

PENGGUNAAN SOFTWARE GRAPHMATICA DENGAN SKETSA GRAFIK PERSAMAAN DAN PERTIDAKSAMAAN DALAM SOAL MATEMATIKA

Dea Eka Sartika¹, Umi Kulsum², Ucu Koswara*³

Program Studi Pendidikan Matematika Universitas Sebelas April^{1,2,3}

Info Artikel

Sejarah Artikel:

Diterima 29 Feb 2024

Disetujui 29 Feb 2024

Dipublikasikan 29 Feb 2024

Kata kunci:

Graphmatica, Grafik Fungsi, Persamaan, Koordinat.

ABSTRAK

Di era milenial seperti sekarang banyak sekali tantangan zaman yang semakin maju dan berkembang. Siswa dituntut untuk bisa mengikuti perkembangan yang ada dengan mengiringi pembelajaran yang ada. Untuk itu seorang pendidik harus dapat menemukan solusi untuk mempermudah dalam pembelajaran. Kemampuan spasial seorang siswa mempunyai tingkat berbeda dengan siswa yang lainnya. Dengan kemampuan ini siswa dapat lebih cepat memahami suatu materi matematika yang berkaitan dengan ruang. Pada artikel ini akan dibahas mengenai pembelajaran dengan berbantuan *software graphmatica* mengenai materi transformasi-transformasi grafik fungsi. Ini dimaksudkan untuk membantu pemahaman siswa untuk mengsketsa grafik dengan memanfaatkan bentuk fungsi yang sederhana. Kesimpulan yang didapat adalah dengan bantuan *software graphmatica* adalah waktu yang digunakan dalam pembelajaran lebih efisien, penggunaan *software* sangat membantu bagi siswa yang mempunyai kemampuan spasial rendah, dan dugaan dari siswa bisa langsung diketahui mengenai pengsketsaan transformasi grafik fungsi dari fungsi awal.



Copyright © 2024 Universitas Sebelas April.
All rights reserved.

*Corresponding Author:

Ucu Koswara

Pendidikan Matematika

Universitas Sebelas April,

Jl. Angkrek Situ No 19 Sumedang Jawa Barat 45323 Telp (0261) 20291

Email: ucukoswara@unsap.ac.id

1. PENDAHULUAN

Fungsi adalah materi yang tidak lepas dari matematika, setiap fungsi memiliki persamaan dan dari persamaan tersebut membentuk sebuah grafik yang dapat dilihat secara real. Terdapat sub-materi pada fungsi untuk mempermudah dan fokus pada penyampaian materi ini. Sub-materi pada fungsi diantaranya; Jenis-jenis fungsi, cara mencari himpunan penyelesaian, penyajian fungsi, dan lain-lain. Penyajian fungsi dapat beragam cara, salah satunya menggunakan grafik. Hal ini sangat terkait dengan transformasi bentuk fungsi. Penyampaian transformasi bentuk fungsi ini sangat membutuhkan kemampuan spasial yang baik dari siswa.

Gardner (Sudjito, 2007) mengemukakan bahwa kemampuan spasial adalah kemampuan untuk menangkap dunia ruang secara tepat atau dengan kata lain kemampuan untuk memvisualisasikan gambar, yang di dalamnya termasuk kemampuan mengenal bentuk dan benda secara tepat, melakukan perubahan suatu benda dalam pikirannya dan mengenali perubahan tersebut, menggambarkan suatu hal

atau benda dalam pikiran dan mengubahnya dalam bentuk nyata, mengungkapkan data dalam suatu grafik serta kepekaan terhadap keseimbangan, relasi, warna, garis, bentuk, dan ruang. Sementara itu Maier (1998) mengemukakan bahwa kemampuan spasial adalah kecakapan yang dimiliki oleh manusia yang relevan dengan tingkat tinggi di kehidupan kita. Maier menambahkan bahwa kemampuan spasial terdiri dari lima elemen. 1. Spatial Perception yaitu kemampuan yang membutuhkan letak benda yang sedang diamati secara horizontal ataupun vertikal. 2. Visualization adalah kemampuan untuk menunjukkan aturan perubahan atau perpindahan penyusun suatu bangun baik tiga dimensi ke dua dimensi ataupun sebaliknya. 3. Mental Rotation adalah kemampuan untuk memutar benda dua dimensi dan tiga dimensi secara tepat dan akurat. 4. Spatial Relation yaitu kemampuan memahami susunan dari suatu obyek dan bagiannya serta hubungannya satu sama lain. 5. Spatial Orientation adalah kemampuan untuk mengamati suatu benda dari berbagai keadaan.

Perkembangan teknologi beberapa tahun belakang ini pun dimanfaatkan untuk mengatasi hal tersebut. Salah satu pemanfaatan teknologi oleh para pendidik adalah dengan menggunakan komputer (TIK) dalam pembelajaran. Khususnya bagi guru dan calon guru bekal pengetahuan matematika yang kuat perlu dimiliki dalam upaya memberi pelajaran kepada siswa. Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK) saat ini merupakan alat yang berperan penting dalam dunia pendidikan, khususnya dalam pembelajaran matematika. *National Council of Teachers of Mathematics* (2008) secara spesifik menyatakan bahwa:

Technology is an essential tool for learning mathematics in the 21st century, and all schools must ensure that all their students have access to technology. Effective teachers maximize the potential of technology to develop students' understanding, stimulate their interest, and increase their proficiency in mathematics. When technology is used strategically, it can provide access to mathematics for all students. (NCTM, 2008).

Secara umum dapat diartikan bahwa teknologi adalah alat penting untuk pembelajaran matematika di abad ke-21, dan semua sekolah harus memastikan bahwa semua siswanya memiliki akses terhadap teknologi. Guru yang efektif memaksimalkan potensi teknologi untuk mengembangkan pemahaman siswa, merangsang minat mereka, dan meningkatkan kemahiran mereka dalam matematika. Ketika teknologi digunakan secara strategis, maka dapat memberikan akses matematika bagi semua siswa

Di sisi lain guru dan calon guru dituntut untuk bisa menyampaikan kepada siswa sehingga dapat diterima dan dipahami. Terkait hal tersebut pemanfaatan komputer untuk membantu pembelajaran dapat digunakan. Lebih khusus lagi manfaat dari teknologi komputer berupa *software* dalam pembelajaran diharapkan mampu mengatasi permasalahan siswa khususnya pada mensketsa suatu grafik fungsi. Salah satu *software* yang bisa digunakan dalam pembelajaran ini adalah *graphmatica*. Di dalam artikel ini penggunaan *software graphmatica* membahas berbagai fungsi persamaan. Ada beberapa fungsi persamaan diantaranya 1) Fungsi Kuadrat; 2) Menentukan Garis Singgung Parabola; 3) Persamaan dan Pertidaksamaan Linear; 4) Menggambar Koordinat Kutub. Selain materi-materi tersebut masih banyak lagi pengaplikasian *software graphmatica* dalam permasalahan matematika. Semoga dengan aplikasi *graphmatica* ini dapat membantu pendidik dan khususnya peserta didik agar lebih mudah menyelesaikan soal matematika.

