

## 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 beberapa fungsi dasar plot. Ada koordinat layar, yang selalu berkisar dari 0 hingga 1024 di setiap sumbu, tidak peduli apakah layarnya persegi atau tidak. Selain itu ada koordinat plot, yang dapat diatur dengan `setplot()`. Pemetaan antara koordinat bergantung pada jendela plot saat ini. Misalnya, `shrinkwindow()` default menyisakan ruang untuk label sumbu dan judul plot.

Dalam contoh ini, kita hanya menggambar beberapa garis acak dengan berbagai warna. Untuk detail tentang fungsi-fungsi ini, pelajari fungsi-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;
```

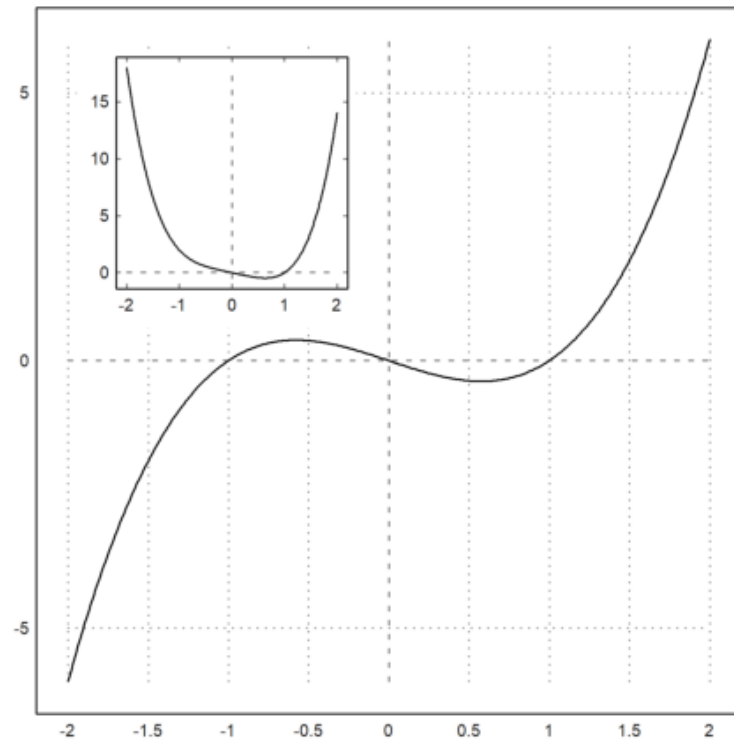
Perlu untuk menahan grafik, karena perintah `plot()` akan menghapus jendela plot.

Untuk menghapus semua yang telah kita lakukan, kita gunakan `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.

Untuk contoh lain, kita menggambar plot sebagai inset di plot lain. Ini dilakukan dengan menentukan jendela plot yang lebih kecil. Perhatikan bahwa jendela ini tidak menyediakan 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 saat kita memplot inset.

```
>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):
```



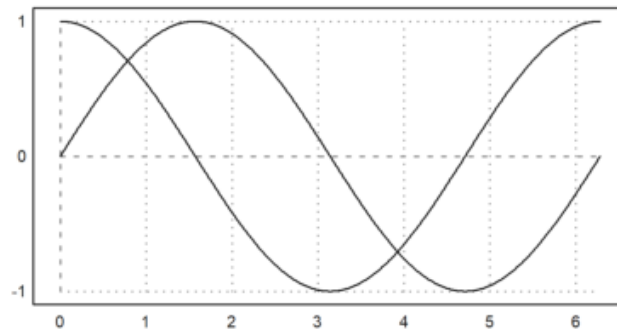
```
>hold off;  
>window(ow);
```

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

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

Namun, Anda juga dapat 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 pengaturan plot default termasuk rasio aspek.

## Plot 2D dalam 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 di Python menggunakan Math Plot Lib.

Euler dapat memplot plot 2D dari

- ekspresi
- fungsi, variabel, atau kurva berparameter,
- vektor nilai xy,
- titik-titik pada bidang,
- kurva implisit dengan level atau daerah level.
