian dari tesis masternya di bidang pendidikan matematika dan ilmu komputer (Majerek 2014). Untuk menggambar sketsa grafik fungsi kuadrat, biasanya dilakukan dengan mengidentifikasi beberapa buah titik yang terletak pada grafik fungsi kuadrat. Kemudian dari titik-titik tersebut gambarlah kurva yang mulus, sehingga diperoleh sketsa grafik dari fungsi kuadrat yang diminta. Selanjutnya, untuk mempermudah membuat grafik sebuah fungsi kuadrat, bisa menggunakan geogebra. Siregar (2017) dalam jurnal penelitiannya mengatakan penggunaan simulasi geogebra pada materi grafik fungsi kuadrat bisa meningkatkan kemampuan peserta didik dalam mengenali karakteristik grafik fungsi kuadrat dan meningkatkan kemampuan dalam menggambar grafik fungsi kuadrat. Geogebra memiliki kemampuan visualisasi grafik fungsi kuadrat yaitu menentukan letak grafik yang membuka ke atas, membuka ke bawah, memiliki simetri terhadap sumbu-y, condong ke kanan sumbu-y, condong ke kiri sumbu-y, memotong sumbu-x di dua titik yang berbeda, menyentuh sumbu-x di satu titik, dan tidak memiliki potongan atau sentuhan dengan sumbu-x. Adapun penggunaan fitur *dragging* pada *geogebra* terlihat dari perubahan nilai koefisien a, b, dan c pada persamaan $f(x) = ax^2 + bx + c$ secara langsung mempengaruhi posisi grafik fungsi kuadrat tersebut.

Saat menggunakan geogebra terdapat elemen-elemen dasar tampilan awal geogebra: (1) Menu: berkas, ubah, tampilan, opsi, peralatan, jendela, dan bantuan; 2) Tool Bar : ikon-ikon atau simbol-simbol; 3) Jendela Kiri untuk menampilkan bentuk aljabar; 4) Jendela Kanan sebagai tempat grafik; 5) Masukan berada di kiri bawah; 6) Simbol : memuat daftar simbol. Operasi dasar yang umum digunakan dalam matematika, khususnya pada fungsi kuadrat, melibatkan penjumlahan, pengurangan, perkalian, pembagian, dan pemangkatan. (Nur, 2016)

Adapun cara membuat simulasi grafik fungsi kuadrat dengan menggunakan GeoGebra yaitu: (1) Buka aplikasi GeoGebra, bisa diakses secara online melalui website <https://geogebra.org/classic>; (2) Buat slider p, q, dan r. (3) Buat sebuah fungsi dengan mengetikkan secara langsung di menu input $f(x) = px^2 + qx + r$, maka grafik fungsi kuadrat telah terbentuk Untuk mengetahui pengaruh dari nilai p, q, dan r, dengan menggerakkan masing-masing slider nilai slider p, q, dan r akan berubah. Untuk memberikan keterangan seperlunya bisa menggunakan tool text, sembunyikan tampilan *Algebra* sehingga yang tampak hanya tampilan *graphics*. Agar dapat digunakan kembali simpan simulasi yang telah dibuat. (Ikhsanudin, 2021)

Mengenali elemen-elemen pada geogebra dan mengikuti langkah-langkah penggunaannya bisa membantu melakukan simulasi, sehingga bisa mengeksplorasi letak titik atau karakteristik grafik fungsi kuadrat dengan lebih mudah, lebih cepat, dan tepat jika dibandingkan saat melukis grafik secara manual, serta bisa digunakan sebagai alat bantu bagi siswa untuk menemukan letak titik dan karakteristik grafik parabola. Selain itu, geogebra juga bisa menggambar grafik dengan lebih teliti. Ketelitiannya dapat digunakan untuk memastikan kebenaran grafik yang telah dilukis. Namun, ketelitian geogebra hanya berfungsi sebagai simulasi yang mana simulasi digunakan agar yang lama bisa dibuat cepat atau yang terlalu cepat bisa diperlambat sehingga bisa mengetahui langkah-langkahnya. Geogebra tidak cocok digunakan untuk siswa yang sedang belajar melukis grafik fungsi

kuadrat. Saat belajar melukis memang satu-satunya cara, siswa harus belajar secara manual karena siswa juga harus belajar langkah-langkah dalam melukis grafik fungsi kuadrat. Siswa yang sedang belajar melukis hanya menggunakan geogebra sebatas sebagai alat mencocokkan.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Kesimpulan penelitian ini adalah:

- 1) Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan;
- 2) Grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2$ dengan p negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan;
- 3) Grafik fungsi kuadrat $y = x^2 + q$ dengan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke atas sejauh q satuan;
- 4) Grafik fungsi $y = x^2 - q$ dengan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke bawah sejauh q satuan;
- 5) Dengan menggunakan karakteristik grafik fungsi kuadrat yang telah ditemukan di atas, dapat di peroleh karakteristik grafik fungsi kuadrat $y = (x + p)^2 + q$, yaitu :
 - a. Dengan p dan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan dan ke atas sejauh q satuan.
 - b. Dengan p dan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan dan ke bawah sejauh q satuan.
 - c. Dengan p positif dan q negatif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kiri sejauh p satuan dan ke bawah sejauh q satuan.
 - d. Dengan p negatif dan q positif, dapat diperoleh dengan menggeser grafik fungsi $y = x^2$ ke kanan sejauh p satuan dan ke atas sejauh q satuan.

Saran

Saran dari artikel ini untuk melakukan analisis perbandingan antara simulasi Geogebra dan metode pengajaran sehingga dapat membantu menilai efektivitas dan keefektifan penggunaan teknologi dalam pembelajaran matematika. Saran selanjutnya, peneliti berikutnya untuk mengeksplorasi fungsi matematika lainnya selain fungsi kuadrat. Mungkin melibatkan fungsi eksponensial, logaritma, trigonometri, atau fungsi kubik. Ini dapat memberikan wawasan yang lebih luas tentang berbagai jenis fungsi.

Daftar Pustaka

- Azmi, N., & Rahmi, Y. (2022). Analisis Kesulitan Siswa dalam Menyelesaikan Masalah Fungsi Kuadrat di Kelas X MAN 6 Aceh Utara. *Jurnal Silogisme*, 41.
- Development, O. f. (t.thn.). *PISA 2018 Results*. Dipetik 11 29, 2023, dari https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwi_-

5Db0uiCAxUr2jgGHRs7DiIQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.oecd.org%2Fpisa%2FCombined_Executive_Summaries_PISA_2018.pdf&usg=AOvVaw0dhG0qZGH3pCInX0B4gqnD&opi=89978449.

- Ikhsanudin. (2021). *Mudahnya Membuat Simulasi Grafik Fungsi Kuadrat Menggunakan Geogebra*. Dipetik 11 29, 2023, dari GeoGebra-Mu:
<https://www.geogebra.com/2021/10/membuat-simulasi-grafik-fungsi-kuadrat.html?m=1#>
- Majerek, D. (2014). Application of Geogebra for Teaching Mathematics. *Advances in Science and Technology Research Journal Volume 8, No. 24*, 51.
- Megahantara, G. S. (2017). Pengaruh Teknologi Terhadap Pendidikan di Abad 21. *Universitas Negeri Yogyakarta*.
- Nur, I. M. (2016). Pemanfaatan Program Geogebra dalam Pembelajaran Matematika. *Delta-Pi: Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika Vol. 5, No. 1*, 13-14.
- Salama, F. S. (2015). Pembelajaran Berbasis ICT: Penggunaan Geogebra pada Materi Grafik Fungsi Kuadrat. *academia.edu*, 1.
- Siregar, S. (2017). Efektifitas Penggunaan Simulasi Geogebra Pada Pembelajaran Grafik Fungsi Kuadrat . *Edumatics Volume 7*, 11-20.
- Sudarsana, M. (2022). Pengembangan APPLLET Geogebra Persamaan dan Fungsi Kuadrat untuk Siswa SMP Kelas IX. *Undiksha Repository*, 1.