2. PEMBAHASAN

a. Hubungan Persamaan dan Grafik

Persamaan adalah suatu pernyataan matematika dalam bentuk simbol yang menyatakan bahwa dua hal adalah persis sama. Persamaan ditulis dengan tanda sama dengan (=), seperti berikut: $x + 3 = 5$, yang menyatakan bahwa nilai $x = 2$. Persamaan dapat digunakan untuk menyatakan kesamaan dua ekspresi yang terdiri dari satu atau lebih variabel. Sebagai contoh, untuk x anggota bilangan nyata, persamaan berikut selalu benar: $x(x - 1) = x^2 - x$. Persamaan di atas adalah contoh dari identitas: persamaan yang selalu benar, tak peduli berapa pun nilai variabel yang ada di dalamnya. Persamaan berikut bukanlah suatu identitas: $x^2 - x = 0$.

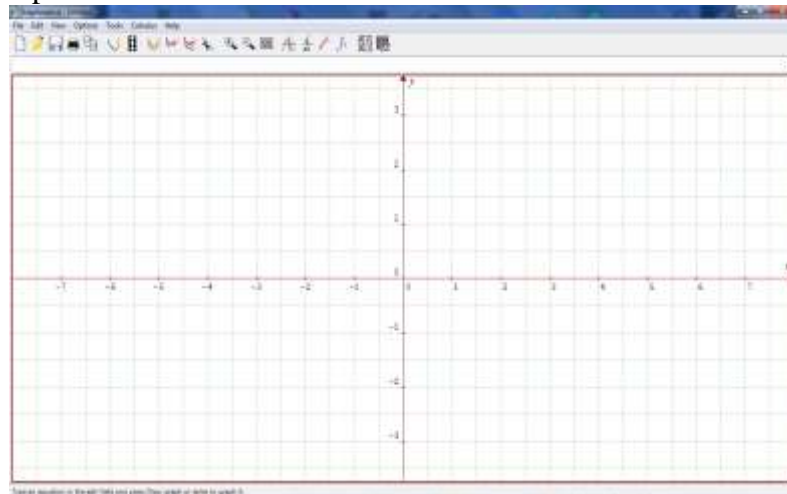
Persamaan di atas adalah salah untuk sejumlah tak hingga x , dan hanya benar untuk satu nilai; nilai akar unik dari persamaan, $x=1$. Karenanya, jika suatu persamaan diketahui bernilai benar, persamaan tersebut membawa informasi mengenai nilai x . Secara umum, nilai variabel di mana suatu persamaan menjadi benar disebut dengan *solusi* atau *penyelesaian*. Menyelesaikan suatu persamaan berarti menemukan solusinya. Banyak pengarang yang menggunakan istilah *persamaan* untuk kesamaan yang bukan identitas. Perbedaan antara kedua konsep tersebut kadang sulit dibedakan; sebagai contoh, $(x + 1)^2 = x^2 + 2x + 1$ adalah identitas, sedangkan $(x + 1)^2 = 2x^2 + x + 1$ adalah persamaan yang memiliki akar $x=0$ dan $x=1$. Apakah suatu pernyataan dimaksudkan sebagai suatu identitas atau suatu persamaan, menentukan informasi mengenai variabelnya sering dapat ditentukan berdasarkan konteksnya. Sedangkan grafik adalah kumpulan data dari beberapa tabel yang disajikan atau ditampilkan dalam bentuk gambar, seperti persegi, lingkaran, tabung, segitiga, balok, kerucut dan lain-lain. Grafik juga biasa diartikan sebagai suatu kerangka atau gambar yang digunakan untuk membuat objek visualisasi dari data-data pada tabel dengan tujuan memberikan informasi mengenai suatu data dari penyaji materi kepada penerima materi. Selain itu, grafik juga dapat diartikan sebagai gambaran dari pasang surutnya suatu data yang ada, dan digambarkan dengan garis ataupun gambar. Data yang digunakan untuk membuat grafik dapat berupa angka, huruf, simbol, gambar, lambang, perkataan, lukisan.

b. Software Pembelajaran Graphmatica

Graphmatica merupakan software yang dibuat oleh *Keith Hertzner* yang fungsi utamanya untuk membuat grafik fungsi. Selain itu, penggunaan software *graphmatica* tidak hanya dapat digunakan untuk mata kuliah Aljabar, tetapi dapat juga digunakan untuk mata kuliah lain seperti Kalkulus (Widyawati; 2019). Tentu saja tujuan khusus penggunaan *software* ini ditujukan untuk pembelajaran matematika. Grafik fungsi yang dapat digambar dengan *software* ini antara lain grafik fungsi linear, fungsi kuadrat, fungsi polinom, lingkaran, dan lain-lain.

Software *Graphmatica* ini mempunyai kelebihan dan kekurangan. Kelebihan dari software ini adalah mengetahui letak posisi (gambar) dari suatu persamaan ataupun pertidaksamaan linear, fungsi kuadrat dll yang ukurannya relatif kecil (di bawah satu megabyte) sehingga mudah digunakan. Sedangkan kekurangan yang terdapat pada software ini adalah untuk mengulang kesalahan "*undo*" tidak bisa dilakukan, sehingga harus benar-benar teliti dalam pengerjaan soal menggunakan software ini. Dan kekurangan yang lain adalah tidak bisa menggambar grafik fungsi trigonometri.

c. Tampilan Graphmatica



Gambar 1. Tampilan *Graphmatica*

Secara umum *software graphmatica* terdiri dari beberapa bagian, diantaranya *titlebar*, *menubar*, *toolbar*, *functionbar*, *graph layout*, dan *coordinate statusbar*.

Tabel 1. Bagian-bagian *Graphmatica*

Bagian	Keterangan
<i>Title bar</i>	Menampilkan nama file <i>graphmatica</i> yang sedang aktif.
<i>Menu bar</i>	Berisi menu-menu yang memiliki fungsinya tersendiri.
<i>Tool bar</i>	Berisi ikon-ikon untuk fitur-fitur yang ada di <i>graphmatica</i> .
<i>Function bar</i>	Untuk menulis atau menginput fungsi yang akan digambar
<i>Graph paper</i>	Menampilkan gambar grafik dari fungsi yang di input.
<i>Coordinatestatusbar</i>	Menampilkan letak atau posisi suatu titik tempat dalam <i>Graph layout</i> .
<i>Scroll bar</i>	Menggulung layar keatas-bawah dan kanan-kiri.