- Fungsi kompleks

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

## Plot Ekspresi atau Variabel

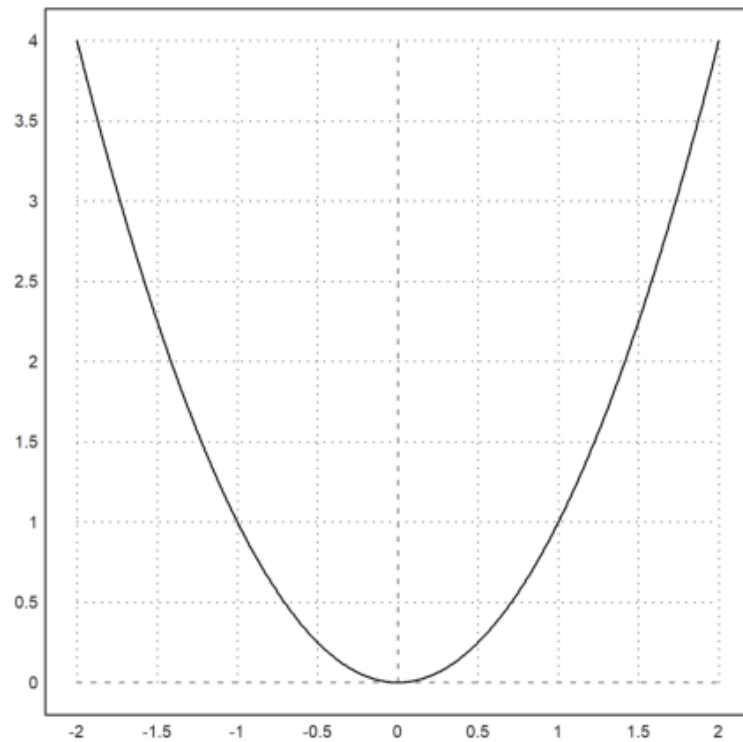
---

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

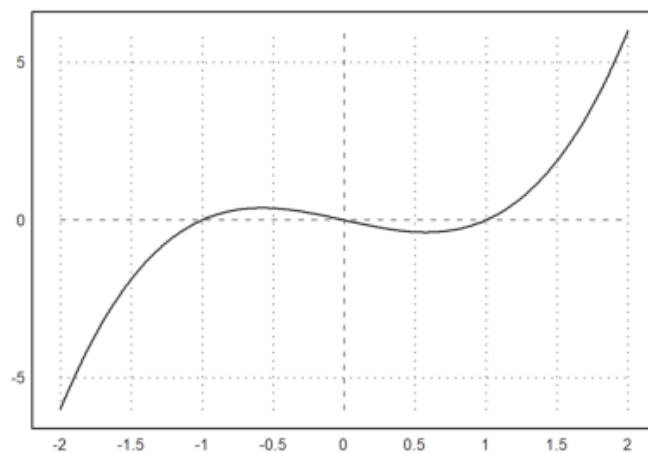
Berikut adalah contoh paling dasar, yang menggunakan rentang default dan menetapkan rentang y yang tepat agar sesuai dengan plot fungsi.

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.

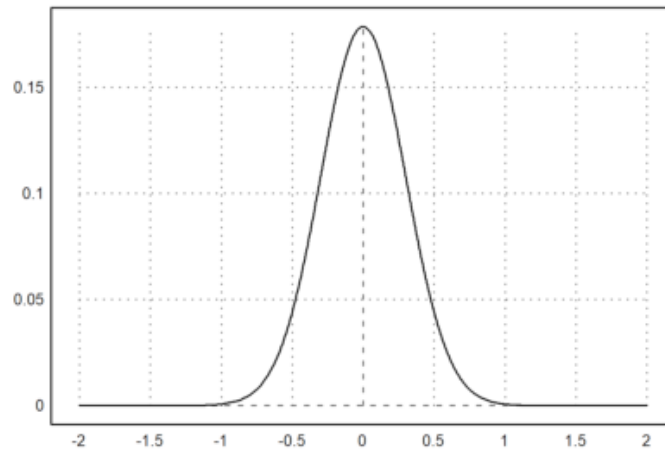
```
>plot2d("x^2") :
```



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



```
>a:=5.6; plot2d("exp(-a*x^2)/a"); insimg(30); // menampilkan gambar hasil plot setinggi 25
```

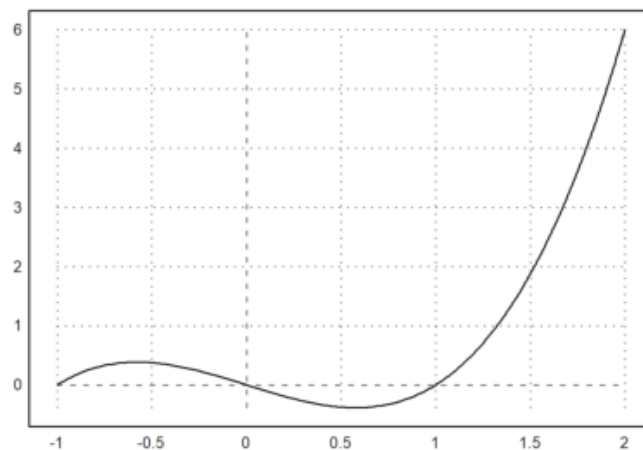


Dari beberapa contoh sebelumnya Anda dapat melihat bahwa aslinya gambar plot menggunakan sumbu X dengan rentang nilai dari -2 sampai dengan 2. Untuk mengubah rentang nilai X dan Y, Anda dapat menambahkan nilai-nilai batas X (dan Y) di belakang ekspresi yang digambar.

