

Menggambar Grafik 2D dengan EMT

Notebook ini menjelaskan tentang cara menggambar berbagai kurva dan grafik 2D dengan software EMT. EMT menyediakan fungsi `plot2d()` untuk menggambar berbagai kurva dan grafik dua dimensi (2D).

Plot Dasar

Ada fungsi plot yang sangat mendasar. Terdapat koordinat layar yang selalu berkisar antara 0 hingga 1024 di setiap sumbu, tidak peduli apakah layarnya berbentuk persegi atau tidak. Semuterdapat koordinat plot, yang dapat diatur dengan `setplot()`. Pemetaan antar koordinat bergantung pada jendela plot saat ini. Misalnya, `shrinkwindow()` default memberikan ruang untuk label sumbu dan judul plot.

Dalam contoh ini, kita hanya menggambar beberapa garis acak dengan berbagai warna. Untuk rincian tentang fungsi-fungsi ini, pelajari fungsi inti EMT.

```
>clg; // clear screen
>window(0,0,1024,1024); // use all of the window
>setplot(0,1,0,1); // set plot coordinates
>hold on; // start overwrite mode
>n=100; X=random(n,2); Y=random(n,2); // get random points
>colors=rgb(random(n),random(n),random(n)); // get random colors
>loop 1 to n; color(colors[#]); plot(X[#],Y[#]); end; // plot
>hold off; // end overwrite mode
>insimg; // insert to notebook
```



```
>reset;
```

Penting untuk menahan grafik, karena perintah `plot()` akan menghapus jendela plot.

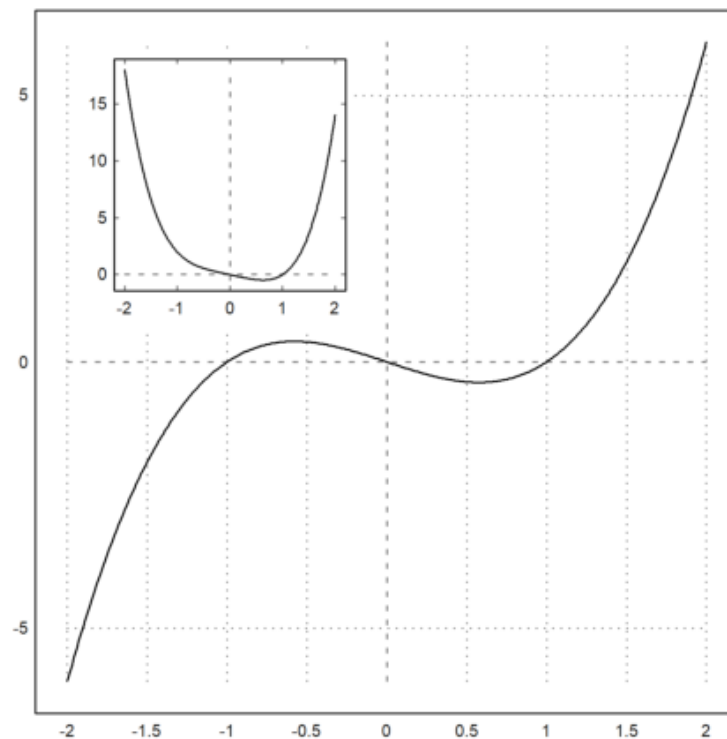
Untuk menghapus semua yang kita lakukan, kita menggunakan `reset()`.

Untuk menampilkan gambar hasil plot di layar notebook, perintah `plot2d()` dapat diakhiri dengan titik dua (:).

Cara lain adalah perintah `plot2d()` diakhiri dengan titik koma (;), kemudian menggunakan perintah `insimg()` untuk menampilkan gambar hasil plot.

Contoh lain, kita menggambar plot sebagai sisipan di plot lain. Hal ini dilakukan dengan mendefinisikan jendela plot yang lebih kecil. Perhatikan bahwa jendela ini tidak memberikan ruang untuk label sumbu di luar jendela plot. Kita harus menambahkan beberapa margin untuk ini sesuai kebutuhan. Perhatikan bahwa kita menyimpan dan memulihkan jendela penuh, dan menahan plot saat ini sementara kita memplot sisipan.

```
>plot2d("x^3-x");  
>xw=200; yw=100; ww=300; hw=300;  
>ow=window();  
>window(xw,yw,xw+ww,yw+hw);  
>hold on;  
>barclear(xw-50,yw-10,ww+60,ww+60);  
>plot2d("x^4-x",grid=6):
```



```
>hold off;  
>window(ow);
```

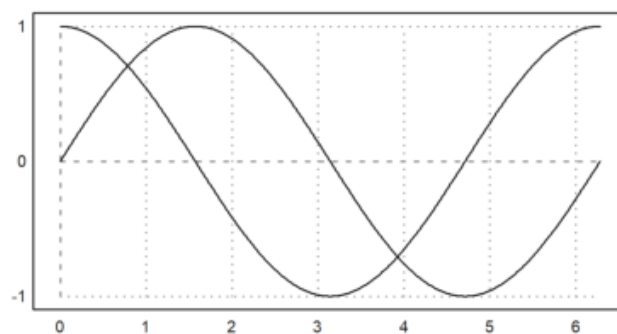
Plot dengan banyak gambar dicapai dengan cara yang sama. Ada fungsi utilitas `figure()` untuk ini.

Aspek Plot

Plot default menggunakan jendela plot persegi. Anda dapat mengubahnya dengan fungsi `aspect()`. Jangan lupa untuk mengatur ulang aspeknya nanti. Anda juga dapat mengubah default ini di menu dengan "Set Aspect" ke rasio aspek tertentu atau ke ukuran jendela grafik saat ini.

Tapi Anda juga bisa mengubahnya untuk satu plot. Untuk ini, ukuran area plot saat ini diubah, dan jendela diatur sehingga label memiliki cukup ruang.

```
>aspect(2); // rasio panjang dan lebar 2:1
>plot2d(["sin(x)", "cos(x)"], 0, 2pi):
```



```
>aspect();
>reset;
```

Fungsi `reset()` mengembalikan default plot termasuk rasio aspek.

Plot 2D di Euler

EMT Math Toolbox memiliki plot dalam 2D, baik untuk data maupun fungsi. EMT menggunakan fungsi `plot2d`. Fungsi ini dapat memplot fungsi dan data.

Dimungkinkan untuk membuat plot di Maxima menggunakan Gnuplot atau dengan Python menggunakan Math Plot Lib.

Euler dapat membuat plot 2D

- ekspresi
- fungsi, variabel, atau kurva berparameter,
- vektor nilai x-y,
- awan titik-titik di bidang,
- kurva implisit dengan level atau wilayah level.
- Fungsi kompleks

Gaya plot mencakup berbagai gaya untuk garis dan titik, plot batang, dan plot berarsir.

Plot Ekspresi atau Variabel

Ekspresi merupakan suku-suku yang digabungkan dengan menggunakan operasi matematika seperti pengurangan, penjumlahan, perkalian, dan pembagian.

Istilah-istilah yang terlibat dalam ekspresi dalam matematika adalah:

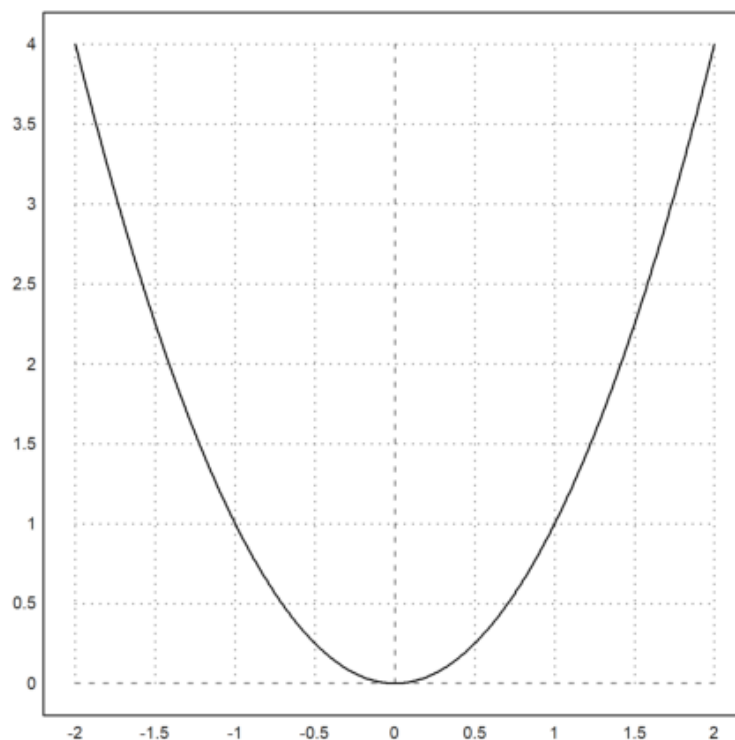
- Konstanta: nilai numerik yang tetap.
- Variabel: simbol yang tidak memiliki nilai tetap.
- Suku: Suku dapat berupa konstanta tunggal, variabel tunggal, atau kombinasi variabel dan konstanta yang digabungkan dengan perkalian atau pembagian.
- Koefisien: angka yang dikalikan dengan variabel dalam suatu ekspresi.

Ekspresi tunggal dalam "x" (misalnya " $4x^2$ ") atau nama suatu fungsi (misalnya "f") menghasilkan grafik fungsi tersebut.

Berikut adalah contoh paling dasar, yang menggunakan rentang default dan menetapkan rentang y yang tepat agar sesuai dengan plot fungsinya.

Catatan: Jika Anda mengakhiri baris perintah dengan titik dua ":", plot akan dimasukkan ke dalam jendela teks. Jika tidak, tekan TAB untuk melihat plot jika jendela plot tertutup.

```
>plot2d("x^2") :
```



Plot diatas merupakan contoh plot fungsi satu variabel dalam bentuk ekspresi langsung, yaitu ekspresi kuadrat " x^2 ".

Langkah menggambar grafik tersebut

- 1) Menentukan titik potong dengan sumbu x (nilai y atau $f(x)$ sama dengan 0).

```
>$ (x^2) , $solve(x^2=0)
```

$$[x = 0]$$

Titik potong dengan sumbu x = (0,0)

2) Menentukan titik potong dengan sumbu y (nilai x = 0).

```
>$ (x^2); $subst (x=0, x^2)
```

0

Titik potong dengan sumbu y = (0,0)

3) Menentukan sumbu simetri $x_p = -b/2a$

```
>b= 0; a =1; xp = -b/2*a
```

0

4) Menentukan titik puncak dengan titik koordinat $(-b/2a, b^2 - 4ac)$

Cara menentukan koordinat titik puncak juga dapat dilakukan dengan cara menggunakan xp pada langkah ke-3 kemudian substitusi xp pada persamaan y untuk mendapatkan yp.

```
>$subst (x=0, x^2) // cara substitusi
```

0

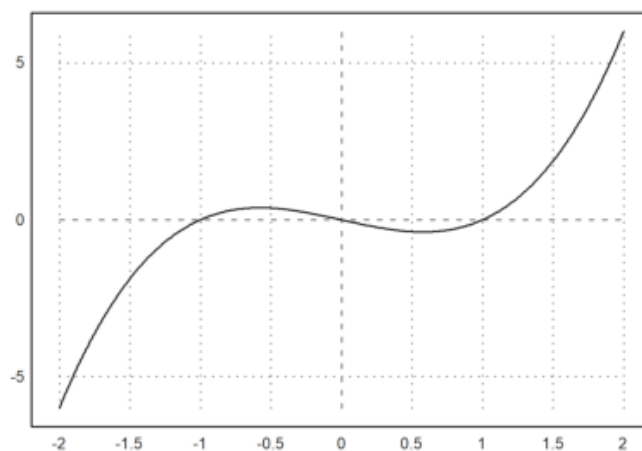
```
>b= 0; a= 1; c= 0; yp= -(b^2-4*a*c)/4*a
```

0

Titik puncak (0,0)

5) Menghubungkan titik-titik yang diperoleh

```
>aspect (1.5); plot2d ("x^3-x") :
```



function aspect (w, h, reset)

Atur aspek jendela menjadi w kali h.

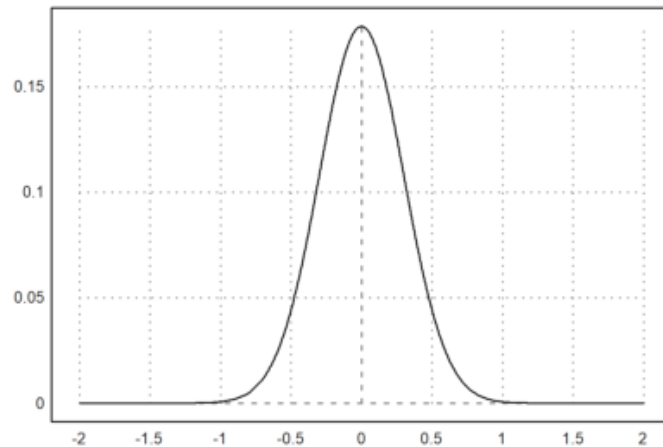
Fungsi ini mengurangi jendela plot menjadi jendela baru dengan proporsi w kali h. Ukuran font tetap sama seperti di jendela penuh.

Jika aspek dengan lebar lebih besar aktif, insimg() (atau :) hanya akan menyisipkan bagian jendela yang aktif.

Tanpa parameter, fungsi akan diatur ulang ke jendela default.

Mengembalikan rasio jendela saat ini.

```
>a:=5.6; plot2d("exp(-a*x^2)/a"); insimg(30);
```



function insimg (lines, name, antialias, crop)

Masukkan grafik ke dalam buku catatan.

Masukkan grafik dengan ukuran dan nama default ke dalam buku catatan.

Gambar muncul di buku catatan dengan ketinggian garis tertentu.

Jika namanya tidak kosong, gambar akan disimpan dengan nama ini saat buku catatan disimpan.

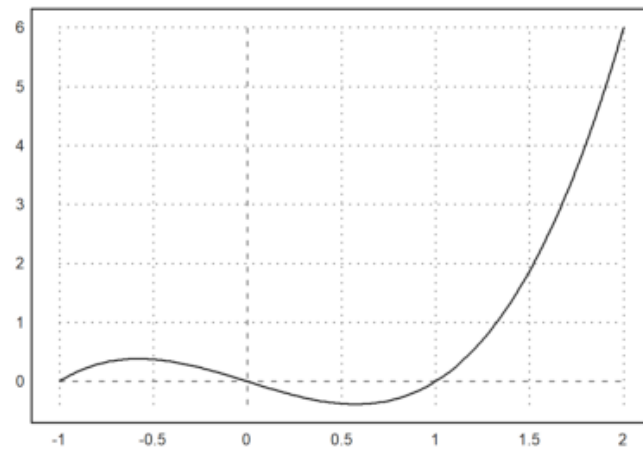
Jika gambarnya terlalu kecil maka garis yang dibutuhkan akan lebih sedikit.

Dari beberapa contoh sebelumnya Anda dapat melihat bahwa gambar plot aslinya menggunakan sumbu X dengan rentang nilai dari -2 sampai dengan 2. Untuk mengubah jarak nilai X dan Y, Anda dapat menambahkan nilai-nilai batas X (dan Y) di belakang ekspresi yang digambar.

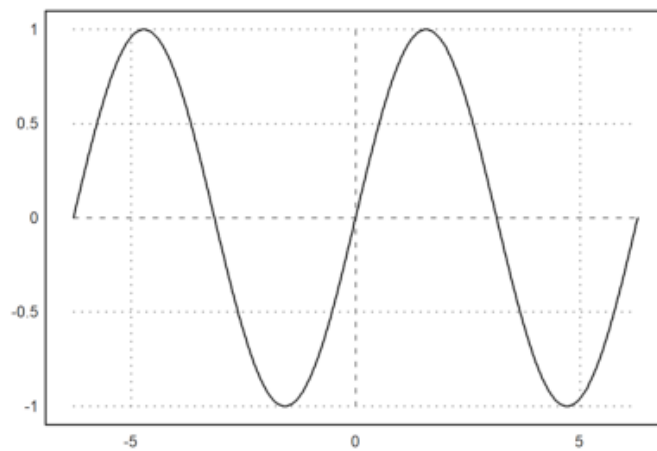
Rentang plot diatur dengan parameter yang ditetapkan sebagai berikut

- a,b: rentang x (default -2,2)
- c,d: rentang y (default: skala dengan nilai)
- r: alternatifnya radius di sekitar pusat plot
- cx,cy: koordinat pusat plot (default 0,0)

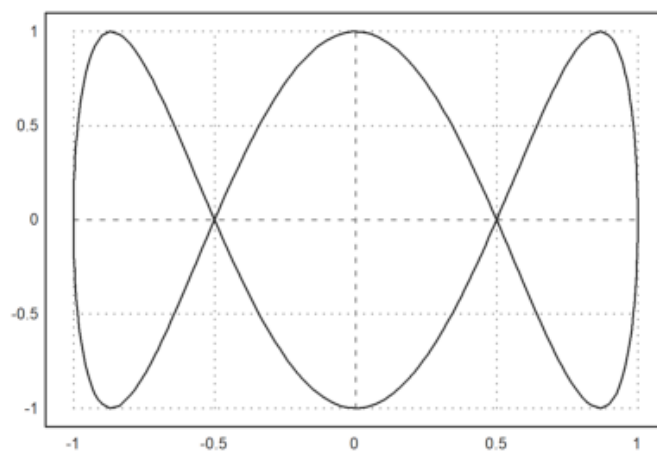
```
>plot2d("x^3-x",-1,2): // dengan sumbu x dari -1 sampai 2
```



```
>plot2d("sin(x)",-2*pi,2*pi): // plot sin(x) pada interval [-2pi, 2pi]
```



```
>plot2d("cos(x)", "sin(3*x)", xmin=0, xmax=2*pi):
```



Alternatif untuk titik dua adalah perintah `insimg(lines)`, yang menyisipkan plot yang menempati sejumlah baris teks tertentu.

Dalam opsi, plot dapat diatur agar muncul

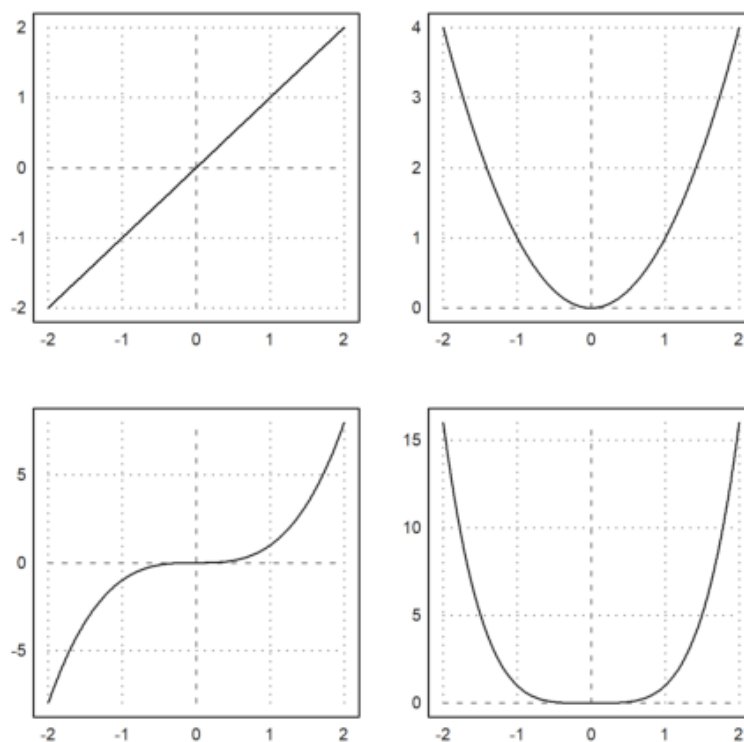
- di jendela terpisah yang dapat diubah ukurannya,
- di jendela buku catatan.

Lebih banyak gaya dapat dicapai dengan perintah plot tertentu.

Bagaimanapun, tekan tombol tabulator untuk melihat plotnya, jika tersembunyi.

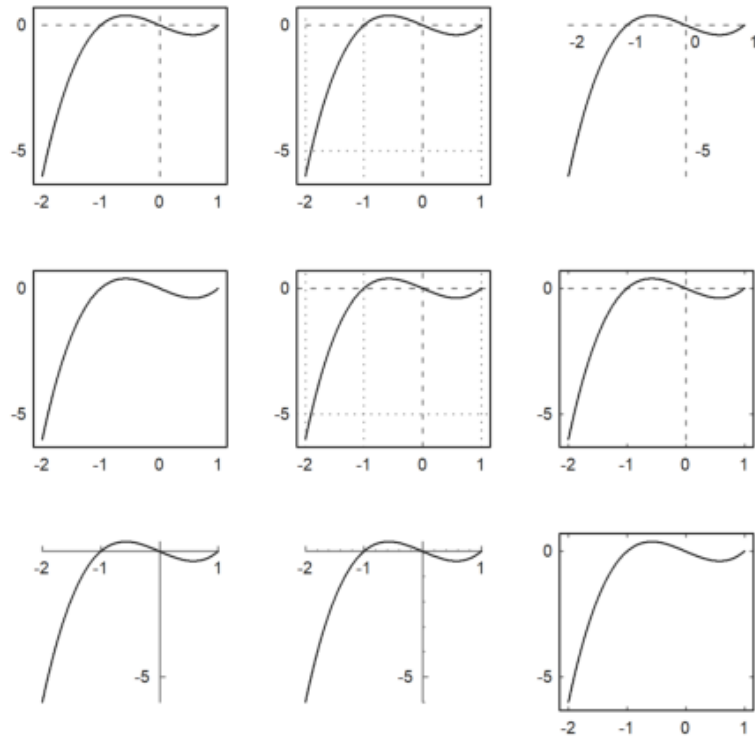
Untuk membagi jendela menjadi beberapa plot, gunakan perintah `figure()`. Dalam contoh, kita memplot x^1 hingga x^4 menjadi 4 bagian jendela. `figure(0)` mengatur ulang jendela default.

```
>reset;  
>figure(2,2); ...  
>for n=1 to 4; figure(n); plot2d("x^"+n); end; ...  
>figure(0):
```



Di `plot2d()`, ada gaya alternatif yang tersedia dengan `grid=x`. Untuk gambaran umum, kami menampilkan berbagai gaya kisi dalam satu gambar (lihat di bawah untuk perintah `figure()`). Gaya `grid=0` tidak disertakan. Ini tidak menunjukkan kisi dan bingkai.

```
>figure(3,3); ...  
>for k=1:9; figure(k); plot2d("x^3-x",-2,1,grid=k); end; ...  
>figure(0):
```

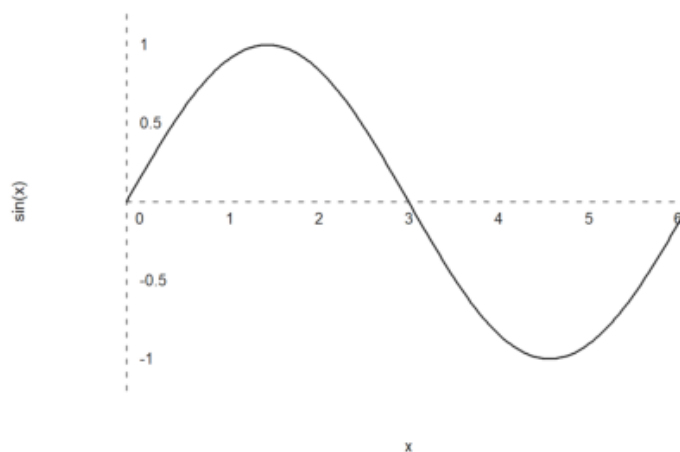



Jika argumen pada `plot2d()` adalah ekspresi yang diikuti oleh empat angka, angka-angka tersebut adalah rentang x dan y untuk plot tersebut.

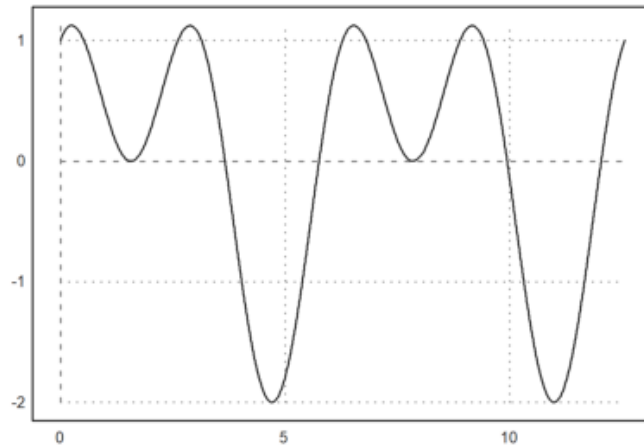
Alternatifnya, a , b , c , d dapat ditentukan sebagai parameter yang ditetapkan sebagai $a=\dots$ dll.

Pada contoh berikut, kita mengubah gaya kisi, menambahkan label, dan menggunakan label vertikal untuk sumbu y .

```
>aspect(1.5); plot2d("sin(x)",0,2pi,-1.2,1.2,grid=3,xl="x",yl="sin(x)") :
```



```
>plot2d("sin(x)+cos(2*x)",0,4pi) :
```

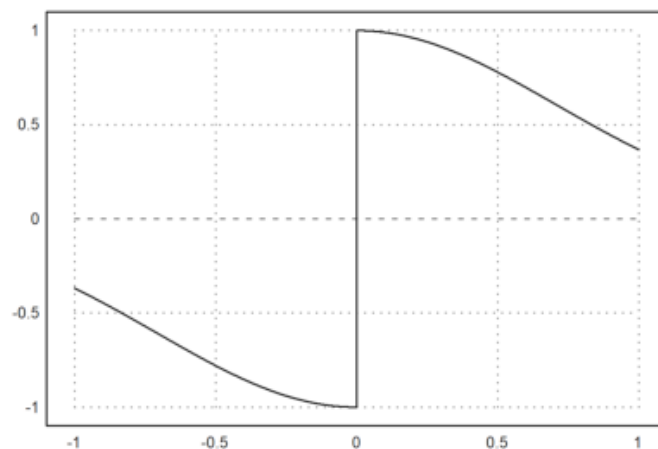


Gambar yang dihasilkan dengan memasukkan plot ke dalam jendela teks disimpan di direktori yang sama dengan buku catatan, secara default di subdirektori bernama "images". Mereka juga digunakan oleh ekspor HTML.

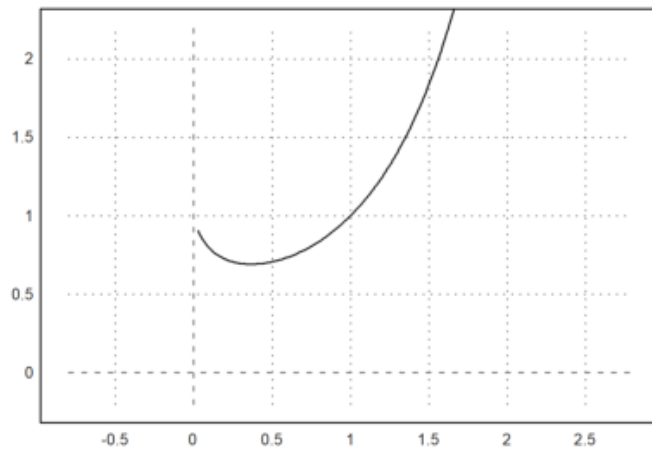
Anda cukup menandai gambar apa saja dan menyalinnya ke clipboard dengan Ctrl-C. Tentu saja, Anda juga dapat mengekspor grafik saat ini dengan fungsi di menu File.