Fungsi tombol pada *graphmatica* adalah sebagai berikut:

Table 2. Tombol pada *Graphmatica*

Item	Subitem	Keterangan
F I L E	<i>New grind</i>	Membuka lembar grafik baru
	<i>Open</i>	Membuka lembar grafik yang sudah ada
	<i>Save</i>	Menyimpan lembar grafik
	<i>Save as</i>	Menyimpan lembar grafik dengan nama yang berbeda dari sebelumnya
	<i>Save setup info</i>	Menyimpan peraturan dalam file berextension
	<i>Page setup</i>	Mengatur jenis lembar grafik
	<i>Print</i>	Mencetak lembar grafik
	<i>exit</i>	Keluar dari lembar grafik <i>graphmatica</i>
E D I T	<i>Undo grid range</i>	Mengembalikan ukuran garis-garis ke semula
	<i>Copy graphs BMP</i>	Menyalin grafik dalam bentuk file BMP
	<i>Copy graphs EMF</i>	Menyalin grafik dalam bentuk file EMF
	<i>Copy tables</i>	Menyalin tabel
	<i>Copy equations</i>	Menyalin pertanyaan yang di tulis
	<i>Paste data plot</i>	Menggandakan data koordinat sumbu x dan y
	<i>Hide graph</i>	Menyembunyikan grafik tertentu
<i>Delete Graph</i>	Menghapus grafik tertentu	

	<i>Delete all graph</i>	Menghapus semua grafik
	<i>Annotations</i>	Member label nama
V I E W	<i>Clear screen</i>	Membersihkan layar grafik
	<i>Zoom in</i>	Memperbesar tampilan grafik
	<i>Zoom out</i>	Memperkecil tampilan grafik
	<i>Grid range</i>	Menentukan batasan maksimum dan minimum dari sumbu x dan y
	<i>Find all graphs</i>	Menampilkan kootdinat yang termasuk dalam fungsi
	<i>Data plot editor</i>	Membuat titik dengan memasukkan koordinat dan dapat pula membuat garis dari dua titik
	<i>Variabel panel Scrollbars</i>	Menggulung layar atas – bawah dan kanan – kiri
	<i>Title dan labels</i>	Menampilkan nama label dari grafik.
	O P T I O N S	<i>Graph paper</i>
<i>Settings</i>		Pengaturan secara umum
<i>Theta range</i>		Mengatur jenis satuan sudut untuk koordinat polar
<i>Autoredraw</i>		Mengaktifkan menggambar ulang otomatis
<i>Warning</i>		Mengaktifkan peringatan jika ada masalah
<i>Auto Square</i>		Pengaturan otomatis persegi
<i>Auto Range</i>		Pengaturan jarak otomatis
T o o l s	<i>Evaluate</i>	Mencari nilai absis atau ordinat jika salah satunya diketahui
	<i>Find intersection</i>	Mencari perpotongan dari dua grafik
	<i>Functions</i>	Memasukkan fungsi pada lembar grafik
	<i>Coordinat cursor</i>	Mengubah kursor hanya pada lembar koordinat grafik
	<i>Set initial value</i>	Set nilai daerah asal
	<i>Set domain</i>	Set daerah asal
C A L C U L U S	<i>Find derivative</i>	Mencari turunan dari suatu fungsi
	<i>Draw tangent</i>	Menggambarkan garis singgung
	<i>Integrate</i>	Mencari nilai integral tertentu dari fungsi yang ada
	<i>Find critical points</i>	Mencari nilai kritis
H E L P	<i>Content</i>	Bantuan untuk konten tertentu
	<i>Operator table</i>	Bantuan untuk tabel operasi fungsi
	<i>Search</i>	Mencari konten yang di inginkan
	<i>kSoft homepage</i>	Menuju ke website kSoft (pembuatan <i>graphmatica</i>)
	<i>About</i>	Menampilkan keterangan mengenai <i>graphmatica</i>

d. Contoh Penggunaan Program

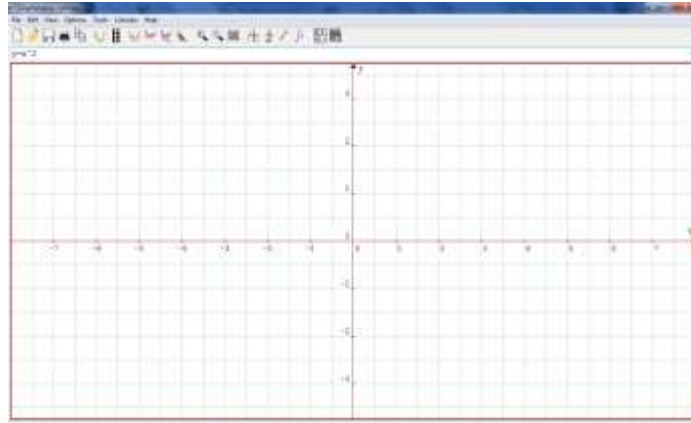
Berikut diberikan beberapa permasalahan yang berkaitan dengan grafik fungsi, akan saya jelaskan cara menggunakan Graphmatica.

➤ **Fungsi Kuadrat**

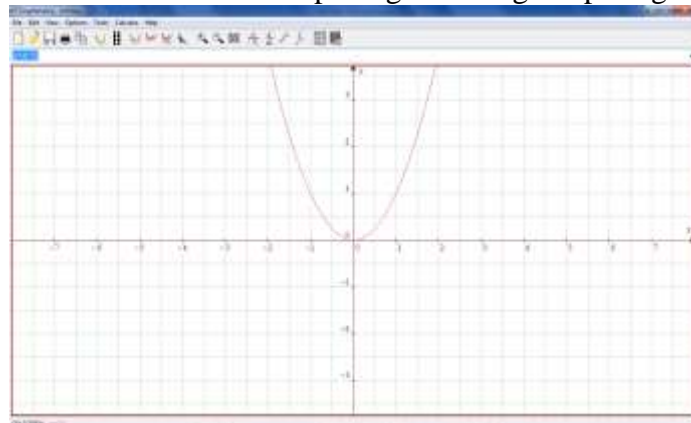
Misalkan pada soal buatlah garis persamaan kuadrat dari $y = x^2$

Langkah-langkahnya

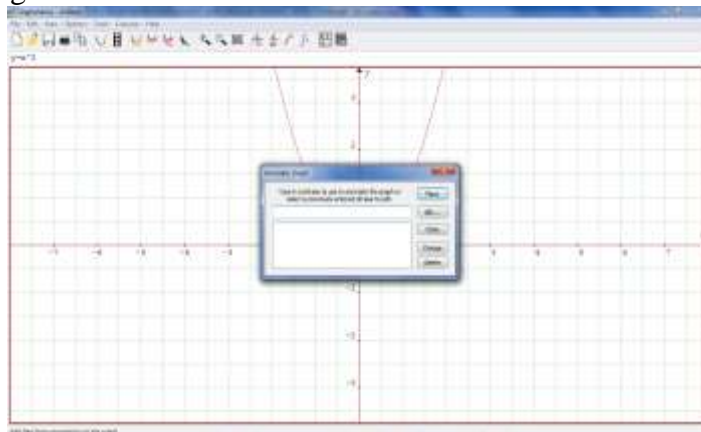
1. Input soal terlebih dahulu pada *Function bar* seperti gambar dibawah ini