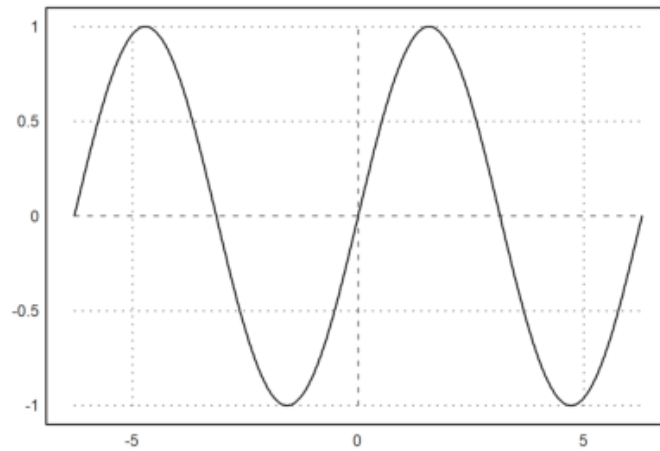
Rentang plot ditetapkan dengan parameter yang ditetapkan berikut

- 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)

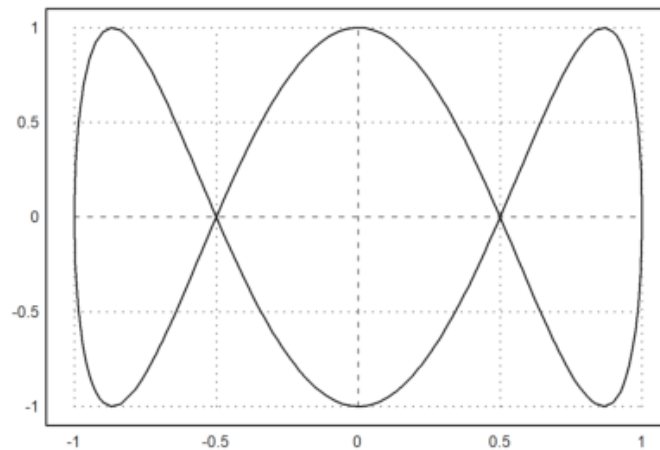
```
>plot2d("x^3-x",-1,2):
```



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



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



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

Dalam opsi, plot dapat diatur agar muncul

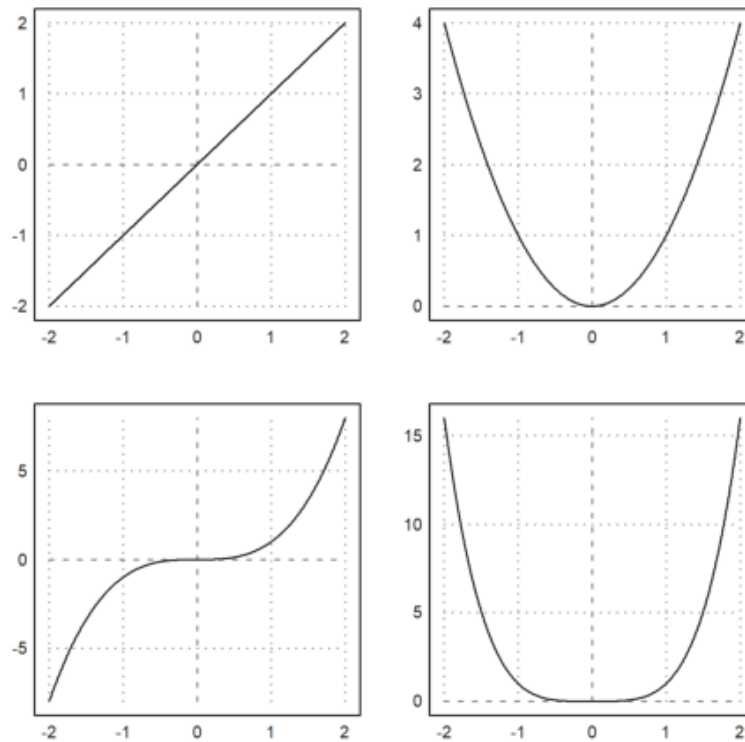
- di jendela terpisah yang dapat diubah ukurannya,
- di jendela catatan.