Fungsi atau ekspresi di plot2d dievaluasi secara adaptif. Agar lebih cepat, nonaktifkan plot adaptif dengan <adaptive dan tentukan jumlah subinterval dengan n=... Hal ini hanya diperlukan dalam kasus yang jarang terjadi.

```
>plot2d("sign(x)*exp(-x^2)",-1,1,<adaptive,n=10000):
```

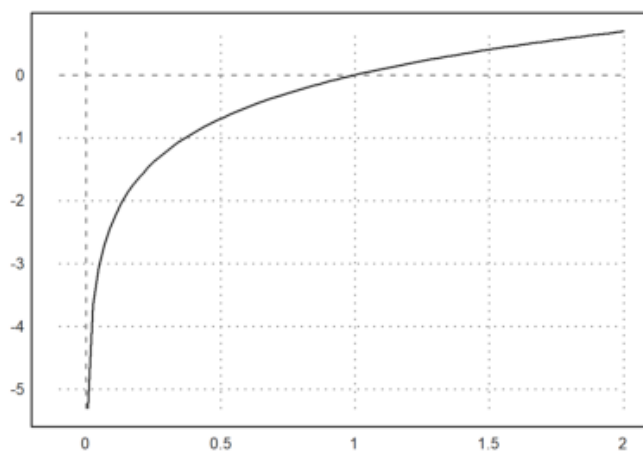


```
>plot2d("x^x",r=1.2,cx=1,cy=1):
```



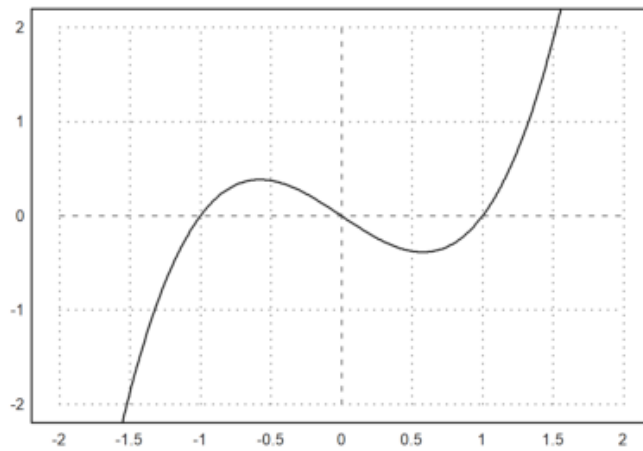
Perhatikan bahwa x^x tidak ditentukan untuk $x \leq 0$. Fungsi `plot2d` menangkap kesalahan ini, dan mulai membuat plot segera setelah fungsinya ditentukan. Ini berfungsi untuk semua fungsi yang mengembalikan NAN di luar jangkauan definisinya.

```
>plot2d("log(x)", -0.1, 2) :
```

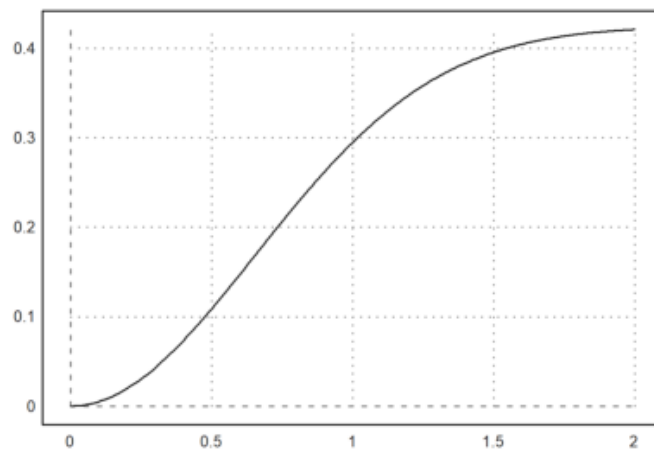


Parameter `square=true` (atau `>square`) memilih rentang y secara otomatis sehingga hasilnya adalah jendela plot persegi. Perhatikan bahwa secara default, Euler menggunakan spasi persegi di dalam jendela plot.

```
>plot2d("x^3-x", >square) :
```

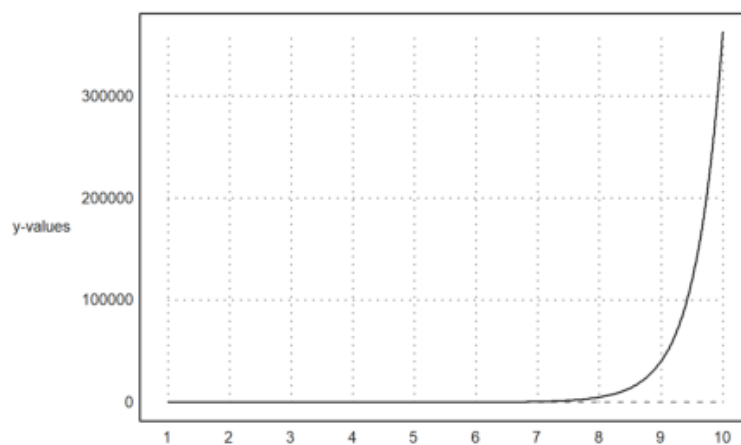


```
>plot2d('integrate("sin(x)*exp(-x^2)","0,x')',0,2): // plot integral
```



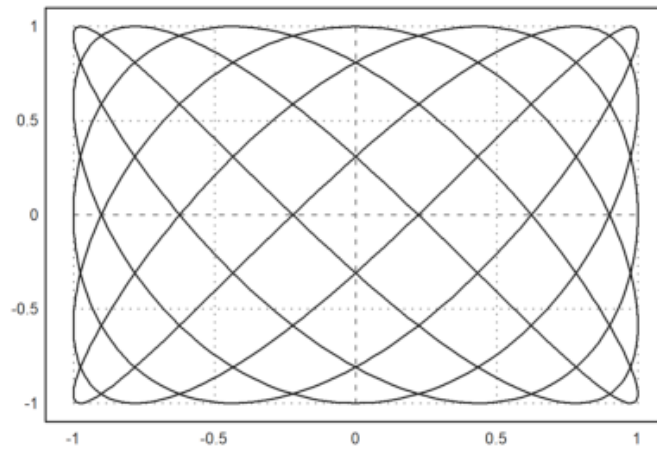
Jika Anda memerlukan lebih banyak ruang untuk label y, panggil `shrinkwindow()` dengan parameter lebih kecil, atau tetapkan nilai positif untuk "lebih kecil" di `plot2d()`.

```
>plot2d("gamma(x)",1,10,yl="y-values",smaller=6,<vertical):
```

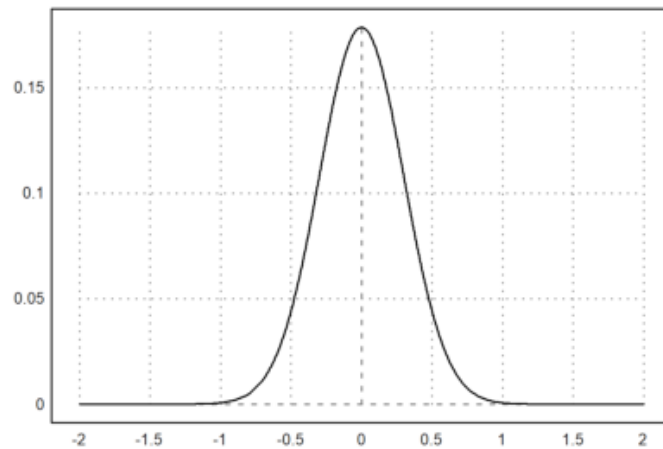


Ekspresi simbolik juga dapat digunakan karena disimpan sebagai ekspresi string sederhana.

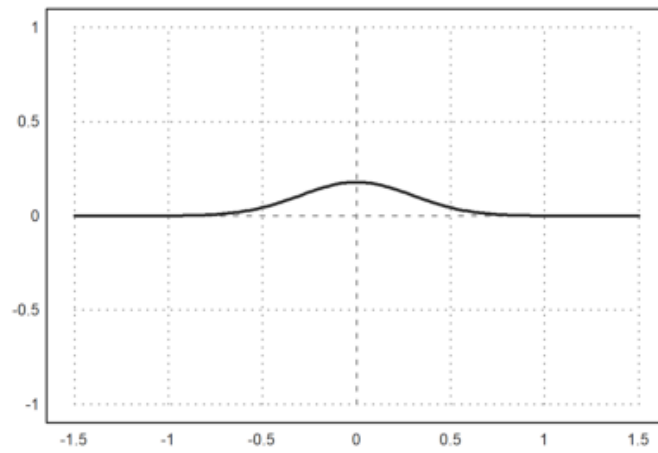
```
>x=linspace(0,2pi,1000); plot2d(sin(5x),cos(7x)):
```



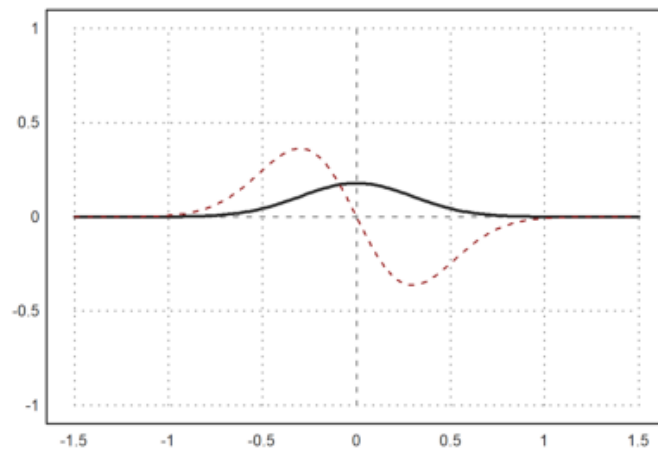
```
>a:=5.6; expr &= exp(-a*x^2)/a; // mendefinisikan ekspresi  
>plot2d(expr,-2,2): // plot dari -2 sampai 2
```



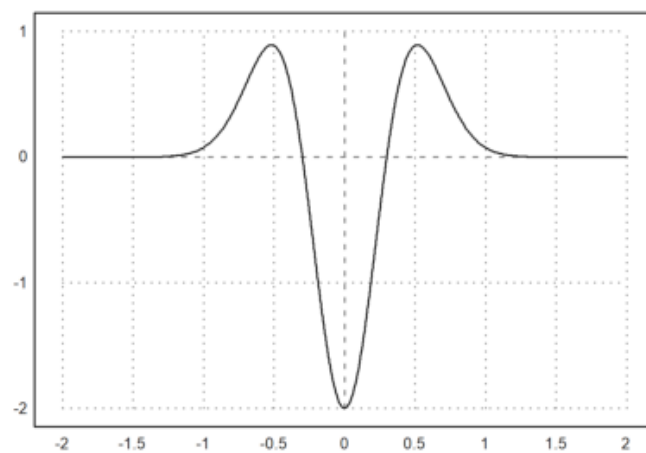
```
>plot2d(expr,r=1,thickness=2): // plot dalam persegi di sekitar (0,0)
```



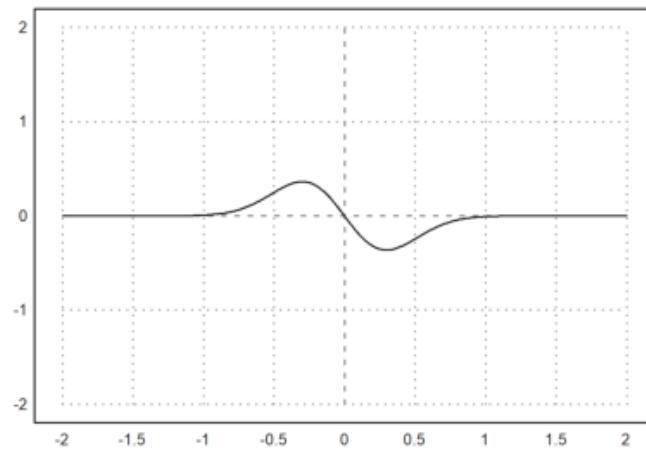
```
>plot2d(&diff(expr,x),>add,style="--",color=red): // tambahkan plot lain
```



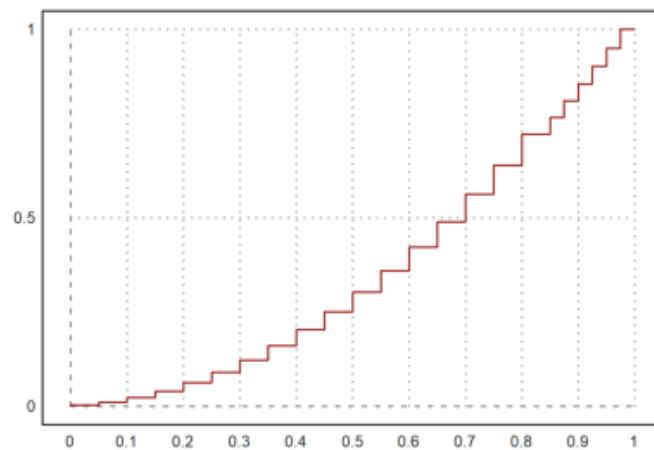
```
>plot2d(&diff(expr,x,2),a=-2,b=2,c=-2,d=1): // plot dalam persegi panjang
```



```
>plot2d(&diff(expr,x),a=-2,b=2,>square): // menjaga plot tetap persegi
```

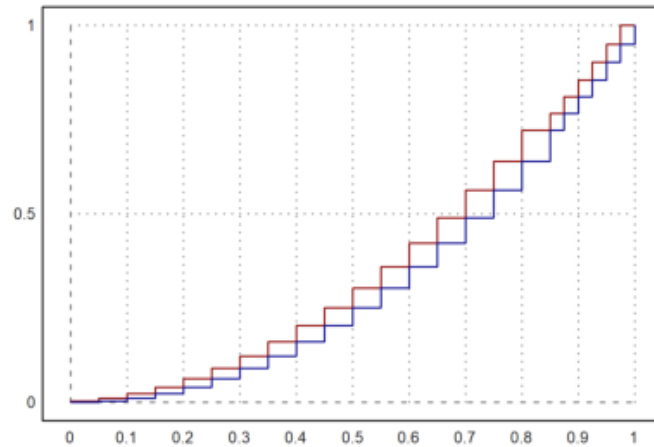


```
>plot2d("x^2",0,1,steps=1,color=red,n=10):
```



steps :
Plot fungsi sebagai fungsi langkah (langkah=1,2).

```
>plot2d("x^2",>add,steps=2,color=blue,n=10):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

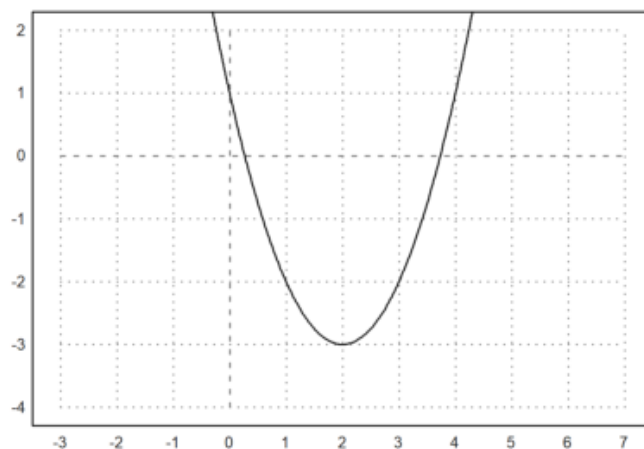
Soal 1

Buatlah gambar grafik dari fungsi

$$f(x) = (x - 2)^2 - 3$$

Penyelesaian :

```
>plot2d("(x-2)^2-3",-3,7,-4,2):
```



Grafik diatas menunjukkan grafik fungsi

$$f(x) = (x - 2)^2 - 3$$

dengan batas sumbu x dari -3 sampai 7 dan batas sumbu y dari -4 sampai 2.

Langkah menggambar grafik :

```
>$solve((x-2)^2-3) // Menentukan titik potong dengan sumbu x
```


$$\left[x = 2 - \sqrt{3}, x = \sqrt{3} + 2 \right]$$

```
>$\subst(x=0,(x-2)^2-3) // Menentukan titik potong dengan sumbu y
```

1

```
>$\expand((x-2)^2-3)
```

$$x^2 - 4x + 1$$

```
>a=1; b=-4; c=1; ...
>xp=-b/2*a, yp=-(b^2-4*a*c)/4*a // Menentukan sumbu simetri (xp) dan titik puncak (xp,yp)
```

2
-3

Jadi, untuk menggambar grafik fungsi tersebut, kita dapat menggabungkan titik-titik yang kita peroleh:
Titik potong sumbu x =

$$(2 - \sqrt{3}, 0) \text{ dan } (2 + \sqrt{3}, 0)$$

Titik potong sumbu y = (0,1)
Titik puncak = (2,-3)

Fungsi dalam satu Parameter

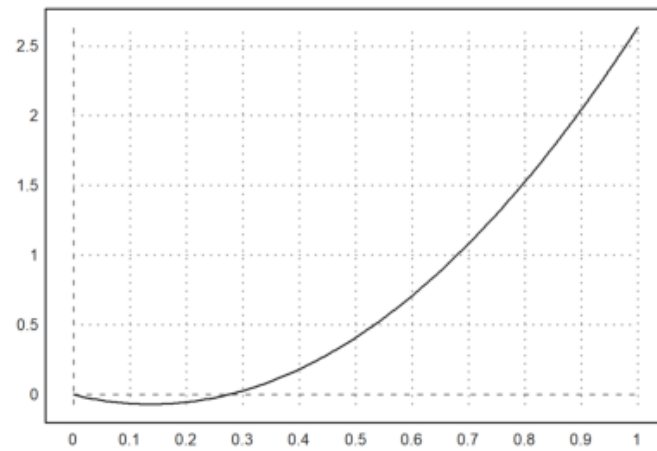
Fungsi plot yang paling penting untuk plot planar adalah plot2d(). Fungsi ini diimplementasikan dalam bahasa Euler di file "plot.e", yang dimuat di awal program.

Berikut beberapa contoh penggunaan suatu fungsi. Seperti biasa di EMT, fungsi yang berfungsi untuk fungsi atau ekspresi lain, Anda bisa meneruskan parameter tambahan (selain x) yang bukan variabel global ke fungsi dengan parameter titik koma atau dengan kumpulan panggilan.

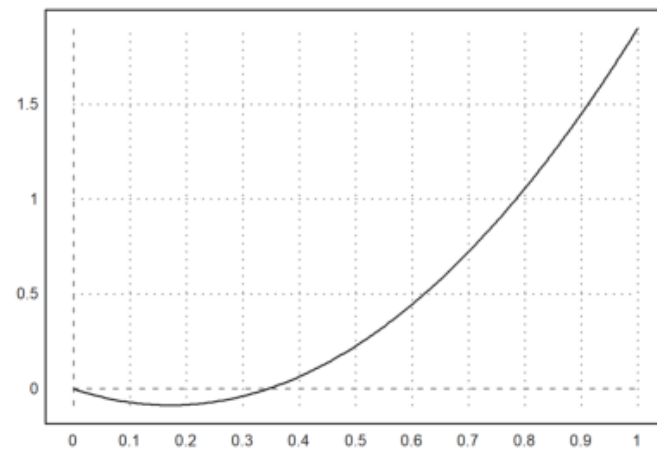
```
>function f(x,a) := x^2/a+a*x^2-x; // mendefinisikan fungsi
```

Dengan mendefinisikan fungsi, berarti kita menyimpan rumus fungsinya ke dalam variabel ekspresi. Hal ini berarti kita menyimpan fungsi tersebut ke dalam suatu variabel sebelum digunakan, sehingga fungsi ini dapat diulang beberapa kali.

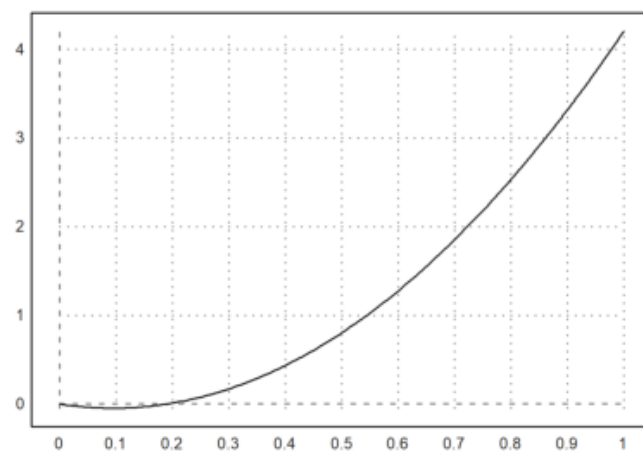
```
>a=0.3; plot2d("f",0,1;a): // plot dengan a=0.3
```



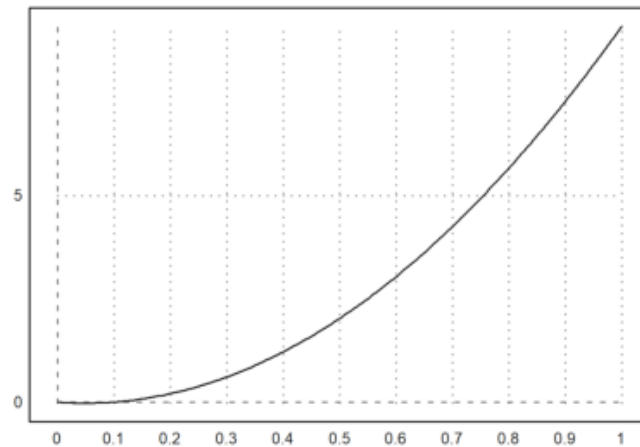
```
>plot2d("f",0,1;0.4): // plot dengan a=0.4
```



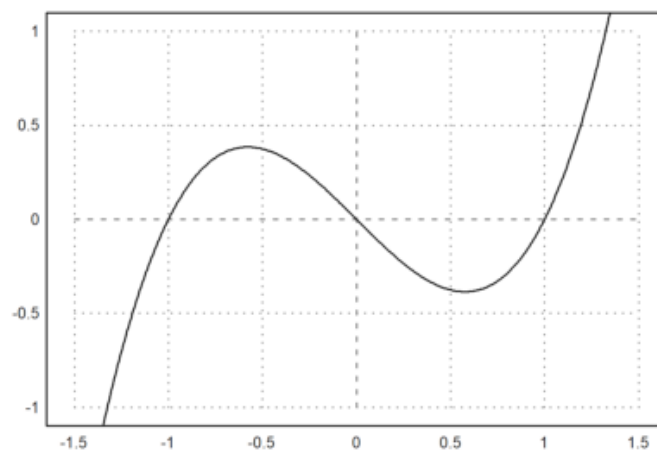
```
>plot2d({"f",0.2},0,1): // plot dengan a=0.2
```



```
>plot2d({{"f(x,b)",b=0.1}},0,1): // plot dengan 0.1
```



```
>function f(x) := x^3-x; ...
>plot2d("f",r=1):
```



Berikut ini ringkasan fungsi yang diterima

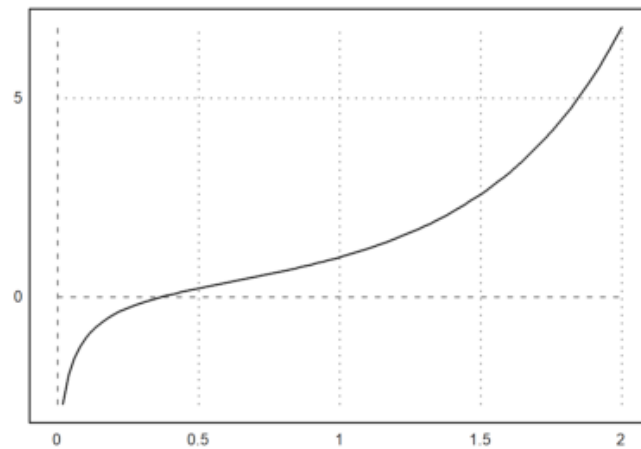
- ekspresi atau ekspresi simbolik di x
- fungsi atau fungsi simbolik dengan nama "f"
- fungsi simbolik hanya dengan nama f

Fungsi plot2d() juga menerima fungsi simbolik. Untuk fungsi simbolik, namanya saja yang berfungsi.

```
>function f(x) &= diff(x^x,x)
```

$$x^x (\log(x) + 1)$$

```
>plot2d(f,0,2):
```

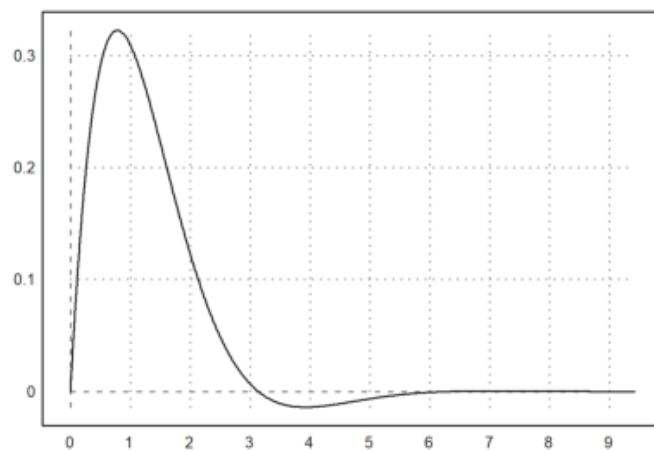


Tentu saja, untuk ekspresi atau ekspresi simbolik, nama variabel sudah cukup untuk memplotnya.

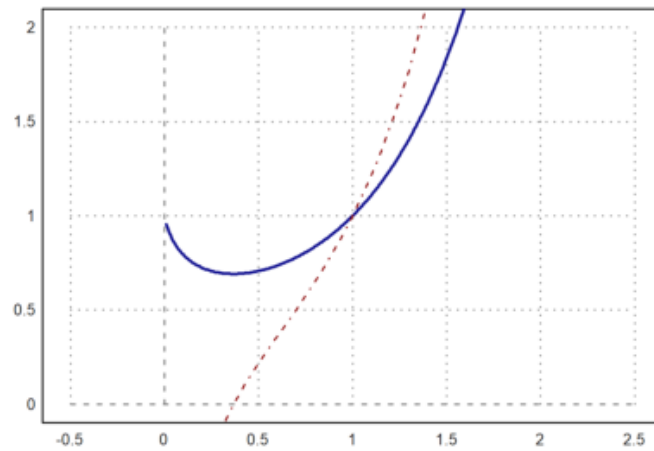
```
>expr &= sin(x)*exp(-x)
```

$$E^{-x} \sin(x)$$

```
>plot2d(expr,0,3pi):
```



```
>function f(x) &= x^x;
>plot2d(f,r=1,cx=1,cy=1,color=blue,thickness=2);
>plot2d(&diff(f(x),x),>add,color=red,style="-.-"):
```



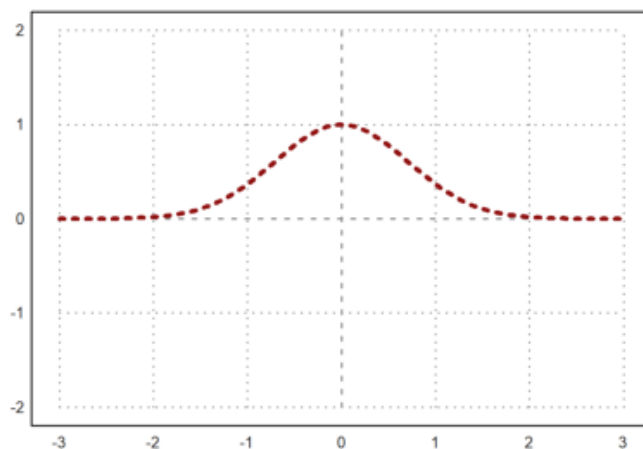
Untuk style garis ada berbagai pilihan.

- style="...". Pilih dari "-", "--", "-.", ".", "-.", "-.-".
- color: Lihat di bawah untuk warna.
- thickness: Defaultnya adalah 1.

Warna dapat dipilih sebagai salah satu warna default, atau sebagai warna RGB.

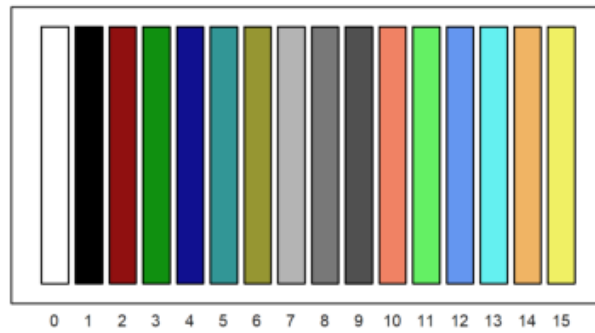
- 0..15: indeks warna default.
- konstanta warna: putih, hitam, merah, hijau, biru, cyan, zaitun, abu-abu muda, abu-abu, abu-abu tua, oranye, hijau muda, pirus, biru muda, oranye muda, kuning
- rgb(merah,hijau,biru): parameternya real di [0,1].

```
>plot2d("exp(-x^2)",r=2,color=red,thickness=3,style="--") :
```



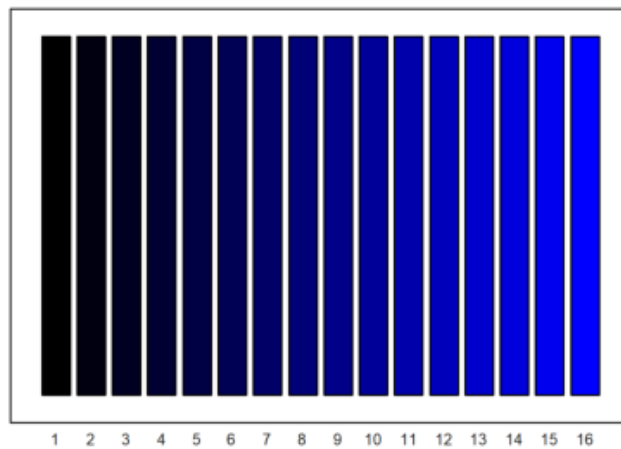
Berikut adalah tampilan warna EMT yang telah ditentukan sebelumnya.

```
>aspect(2); columnsplot(ones(1,16),lab=0:15,grid=0,color=0:15) :
```



Tapi Anda bisa menggunakan warna apa saja.