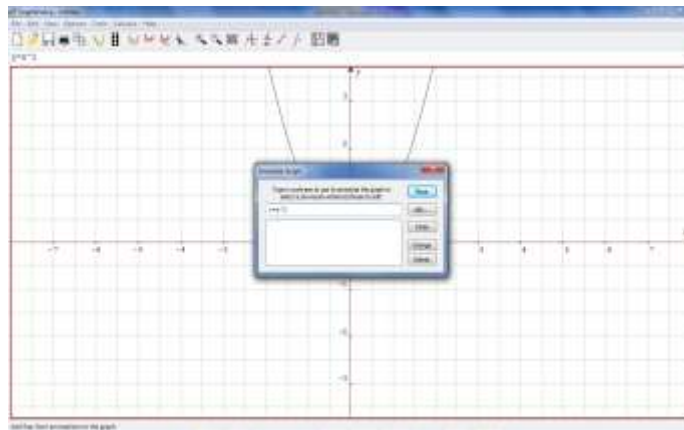
2. Kemudian tekan enter akan muncul tampilan grafik fungsi seperti gambar.



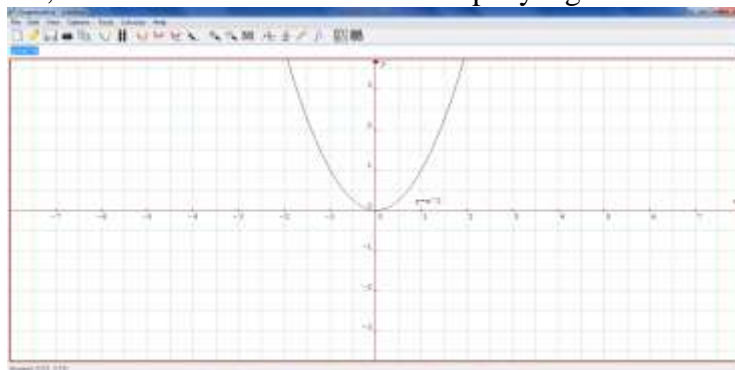
3. Untuk memberi nama pada grafik kita pilih *Edit-Annotations* akan muncul tabel kotak dialog seperti gambar.



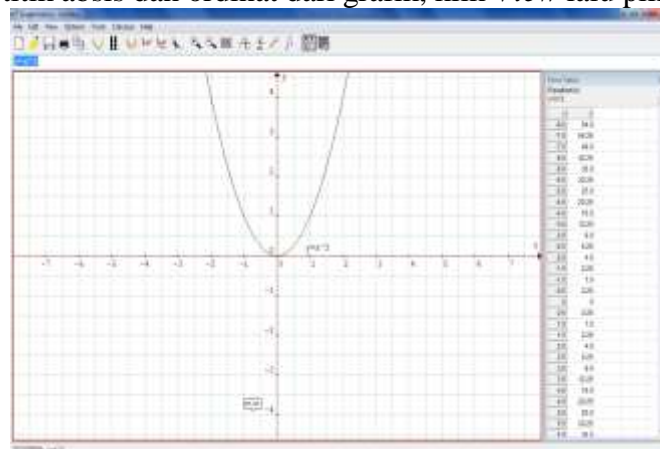
4. Lalu ketikkan nama pada kotak dialog misalkan $y=x^2$



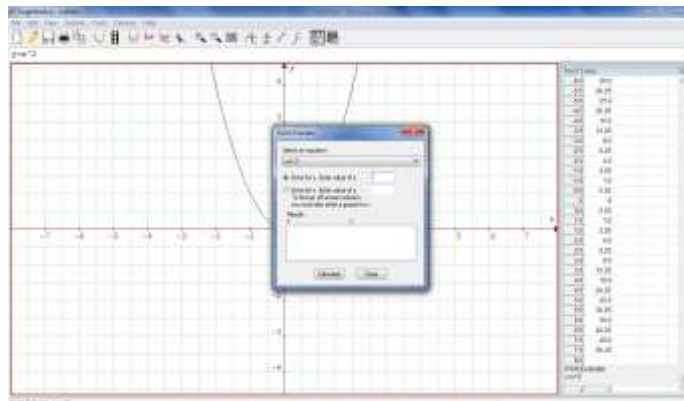
5. Lalu pilih place, setelah itu arahkan kursor ditempat yang akan diberi nama.



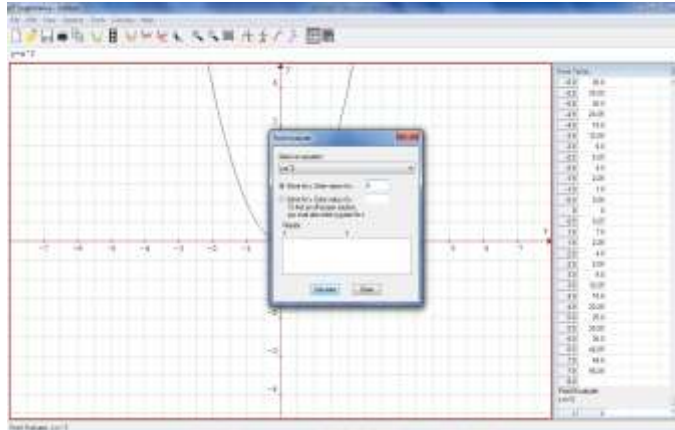
6. Untuk melihat titik absis dan ordinat dari grafik, klik View lalu pilih Point Tables.



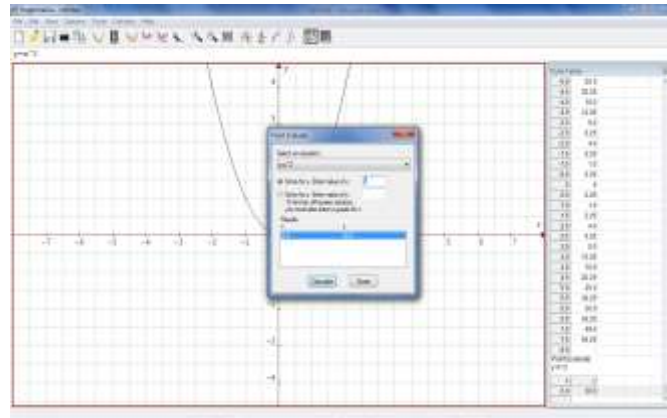
7. Jika ingin mencari nilai absis dan ordinat jika salah satunya diketahui. Klik tools lalu pilih evaluate