Lebih banyak gaya dapat dicapai dengan perintah plot yang spesifik.

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

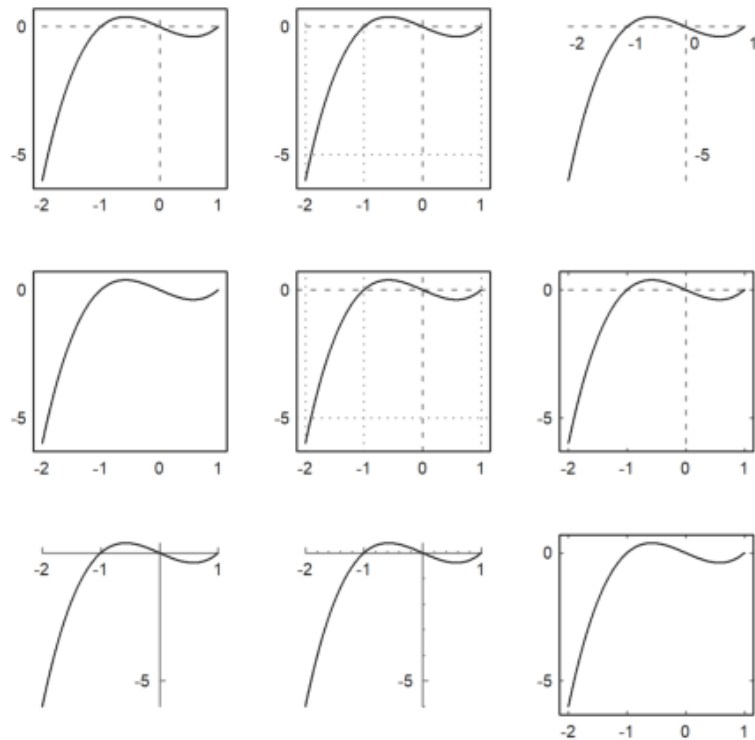
Untuk membagi jendela menjadi beberapa plot, gunakan perintah `figure()`. Dalam contoh ini, kita memplot  $x^1$  hingga  $x^4$  ke dalam 4 bagian jendela. `figure(0)` akan mengatur ulang jendela default.

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



Dalam `plot2d()`, tersedia gaya alternatif dengan `grid=x`. Sebagai gambaran umum, kami menampilkan berbagai gaya grid dalam satu gambar (lihat di bawah untuk perintah `figure()`). Gaya `grid=0` tidak disertakan. Gaya ini tidak menampilkan grid dan bingkai.

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

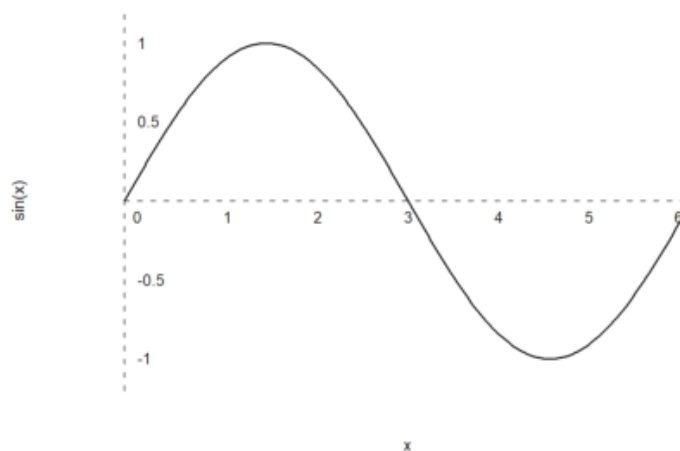


Jika argumen untuk `plot2d()` adalah ekspresi yang diikuti oleh empat angka, angka-angka ini adalah rentang  $x$  dan  $y$  untuk plot.

Sebagai alternatif,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  dapat ditetapkan sebagai parameter yang ditetapkan sebagai  $a=...$  dst.