```
>columnsplot(ones(1,16),grid=0,color=rgb(0,0,linspace(0,1,15))):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

Untuk fungsi

$$f(x) = -x^2 + 2x + 8$$

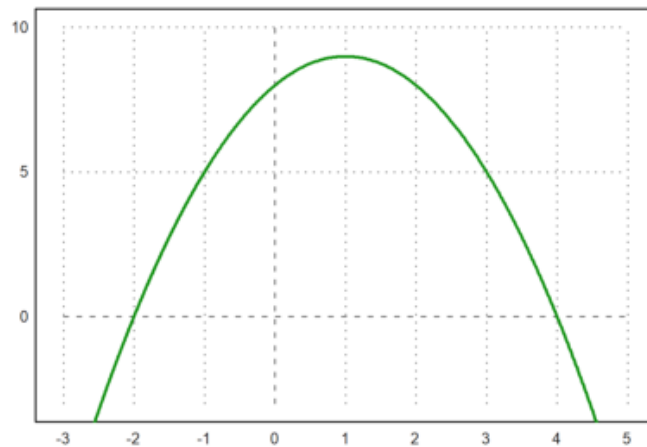
- a) Temukan titik puncaknya
- b) Temukan sumbu simetri
- c) Buat grafik fungsinya

Penyelesaian :

```
>function f(x) := -x^2+2*x+8
>a=-1; b=2; c=8; xp=-b/2*a, yp=-(b^2-4*a*c)/4*a
```

1
9

```
>plot2d("f",-3,5,-3,10,color=green,thickness=2):
```



Jadi,

- a) titik puncak (1,9)
- b) sumbu simetri $x=1$

Soal 2

Buatlah grafik fungsi

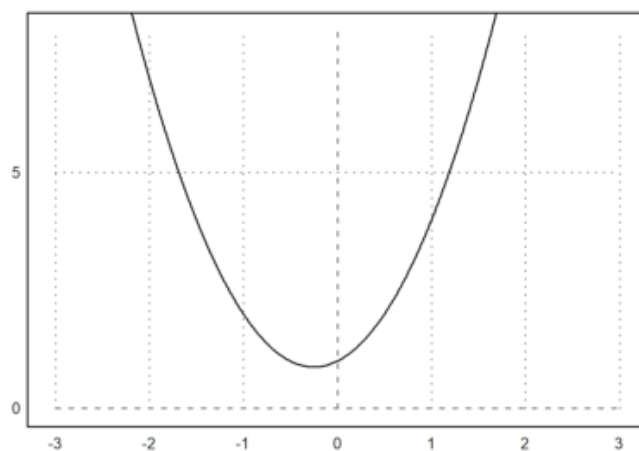
$$f(x, a) = 2ax^2 + \frac{x}{a} + a$$

dengan

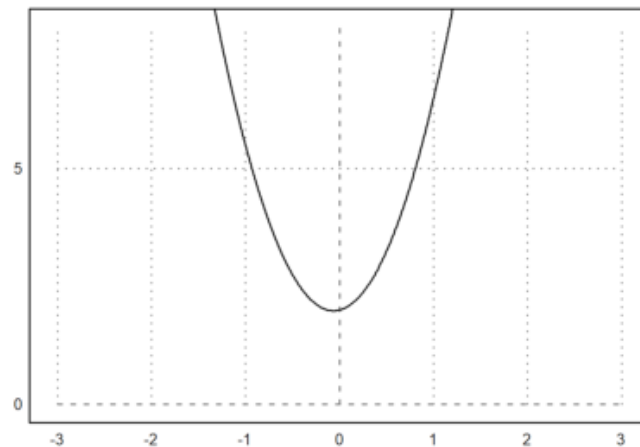
- a) $a=1$
- b) $a=2$
- b) $a=3$

Penyelesaian :

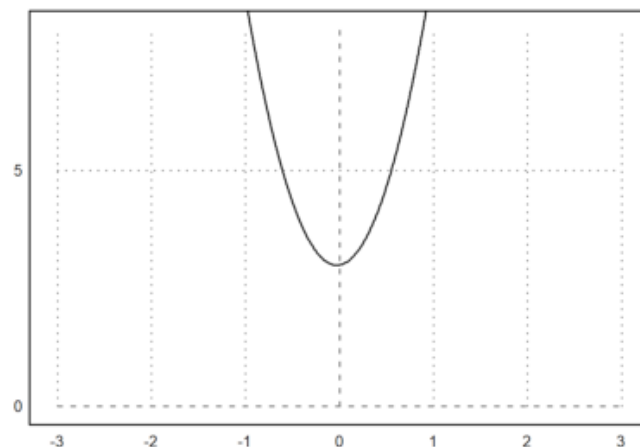
```
>function f(x,a) := 2*a*x^2+(x/a)+a  
>a=1; plot2d("f",-3,3,0,8;a): // plot dengan a=1
```



```
>a=2; plot2d("f",-3,3,0,8;a): // plot dengan a=2
```



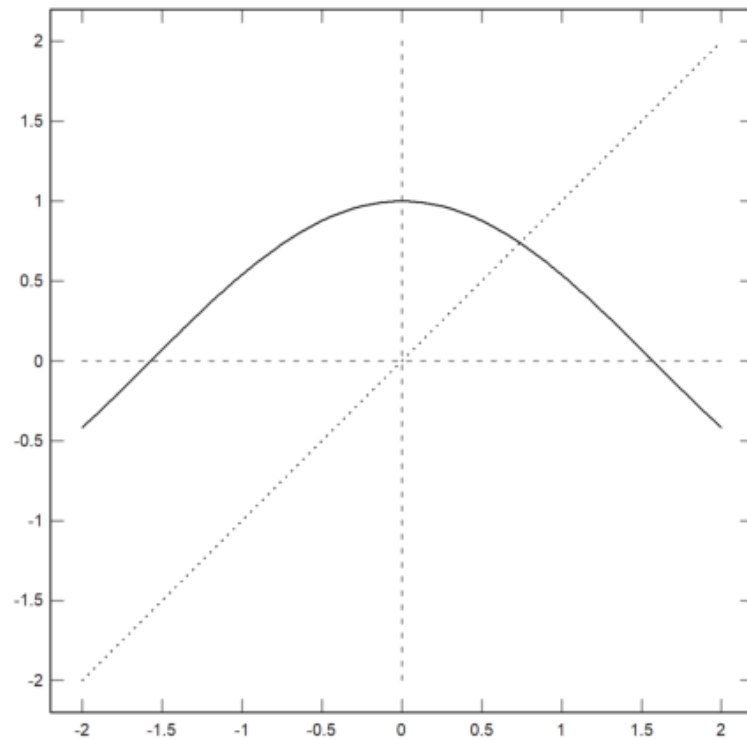
```
>a=3; plot2d("f",-3,3,0,8;a): // plot dengan a=3
```



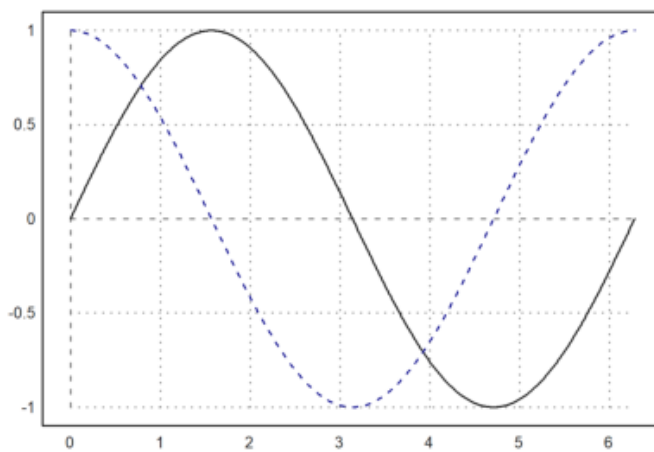
Menggambar Beberapa Kurva pada bidang koordinat yang sama

Plot lebih dari satu fungsi (multiple function) ke dalam satu jendela dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu metodenya adalah menggunakan `>add` untuk beberapa panggilan ke `plot2d` secara keseluruhan, kecuali panggilan pertama. Kami telah menggunakan fitur ini pada contoh di atas.

```
>aspect(); plot2d("cos(x)",r=2,grid=6); plot2d("x",style=".",>add):
```

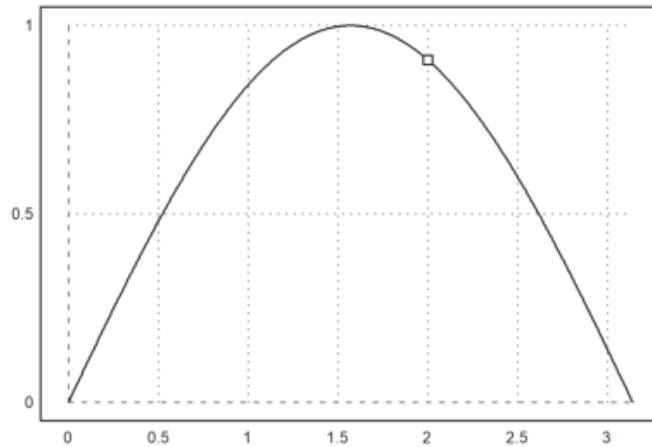



```
>aspect(1.5); plot2d("sin(x)",0,2pi); plot2d("cos(x)",color=blue,style="--",>add):
```



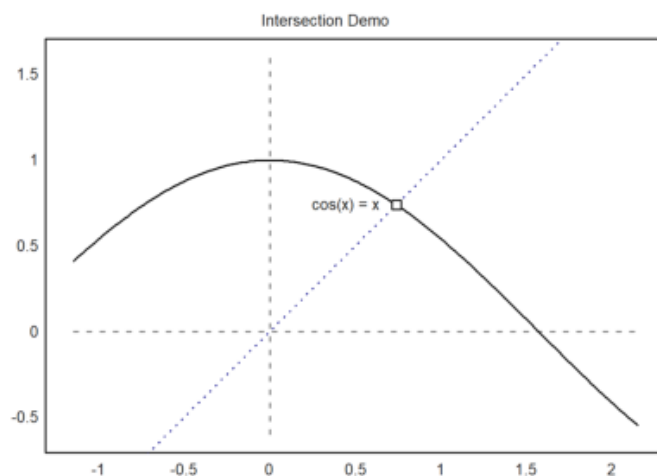
Salah satu kegunaan `>add` adalah untuk menambahkan titik pada kurva.

```
>plot2d("sin(x)",0,pi); plot2d(2,sin(2),>points,>add):
```



Kita tambahkan titik perpotongan dengan label (pada posisi "cl" untuk kiri tengah), dan masukkan hasilnya ke dalam buku catatan. Kami juga menambahkan judul pada plot.

```
>plot2d(["cos(x)", "x"], r=1.1, cx=0.5, cy=0.5, ...
> color=[black, blue], style=["-", "."], ...
> grid=1);
>x0=solve("cos(x)-x", 1); ...
> plot2d(x0, x0, >points, >add, title="Intersection Demo"); ...
> label("cos(x) = x", x0, x0, pos="cl", offset=20):
```



Dalam demo berikut, kita memplot fungsi $\sin(x)=\sin(x)/x$ dan ekspansi Taylor ke-8 dan ke-16. Kami menghitung perluasan ini menggunakan Maxima melalui ekspresi simbolik.

Plot ini dilakukan dalam perintah multi-baris berikut dengan tiga panggilan ke `plot2d()`. Yang kedua dan ketiga memiliki kumpulan tanda `>add`, yang membuat plot menggunakan rentang sebelumnya.

Kami menambahkan kotak label yang menjelaskan fungsinya.

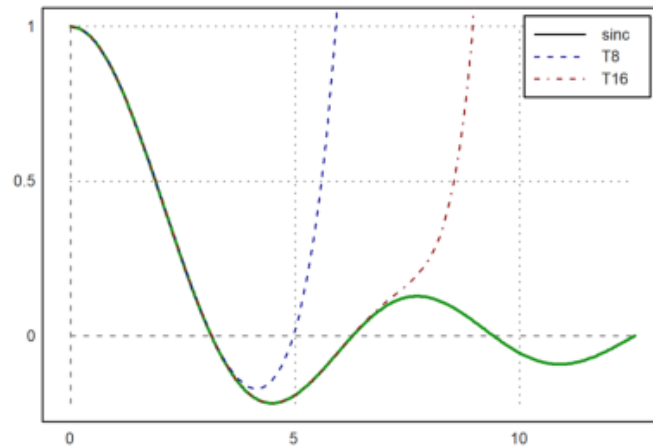
```
>$taylor(sin(x)/x, x, 0, 4)
```

$$\frac{x^4}{120} - \frac{x^2}{6} + 1$$

```

>plot2d("sinc(x)",0,4pi,color=green,thickness=2); ...
> plot2d(&taylor(sin(x)/x,x,0,8),>add,color=blue,style="--"); ...
> plot2d(&taylor(sin(x)/x,x,0,16),>add,color=red,style="-.-"); ...
> labelbox(["sinc","T8","T16"],styles=["-","--","-.-"], ...
> colors=[black,blue,red]):

```



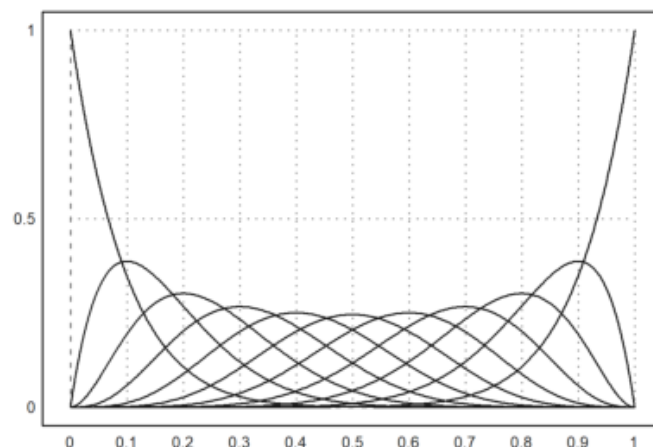
Dalam contoh berikut, kami menghasilkan Polinomial Bernstein.

$$B_i(x) = \binom{n}{i} x^i (1-x)^{n-i}$$

```

>plot2d("(1-x)^10",0,1); // plot fungsi pertama
>for i=1 to 10; plot2d("bin(10,i)*x^i*(1-x)^(10-i)",>add); end;
>insimg;

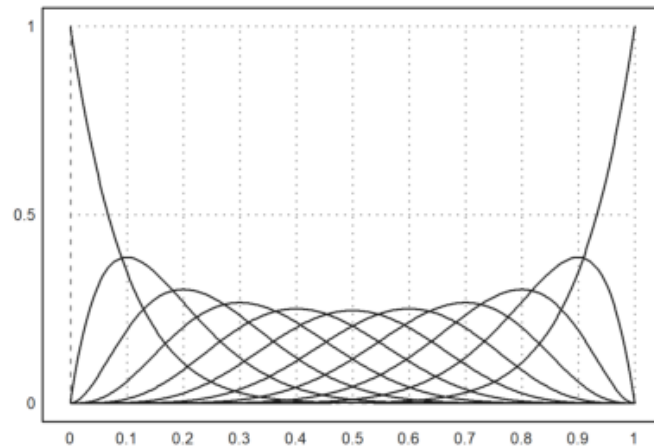
```



Cara kedua adalah dengan menggunakan pasangan matriks bernilai x dan matriks bernilai y yang berukuran sama.

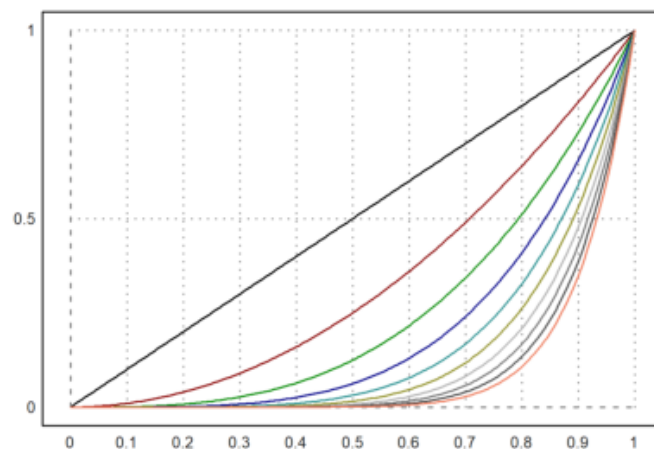
Kami menghasilkan matriks nilai dengan satu Polinomial Bernstein di setiap baris. Untuk ini, kita cukup menggunakan vektor kolom i. Lihat pendahuluan tentang bahasa matriks untuk mempelajari lebih detail.

```
>x=linspace(0,1,500);
>n=10; k=(0:n)'; // n adalah vektor baris, k adalah vektor kolom
>y=bin(n,k)*x^k*(1-x)^(n-k); // y adalah matriks, maka
>plot2d(x,y):
```



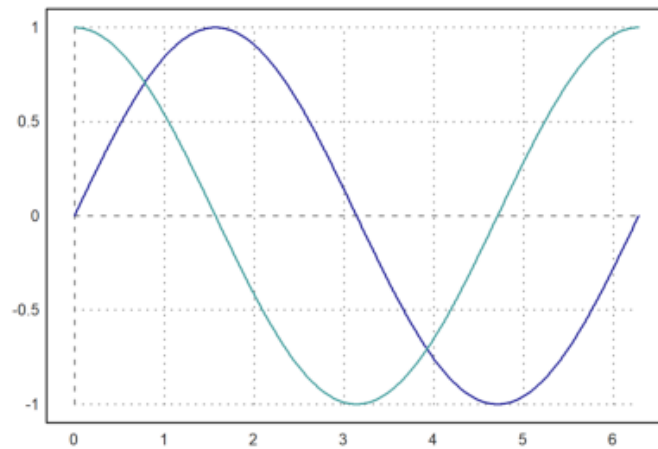
Perhatikan bahwa parameter warna dapat berupa vektor. Kemudian setiap warna digunakan untuk setiap baris matriks.

```
>x=linspace(0,1,200); y=x^(1:10)'; plot2d(x,y,color=1:10):
```

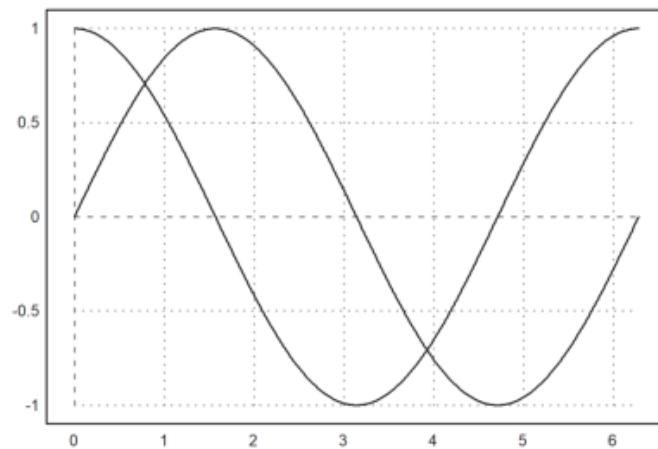


Metode lain adalah menggunakan vektor ekspresi (string). Anda kemudian dapat menggunakan susunan warna, susunan gaya, dan susunan ketebalan dengan panjang yang sama.

```
>plot2d(["sin(x)", "cos(x)"], 0, 2pi, color=4:5):
```



```
>plot2d(["sin(x)","cos(x)"],0,2pi): // plot vektor ekspresi
```



Kita bisa mendapatkan vektor seperti itu dari Maxima menggunakan makelist() dan mxm2str().

```
>v &= makelist(binomial(10,i)*x^i*(1-x)^(10-i),i,0,10) // membuat list
```

```

      10      9      8 2      7 3
      (1 - x) , 10 (1 - x) x, 45 (1 - x) x , 120 (1 - x) x ,
      6 4      5 5      4 6      3 7
210 (1 - x) x , 252 (1 - x) x , 210 (1 - x) x , 120 (1 - x) x ,
      2 8      9 10
45 (1 - x) x , 10 (1 - x) x , x ]
```

```
>mxm2str(v) // mendapatkan vektor string dari vektor simbolis
```

```

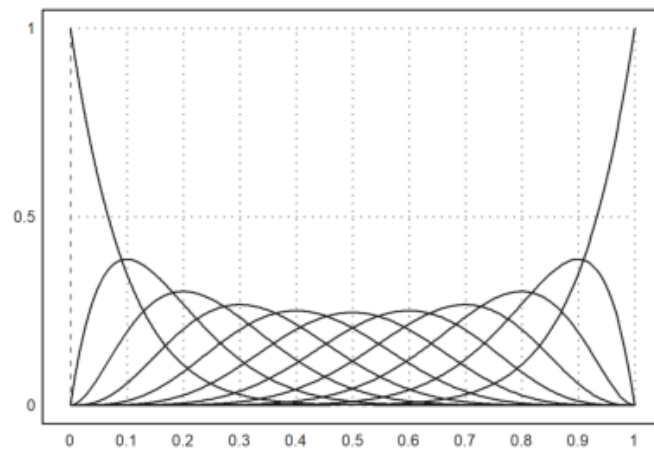
(1-x)^10
10*(1-x)^9*x
```

```

45*(1-x)^8*x^2
120*(1-x)^7*x^3
210*(1-x)^6*x^4
252*(1-x)^5*x^5
210*(1-x)^4*x^6
120*(1-x)^3*x^7
45*(1-x)^2*x^8
10*(1-x)*x^9
x^10

```

```
>plot2d(mxm2str(v),0,1): // plot fungsi
```

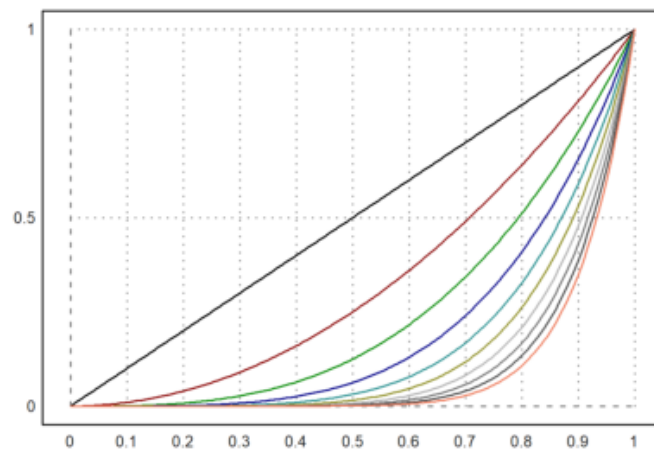


Alternatif lain adalah dengan menggunakan bahasa matriks Euler.

Jika suatu ekspresi menghasilkan matriks fungsi, dengan satu fungsi di setiap baris, semua fungsi tersebut akan diplot ke dalam satu plot.

Untuk ini, gunakan vektor parameter dalam bentuk vektor kolom. Jika array warna ditambahkan maka akan digunakan untuk setiap baris plot.

```
>n=(1:10)'; plot2d("x^n",0,1,color=1:10):
```

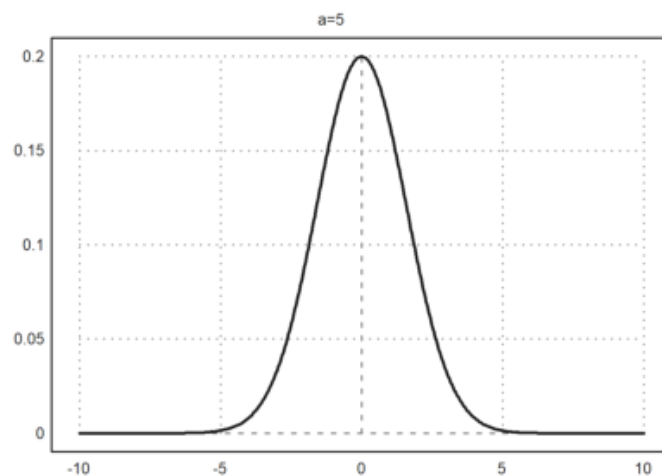


Ekspresi dan fungsi satu baris dapat melihat variabel global.

Jika Anda tidak dapat menggunakan variabel global, Anda perlu menggunakan fungsi dengan parameter tambahan, dan meneruskan parameter ini sebagai parameter titik koma.

Berhati-hatilah, untuk meletakkan semua parameter yang ditetapkan di akhir perintah plot2d. Dalam contoh ini kita meneruskan $a=5$ ke fungsi f , yang kita plot dari -10 hingga 10.

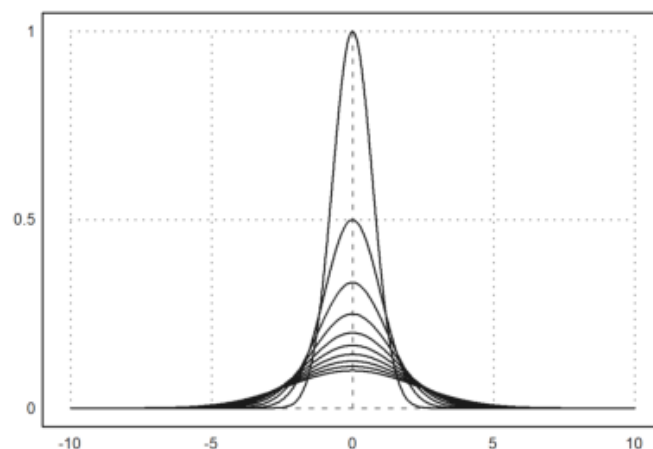
```
>function f(x,a) := 1/a*exp(-x^2/a); ...  
>plot2d("f",-10,10;5,thickness=2,title="a=5") :
```



Alternatifnya, gunakan koleksi dengan nama fungsi dan semua parameter tambahan. Daftar khusus ini disebut kumpulan panggilan, dan ini adalah cara yang lebih disukai untuk meneruskan argumen ke suatu fungsi yang kemudian diteruskan sebagai argumen ke fungsi lain.

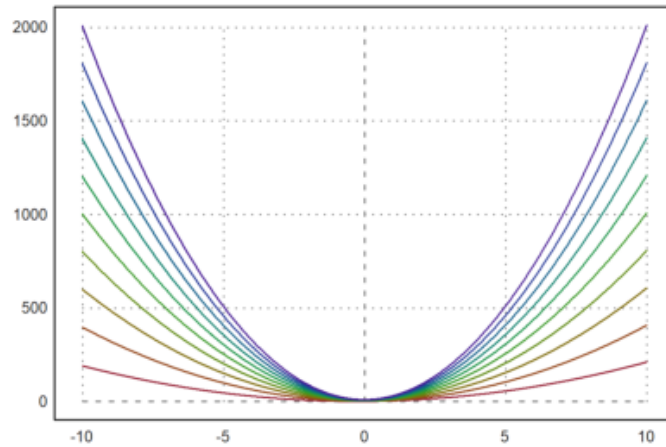
Pada contoh berikut, kita menggunakan loop untuk memplot beberapa fungsi (lihat tutorial tentang pemrograman loop).

```
>plot2d({{"f",1}},-10,10); ...  
>for a=2:10; plot2d({{"f",a}},>add); end:
```



Kita dapat mencapai hasil yang sama dengan cara berikut menggunakan bahasa matriks EMT. Setiap baris matriks $f(x,a)$ merupakan satu fungsi. Selain itu, kita dapat mengatur warna untuk setiap baris matriks. Klik dua kali pada fungsi `getspectral()` untuk penjelasannya.

```
>x=-10:0.01:10; a=(1:10)'; plot2d(x,f(x,a),color=getspectral(a/10)):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

Buatlah grafik dari fungsi

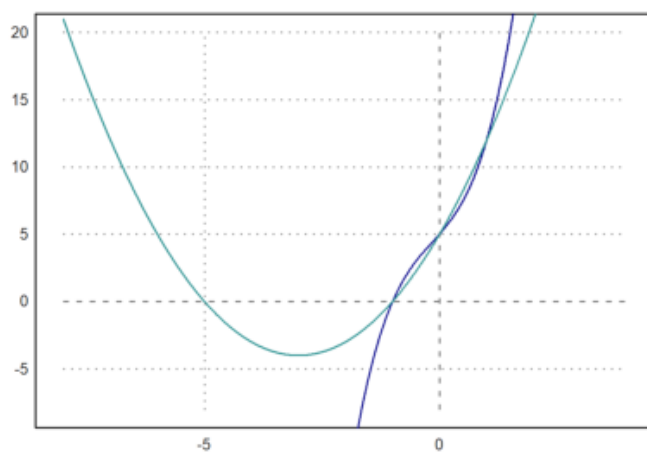
$$f(x) = 2x^3 + x^2 + 4x + 5$$

$$g(x) = x^2 + 6x + 5$$

dan tentukan apakah keduanya saling berpotongan, jika iya tentukan titik perpotongannya.

Penyelesaian :

```
>plot2d(["2*x^3+x^2+4*x+5","x^2+6*x+5"],-8,4,-8,20,color=4:5):
```



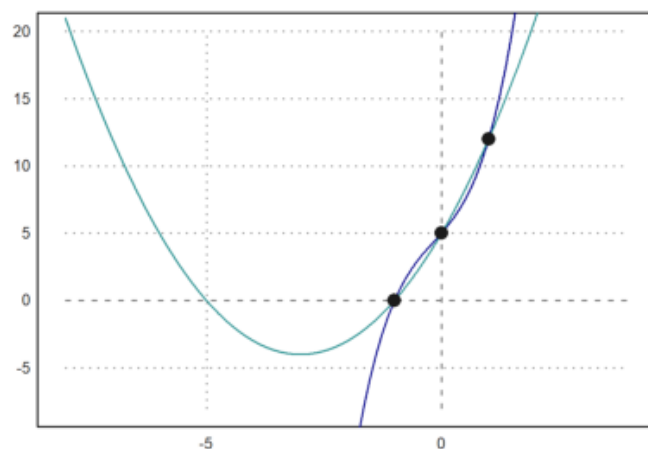
Berpotongan di tiga titik.

Mencari titik perpotongan :

```
>solve([y=2*x^3+x^2+4*x+5,y=x^2+6*x+5],[x,y])
```

```
[[x = - 1, y = 0], [x = 1, y = 12], [x = 0, y = 5]]
```

```
>plot2d(["2*x^3+x^2+4*x+5","x^2+6*x+5"],-8,4,-8,20,color=4:5); ...  
>plot2d(-1,0,>points,>add,style="o#"); plot2d(1,12,>points,>add,style="o#"); ...  
>plot2d(0,5,>points,>add,style="o#"):
```



Jadi, keduanya saling berpotongan di tiga titik, yaitu di titik (-1,0), (1,12), dan (0,5).

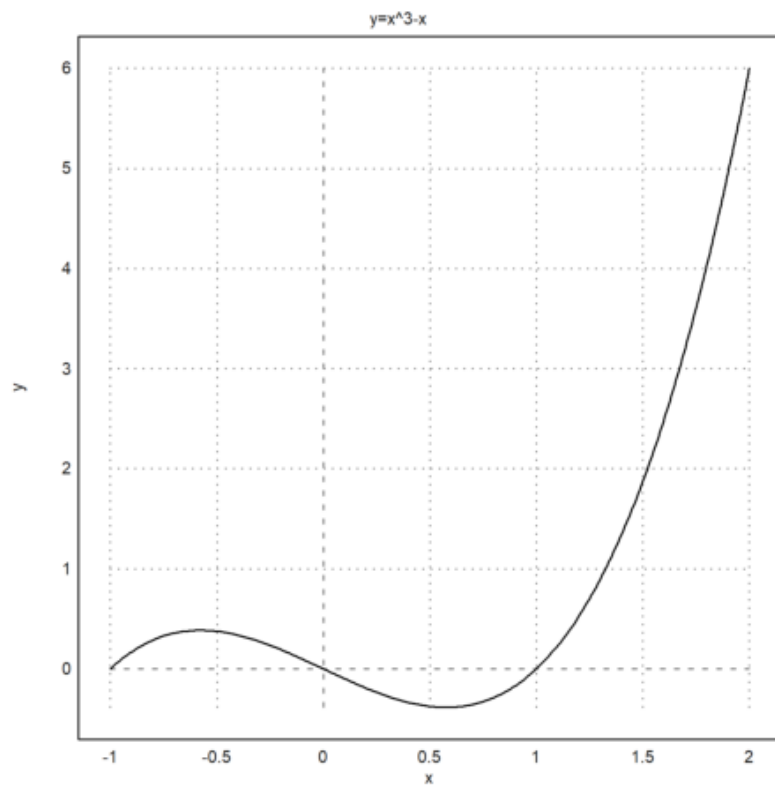
Label Teks

Dekorasi sederhana bisa jadi

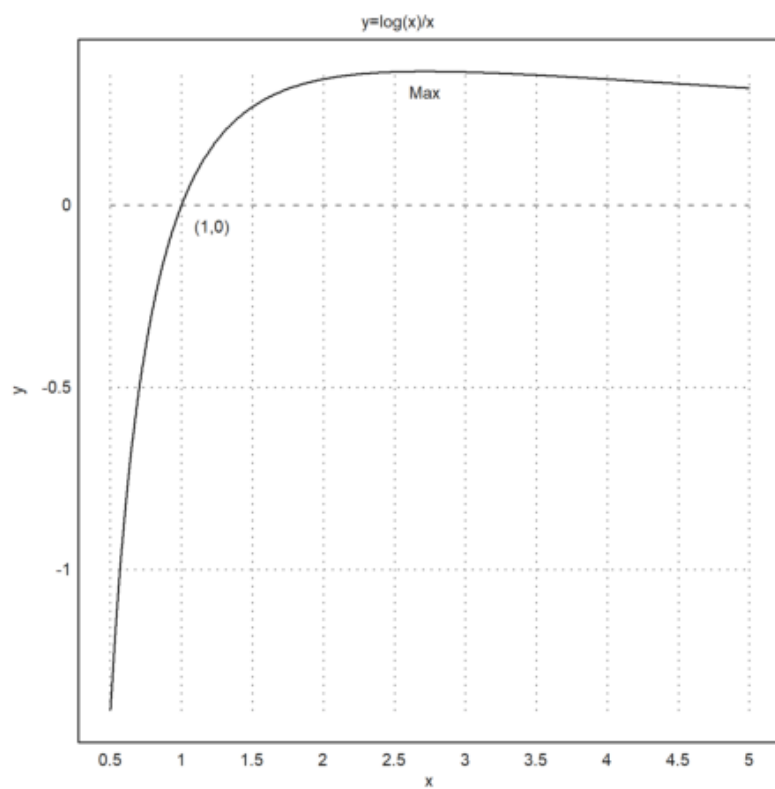
- judul dengan judul = "..."
- label x dan y dengan xl="...", yl="..."
- label teks lain dengan label("...",x,y)

Perintah label akan memplot ke plot saat ini pada koordinat plot (x,y). Hal ini memerlukan argumen posisional.