8. Masukkan nilai x atau y, misalkan kita ingin mencari nilai titik y jika diketahui $x=6$, lalu pilih calculate



9. Maka muncul hasil seperti digambar yaitu apabila $x= 6$ maka titik $y=36$. Kemudian pilih close.

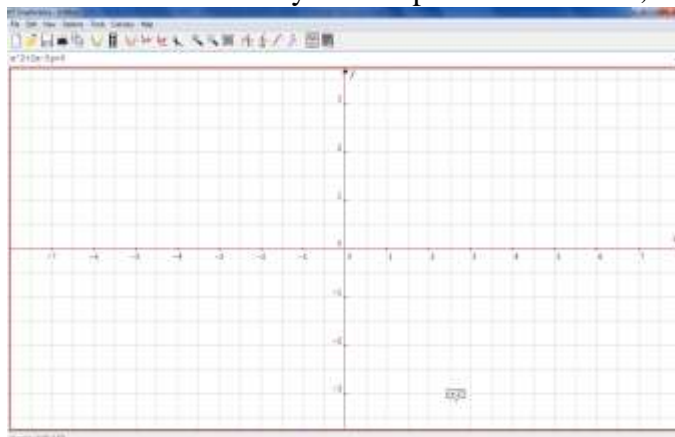


➤ **Menentukan Garis Singgung Parabola (Persamaan Garis)**

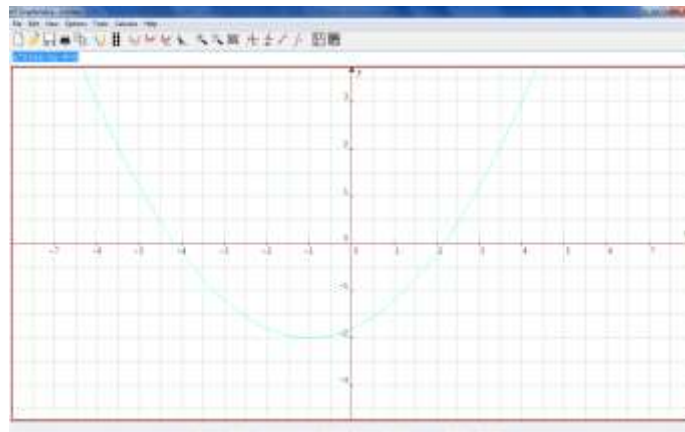
Misalkan kita ingin mencari garis singgung parabola dengan persamaan garis dari : $x^2 + 2x - 5y - 9 = 0$.

Langkah-langkahnya:

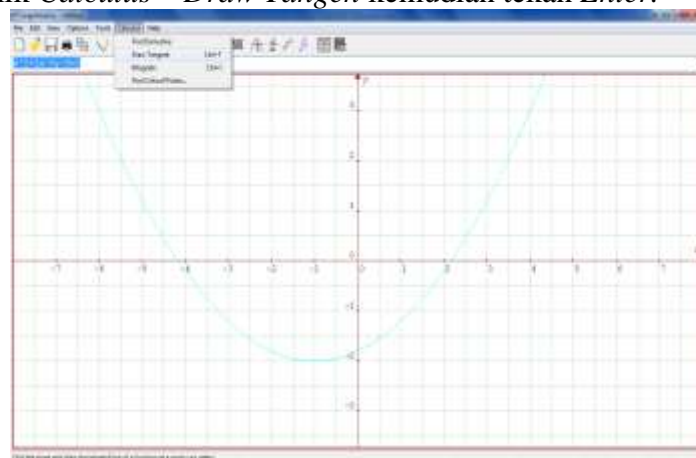
1. Input terlebih dahulu soal $x^2 + 2x - 5y - 9 = 0$ pada *Functionbar*, lalu tekan *enter*.



2. Akan muncul gambar grafik seperti gambar dibawah ini.

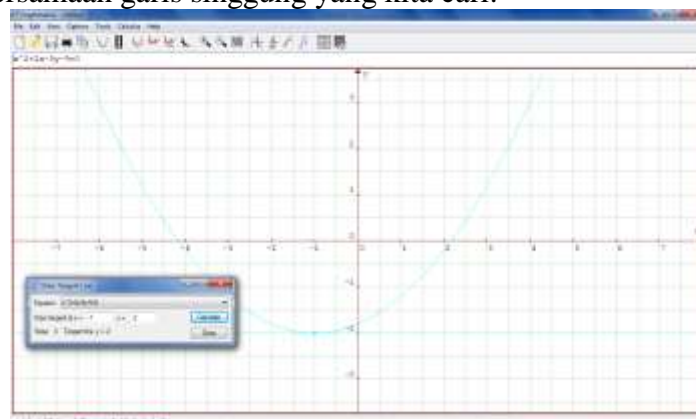


3. Setelah itu, klik *Calculus – Draw Tangen* kemudian tekan *Enter*.

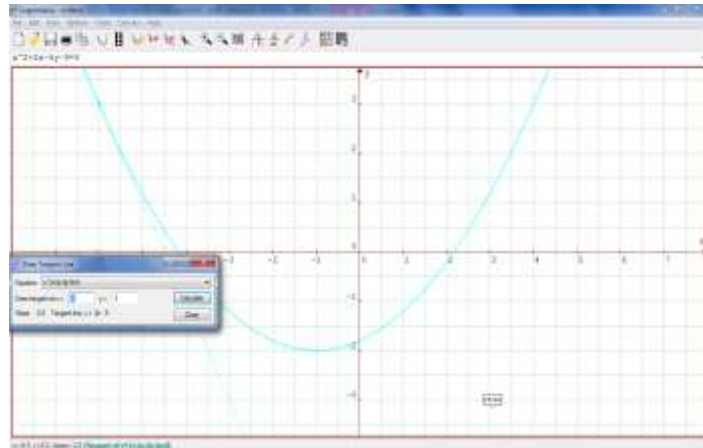


4. Akan muncul kotak dialog seperti gambar. Kemudian klik sembarang titik pada parabola, misalkan pada puncak parabola. Lalu akan muncul *Draw Tangent Line* maka itulah persamaan garis singgungnya.

Draw Tangent at x = -1 dan *y = -2*, berarti kita mencari persamaan garis singgung pada titik (-1,2). Ini adalah titik singgungnya. *Slope* adalah kemiringan, sedangkan *Tangent Line* adalah persamaan garis singgung yang kita cari.



5. Dengan menggunakan persamaan yang sama, kita mencari titik singgung di titik lain. Kemudian klik *Calculus- Draw Tangent*. Klik sembarang titik pada parabola. Lalu muncul *draw tangent line* itulah persamaan singgungnya. *Draw tangent line at x = -6* dan *y = -3*. Berarti kita mencari persamaan garis singgung pada titik (-6,-3). Ini adalah titik singgungnya. *Sloponya* (-2,0) dan *Tangent Line* $y = -2x - 9$.