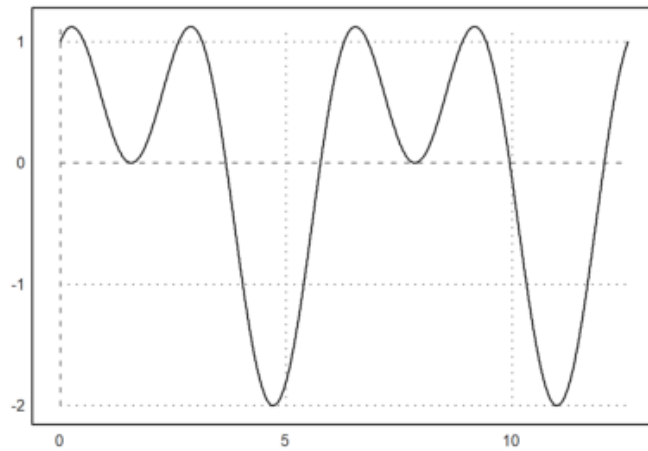
Dalam contoh berikut, kami mengubah gaya kisi, menambahkan label, dan menggunakan label vertikal untuk sumbu  $y$ .

```
>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) :
```



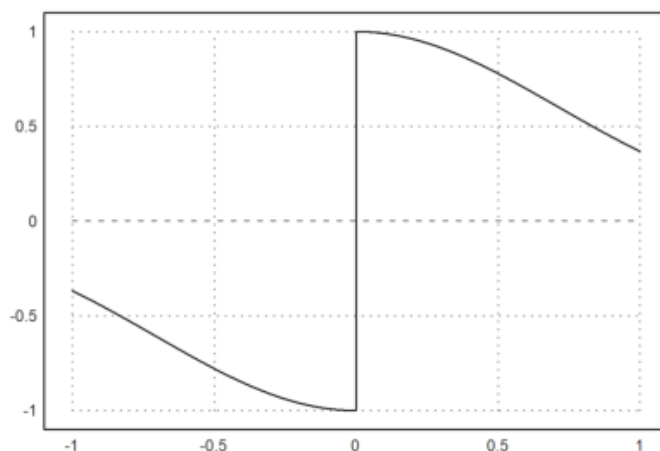


Gambar yang dihasilkan dengan memasukkan plot ke dalam jendela teks disimpan dalam direktori yang sama dengan buku catatan, secara default dalam subdirektori bernama "images". Gambar tersebut juga digunakan oleh ekspor HTML.

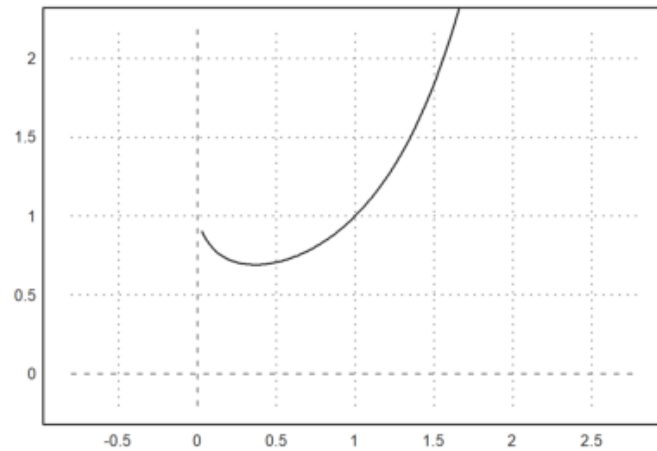
Anda cukup menandai gambar apa saja dan menyalinnya ke clipboard dengan Ctrl-C. Tentu saja, Anda juga dapat mengeksport grafik saat ini dengan fungsi-fungsi di menu File.

Fungsi atau ekspresi dalam plot2d dievaluasi secara adaptif. Untuk kecepatan lebih tinggi, matikan plot adaptif dengan <adaptive dan tentukan jumlah subinterval dengan n=... Ini hanya diperlukan dalam kasus yang jarang terjadi.