```
>plot2d("x^3-x",-1,2,title="y=x^3-x",yl="y",xl="x"):
```

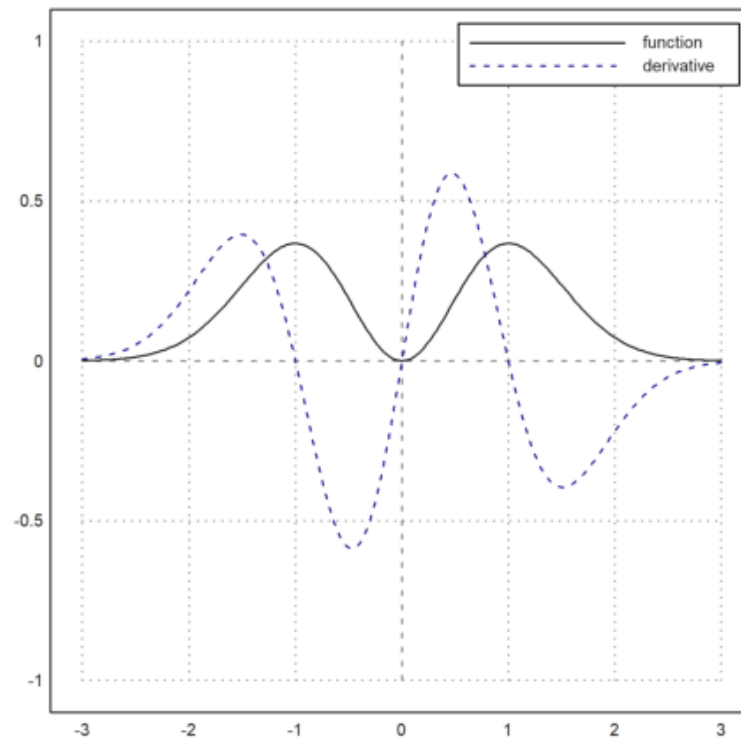


```
>expr := "log(x)/x"; ...
> plot2d(expr,0.5,5,title="y="+expr,xl="x",yl="y"); ...
> label("(1,0)",1,0); label("Max",E,expr(E),pos="lc"):
```



Ada juga fungsi `labelbox()`, yang dapat menampilkan fungsi dan teks. Dibutuhkan vektor string dan warna, satu item untuk setiap fungsi.

```
>function f(x) &= x^2*exp(-x^2); ...
>plot2d(&f(x),a=-3,b=3,c=-1,d=1); ...
>plot2d(&diff(f(x),x),>add,color=blue,style="--"); ...
>labelbox(["function","derivative"],styles=["-", "--"], ...
> colors=[black,blue],w=0.4):
```

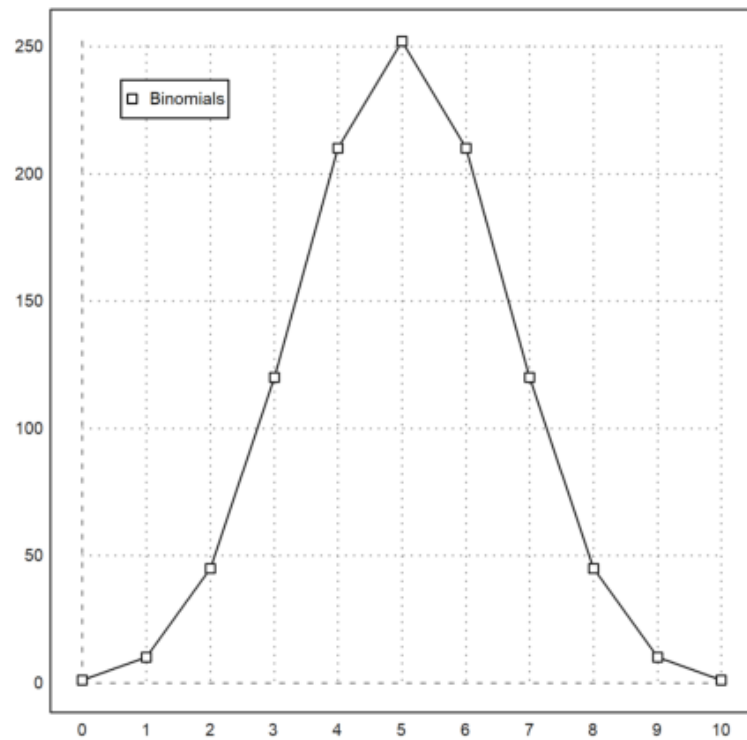


Kotak ini berlabuh di kanan atas secara default, tetapi >kiri berlabuh di kiri atas. Anda dapat memindahkannya ke tempat mana pun yang Anda suka. Posisi jangkar berada di pojok kanan atas kotak, dan angkanya merupakan pecahan dari ukuran jendela grafis. Lebarinya otomatis.

Untuk plot titik, kotak label juga berfungsi. Tambahkan parameter `>points`, atau vektor bendera, satu untuk setiap label.

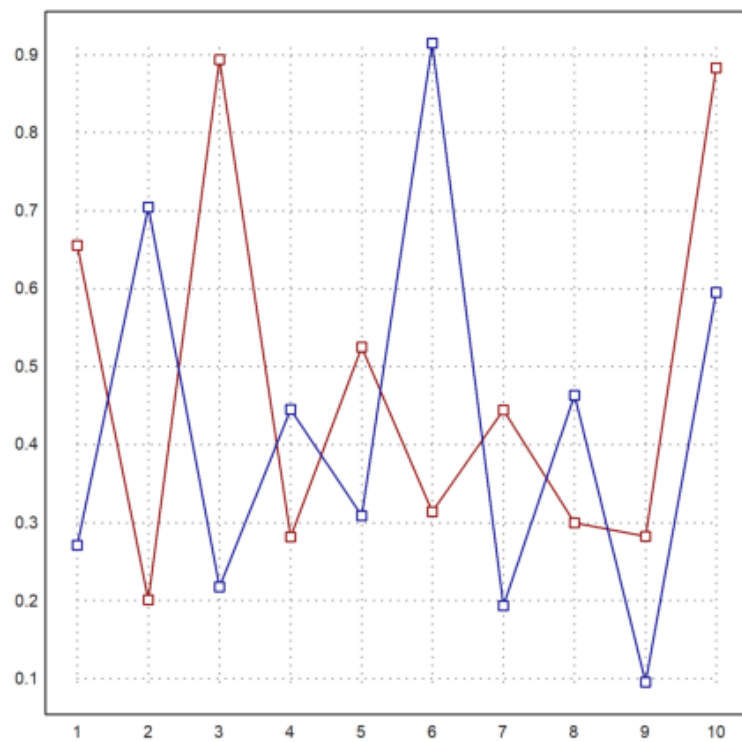
Pada contoh berikut, hanya ada satu fungsi. Jadi kita bisa menggunakan string sebagai pengganti vektor string. Kami mengatur warna teks menjadi hitam untuk contoh ini.

```
>n=10; plot2d(0:n,bin(n,0:n),>addpoints); ...
>labelbox("Binomials",styles="[]",>points,x=0.1,y=0.1, ...
>tcolor=black,>left):
```



Gaya plot ini juga tersedia di `statplot()`. Seperti di `plot2d()` warna dapat diatur untuk setiap baris plot. Masih banyak lagi plot khusus untuk keperluan statistik (lihat tutorial tentang statistik).

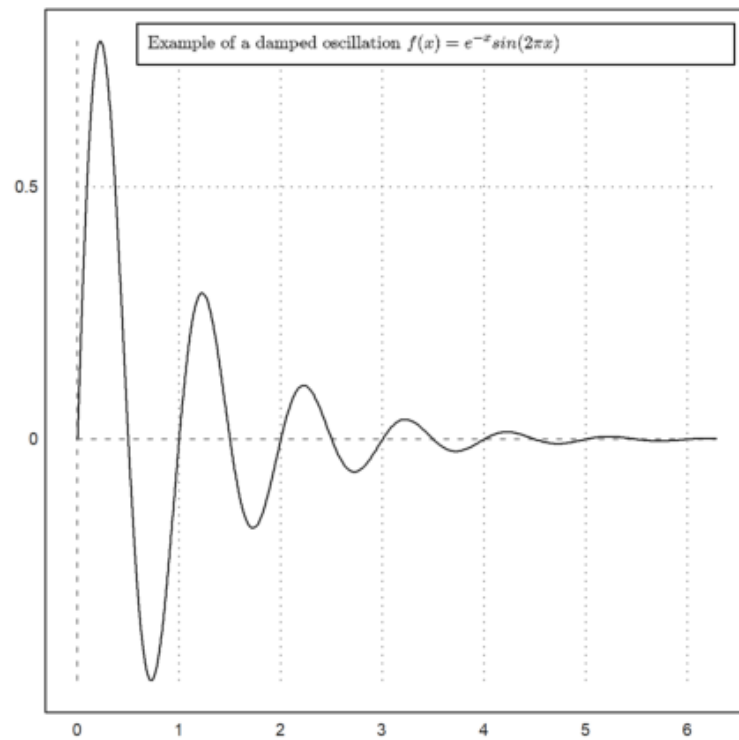
```
>statplot(1:10,random(2,10),color=[red,blue]):
```



Fitur serupa adalah fungsi `textbox()`.

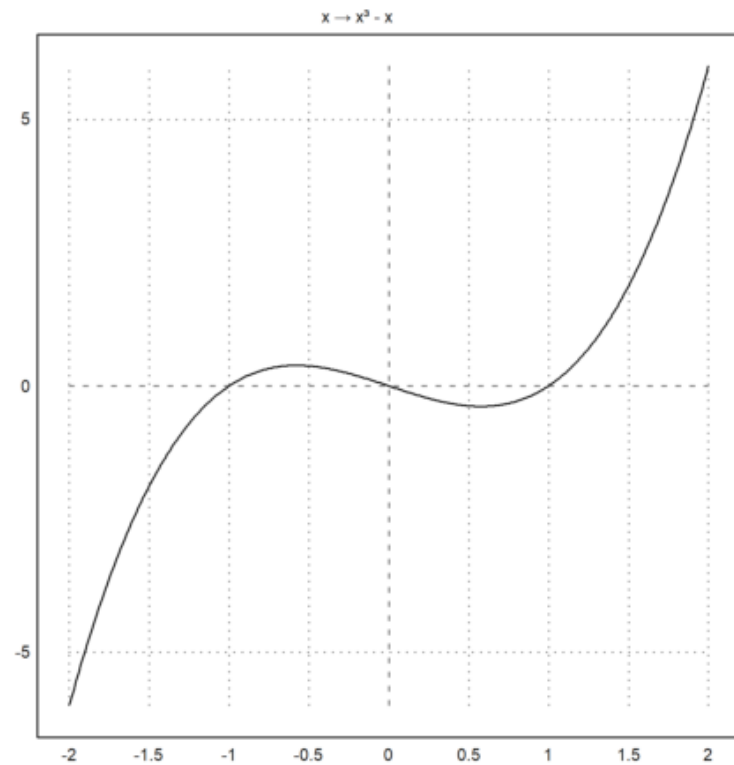
Lebar nya secara default adalah lebar maksimal baris teks. Tapi itu bisa diatur oleh pengguna juga.

```
>function f(x) &= exp(-x)*sin(2*pi*x); ...  
>plot2d("f(x)",0,2pi); ...  
>textbox(latex("\text{Example of a damped oscillation}\ f(x)=e^{-x}\sin(2\pi x)"),w=0.85):
```



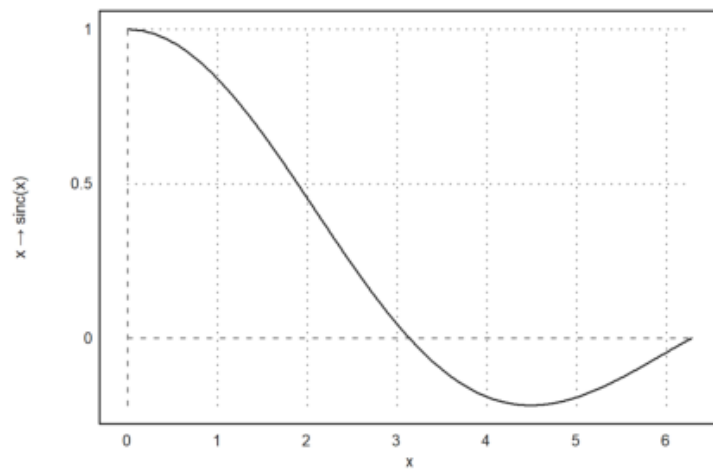
Label teks, judul, kotak label, dan teks lainnya dapat berisi string Unicode (lihat sintaks EMT untuk mengetahui lebih lanjut tentang string Unicode).

```
>plot2d("x^3-x",title=u"x \rarr; x\sup3; - x"): 
```



Label pada sumbu x dan y bisa vertikal, begitu juga dengan sumbunya.

```
>plot2d("sinc(x)",0,2pi,xl="x",yl="x &rarr; sinc(x)",>vertical):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

Untuk fungsi

$$f(x) = -2x^2 + 6x + 4$$

- a) Tentukan fungsi turunan
 b) Buat grafik fungsinya beserta grafik fungsi turunannya
 Penyelesaian :

```
>function f(x) &= -2*x^2+6*x+4; $&diff(f(x),x) // turunan
```

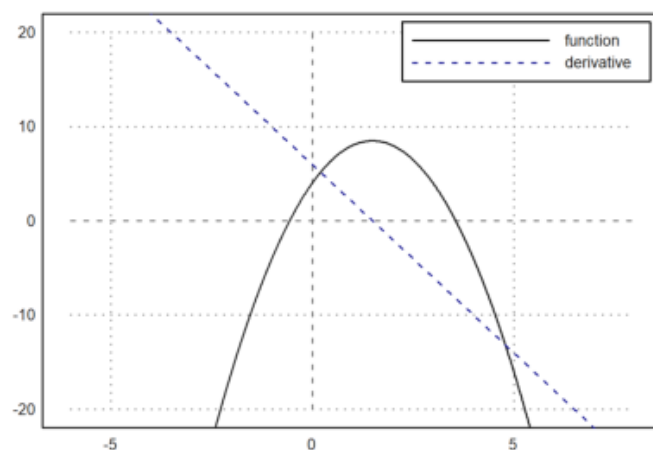
$$6 - 4x$$

Jadi, fungsi turunannya

$$f'(x) = 6 - 4x$$

Grafik :

```
>plot2d(&f(x),-6,8,-20,20); ...
>plot2d(&diff(f(x),x),>add,color=blue,style="--"); ...
>labelbox(["function","derivative"],styles=["-", "--"], ...
> colors=[black,blue],w=0.4):
```



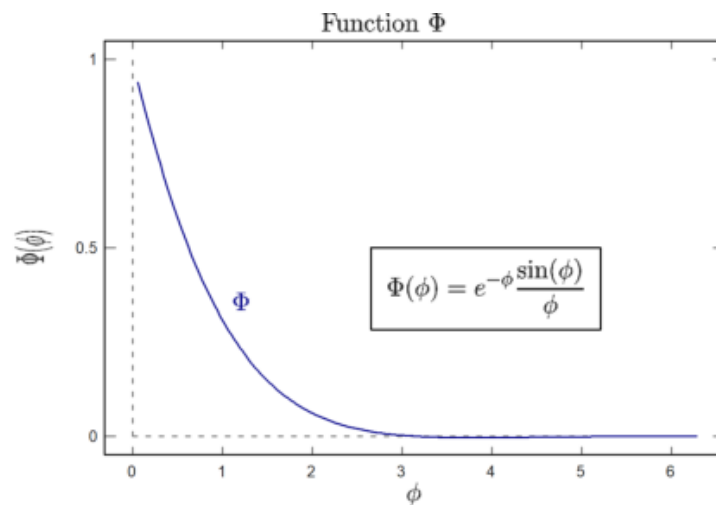
LaTeX

Anda juga dapat memplot rumus LaTeX jika Anda telah menginstal sistem LaTeX. Saya merekomendasikan MiKTeX. Jalur ke biner "lateks" dan "dvi2png" harus berada di jalur sistem, atau Anda harus mengatur LaTeX di menu opsi.

Perhatikan, penguraian LaTeX lambat. Jika Anda ingin menggunakan LaTeX dalam plot animasi, Anda harus memanggil latex() sebelum loop satu kali dan menggunakan hasilnya (gambar dalam matriks RGB).

Pada plot berikut, kami menggunakan LaTeX untuk label x dan y, label, kotak label, dan judul plot.

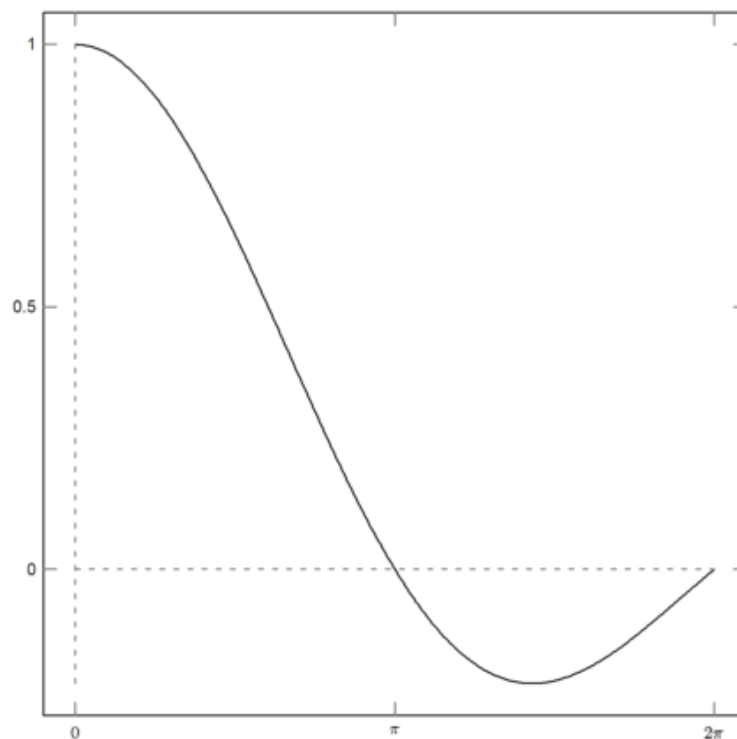
```
>plot2d("exp(-x)*sin(x)/x",a=0,b=2pi,c=0,d=1,grid=6,color=blue, ...
> title=latex("\text{Function } \Phi"), ...
> xl=latex("\phi"),yl=latex("\Phi(\phi)")); ...
>textbox( ...
> latex("\Phi(\phi) = e^{-\phi} \frac{\sin(\phi)}{\phi}",x=0.8,y=0.5); ...
>label(latex("\Phi",color=blue),1,0.4):
```



Seringkali, kita menginginkan spasi dan label teks yang tidak konformal pada sumbu x. Kita bisa menggunakan `xaxis()` dan `yaxis()` seperti yang akan kita tunjukkan nanti.

Cara termudah adalah membuat plot kosong dengan bingkai menggunakan `grid=4`, lalu menambahkan grid dengan `ygrid()` dan `xgrid()`. Pada contoh berikut, kami menggunakan tiga string LaTeX untuk label pada sumbu x dengan `xtick()`.

```
>plot2d("sinc(x)",0,2pi,grid=4,<ticks); ...
>ygrid(-2:0.5:2,grid=6); ...
>xgrid([0:2]*pi,<ticks,grid=6); ...
>xtick([0,pi,2pi],["0","\pi","2\pi"],>latex):
```



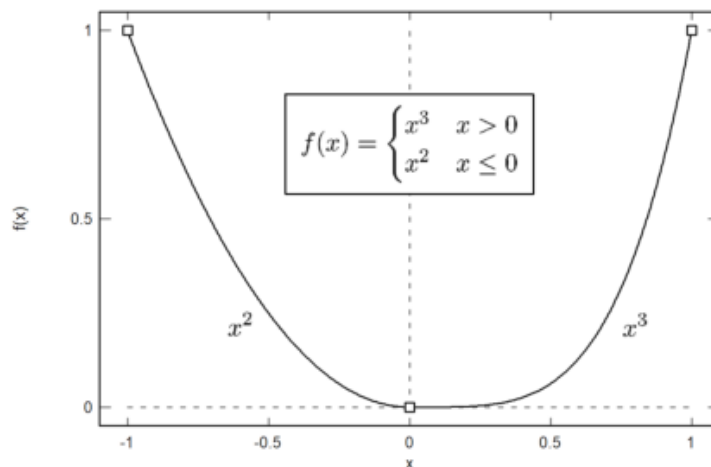
Tentu saja fungsinya juga bisa digunakan.


```
>function map f(x) ...
```

```
    if x>0 then return x^4
    else return x^2
  endif
endfunction
```

Parameter "peta" membantu menggunakan fungsi untuk vektor. Untuk lot, itu tidak perlu. Tapi untuk menunjukkan vektorisasi itu berguna, kita menambahkan beberapa poin penting ke plot di $x=-1$, $x=0$ dan $x=1$. Pada plot berikut, kami juga memasukkan beberapa kode LaTeX. Kami menggunakannya untuk label dan kotak teks. Tentu saja, Anda hanya bisa menggunakannya LaTeX jika Anda telah menginstal LaTeX dengan benar.

```
>plot2d("f",-1,1,xl="x",yl="f(x)",grid=6); ...
>plot2d([-1,0,1],f([-1,0,1]),>points,>add); ...
>label(latex("x^3"),0.72,f(0.72)); ...
>label(latex("x^2"),-0.52,f(-0.52),pos="ll"); ...
>textbox( ...
>  latex("f(x)=\begin{cases} x^3 & x>0 \\ x^2 & x \le 0 \end{cases}"), ...
>  x=0.7,y=0.2):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

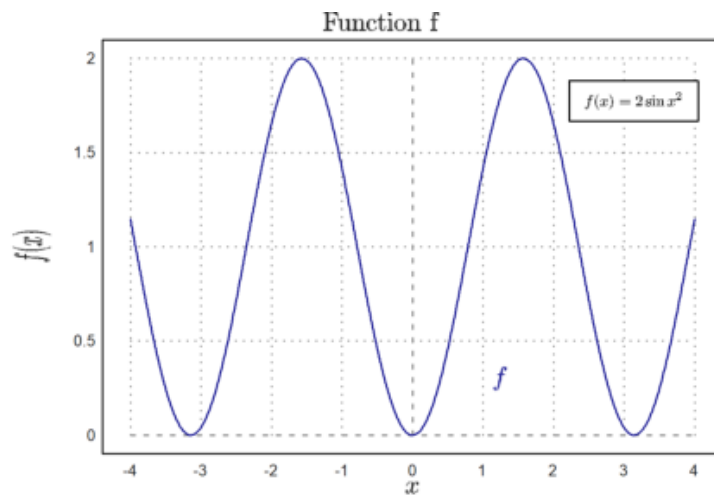
Buatlah grafik untuk

$$f(x) = 2 \sin x^2$$

Penyelesaian :

```
>function f(x) := 2*sin(x)^2 // mendefinisikan fungsi
>plot2d("f",-4,4, color=blue,...
>  title=latex("\text{Function f}"), ...
>  xl=latex("x"),yl=latex("f(x)")); ...
```

```
>textbox( ...
> latex("f(x) = 2\sin{x}^2"),x=0.96,y=0.1,scale=0.2); ...
>label(latex("f",color=blue),1,0.4):
```



Interaksi pengguna

Saat memplot suatu fungsi atau ekspresi, parameter `>user` memungkinkan pengguna untuk memperbesar dan menggeser plot dengan tombol kursor atau mouse. Pengguna bisa

- perbesar dengan + atau -
- pindahkan plot dengan tombol kursor
- pilih jendela plot dengan mouse
- atur ulang tampilan dengan spasi
- keluar dengan kembali

Tombol spasi akan mengatur ulang plot ke jendela plot aslinya.

Saat memplot data, flag `>user` hanya akan menunggu penekanan tombol.

```
>plot2d({{"x^3-a*x",a=1}},>user,title="Press any key!"):

```

Row index 2 out of bounds!

Try "trace errors" to inspect local variables after errors.

plot2d:

```
if auto then k2[2]=k1[2]; endif;
```

```
>plot2d("exp(x)*sin(x)",user=true, ...
> title="+/- or cursor keys (return to exit)":
```

Row index 2 out of bounds!

Try "trace errors" to inspect local variables after errors.

plot2d:

```
if auto then k2[2]=k1[2]; endif;
```

Berikut ini menunjukkan cara interaksi pengguna tingkat lanjut (lihat tutorial tentang pemrograman untuk detailnya).

Fungsi bawaan `mousedrag()` menunggu aktivitas mouse atau keyboard. Ini melaporkan mouse ke bawah, gerakan mouse atau mouse ke atas, dan penekanan tombol. Fungsi `dragpoints()` memanfaatkan ini, dan memungkinkan pengguna menyeret titik mana pun dalam plot.

Kita membutuhkan fungsi plot terlebih dahulu. Misalnya, kita melakukan interpolasi pada 5 titik dengan polinomial. Fungsi tersebut harus diplot ke dalam area plot yang tetap.

```
>function plotf(xp,yp,select) ...  
  
    d=interp(xp,yp);  
    plot2d("interpval(xp,d,x)";d,xp,r=2);  
    plot2d(xp,yp,>points,>add);  
    if select>0 then  
        plot2d(xp[select],yp[select],color=red,>points,>add);  
    endif;  
    title("Drag one point, or press space or return!");  
endfunction
```

Perhatikan parameter titik koma di `plot2d` (`d` and `xp`), yang diteruskan ke evaluasi fungsi `interp()`. Tanpa ini, kita harus menulis fungsi `plotinterp()` terlebih dahulu, mengakses nilainya secara global.

Sekarang kita menghasilkan beberapa nilai acak, dan membiarkan pengguna menyeret titiknya.

```
>t=-1:0.5:1; dragpoints("plotf",t,random(size(t))-0.5):
```

```
Interrupt with Escape key!  
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.  
dragpoints:  
    {flag,m,t}=mousedrag(status);
```

Ada juga fungsi yang memplot fungsi lain bergantung pada vektor parameter, dan memungkinkan pengguna menyesuaikan parameter ini.

Pertama kita membutuhkan fungsi plot.

```
>function plotf([a,b]) := plot2d("exp(a*x)*cos(2pi*b*x)",0,2pi;a,b);
```

Kemudian kita memerlukan nama untuk parameter, nilai awal dan matriks rentang $n \times 2$, opsional garis judul. Ada penggeser interaktif, yang dapat menetapkan nilai oleh pengguna. Fungsi `dragvalues()` menyediakan ini.

```
>dragvalues("plotf",["a","b],[-1,2],[[-2,2];[1,10]], ...  
> heading="Drag these values:",hcolor=black):
```

```
Interrupt with Escape key!  
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.  
dragvalues:  
    {flag,m,t}=mousedrag(status);
```

Dimungkinkan untuk membatasi nilai yang diseret menjadi bilangan bulat. Sebagai contoh, kita menulis fungsi plot, yang memplot polinomial Taylor berderajat n ke fungsi kosinus.

```
>function plotf(n) ...
```

```
plot2d("cos(x)",0,2pi,>square,grid=6);
plot2d("&taylor(cos(x),x,0,@n)",color=blue,>add);
textbox("Taylor polynomial of degree "+n,0.1,0.02,style="t",>left);
endfunction
```

Sekarang kita membiarkan derajat n bervariasi dari 0 hingga 20 dalam 20 perhentian. Hasil `dragvalues()` digunakan untuk memplot sketsa dengan n ini, dan untuk memasukkan plot ke dalam buku catatan.

```
>nd=dragvalues("plotf","degree",2,[0,20],20,y=0.8, ...
> heading="Drag the value:"); ...
>plotf(nd):
```

```
Interrupt with Escape key!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
dragvalues:
  {flag,m,t}=mousedrag(status);
```

Berikut ini adalah demonstrasi sederhana dari fungsinya. Pengguna dapat menggambar jendela plot, meninggalkan jejak titik.

```
>function dragtest ...
```

```
plot2d(none,r=1,title="Drag with the mouse, or press any key!");
start=0;
repeat
  {flag,m,time}=mousedrag();
  if flag==0 then return; endif;
  if flag==2 then
    hold on; mark(m[1],m[2]); hold off;
  endif;
end
endfunction
```

```
>dragtest // lihat hasilnya dan cobalah lakukan! ...
```

Contoh Lain

```
>plot2d({{"-a*x^2-a*x+2*a",a=2}},>user,title="Press any key!"): 
```

```
Row index 2 out of bounds!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
plot2d:
  if auto then k2[2]=k1[2]; endif;
```

```
plot2d:
```

user :

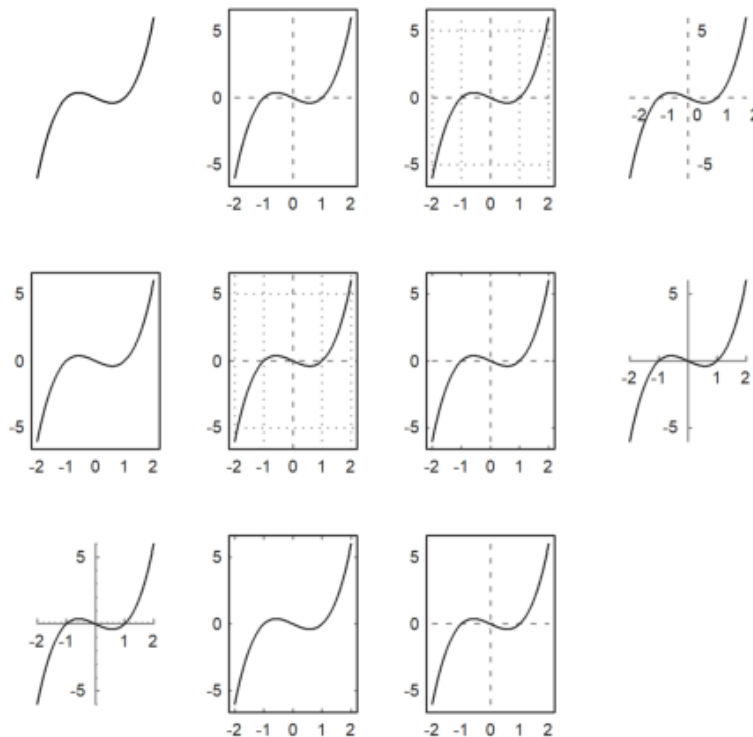
Memungkinkan interaksi pengguna untuk fungsi (>user) untuk plot

Besaran langkah untuk interaksi pengguna.

Gaya Plot 2D

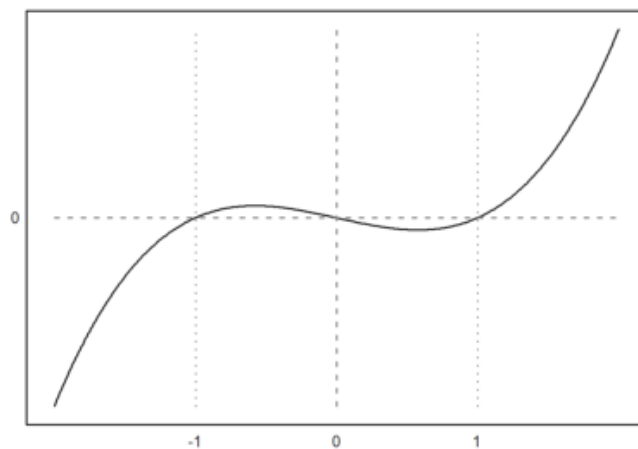
Secara default, EMT menghitung centang sumbu otomatis dan menambahkan label ke setiap centang. Ini dapat diubah dengan parameter grid. Gaya default sumbu dan label dapat diubah. Selain itu, label dan judul dapat ditambahkan secara manual. Untuk menyetel ulang ke gaya default, gunakan reset().