➤ **Persamaan dan Pertidaksamaan Linear**

Tentukan himpunan penyelesaian dari pertidaksamaan

$$2x - y \leq 1$$

$$3x + y \leq 14$$

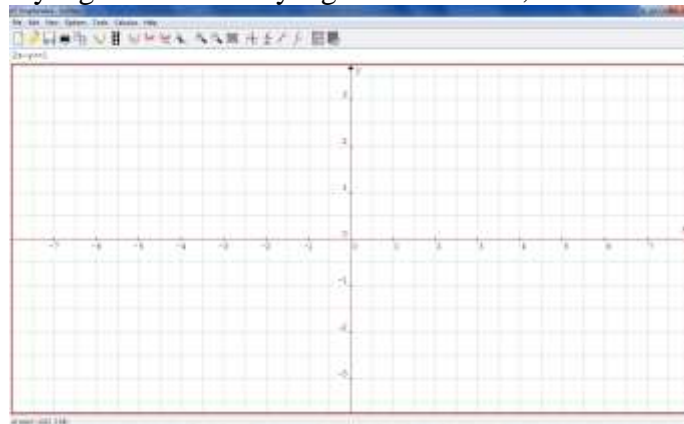
$$x - 3y \leq -2$$

$$x \geq 0$$

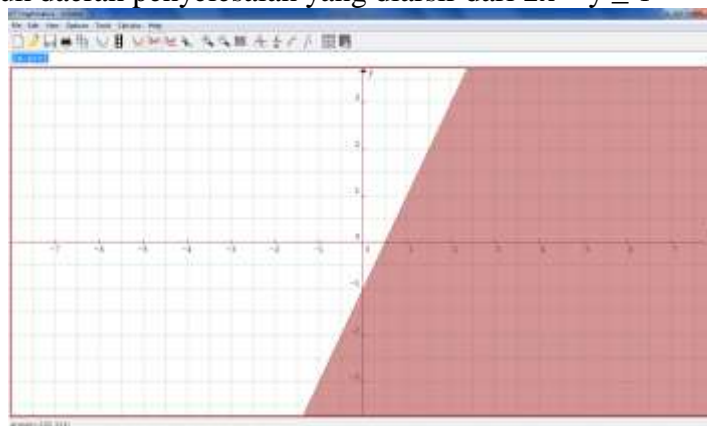
$$y \geq 0$$

langkah-langkahnya:

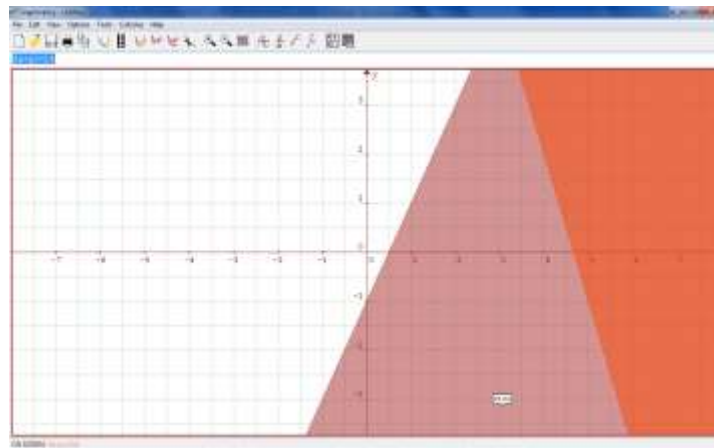
1. Input terlebih dahulu soal persamaan $2x - y \leq 1$ atau jika dalam graphmatica penulisannya $2x - y >= 1$ tanda " \leq " dibalik menjadi " $>=$ " karena himpunan penyelesaian yang dicari adalah yang bukan di arsir, kemudian tekan enter.



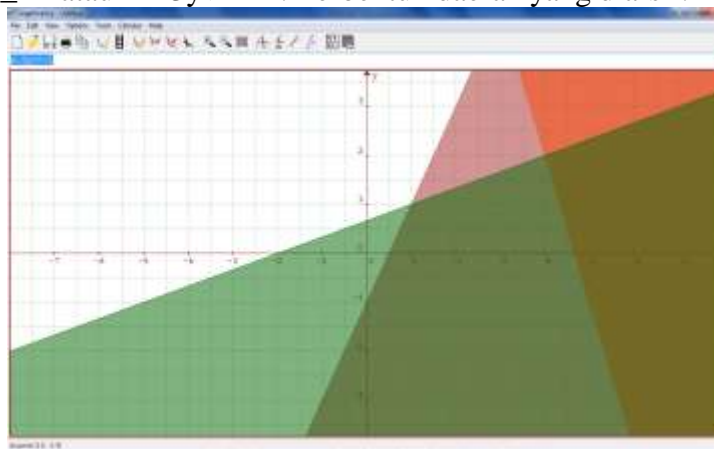
2. Akan terbentuk daerah penyelesaian yang diarsir dari $2x - y \leq 1$



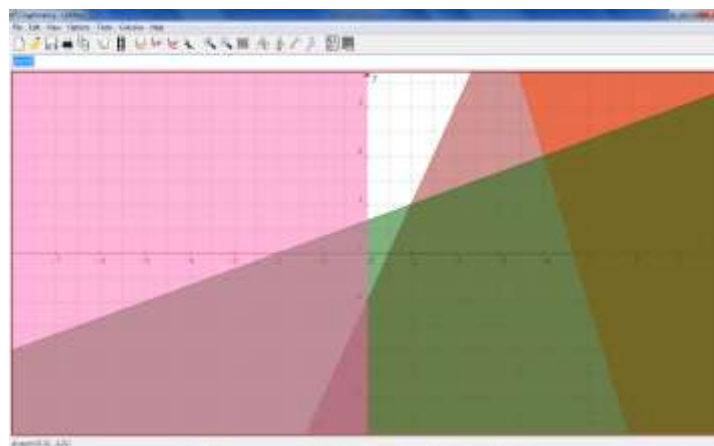
3. Kemudian input persamaan $3x + y \leq 14$ atau $3x + y >= 14$. Akan terbentuk daerah yang diarsir.



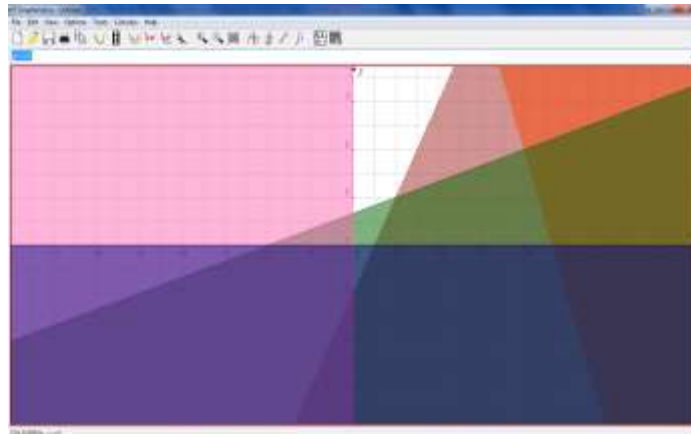
4. Input $x - 3y \leq -2$ atau $x - 3y \geq -2$. Terbentuk daerah yang diarsir.