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

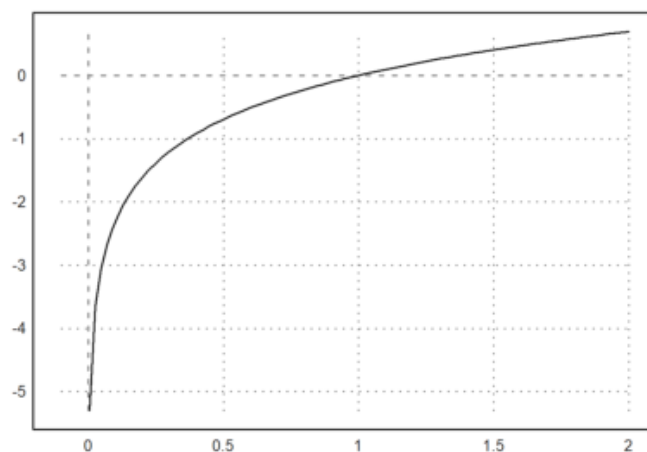


```
>plot2d("x^x",r=1.2,cx=1,cy=1):
```



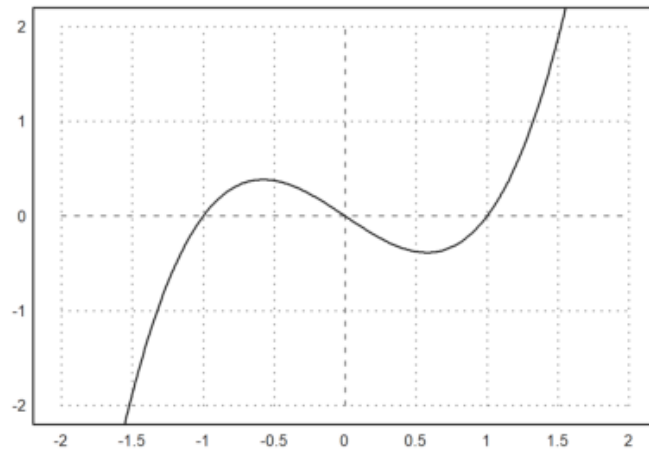
Perhatikan bahwa  $x^x$  tidak didefinisikan untuk  $x \leq 0$ . Fungsi `plot2d` menangkap kesalahan ini, dan mulai memplot segera setelah fungsi didefinisikan. Ini berfungsi untuk semua fungsi yang mengembalikan NAN di luar rentang definisinya.

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

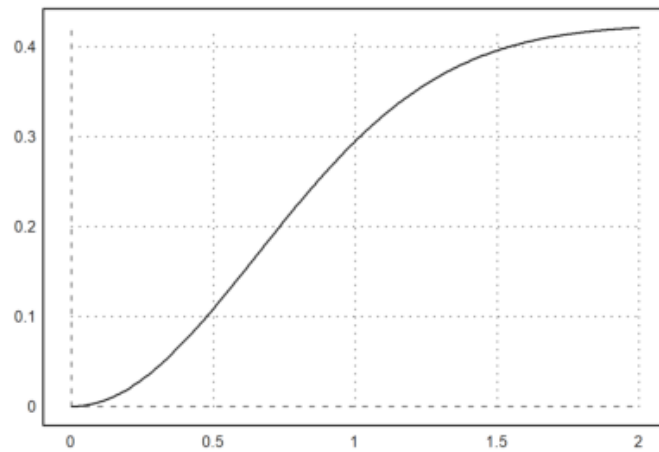


Parameter `square=true` (atau `>square`) memilih rentang y secara otomatis sehingga hasilnya adalah jendela plot persegi. Perhatikan bahwa secara default, Euler menggunakan ruang persegi di dalam jendela plot.

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

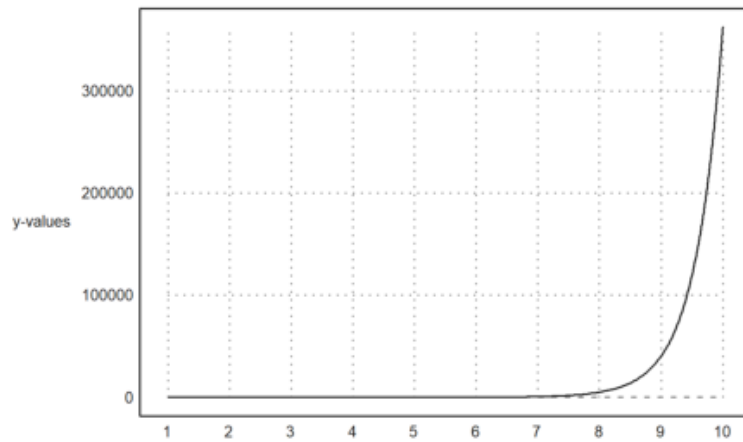


```
>plot2d(''integrate("sin(x)*exp(-x^2)","0,x'','',0,2): // plot integral
```



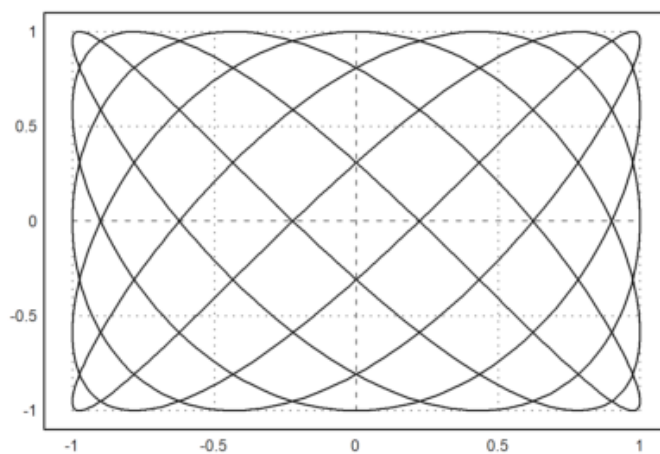
Jika Anda memerlukan lebih banyak ruang untuk label-y, panggil `shrinkwindow()` dengan parameter yang lebih kecil, atau tetapkan nilai positif untuk "lebih kecil" di `plot2d()`.