```
>aspect();  
>figure(3,4); ...  
> figure(1); plot2d("x^3-x",grid=0); ... // tidak ada kisi, bingkai, atau sumbu  
> figure(2); plot2d("x^3-x",grid=1); ... // sumbu x-y  
> figure(3); plot2d("x^3-x",grid=2); ... // default ticks  
> figure(4); plot2d("x^3-x",grid=3); ... // sumbu x-y dengan label di dalamnya  
> figure(5); plot2d("x^3-x",grid=4); ... // no ticks, only labels  
> figure(6); plot2d("x^3-x",grid=5); ... // default, tetapi tidak ada margin  
> figure(7); plot2d("x^3-x",grid=6); ... // hanya sumbu  
> figure(8); plot2d("x^3-x",grid=7); ... // sumbu saja, tanda pada sumbu  
> figure(9); plot2d("x^3-x",grid=8); ... // sumbu saja, tanda lebih halus pada sumbu  
> figure(10); plot2d("x^3-x",grid=9); ... // default, tanda kecil di dalamnya  
> figure(11); plot2d("x^3-x",grid=10); ...// tidak ada tanda, hanya sumbu  
> figure(0):
```



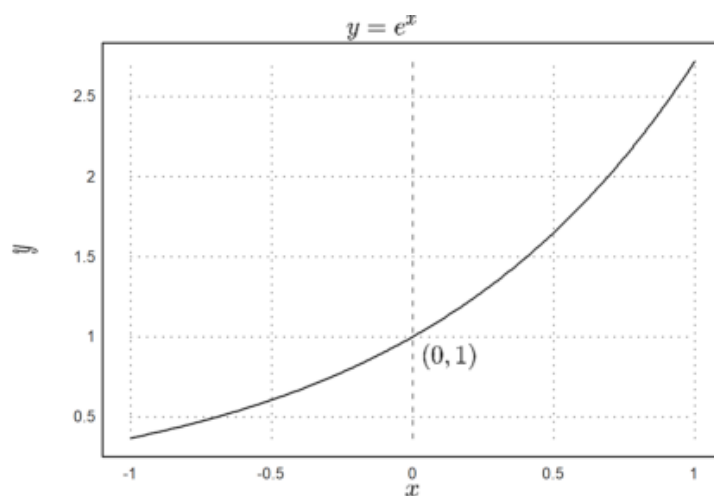
Parameter `<frame` mematikan frame, dan `framecolor=blue` mengatur frame menjadi warna biru. Jika Anda menginginkan tanda centang Anda sendiri, Anda dapat menggunakan `style=0`, dan menambahkan semuanya nanti.

```
>aspect(1.5);
>plot2d("x^3-x",grid=0); // plot
>frame; xgrid([-1,0,1]); ygrid(0): // menambahkan bingkai dan grid
```



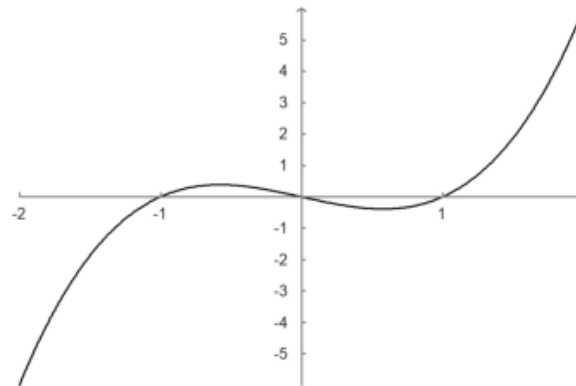
Untuk judul plot dan label sumbu, lihat contoh berikut.

```
>plot2d("exp(x)",-1,1);
>textcolor(black); // mengatur warna teks menjadi hitam
>title(latex("y=e^x")); // judul di atas plot
>xlabel(latex("x")); // "x" untuk sumbu x
>ylabel(latex("y"),>vertical); // vertikal "y" untuk sumbu y
>label(latex("(0,1)"),0,1,color=blue): // memberi label pada suatu titik
```



Sumbu dapat digambar secara terpisah dengan `xaxis()` dan `yaxis()`.

```
>plot2d("x^3-x",<grid,<frame);
>xaxis(0,xx=-2:1,style="->"); yaxis(0,yy=-5:5,style="->"):
```

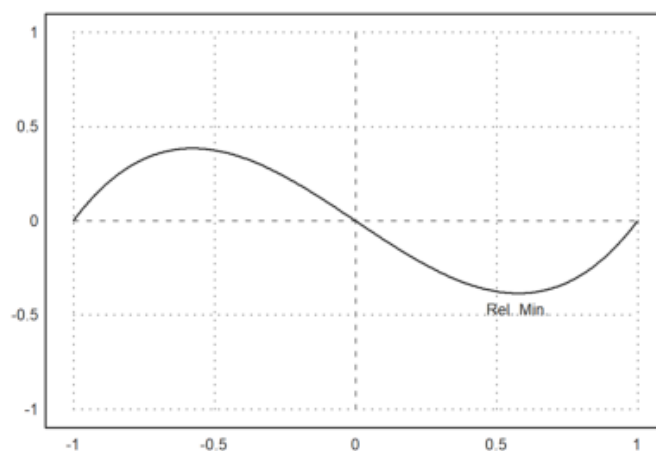


Teks pada plot dapat diatur dengan label(). Dalam contoh berikut, "lc" berarti bagian tengah bawah. Ini menetapkan posisi label relatif terhadap koordinat plot.

```
>function f(x) &= x^3-x
```

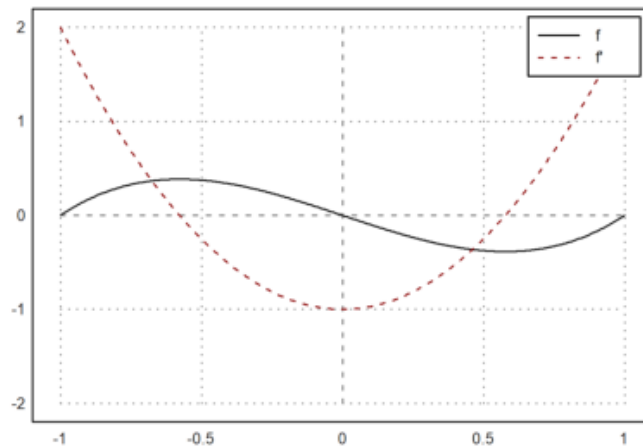
$$x^3 - x$$

```
>plot2d(f,-1,1,>square);
>x0=fmin(f,0,1); // menghitung titik minimum
>label("Rel. Min.",x0,f(x0),pos="lc"): // menambahkan label di sana
```

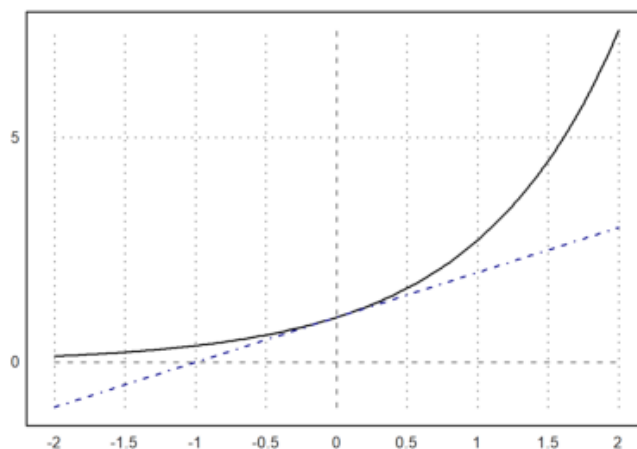


Ada juga kotak teks.

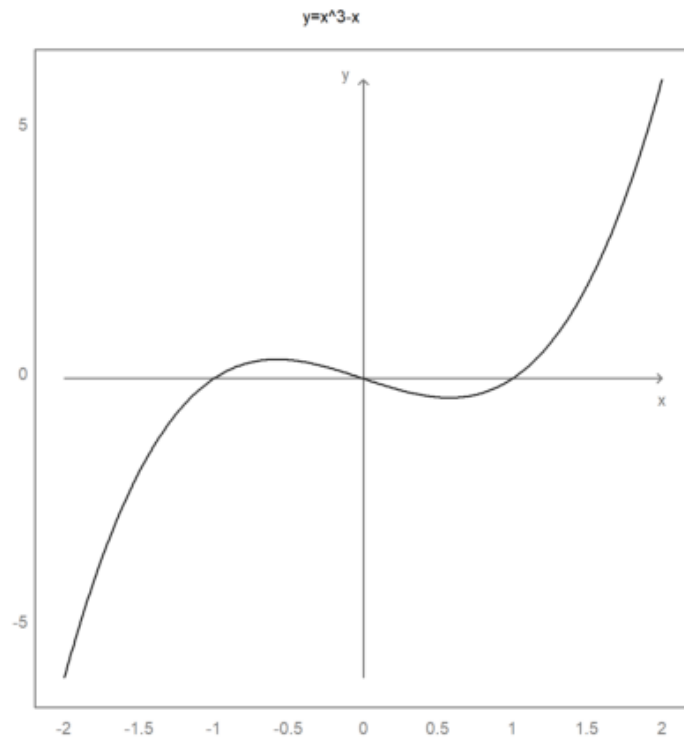
```
>plot2d(&f(x),-1,1,-2,2); // fungsi
>plot2d(&diff(f(x),x),>add,style="--",color=red); // turunan
>labelbox(["f","f'"],["-","--"],[black,red]): // kotak label
```



```
>plot2d(["exp(x)", "1+x"],color=[black,blue],style=["-", "-.-"]):
```



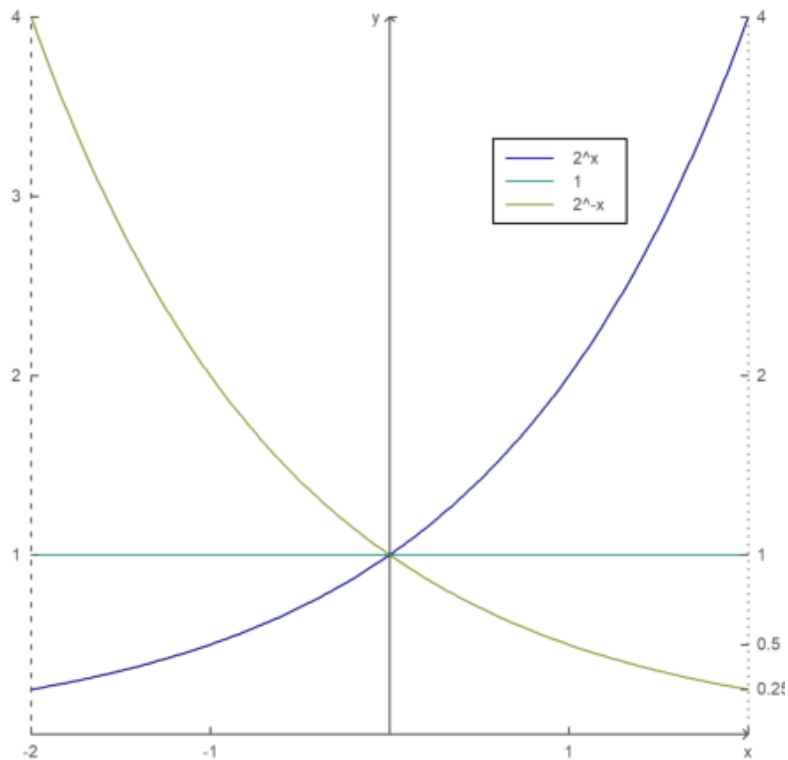
```
>gridstyle("->",color=gray,textcolor=gray,framecolor=gray); ...
> plot2d("x^3-x",grid=1); ...
> settitle("y=x^3-x",color=black); ...
> label("x",2,0,pos="bc",color=gray); ...
> label("y",0,6,pos="cl",color=gray); ...
> reset():
```

Untuk kontrol lebih lanjut, sumbu x dan sumbu y dapat dilakukan secara manual.

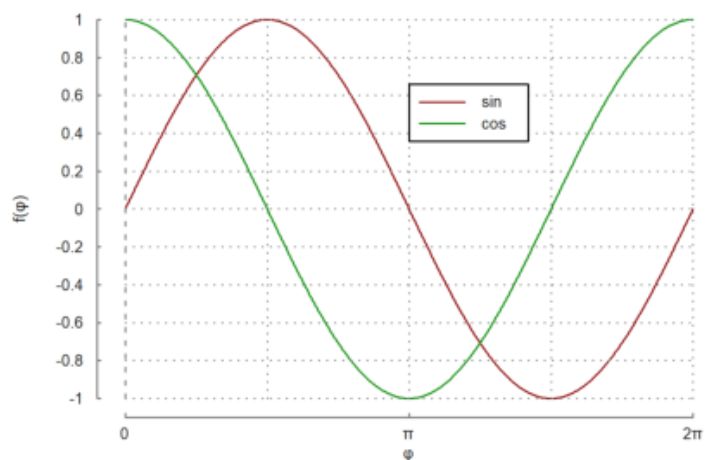
Perintah `fullwindow()` memperluas jendela plot karena kita tidak lagi memerlukan tempat untuk label di luar jendela plot. Gunakan `shrinkwindow()` atau `reset()` untuk menyetel ulang ke default.

```
>fullwindow; ...
> gridstyle(color=darkgray,textcolor=darkgray); ...
> plot2d(["2^x","1","2^(-x)"],a=-2,b=2,c=0,d=4,<grid,color=4:6,<frame); ...
> xaxis(0,-2:1,style="->"); xaxis(0,2,"x",<axis); ...
> yaxis(0,4,"y",style="->"); ...
> yaxis(-2,1:4,>left); ...
> yaxis(2,2^(-2:2),style=".",<left); ...
> labelbox(["2^x","1","2^-x"],colors=4:6,x=0.8,y=0.2); ...
> reset:
```



Berikut adalah contoh lain, di mana string Unicode digunakan dan sumbunya berada di luar area plot.

```
>aspect(1.5);
>plot2d(["sin(x)", "cos(x)"], 0, 2pi, color=[red, green], <grid, <frame); ...
> xaxis(-1.1, (0:2)*pi, xt=["0", u"&pi;", u"2&pi;"], style="-", >ticks, >zero); ...
> xgrid((0:0.5:2)*pi, <ticks); ...
> yaxis(-0.1*pi, -1:0.2:1, style="-", >zero, >grid); ...
> labelbox(["sin", "cos"], colors=[red, green], x=0.5, y=0.2, >left); ...
> xlabel(u"&phi;"); ylabel(u"f(&phi;)"):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

Buatlah grafik untuk

$$f(x) = x^2 - 3x + 9$$

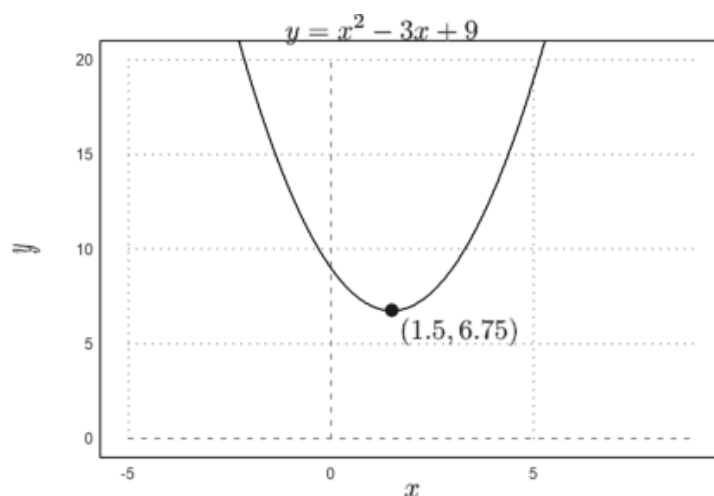
dan tentukan titik puncaknya.

Penyelesaian :

```
>a=1; b=-3; c=9; xp=-b/2*a, yp=-(b^2-4*a*c)/4*a // menentukan titik puncak
```

1.5
6.75

```
>plot2d("x^2-3*x+9",-5,9,0,20); ...  
>plot2d(1.5,6.75,>points,>add,style="o#");  
>textcolor(black); // mengatur warna teks menjadi hitam  
>title(latex("y=x^2-3x+9")); // judul di atas plot  
>xlabel(latex("x")); // "x" untuk sumbu x  
>ylabel(latex("y"),>vertical); // vertikal "y" untuk sumbu y  
>label(latex("(1.5,6.75)"),1.5,6.75,color=blue): // memberi label pada suatu titik
```



Merencanakan Data 2D

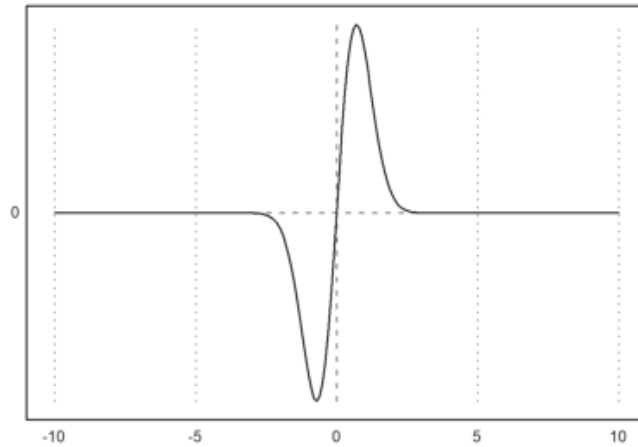
Jika x dan y adalah vektor data, maka data tersebut akan digunakan sebagai koordinat x dan y pada suatu kurva. Dalam hal ini, a , b , c , dan d , atau radius r dapat ditentukan, atau jendela plot akan menyesuaikan secara otomatis dengan data. Alternatifnya, `>square` dapat diatur untuk mempertahankan rasio aspek persegi. Merencanakan ekspresi hanyalah singkatan dari plot data. Untuk plot data, Anda memerlukan satu atau beberapa baris nilai x , dan satu atau beberapa baris nilai y . Dari rentang dan nilai x , fungsi `plot2d` akan menghitung data yang akan diplot, secara default dengan evaluasi fungsi yang adaptif. Untuk plot titik gunakan `">points"`, untuk garis dan titik campuran gunakan `">addpoints"`.

Tapi Anda bisa memasukkan data secara langsung.

- Gunakan vektor baris untuk x dan y untuk satu fungsi.
- Matriks untuk x dan y diplot baris demi baris.

Berikut adalah contoh dengan satu baris untuk x dan y .

```
>x=-10:0.1:10; y=exp(-x^2)*x; plot2d(x,y):
```



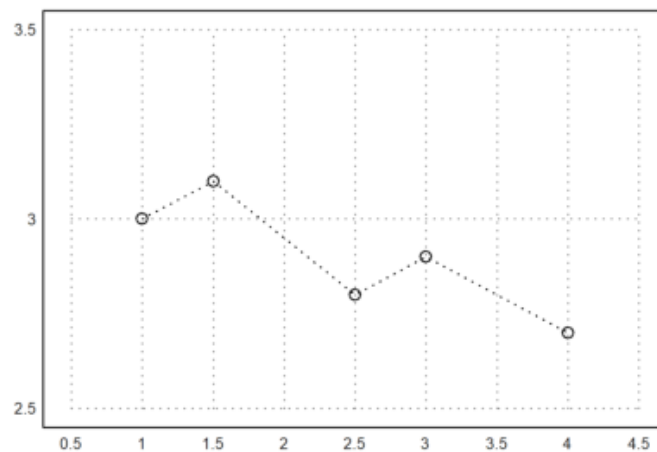
Data juga dapat diplot sebagai poin. Gunakan `points=true` untuk ini. Plotnya berfungsi seperti poligon, tetapi hanya menggambar sudutnya saja.

- style="...": Select from "[", "<", "o", ".", "..", "+", "*", "[", "<", "o", "..", "", "|".

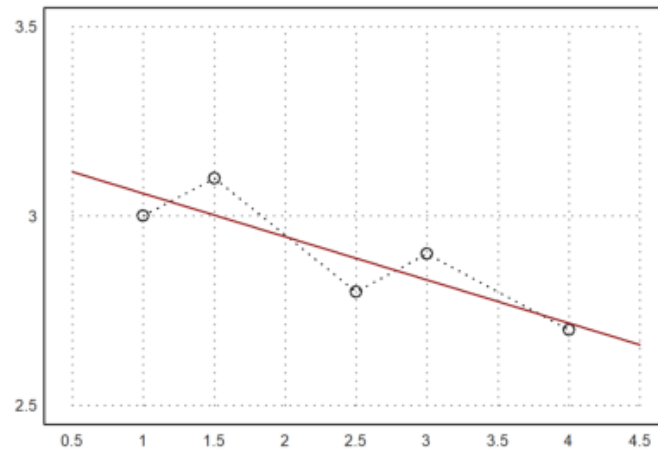
Untuk memplot kumpulan titik, gunakan `>points`. Jika warna merupakan vektor warna, maka setiap titik mendapat warna yang berbeda. Untuk matriks koordinat dan vektor kolom, warna diterapkan pada baris matriks.

Parameter >addpoints menambahkan titik ke segmen garis untuk plot data.

```
>xdata=[1,1.5,2.5,3,4]; ydata=[3,3.1,2.8,2.9,2.7]; // data
>plot2d(xdata,ydata,a=0.5,b=4.5,c=2.5,d=3.5,style="."); // garis
>plot2d(xdata,ydata,>points,>add,style="o"): // menambahkan titik
```



```
>p=polyfit(xdata,ydata,1); // mendapatkan garis regresi
>plot2d("polyval(p,x)",>add,color=red): // tambahkan plot garis
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

Buatlah grafik untuk data berikut.

Harga cabai bulan september

Minggu pertama = Rp20.000

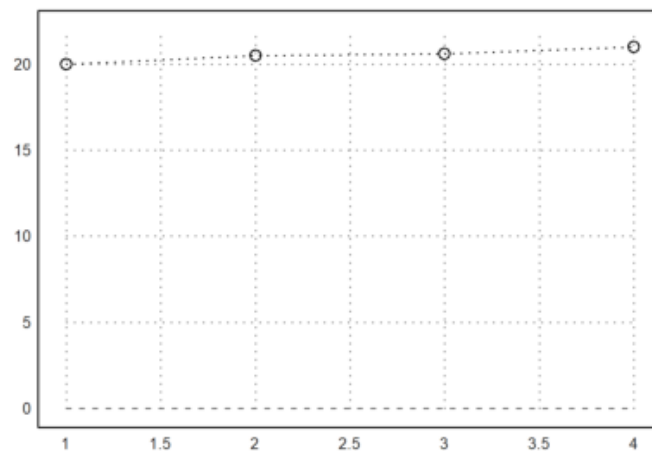
Minggu kedua = Rp20.500

Minggu ketiga = Rp20.600

Minggu kelima = Rp21.000

Penyelesaian :

```
>xdata=[1,2,3,4]; ydata=[20,20.5,20.6,21]; // data
>plot2d(xdata,ydata,a=1,b=4,c=0,d=22,style="."); // garis
>plot2d(xdata,ydata,>points,>add,style="o"): // menambahkan titik
```



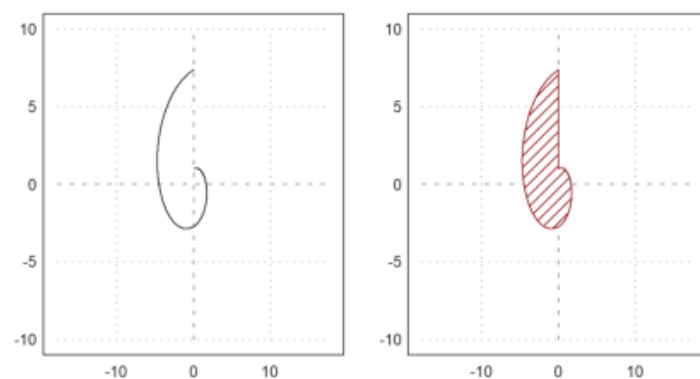
Menggambar Daerah Yang Dibatasi Kurva

Plot data sebenarnya berbentuk poligon. Kita juga dapat memplot kurva atau kurva terisi.

- filled=true mengisi plot.
- style="...": Pilih dari "", "/", "\", "\/".
- fillcolor : Lihat di atas untuk mengetahui warna yang tersedia.

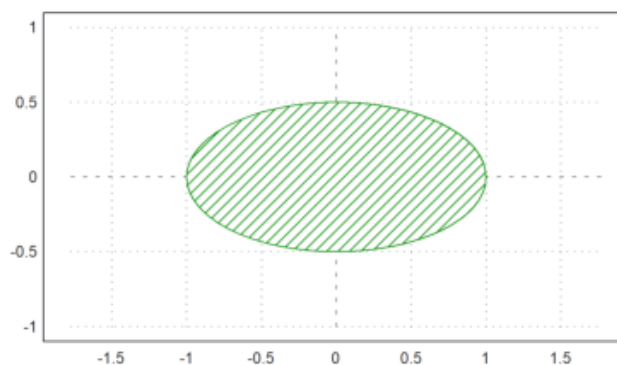
Warna isian ditentukan oleh argumen "fillcolor", dan pada <outline opsional, mencegah menggambar batas untuk semua gaya kecuali gaya default.

```
>t=linspace(0,2pi,1000); // parameter untuk kurva
>x=sin(t)*exp(t/pi); y=cos(t)*exp(t/pi); // x(t) dan y(t)
>figure(1,2); aspect(16/9)
>figure(1); plot2d(x,y,r=10); // plot kurva
>figure(2); plot2d(x,y,r=10,>filled,style="/",fillcolor=red); // mengisi kurva
>figure(0):
```

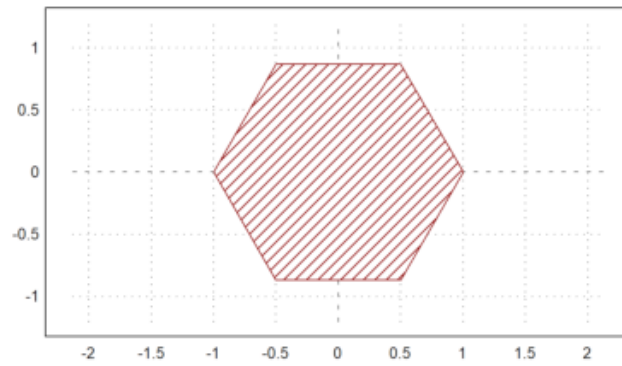


Dalam contoh berikut kita memplot elips terisi dan dua segi enam terisi menggunakan kurva tertutup dengan 6 titik dengan gaya isian berbeda.

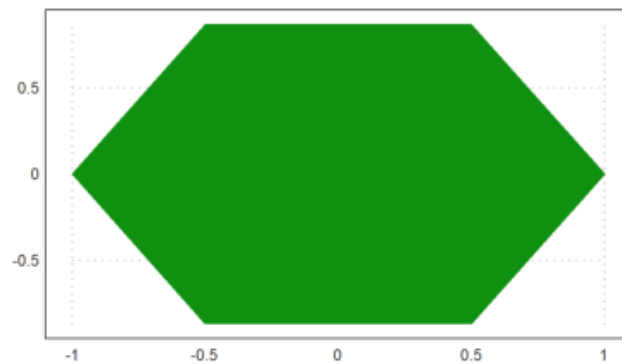
```
>x=linspace(0,2pi,1000); plot2d(sin(x),cos(x)*0.5,r=1,>filled,style="/"):
```



```
>t=linspace(0,2pi,6); ...
>plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="/",fillcolor=red,r=1.2):
```

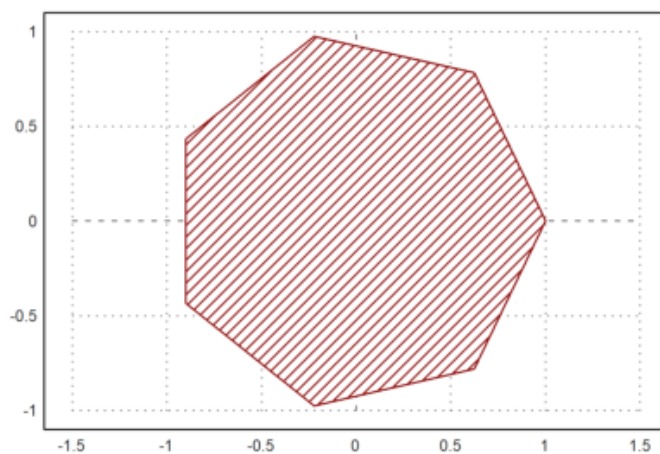


```
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="#"):
```



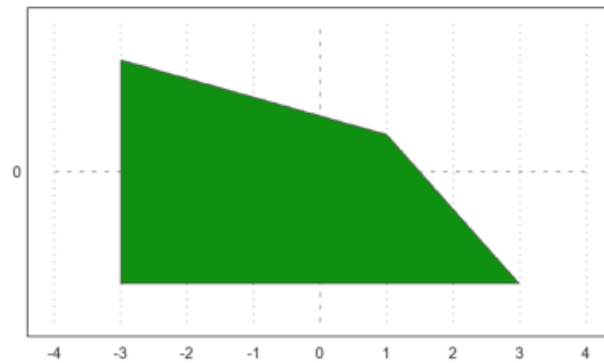
Contoh lainnya adalah septagon yang kita buat dengan 7 titik pada lingkaran satuan.