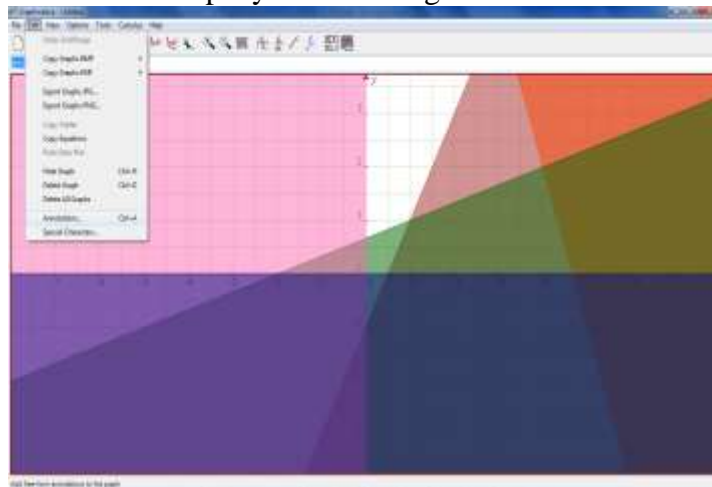
5. Input persamaan $x \geq 0$ atau $x \leq 0$. Lalu enter akan terbentuk gambar diarsir seperti gambar dibawah.



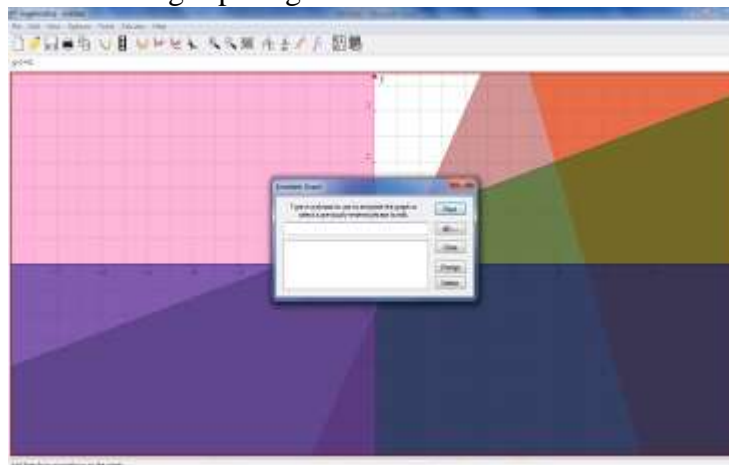
6. Input persamaan $y \geq 0$ atau $y \leq 0$. Lalu enter akan terbentuk gambar diarsir seperti gambar dibawah.



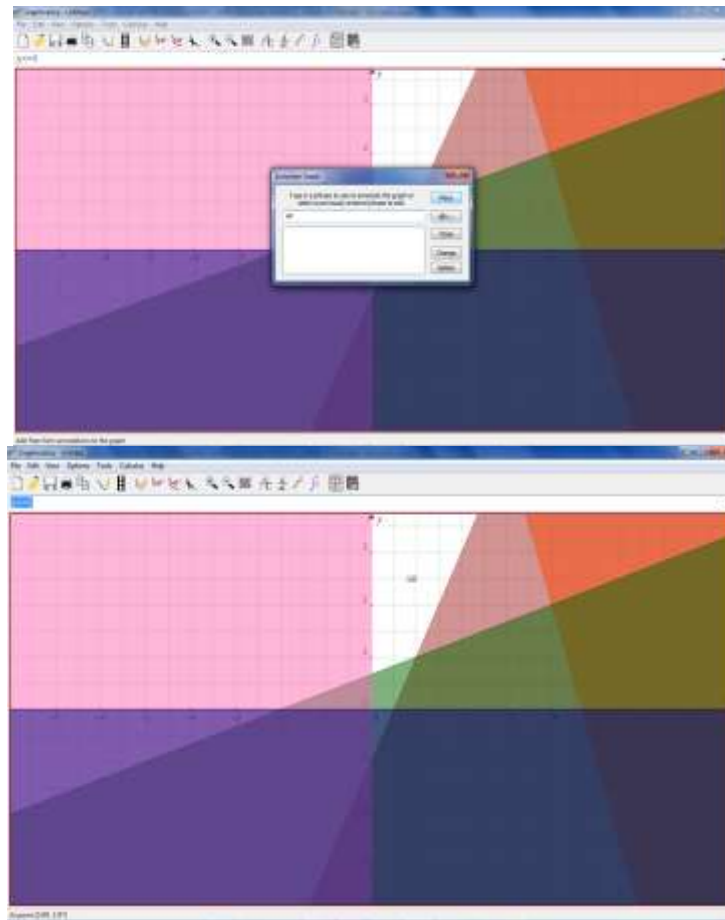
7. Kemudian beri nama daerah penyelesaian dengan klik *Edit- Annotations*.



8. Akan muncul kotak dialog seperti gambar dibawah



9. Kemudian ketik HP lalu klik *Place*. Letakkan titik HP pada daerah yang tidak di arsir



Aljabar

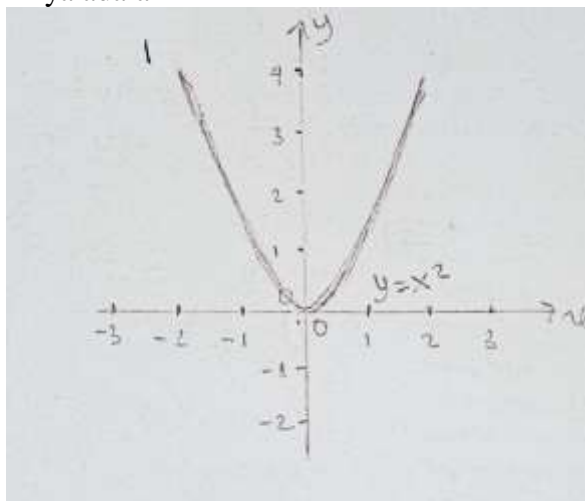
1. Fungsi Kuadrat

$$y = x^2$$

misalkan kita masukkan $x=0$, maka

$$y = (0^2) = 0$$

jadi $y=0$, maka grafiknya adalah



2. Menentukan Garis Singgung Parabola (Persamaan Garis)

Misalkan kita ingin mencari garis singgung parabola dengan persamaan garis dari : $x^2 + 2x - 5y - 9 = 0$

Penyelesaian:

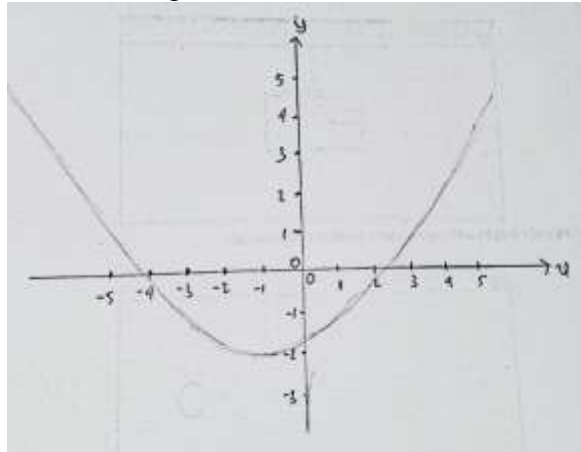
➤ $x^2 + 2x - 5y - 9 = 0$ (pindahkan pernyataan ke kanan)