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

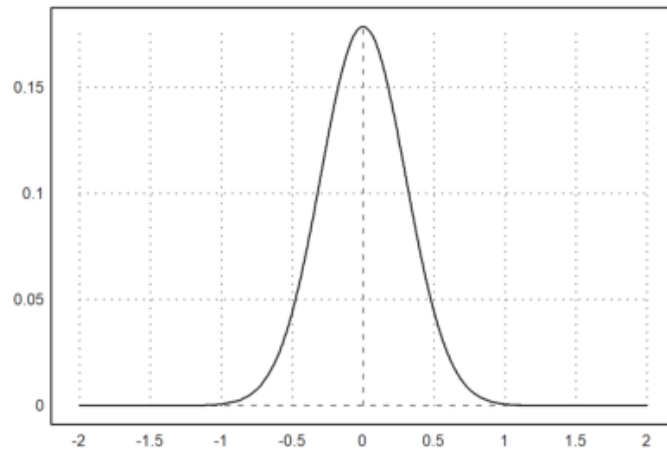


Ekspresi simbolik juga dapat digunakan, karena disimpan sebagai ekspresi string sederhana.

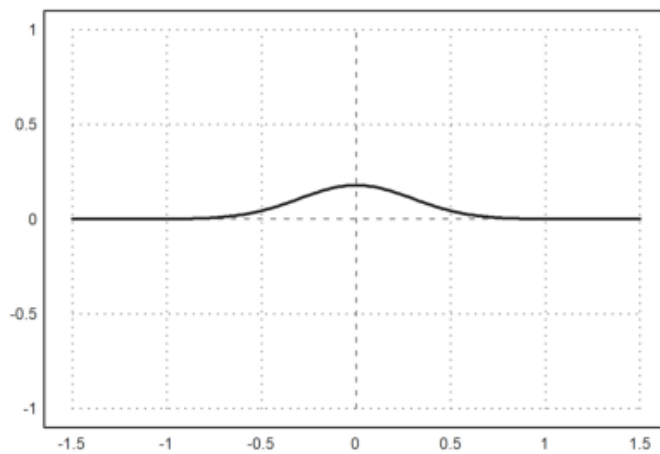
```
>x=linspace(0,2pi,1000); plot2d(sin(5x),cos(7x)):
```



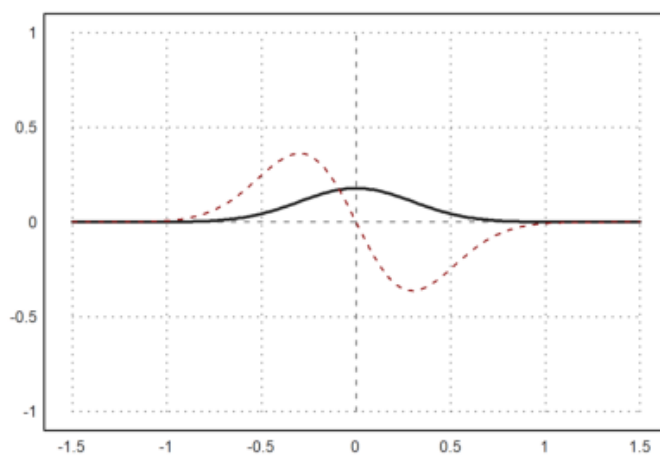
```
>a:=5.6; expr &= exp(-a*x^2)/a; // define expression
>plot2d(expr,-2,2): // plot from -2 to 2
```



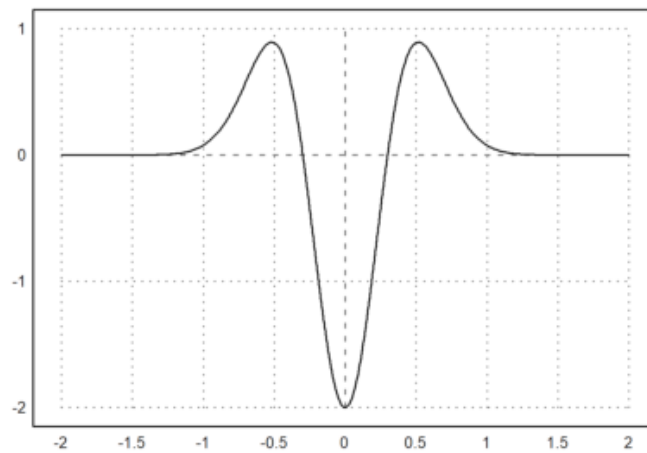
```