```
>t=linspace(0,2pi,7); ...  
> plot2d(cos(t),sin(t),r=1,>filled,style="/",fillcolor=red):
```



Berikut adalah himpunan nilai maksimal dari empat kondisi linier yang kurang dari atau sama dengan 3. Ini adalah $A[k].v \leq 3$ untuk semua baris A. Untuk mendapatkan sudut yang bagus, kita menggunakan n yang relatif besar.

```
>A=[2,1;1,2;-1,0;0,-1];
>function f(x,y) := max([x,y].A');
>plot2d("f",r=4,level=[0;3],color=green,n=111):
```



Poin utama dari bahasa matriks adalah memungkinkan pembuatan tabel fungsi dengan mudah.

```
>t=linspace(0,2pi,1000); x=cos(3*t); y=sin(4*t);
```

Kami sekarang memiliki nilai vektor x dan y. `plot2d()` dapat memplot nilai-nilai ini sebagai kurva yang menghubungkan titik-titik tersebut. Plotnya bisa diisi. Dalam hal ini menghasilkan hasil yang bagus karena adanya aturan lilitan, yang digunakan untuk pengisian.

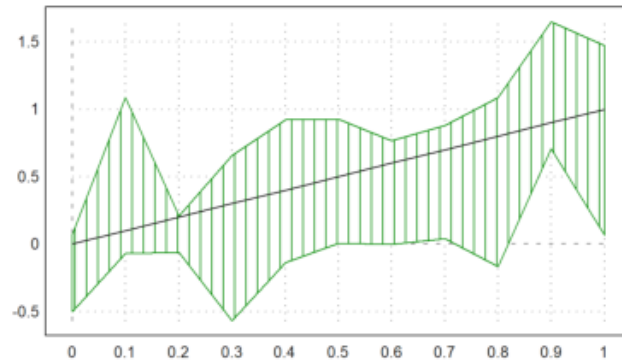
```
>plot2d(x,y,<grid,<frame,>filled):
```



Vektor interval diplot terhadap nilai x sebagai wilayah terisi antara nilai interval bawah dan atas.

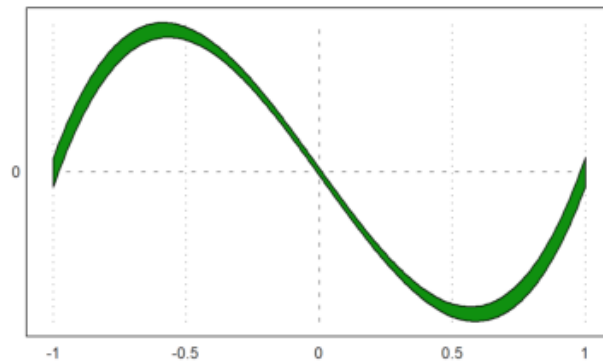
Hal ini dapat berguna untuk memplot kesalahan perhitungan. Namun hal ini juga dapat digunakan untuk memetakan kesalahan statistik.


```
>t=0:0.1:1; ...
> plot2d(t,interval(t-random(size(t)),t+random(size(t))),style="|"); ...
> plot2d(t,t,add=true):
```



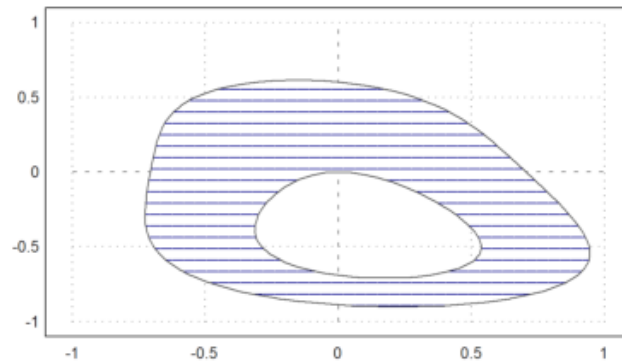
Jika x adalah vektor yang diurutkan, dan y adalah vektor interval, maka `plot2d` akan memplot rentang interval yang terisi pada bidang. Gaya isianya sama dengan gaya poligon.

```
>t=-1:0.01:1; x=~t-0.01,t+0.01~; y=x^3-x;
>plot2d(t,y):
```



Dimungkinkan untuk mengisi wilayah nilai untuk fungsi tertentu. Untuk ini, `level` harus berupa matriks $2 \times n$. Baris pertama adalah batas bawah dan baris kedua berisi batas atas.

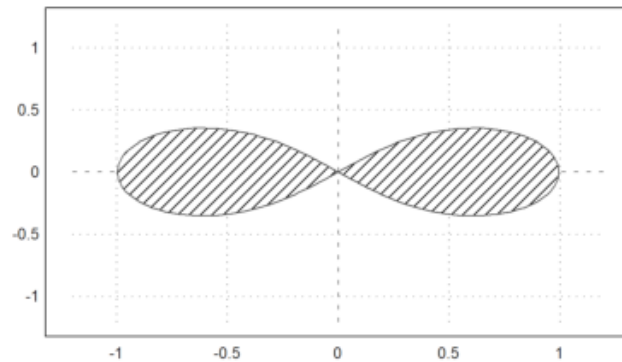
```
>expr := "2*x^2+x*y+3*y^4+y"; // mendefinisikan sebuah ekspresi f(x,y)
>plot2d(expr,level=[0;1],style="-",color=blue): // 0 <= f(x,y) <= 1
```



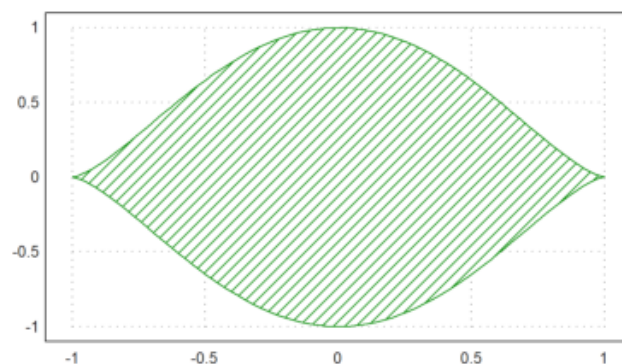
Kita juga dapat mengisi rentang nilai seperti

$$-1 \leq (x^2 + y^2)^2 - x^2 + y^2 \leq 0.$$

```
>plot2d("(x^2+y^2)^2-x^2+y^2",r=1.2,level=[-1;0],style="/"):
```



```
>plot2d("cos(x)", "sin(x)^3",xmin=0,xmax=2pi,>filled,style="/"):
```



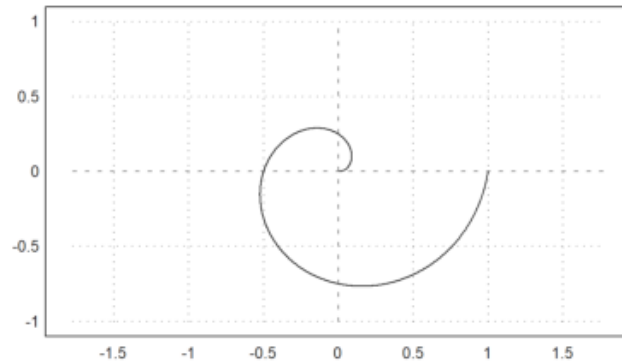
Nilai x tidak perlu diurutkan. (x,y) hanya menggambarkan sebuah kurva. Jika x diurutkan, kurva tersebut merupakan grafik suatu fungsi.

Dalam contoh berikut, kita memplot spiral

$$\gamma(t) = t \cdot (\cos(2\pi t), \sin(2\pi t))$$

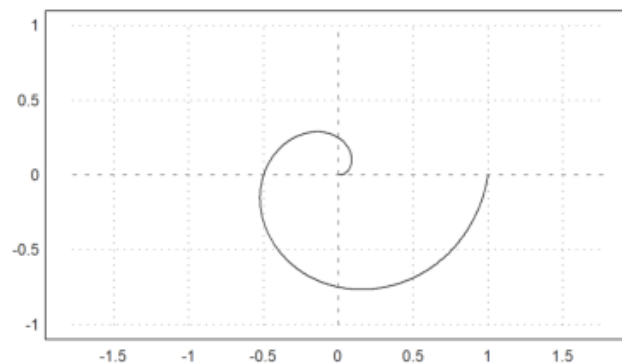
Kita perlu menggunakan banyak titik untuk tampilan yang halus atau fungsi adaptif() untuk mengevaluasi ekspresi (lihat fungsi adaptif() untuk lebih jelasnya).

```
>t=linspace(0,1,1000); ...  
>plot2d(t*cos(2*pi*t),t*sin(2*pi*t),r=1):
```

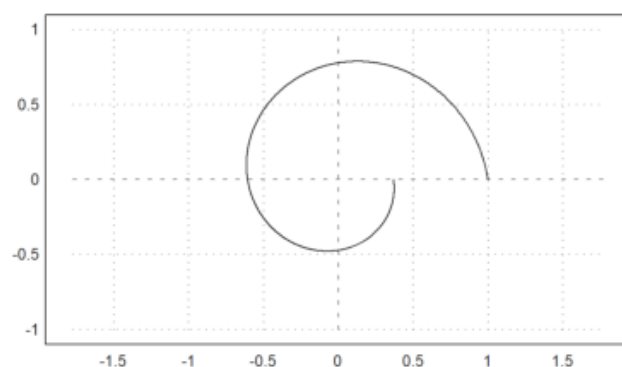


Sebagai alternatif, dimungkinkan untuk menggunakan dua ekspresi untuk kurva. Berikut ini plot kurva yang sama seperti di atas.

```
>plot2d("x*cos(2*pi*x)", "x*sin(2*pi*x)", xmin=0, xmax=1, r=1):
```



```
>t=linspace(0,1,1000); r=exp(-t); x=r*cos(2*pi*t); y=r*sin(2*pi*t);  
>plot2d(x,y,r=1):
```



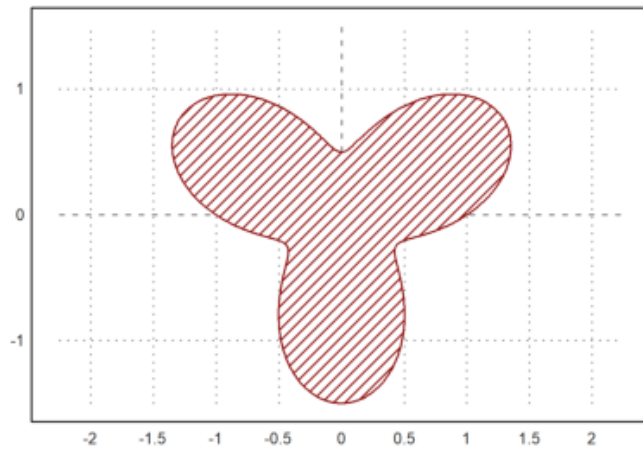
Pada contoh berikutnya, kita memplot kurvanya

$$\gamma(t) = (r(t) \cos(t), r(t) \sin(t))$$

dengan

$$r(t) = 1 + \frac{\sin(3t)}{2}.$$

```
>t=linspace(0,2pi,1000); r=1+sin(3*t)/2; x=r*cos(t); y=r*sin(t); ...  
>plot2d(x,y,>filled,fillcolor=red,style="/",r=1.5):
```

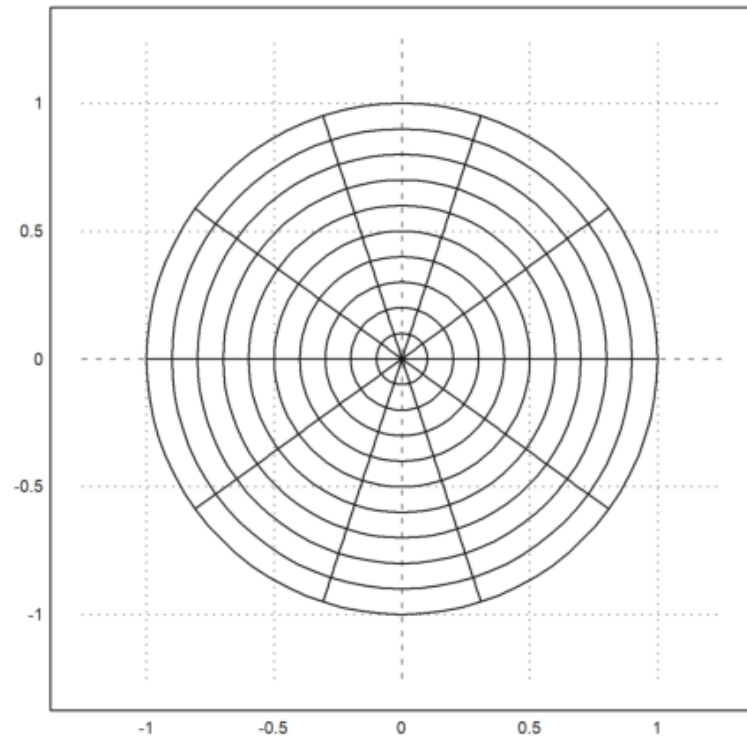


Menggambar Grafik Bilangan Kompleks

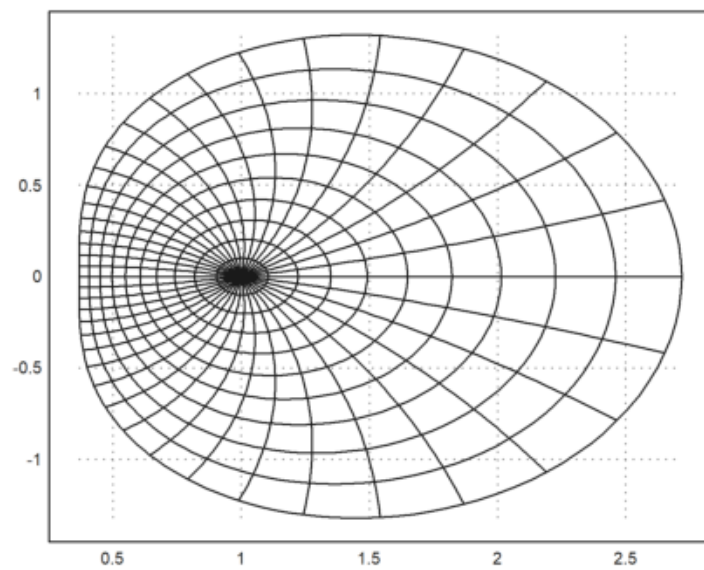
Serangkaian bilangan kompleks juga dapat diplot. Kemudian titik-titik grid akan dihubungkan. Jika sejumlah garis kisi ditentukan (atau vektor garis kisi 1x2) dalam argumen cgrid, hanya garis kisi tersebut yang terlihat. Matriks bilangan kompleks secara otomatis akan diplot sebagai kisi-kisi pada bidang kompleks.

Pada contoh berikut, kita memplot gambar lingkaran satuan di bawah fungsi eksponensial. Parameter cgrid menyembunyikan beberapa kurva grid.

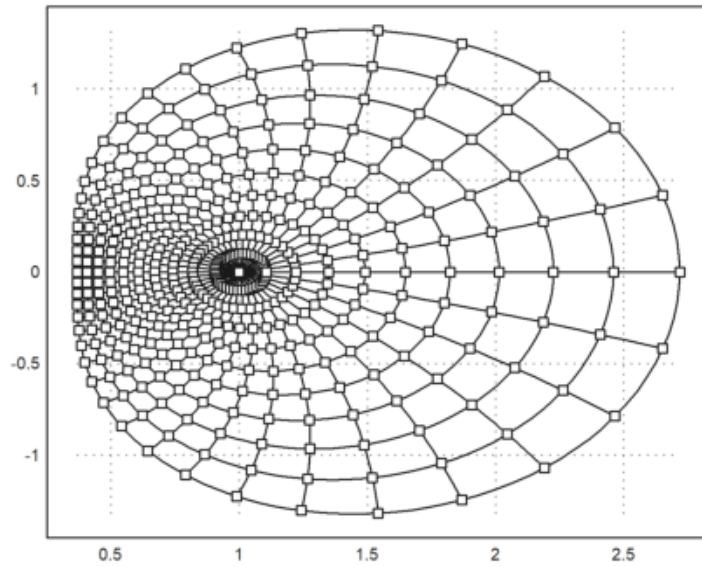
```
>aspect(); r=linspace(0,1,50); a=linspace(0,2pi,80)'; z=r*exp(I*a);...  
>plot2d(z,a=-1.25,b=1.25,c=-1.25,d=1.25,cgrid=10):
```



```
>aspect(1.25); r=linspace(0,1,50); a=linspace(0,2pi,200)'; z=r*exp(I*a);
>plot2d(exp(z),cgrid=[40,10]):
```



```
>r=linspace(0,1,10); a=linspace(0,2pi,40)'; z=r*exp(I*a);
>plot2d(exp(z),>points,>add):
```

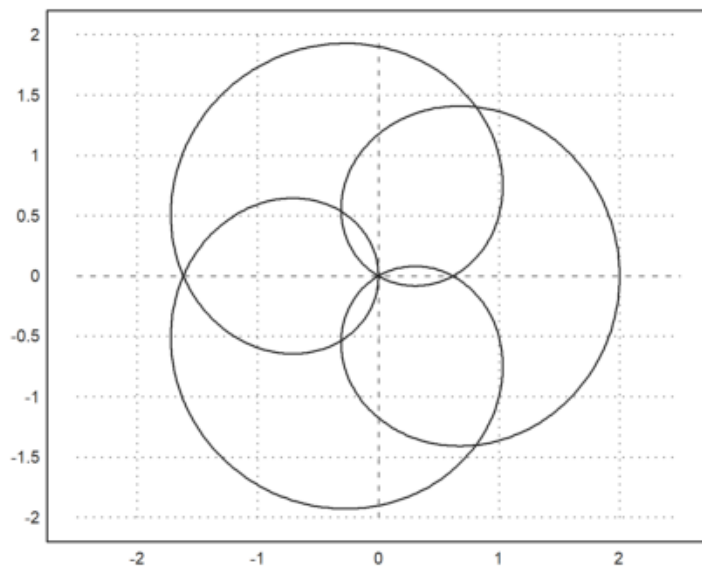


Vektor bilangan kompleks secara otomatis diplot sebagai kurva pada bidang kompleks dengan bagian nyata dan bagian imajiner.

Dalam contoh, kita memplot lingkaran satuan dengan

$$\gamma(t) = e^{it}$$

```
>t=linspace(0,2pi,1000); ...  
>plot2d(exp(I*t)+exp(4*I*t),r=2):
```



Plot Statistik

Ada banyak fungsi yang dikhususkan pada plot statistik. Salah satu plot yang sering digunakan adalah plot kolom.

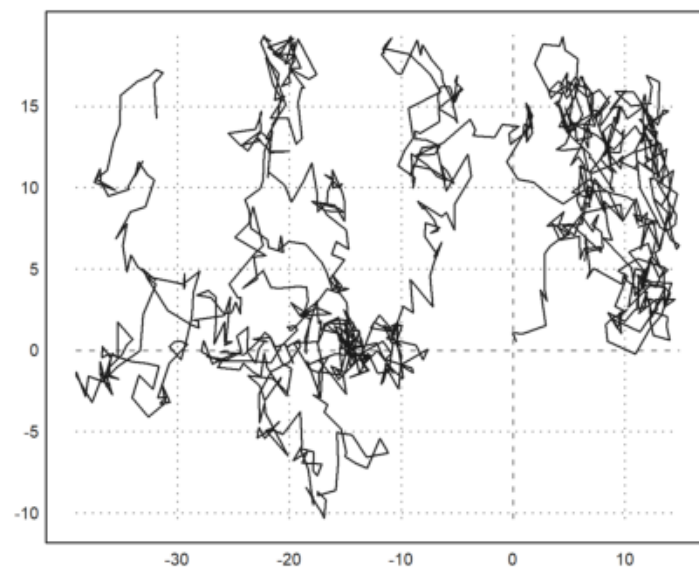
Jumlah kumulatif dari nilai terdistribusi normal 0-1 menghasilkan jalan acak.

```
>plot2d(cumsum(randnormal(1,1000))):
```

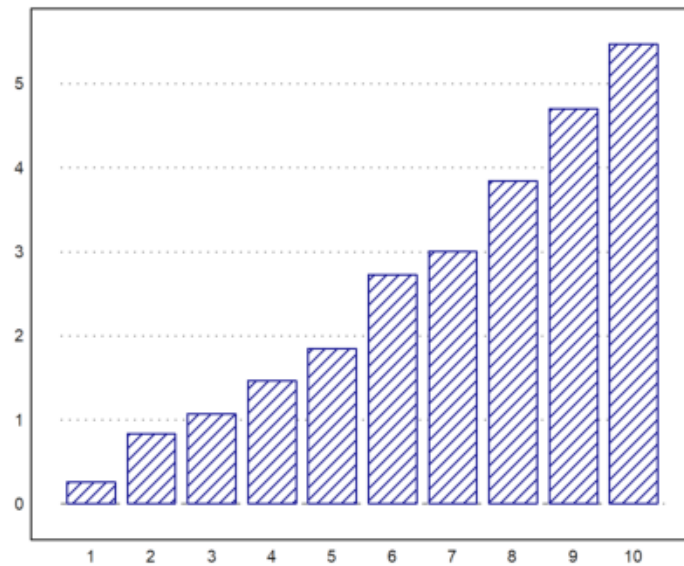


Penggunaan dua baris menunjukkan jalan dalam dua dimensi.

```
>X=cumsum(randnormal(2,1000)); plot2d(X[1],X[2]):
```

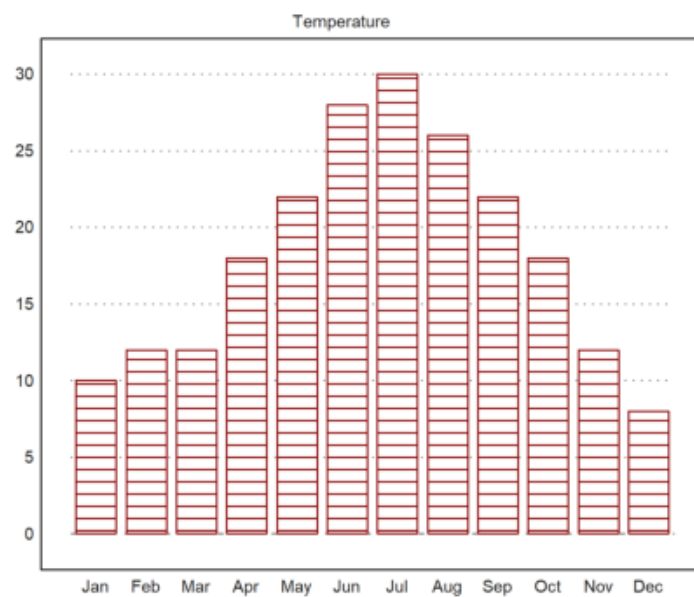


```
>columnsplot(cumsum(random(10)),style="/",color=blue):
```

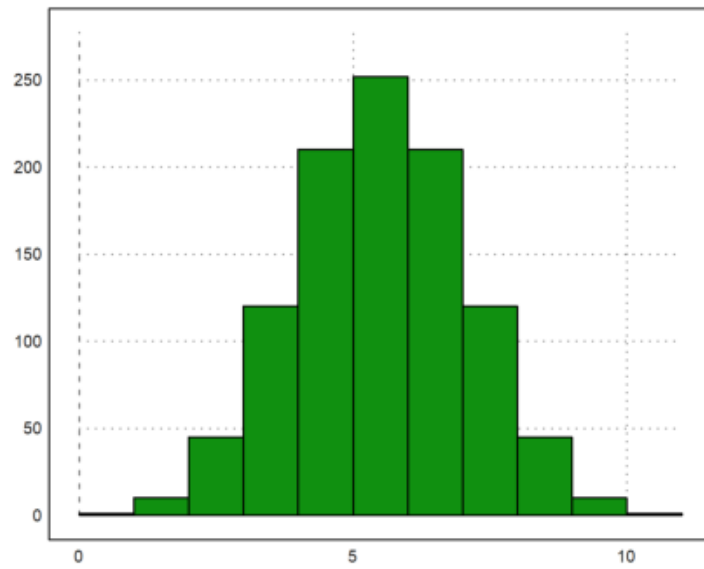


Itu juga dapat menampilkan string sebagai label.

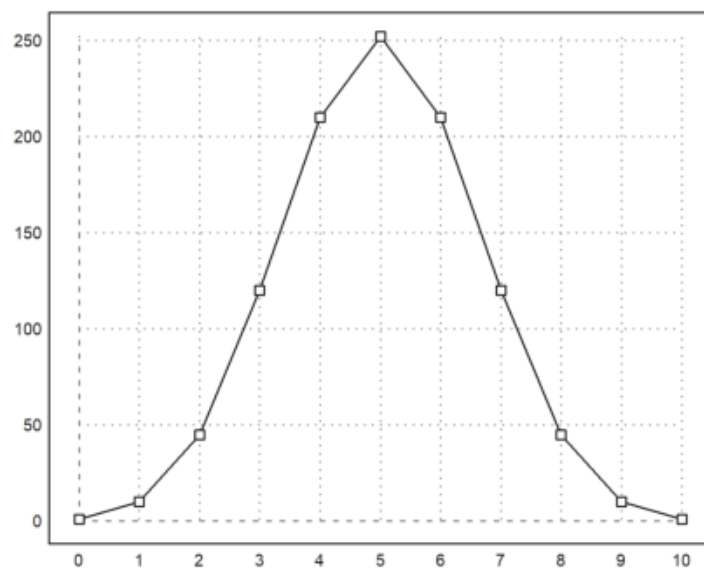
```
>months=["Jan","Feb","Mar","Apr","May","Jun", ...
> "Jul","Aug","Sep","Oct","Nov","Dec"];
>values=[10,12,12,18,22,28,30,26,22,18,12,8];
>columnsplot(values,lab=months,color=red,style="-");
>title("Temperature"):
```



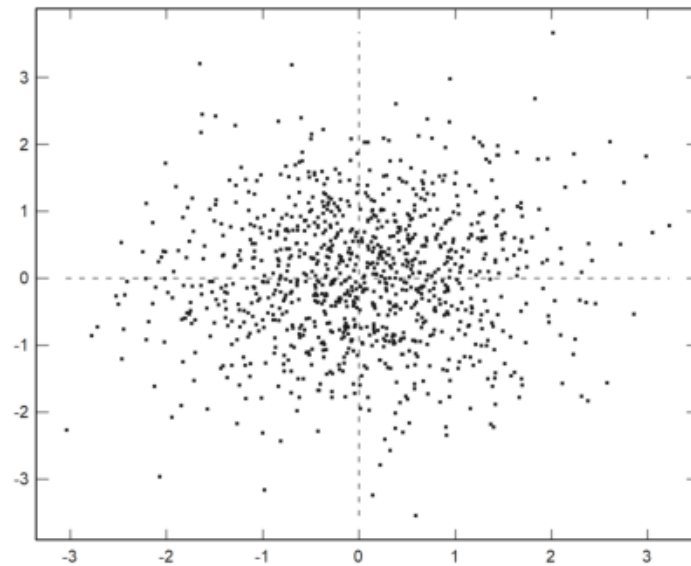
```
>k=0:10;
>plot2d(k,bin(10,k),>bar):
```

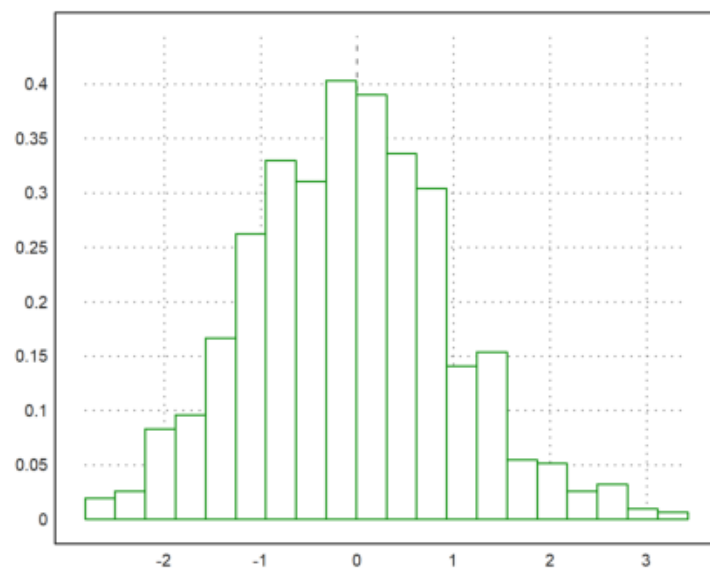
```
>plot2d(k,bin(10,k)); plot2d(k,bin(10,k),>points,>add):
```



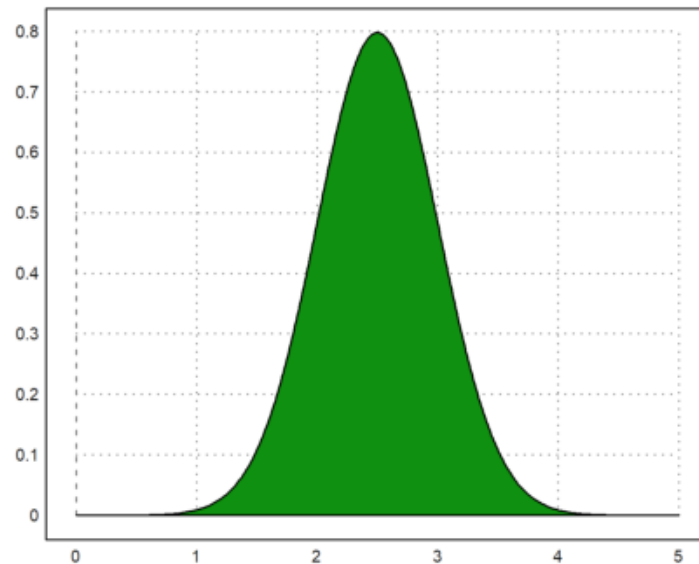
```
>plot2d(normal(1000),normal(1000),>points,grid=6,style=".."):
```



```
>plot2d(normal(1,1000),>distribution,style="O"):
```

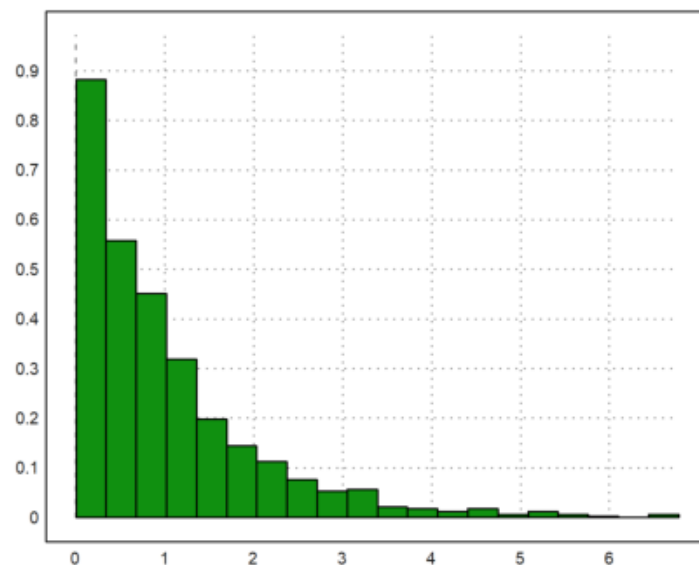


```
>plot2d("qnormal",0,5;2.5,0.5,>filled):
```



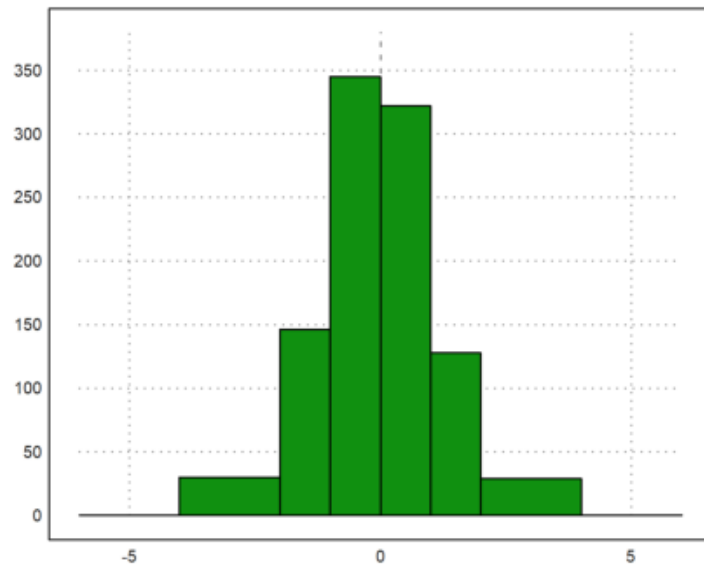
Untuk memplot distribusi statistik eksperimental, Anda dapat menggunakan `distribution=n` dengan `plot2d`.