➤ $-5y = -x^2 - 2x + 9$ (bagi kedua sisi)

➤ $y = \frac{1}{5}x^2 + \frac{2}{5}x - \frac{9}{5}$

maka: $y = \frac{1}{5}x^2 + \frac{2}{5}x - \frac{9}{5}, x \in \mathbb{R}$.

grafik yang terbentuk adalah sebagai berikut:



3. **Persamaan dan Pertidaksamaan Linear**

Diketahui:

himpunan penyelesaian dari pertidaksamaan

$2x - y \leq 1$

$3x + y \leq 14$

$x - 3y \leq -2$

$x \geq 0$

$y \geq 0$

Ditanya:

Tentukan himpunan penyelesaian bagian yang tidak di arsir

Penyelesaian:

• $2x - y \leq 1$ $2x - y \leq 1$
 $2x \leq 1$ $-y \leq 1$
 $x \leq \frac{1}{2}$ $y \leq -1$
 $(\frac{1}{2}, -1)$

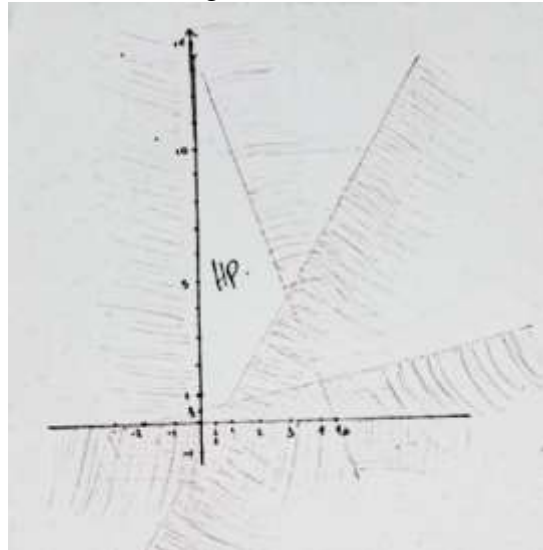
• $3x + y \leq 14$ $3x + y \leq 14$
 $3x \leq 14$ $y \leq 14$
 $x \leq \frac{14}{3}$
 $(\frac{14}{3}, 14)$

• $x - 3y \leq -2$ $x - 3y \leq -2$
 $x \leq -2$ $-3y \leq -2$
 $y \leq \frac{2}{3}$
 $(-2, \frac{2}{3})$

- $x \geq 0$
 $x = 0$
- $y \geq 0$
 $y = 0$

Titik-titik yang didapat adalah $(\frac{1}{2}, -1)$, $(\frac{14}{3}, 14)$, $(-2, \frac{2}{3})$, $(0,0)$

Maka grafik yang terbentuk adalah sebagai berikut:



4. Menggambar Koordinat Kutub

Gambarkan koordinat kutub dari

$$r = \cos t$$

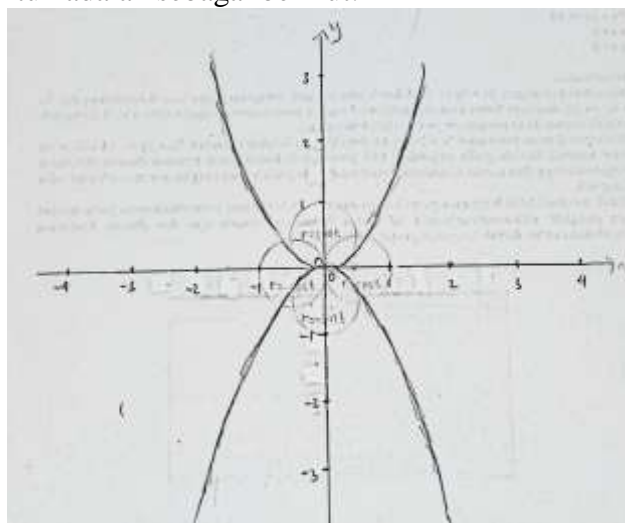
$$r = \sin t$$

$$r = \tan t$$

$$r = -\cos t$$

$$r = -\sin t$$

grafik yang terbentuk adalah sebagai berikut:



3. SIMPULAN

Berdasarkan uraian yang telah dipaparkan pada pembahasan diatas, aplikasi graphmatica mejadi software yang dapat membantu menyelesaikan pengerjaan masalah matematika terutama pada menggambarkan grafik fungsi. Pada software graphmatica juga dapat mengilustrasikan grafik yang sesuai dengan pengukurannya. Di era milenial perkembangan semakin maju, sudah seyogyanya pendidik dapat mengikuti perkembangan zaman dan menyesuaikan dengan pembelajaran yang dapat membantu siswa agar lebih menyenangkan. Tidak hanya itu, pendidik juga harus dapat benar-benar memahami materi matematika dan mengaplikasikannya ke dalam teknologi yang semakin berkembang. Semoga dengan adanya aplikasi software graphmatica dapat menjadi salah satu aplikasi yang berguna bagi berjalannya pembelajaran yang ada. Sehingga pendidikan semakin maju dan berkembang terutama dalam bidang studi matematika.

4. DAFTAR PUSTAKA

Gardner, Howard. 1999. *Intelligence Reframed. Multiple intelligences for the 21st century*, New York: Basic Books. 292+xpages. Useful review of Gardner's theory and discussion of issues and additions.

National Council of Teachers of Mathematics [NCTM]. (2008) *Algebra and Algebraic Thinking in School Mathematics*. Reston, VA: NCTM

Sudjito, G. Y. 2007. Perbedaan Kemampuan Spasial yang Mendapat Pendidikan Musik Klasik; Tidak Mendapat Pendidikan Musik Klasik. Unika Atmajaya, Jakarta. (Online). (<http://lib.stmsjss.ac.id/default.aspx?tabID=61&src=k&id=137186>)

Maier, P. H. 1998. Spatial Geometry and Spatial Ability - How to make solid Geometry solid?, Annual Conference of Didactics of Mathematics 1996. Osnabrueck: University of Osnabrueck. hlm. 63-75.

National Council of Teachers of Mathematics (2008). The Role of Technology in the Teaching and Learning of Mathematics. Retrieved on April 20th, 2014, from <http://www.nctm.org/about/context.aspx?id=14233>.

Widiawati, Indah Widyaningrum, "Pendekatan Saintifik Menggunakan Software Graphmatica untuk Menumbuhkan Kemampuan Komunikasi Matematika," NUMERICAL, vol. 3, no. 2, pp. 9-10, Desember 2019. <http://kurniasihtryutami.blogspot.com/2014/01/graphmatica.html?m=1> di akses tanggal 18 Desember 2020

<https://publikasiilmiah.ums.ac.id/handle/11617/5999> di akses tanggal 18 Desember 2020

https://www.academia.edu/37874855/Penggunaan_Software_Graphmatica_pada_Pembelajaran_Matematika_Materi_SPLDV_pdf di akses tanggal 18 Desember 2020