```
>w=randexponential(1,1000); // distribusi eksponensial
>plot2d(w,>distribution): // atau distribution=n dengan interval n
```



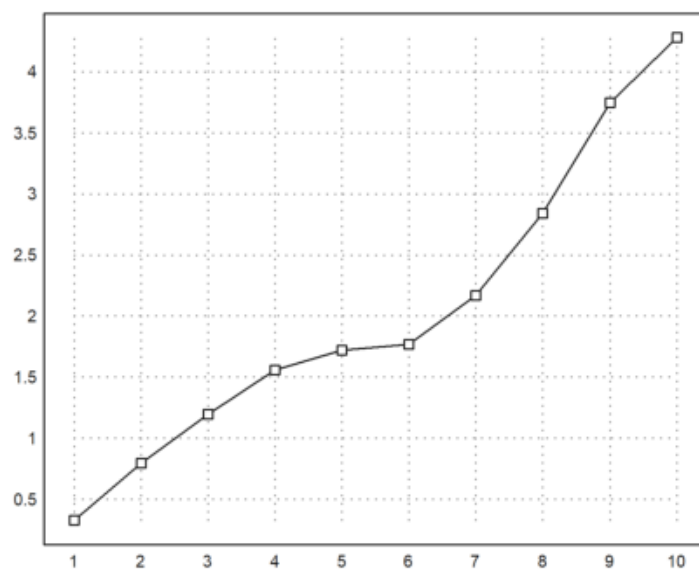
Atau Anda dapat menghitung distribusi dari data dan memplot hasilnya dengan `>bar` di `plot3d`, atau dengan `plot kolom`.

```
>w=normal(1000); // 0-1-normal distribution
>{x,y}=histo(w,10,v=[-6,-4,-2,-1,0,1,2,4,6]); // batas interval v
>plot2d(x,y,>bar):
```

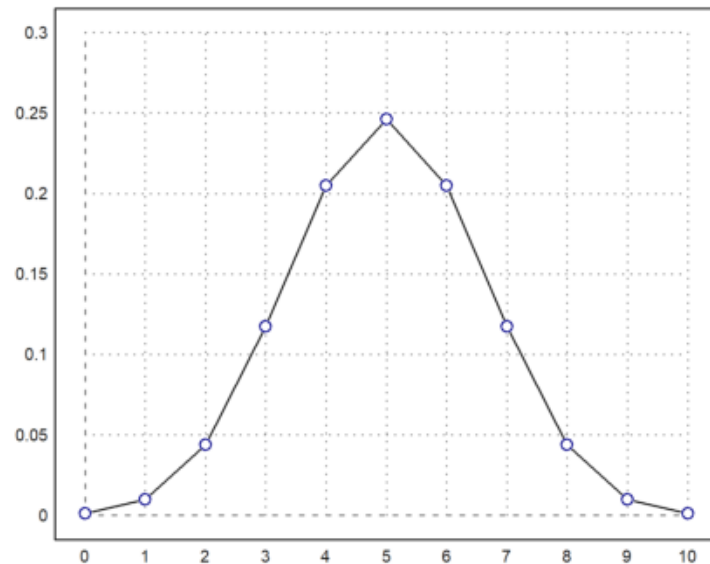


Fungsi `statplot()` mengatur gaya dengan string sederhana.

```
>statplot(1:10,cumsum(random(10)),"b") :
```



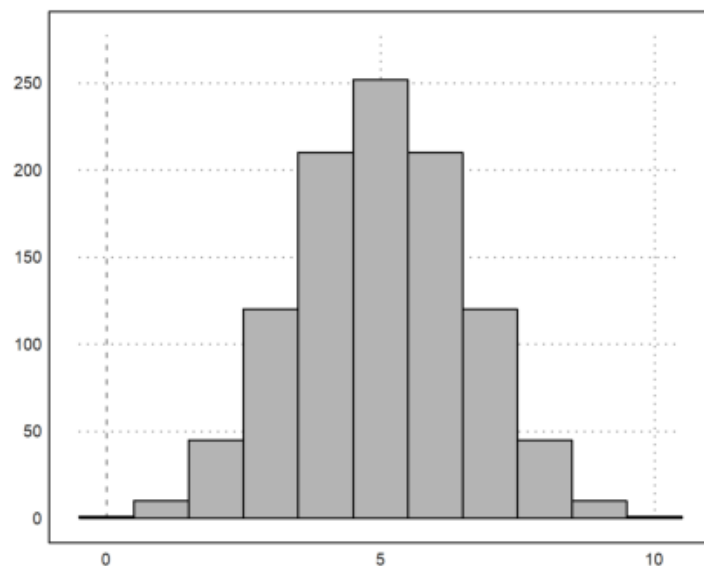
```
>n=10; i=0:n; ...
>plot2d(i,bin(n,i)/2^n,a=0,b=10,c=0,d=0.3); ...
>plot2d(i,bin(n,i)/2^n,points=true,style="ow",add=true,color=blue) :
```



Selain itu, data dapat diplot sebagai batang. Dalam hal ini, x harus diurutkan dan satu elemen lebih panjang dari y. Batangnya akan memanjang dari $x[i]$ hingga $x[i+1]$ dengan nilai $y[i]$. Jika x berukuran sama dengan y, maka x akan diperpanjang satu elemen dengan spasi terakhir.

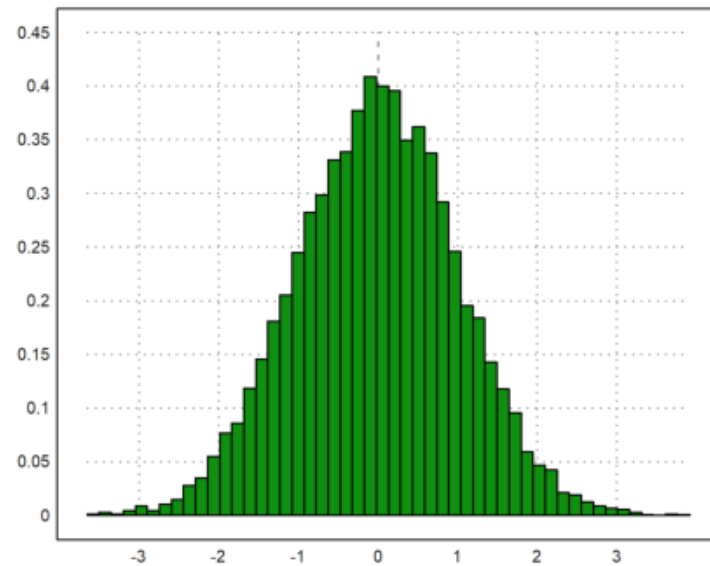
Gaya isian dapat digunakan seperti di atas.

```
>n=10; k=bin(n,0:n); ...
>plot2d(-0.5:n+0.5,k,bar=true,fillcolor=lightgray):
```

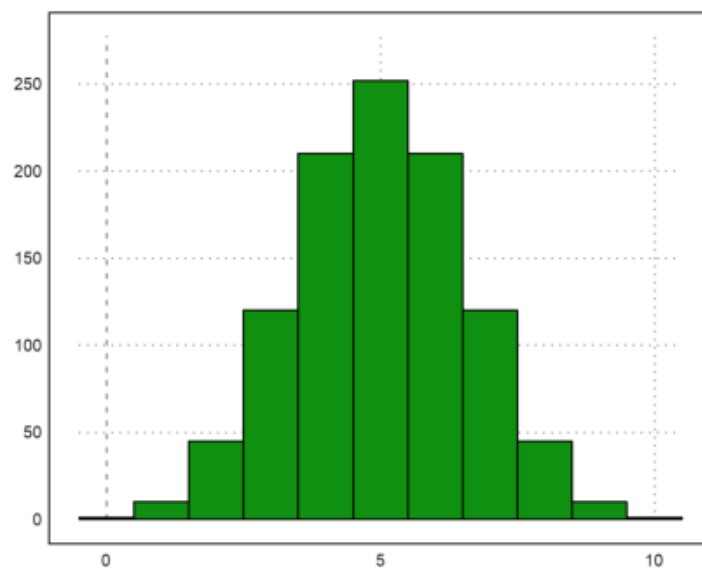


Data untuk plot batang (`bar=1`) dan histogram (`histogram=1`) dapat diberikan secara eksplisit dalam `xv` dan `yv`, atau dapat dihitung dari distribusi empiris dalam `xv` dengan `>distribution` (atau `distribution=n`). Histogram nilai `xv` akan dihitung secara otomatis dengan `>histogram`. Jika `>even` ditentukan, nilai `xv` akan dihitung dalam interval bilangan bulat.

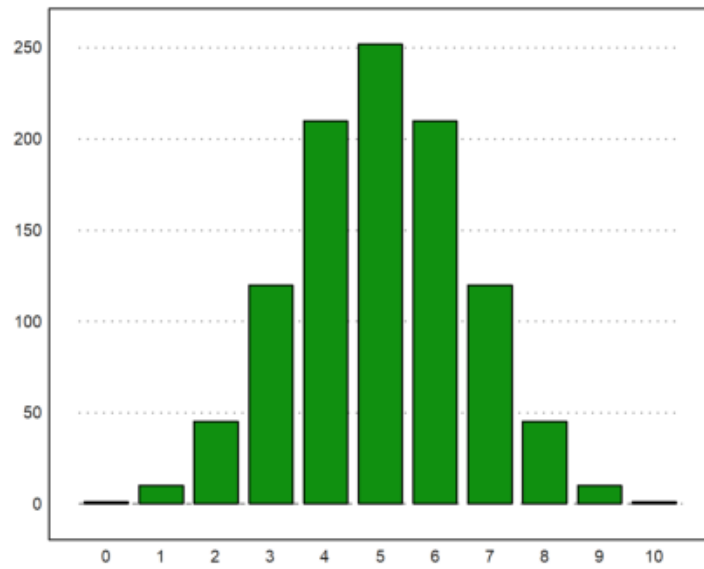
```
>plot2d(normal(10000),distribution=50):
```



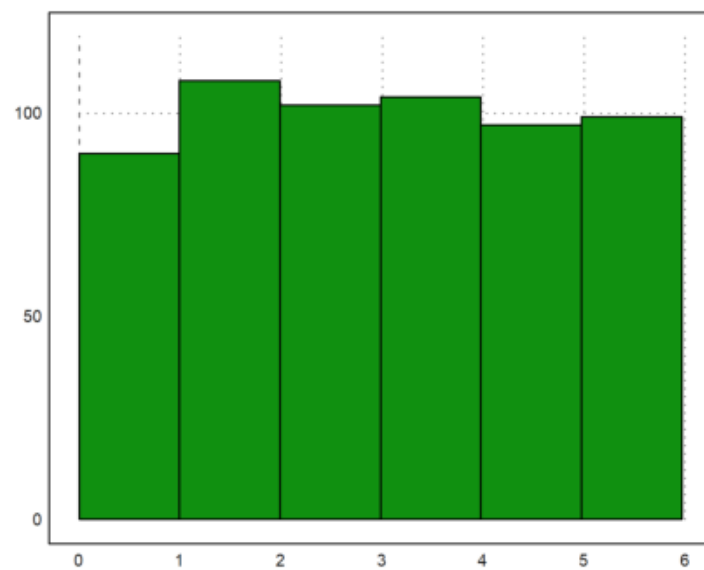
```
>k=0:10; m=bin(10,k); x=(0:11)-0.5; plot2d(x,m,>bar):
```



```
>columnsplo t(m,k):
```

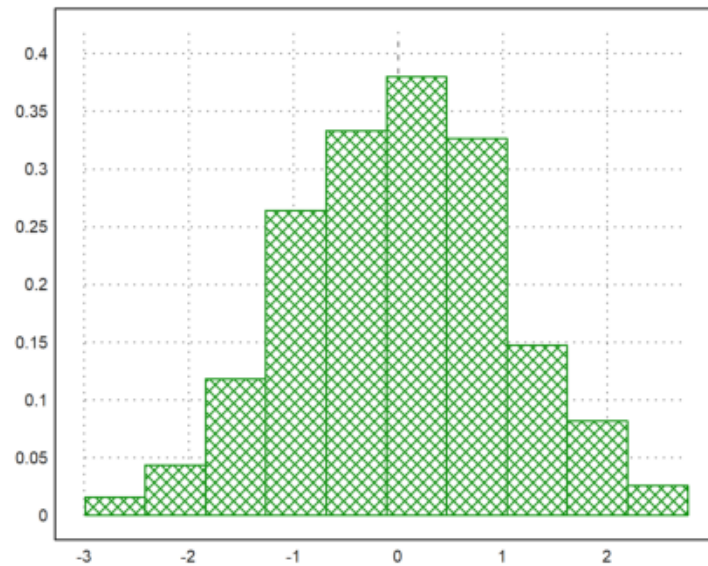


```
>plot2d(random(600)*6,histogram=6):
```



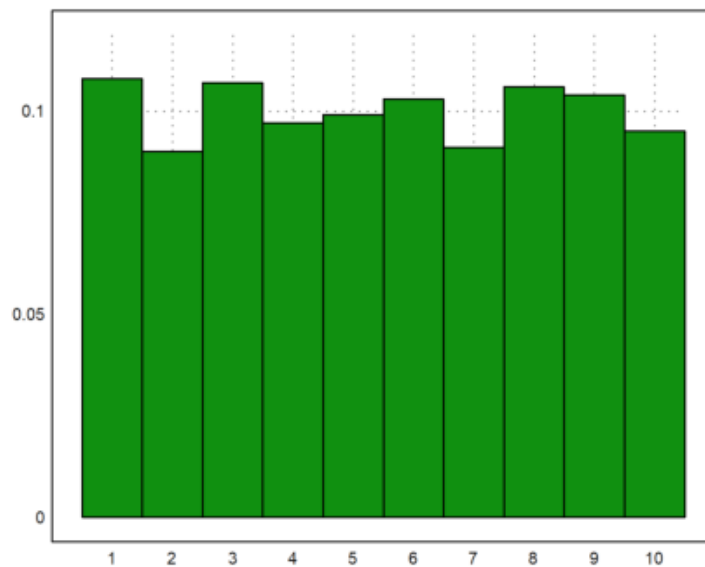
Untuk distribusi, terdapat parameter `distribution=n`, yang menghitung nilai secara otomatis dan mencetak distribusi relatif dengan `n` sub-interval.

```
>plot2d(normal(1,1000),distribution=10,style="\/"):
```



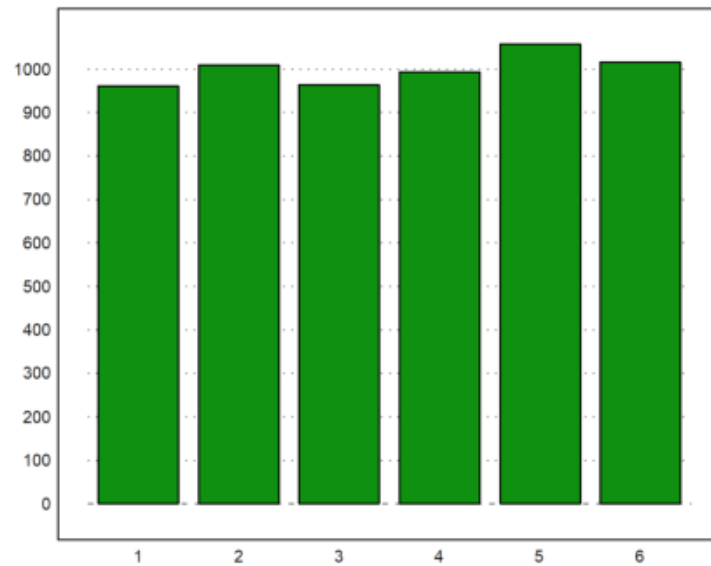
Dengan parameter `even=true`, ini akan menggunakan interval bilangan bulat.

```
>plot2d(inrandom(1,1000,10),distribution=10,even=true):
```

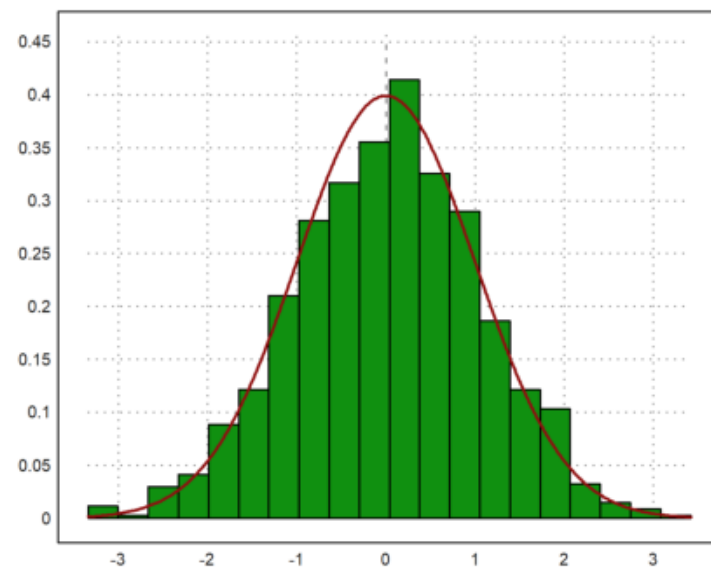


Perhatikan bahwa ada banyak plot statistik yang mungkin berguna. Silahkan lihat tutorial tentang statistik.

```
>columnplot(getmultiplicities(1:6,inrandom(1,6000,6))):
```

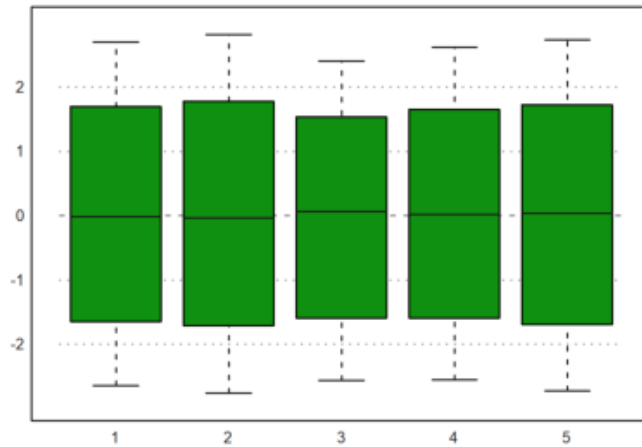



```
>plot2d(normal(1,1000),>distribution); ...
> plot2d("qnormal(x)",color=red,thickness=2,>add):
```



Ada juga banyak plot khusus untuk statistik. Plot kotak menunjukkan kuartil distribusi ini dan banyak outlier. Menurut definisinya, outlier dalam plot kotak adalah data yang melebihi 1,5 kali rentang 50% tengah plot.

```
>M=normal(5,1000); boxplot(quartiles(M)):
```



Contoh Penyelesaian Masalah

Soal 1

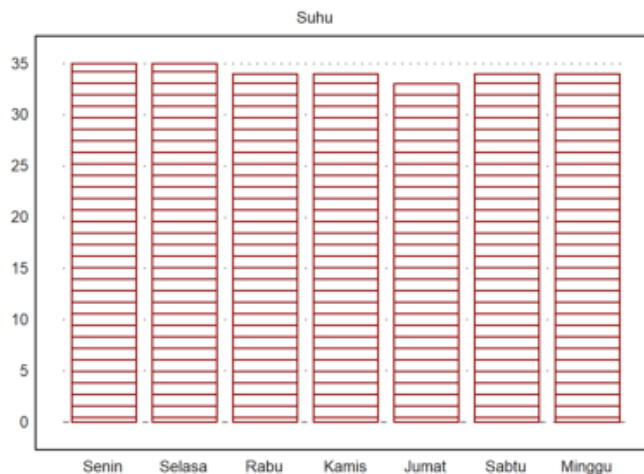
Buatlah plot dari data berikut:

Suhu dalam Seminggu di DIY

Senin 35°, Selasa 35°, Rabu 34°, Kamis 34°, Jumat 33°, Sabtu 34°, Minggu 34°

Penyelesaian :

```
>hari=["Senin","Selasa","Rabu","Kamis","Jumat","Sabtu","Minggu"]; ...
>values=[35,35,34,34,33,34,34]; ...
>columnsplot(values,lab=hari,color=red,style="-"); ...
>title("Suhu"):
```



Fungsi Implisit

Plot implisit menunjukkan penyelesaian garis level $f(x,y)=\text{level}$, dengan "level" dapat berupa nilai tunggal atau vektor nilai. Jika level = "auto", akan ada garis level nc, yang akan tersebar antara fungsi minimum dan maksimum secara merata. Warna yang lebih gelap atau lebih terang dapat ditambahkan dengan >hue untuk menunjukkan nilai fungsi. Untuk fungsi implisit, xv harus berupa fungsi atau ekspresi parameter x dan y, atau alternatifnya, xv dapat berupa matriks nilai.

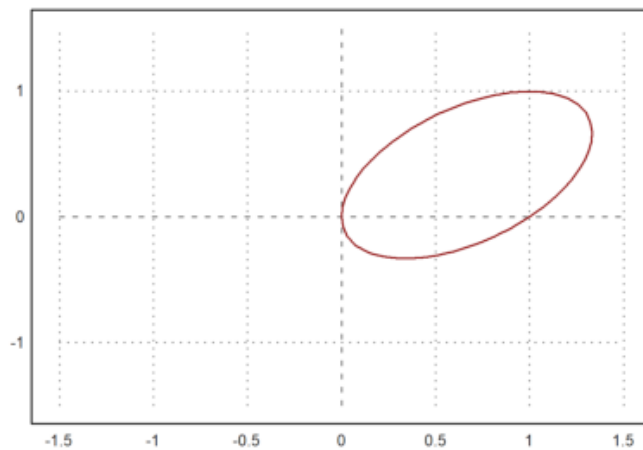
Euler dapat menandai garis level

$$f(x,y) = c$$

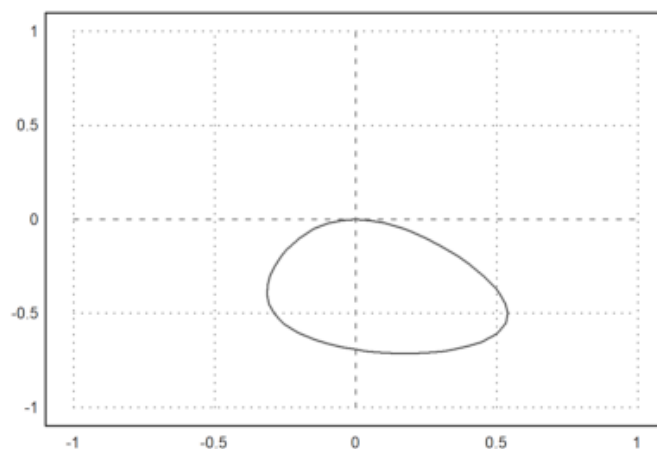
dari fungsi apa pun.

Untuk menggambar himpunan $f(x,y)=c$ untuk satu atau lebih konstanta c , Anda dapat menggunakan `plot2d()` dengan plot implisitnya pada bidang. Parameter c adalah `level=c`, dimana c dapat berupa vektor garis level. Selain itu, skema warna dapat digambar di latar belakang untuk menunjukkan nilai fungsi setiap titik dalam plot. Parameter " n " menentukan kehalusan plot.

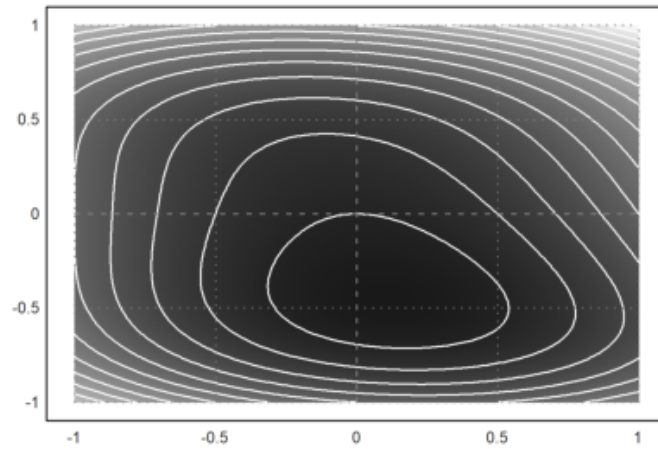
```
>aspect(1.5);  
>plot2d("x^2+y^2-x*y-x",r=1.5,level=0,contourcolor=red):
```



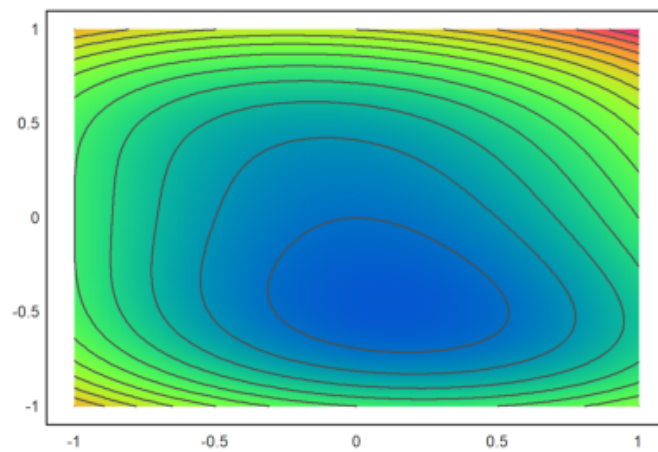
```
>expr := "2*x^2+x*y+3*y^4+y"; // mendefinisikan sebuah ekspresi f(x,y)  
>plot2d(expr,level=0): // Solusi dari f(x,y)=0
```



```
>plot2d(expr,level=0:0.5:20,>hue,contourcolor=white,n=200): // nice
```

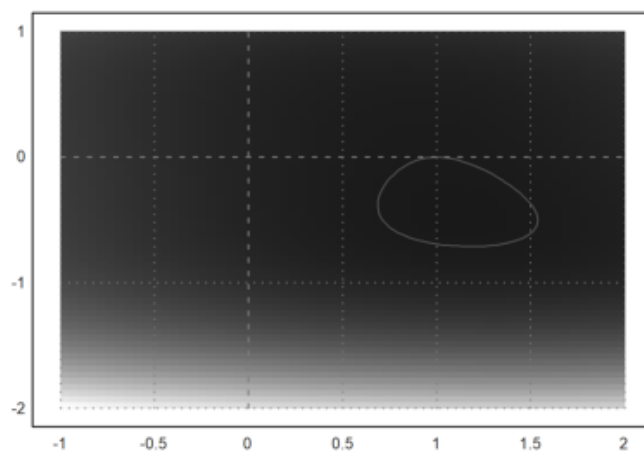


```
>plot2d(expr, level=0:0.5:20, >hue, >spectral, n=200, grid=4): // nicer
```

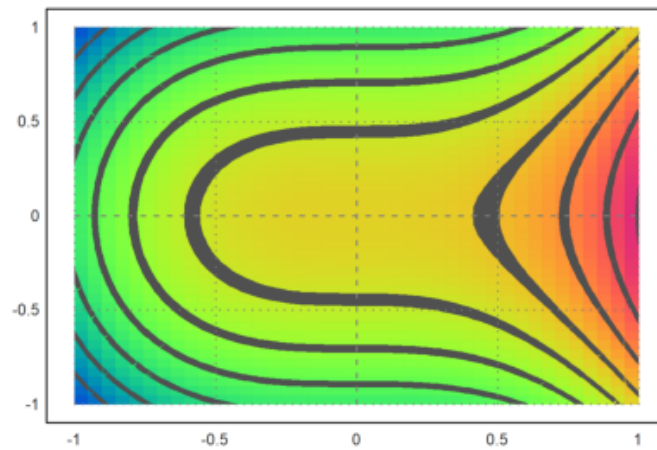


Ini juga berfungsi untuk plot data. Namun Anda harus menentukan rentang untuk label sumbu.

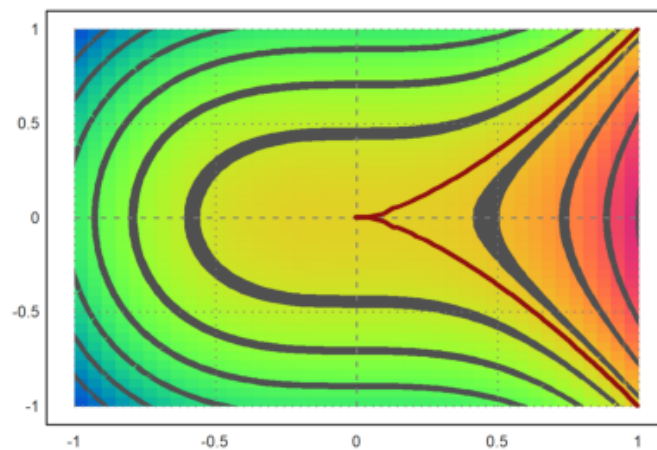
```
>x=-2:0.05:1; y=x'; z=expr(x,y);  
>plot2d(z, level=0, a=-1, b=2, c=-2, d=1, >hue):
```



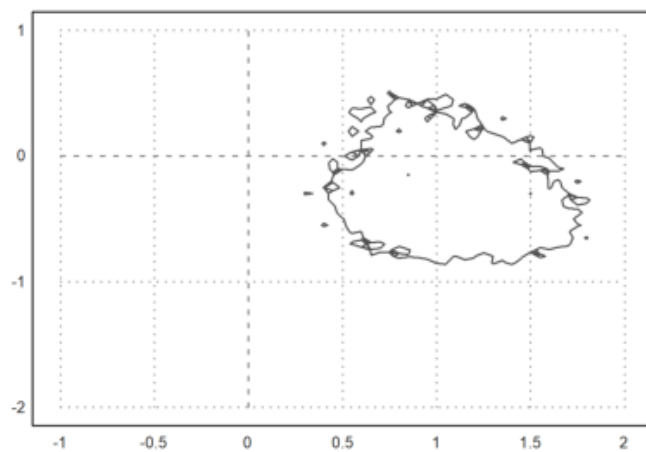
```
>plot2d("x^3-y^2",>contour,>hue,>spectral):
```



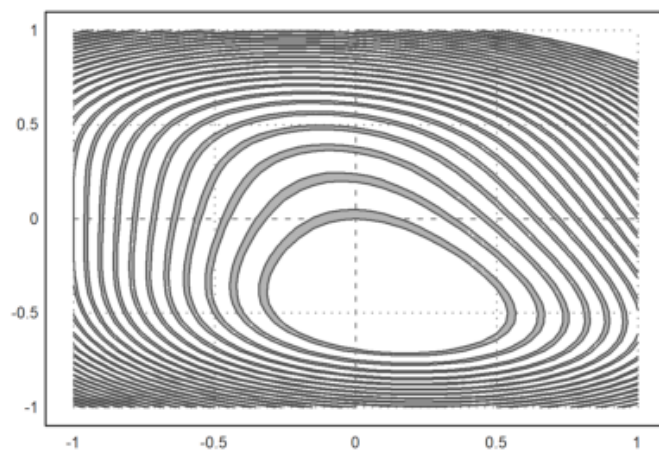
```
>plot2d("x^3-y^2",level=0,contourwidth=3,>add,contourcolor=red):
```



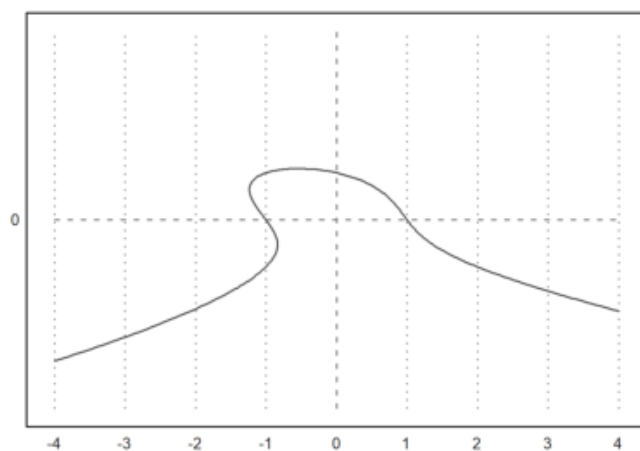
```
>z=z+normal(size(z))*0.2;
>plot2d(z,level=0.5,a=-1,b=2,c=-2,d=1):
```



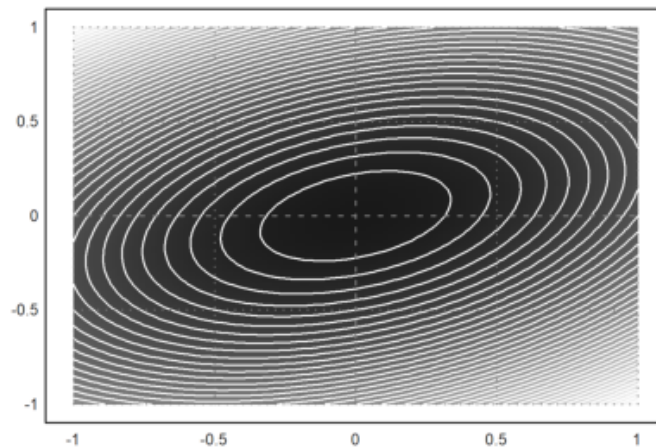
```
>plot2d(expr,level=[0:0.2:5;0.05:0.2:5.05],color=lightgray):
```



```
>plot2d("x^2+y^3+x*y",level=1,r=4,n=100):
```



```
>plot2d("x^2+2*y^2-x*y", level=0:0.1:10, n=100, contourcolor=white, >hue):
```



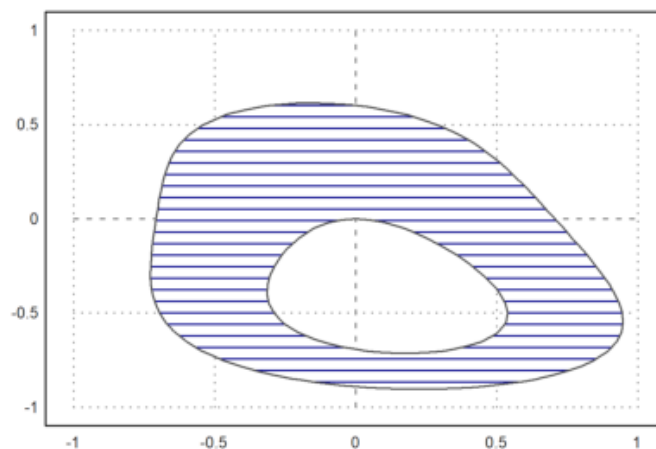
Dimungkinkan juga untuk mengisi set

$$a \leq f(x, y) \leq b$$

dengan rentang level.

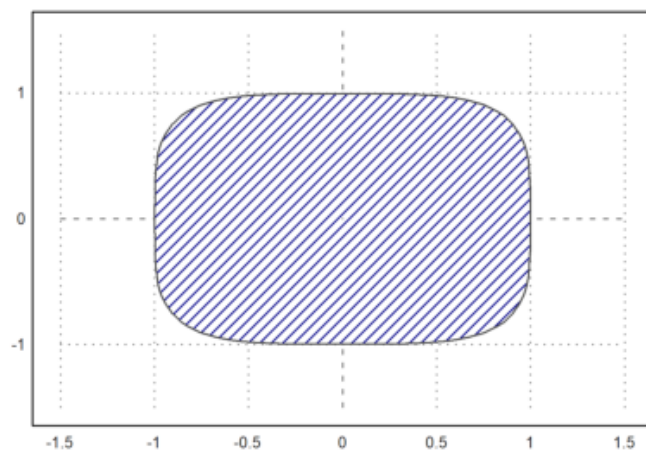
Dimungkinkan untuk mengisi wilayah nilai untuk fungsi tertentu. Untuk ini, level harus berupa matriks 2xn. Baris pertama adalah batas bawah dan baris kedua berisi batas atas.

```
>plot2d(expr, level=[0;1], style="-", color=blue): // 0 <= f(x,y) <= 1
```

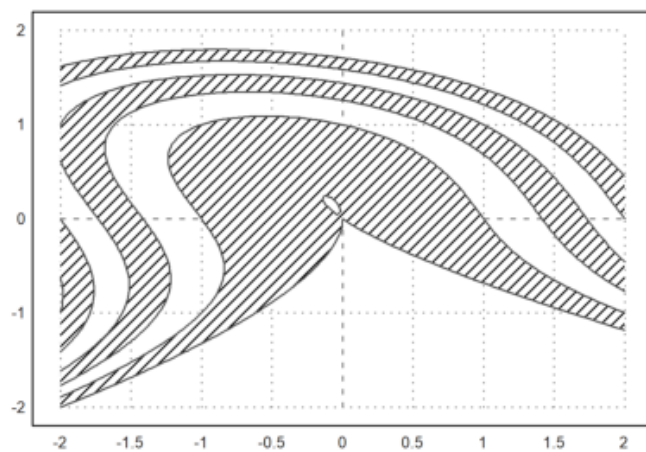


Plot implisit juga dapat menunjukkan rentang level. Maka level harus berupa matriks interval level 2xn, di mana baris pertama berisi awal dan baris kedua berisi akhir setiap interval. Alternatifnya, vektor baris sederhana dapat digunakan untuk level, dan parameter dl memperluas nilai level ke interval.

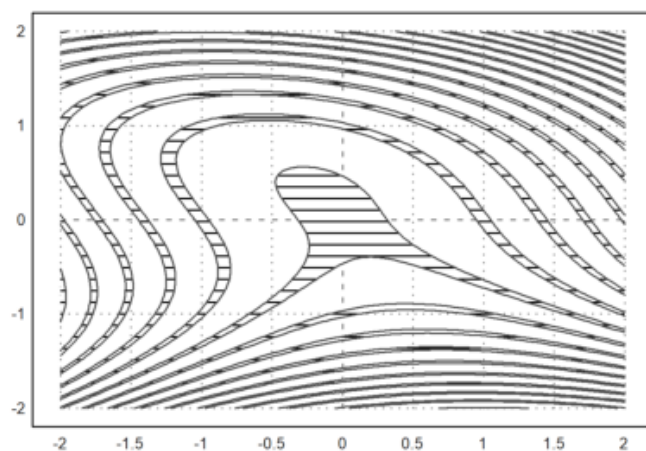
```
>plot2d("x^4+y^4", r=1.5, level=[0;1], color=blue, style="/"): 
```



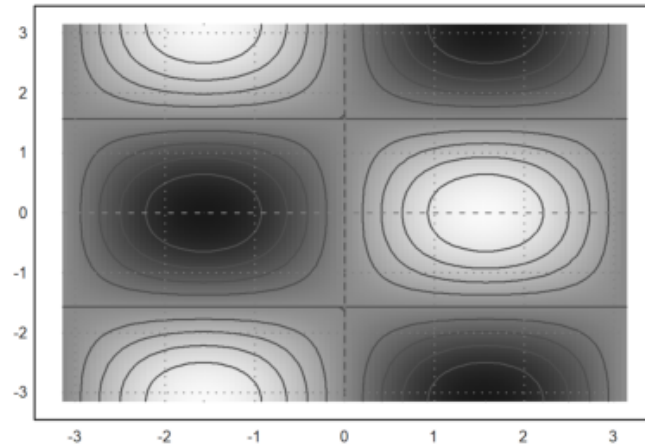
```
>plot2d("x^2+y^3+x*y",level=[0,2,4;1,3,5],style="/",r=2,n=100):
```



```
>plot2d("x^2+y^3+x*y",level=-10:20,r=2,style="-",dl=0.1,n=100):
```




```
>plot2d("sin(x)*cos(y)",r=pi,>hue,>levels,n=100):
```

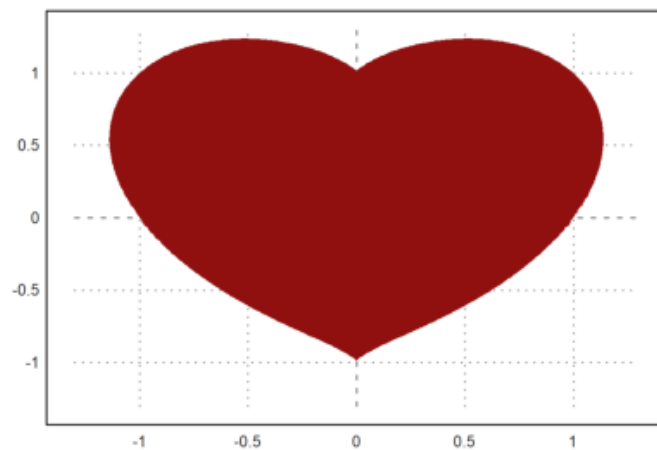


Dimungkinkan juga untuk menandai suatu wilayah

$$a \leq f(x,y) \leq b.$$

Hal ini dilakukan dengan menambahkan level dengan dua baris.

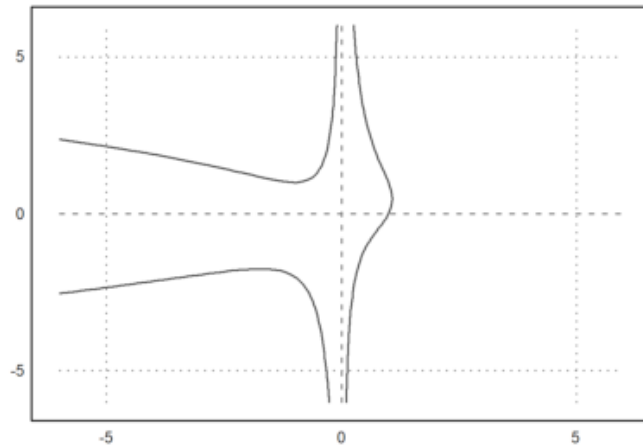
```
>plot2d("(x^2+y^2-1)^3-x^2*y^3",r=1.3, ...
> style="#",color=red,<outline, ...
> level=[-2;0],n=100):
```



Dimungkinkan untuk menentukan level tertentu. Misalnya, kita dapat memplot solusi persamaan seperti

$$x^3 - xy + x^2y^2 = 6$$

```
>plot2d("x^3-x*y+x^2*y^2",r=6,level=1,n=100):
```



```
>function starplot1 (v, style="/", color=green, lab=none) ...
```

```

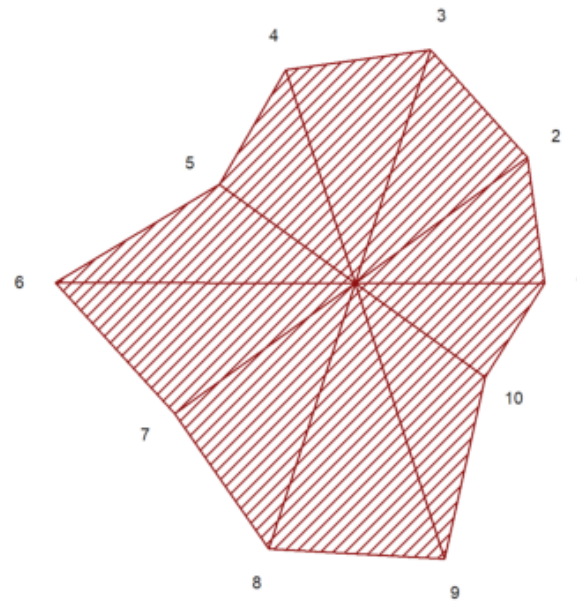
if !holding() then clg; endif;
w=window(); window(0,0,1024,1024);
h=holding(1);
r=max(abs(v))*1.2;
setplot(-r,r,-r,r);
n=cols(v); t=linspace(0,2pi,n);
v=v|v[1]; c=v*cos(t); s=v*sin(t);
cl=barcolor(color); st=barstyle(style);
loop 1 to n
  polygon([0,c[#],c[#+1]], [0,s[#],s[#+1]],1);
  if lab!=none then
    rlab=v[#]+r*0.1;
    {col,row}=toscreen(cos(t[#])*rlab, sin(t[#])*rlab);
    ctext(""+lab[#],col,row-textheight()/2);
  endif;
end;
barcolor(cl); barstyle(st);
holding(h);
window(w);
endfunction

```

Tidak ada tanda centang kotak atau sumbu di sini. Selain itu, kami menggunakan jendela penuh untuk plot-nya.

Kami memanggil reset sebelum kami menguji plot ini untuk mengembalikan default grafis. Ini tidak perlu dilakukan jika Anda yakin plot Anda berhasil.

```
>reset; starplot1(normal(1,10)+5,color=red,lab=1:10):
```



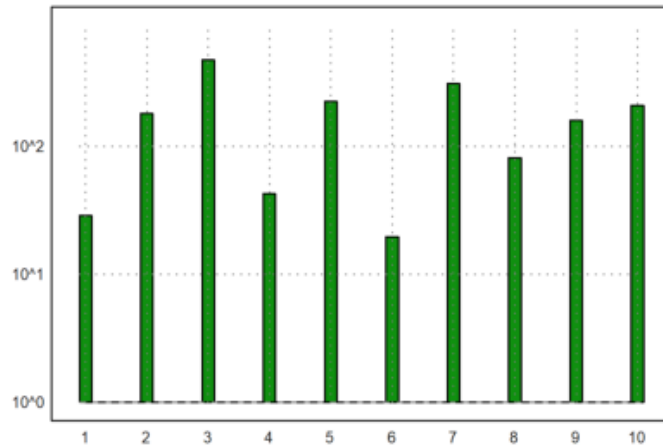
Terkadang, Anda mungkin ingin merencanakan sesuatu yang `plot2d` tidak bisa lakukan, tapi hampir. Dalam fungsi berikut, kita membuat plot impuls logaritmik. `plot2d` dapat melakukan plot logaritmik, tetapi tidak untuk batang impuls.

```
>function logimpulseplot1 (x,y) ...

    {x0,y0}=makeimpulse(x,log(y)/log(10));
    plot2d(x0,y0,>bar,grid=0);
    h=holding(1);
    frame();
    xgrid(ticks(x));
    p=plot();
    for i=-10 to 10;
        if i<=p[4] and i>=p[3] then
            ygrid(i,yt="10^"+i);
        endif;
    end;
    holding(h);
endfunction
```

Mari kita uji dengan nilai yang terdistribusi secara eksponensial.

```
>aspect(1.5); x=1:10; y=-log(random(size(x)))*200; ...
>logimpulseplot1(x,y):
```



Mari kita menganimasikan kurva 2D menggunakan plot langsung. Perintah `plot(x,y)` hanya memplot kurva ke dalam jendela plot. `setplot(a,b,c,d)` menyetel jendela ini.

Fungsi `wait(0)` memaksa plot muncul di jendela grafis. Jika tidak, pengundian ulang akan dilakukan dalam interval waktu yang jarang.

```
>function animliss (n,m) ...

t=linspace(0,2pi,500);
f=0;
c=framecolor(0);
l=linewidth(2);
setplot(-1,1,-1,1);
repeat
    clg;
    plot(sin(n*t),cos(m*t+f));
    wait(0);
    if testkey() then break; endif;
    f=f+0.02;
end;
framecolor(c);
linewidth(l);
endfunction
```

Tekan tombol apa saja untuk menghentikan animasi ini.

```
>animliss(2,3); // lihat hasilnya, jika sudah puas, tekan ENTER
```

```
User interrupted!
plot:
    global defaultclipping;
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
animliss:
    plot(sin(n*t),cos(m*t+f));
```

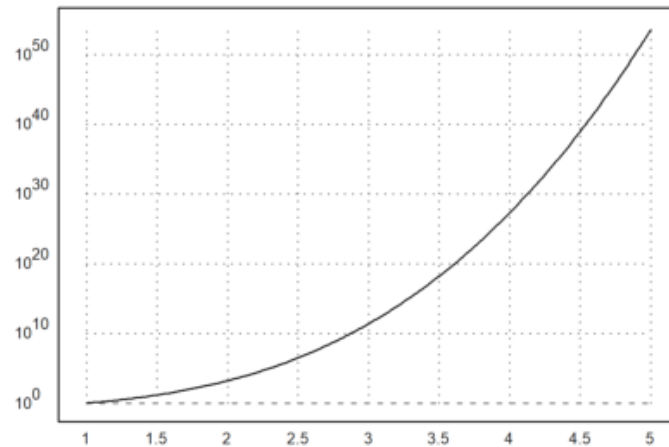
Plot Logaritmik

EMT menggunakan parameter "logplot" untuk skala logaritmik.

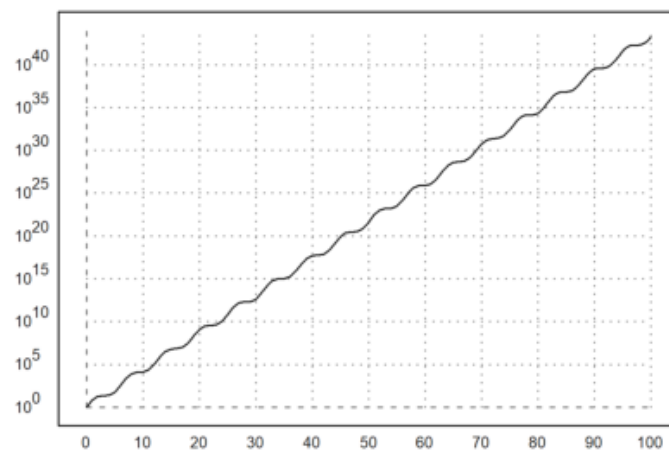
Plot logaritma dapat diplot menggunakan skala logaritma di y dengan `logplot=1`, atau menggunakan skala logaritma di x dan y dengan `logplot=2`, atau di x dengan `logplot=3`.

- logplot=1: y-logaritma
- logplot=2: x-y-logaritma
- logplot=3: x-logaritma

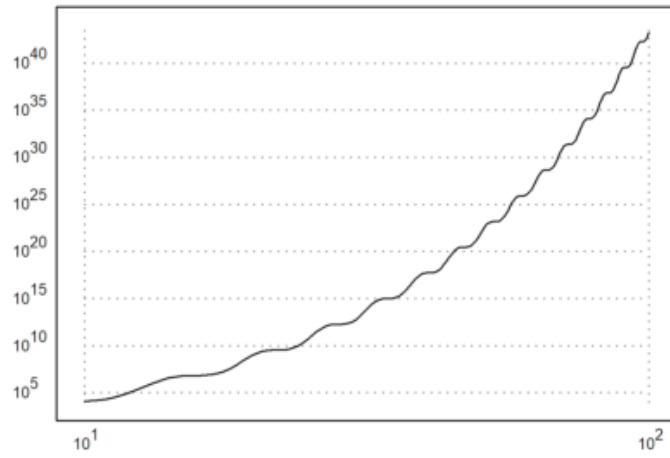
```
>plot2d("exp(x^3-x)*x^2",1,5,logplot=1):
```



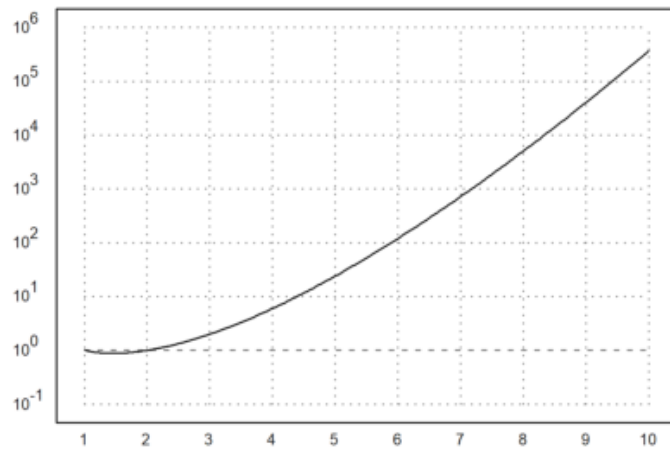
```
>plot2d("exp(x+sin(x))",0,100,logplot=1):
```



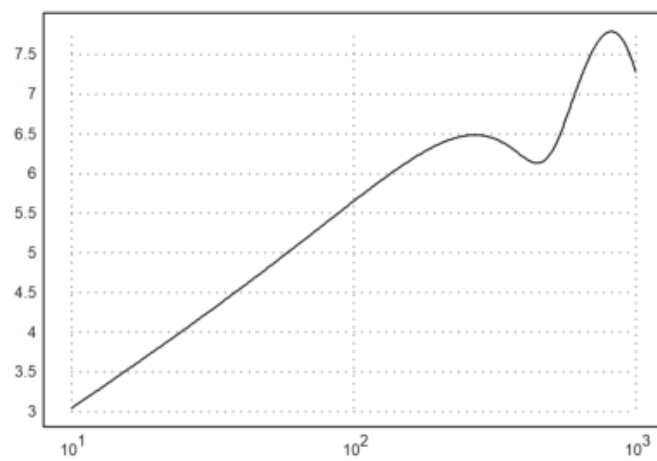
```
>plot2d("exp(x+sin(x))",10,100,logplot=2):
```



```
>plot2d("gamma(x)",1,10,logplot=1):
```

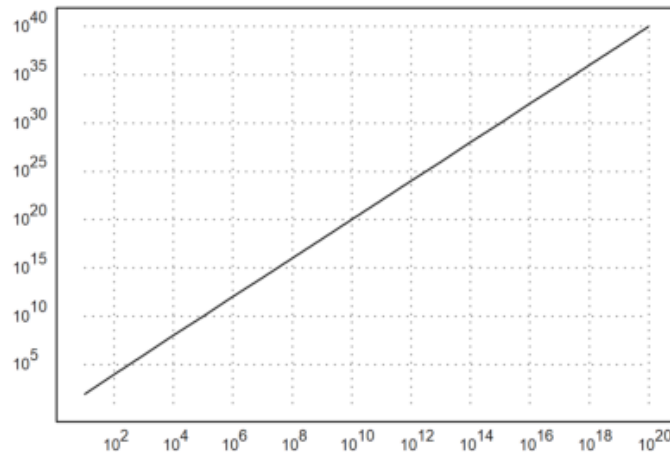


```
>plot2d("log(x*(2+sin(x/100)))",10,1000,logplot=3):
```



Ini juga berfungsi dengan plot data.

```
>x=10^(1:20); y=x^2-x;  
>plot2d(x,y,logplot=2) :
```



Rujukan Lengkap Fungsi plot2d()

```
function plot2d (xv, yv, btest, a, b, c, d, xmin, xmax, r, n, ..  
logplot, grid, frame, framecolor, square, color, thickness, style, ..  
auto, add, user, delta, points, addpoints, pointstyle, bar, histogram, ..  
distribution, even, steps, own, adaptive, hue, level, contour, ..  
nc, filled, fillcolor, outline, title, xl, yl, maps, contourcolor, ..  
contourwidth, ticks, margin, clipping, cx, cy, insimg, spectral, ..  
cgrid, vertical, smaller, dl, niveau, levels)
```

Multipurpose plot function for plots in the plane (2D plots). This function can do plots of functions of one variables, data plots, curves in the plane, bar plots, grids of complex numbers, and implicit plots of functions of two variables.

Parameters

x,y : equations, functions or data vectors

a,b,c,d : Plot area (default a=-2,b=2)

r : if r is set, then a=cx-r, b=cx+r, c=cy-r, d=cy+r

r can be a vector [rx,ry] or a vector [rx1,rx2,ry1,ry2].

xmin,xmax : range of the parameter for curves

auto : Determine y-range automatically (default)

square : if true, try to keep square x-y-ranges

n : number of intervals (default is adaptive)

grid : 0 = no grid and labels,

```
1 = axis only,  
2 = normal grid (see below for the number of grid lines)  
3 = inside axis  
4 = no grid
```

```

5 = full grid including margin
6 = ticks at the frame
7 = axis only
8 = axis only, sub-ticks

```

frame : 0 = no frame

framecolor: color of the frame and the grid

margin : number between 0 and 0.4 for the margin around the plot

color : Color of curves. If this is a vector of colors,

```

it will be used for each row of a matrix of plots. In the case of
point plots, it should be a column vector. If a row vector or a
full matrix of colors is used for point plots, it will be used for
each data point.

```

thickness : line thickness for curves

```

This value can be smaller than 1 for very thin lines.

```

style : Plot style for lines, markers, and fills.

```

For points use
"[]", "<>", ".", "..", "...",
"*", "+", "|", "-", "o"
"[]#", "<>#", "o#" (filled shapes)
"[]w", "<>w", "ow" (non-transparent)
For lines use
"-", "--", "-.", ".", ".-", "-.-", "->"
For filled polygons or bar plots use
"#", "#O", "O", "/", "\", "\/",
"+", "|", "-", "t"

```

points : plot single points instead of line segments

addpoints : if true, plots line segments and points

add : add the plot to the existing plot

user : enable user interaction for functions

delta : step size for user interaction

bar : bar plot (x are the interval bounds, y the interval values)

histogram : plots the frequencies of x in n subintervals

distribution=n : plots the distribution of x with n subintervals

even : use inter values for automatic histograms.

steps : plots the function as a step function (steps=1,2)

adaptive : use adaptive plots (n is the minimal number of steps)

level : plot level lines of an implicit function of two variables

outline : draws boundary of level ranges.

If the level value is a 2xn matrix, ranges of levels will be drawn

in the color using the given fill style. If outline is true, it

will be drawn in the contour color. Using this feature, regions of
f(x,y) between limits can be marked.

hue : add hue color to the level plot to indicate the function

```

value

```


contour : Use level plot with automatic levels
nc : number of automatic level lines
title : plot title (default "")
xl, yl : labels for the x- and y-axis
smaller : if >0, there will be more space to the left for labels.
vertical :

Turns vertical labels on or off. This changes the global variable `verticallabels` locally for one plot. The value 1 sets only vertical text, the value 2 uses vertical numerical labels on the y axis.

filled : fill the plot of a curve
fillcolor : fill color for bar and filled curves
outline : boundary for filled polygons
logplot : set logarithmic plots

```
1 = logplot in y,  
2 = logplot in xy,  
3 = logplot in x
```

own :

A string, which points to an own plot routine. With `>user`, you get the same user interaction as in `plot2d`. The range will be set before each call to your function.

maps : map expressions (0 is faster), functions are always mapped.
contourcolor : color of contour lines
contourwidth : width of contour lines
clipping : toggles the clipping (default is true)
title :

This can be used to describe the plot. The title will appear above the plot. Moreover, a label for the x and y axis can be added with `xl="string"` or `yl="string"`. Other labels can be added with the functions `label()` or `labelbox()`. The title can be a unicode string or an image of a Latex formula.

cgrid :

Determines the number of grid lines for plots of complex grids. Should be a divisor of the the matrix size minus 1 (number of subintervals). `cgrid` can be a vector `[cx,cy]`.

Overview

The function can plot

- expressions, call collections or functions of one variable,
- parametric curves,
- x data against y data,
- implicit functions,
- bar plots,
- complex grids,
- polygons.

If a function or expression for xv is given, `plot2d()` will compute values in the given range using the function or expression. The expression must be an expression in the variable x . The range must be defined in the parameters a and b unless the default range should be used. The y -range will be computed automatically, unless c and d are specified, or a radius r , which yields the range r, r for x and y . For plots of functions, `plot2d` will use an adaptive evaluation of the function by default. To speed up the plot for complicated functions, switch this off with `<adaptive`, and optionally decrease the number of intervals n . Moreover, `plot2d()` will by default use mapping. I.e., it will compute the plot element for element. If your expression or your functions can handle a vector x , you can switch that off with `<maps` for faster evaluation. Note that adaptive plots are always computed element for element. If functions or expressions for both xv and for yv are specified, `plot2d()` will compute a curve with the xv values as x -coordinates and the yv values as y -coordinates. In this case, a range should be defined for the parameter using `xmin`, `xmax`. Expressions contained in strings must always be expressions in the parameter variable x .