>plot2d(expr,r=1,thickness=2): // plot in a square around (0,0)
```



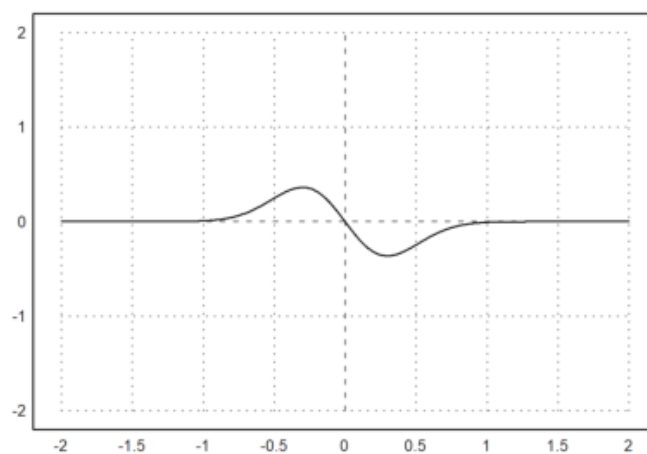
```
>plot2d(&diff(expr,x),>add,style="--",color=red): // add another plot
```



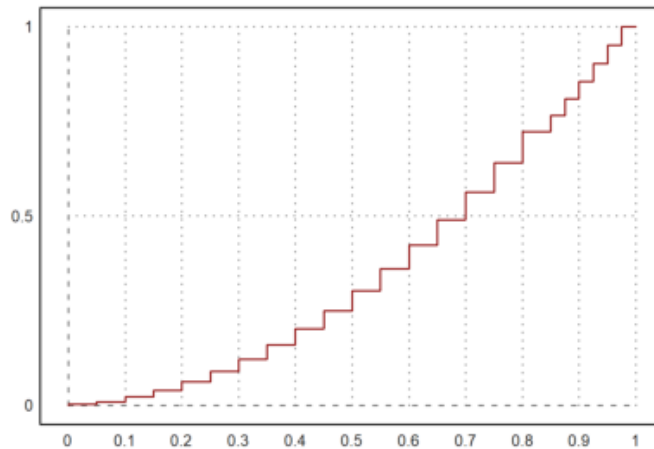
```
>plot2d(&diff(expr,x,2),a=-2,b=2,c=-2,d=1): // plot in rectangle
```



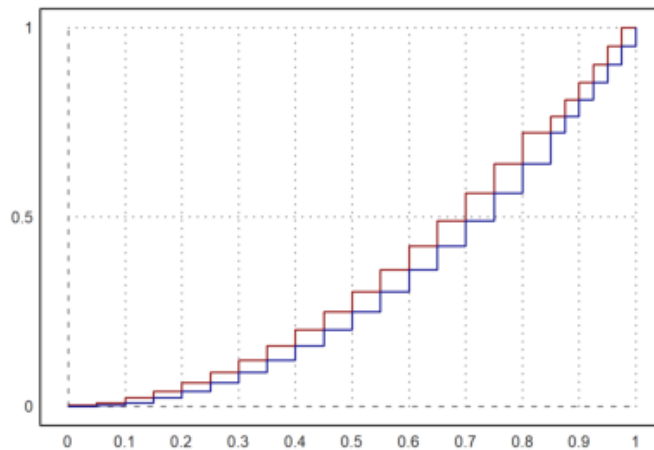
```
>plot2d(&diff(expr,x),a=-2,b=2,>square): // keep plot square
```



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



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

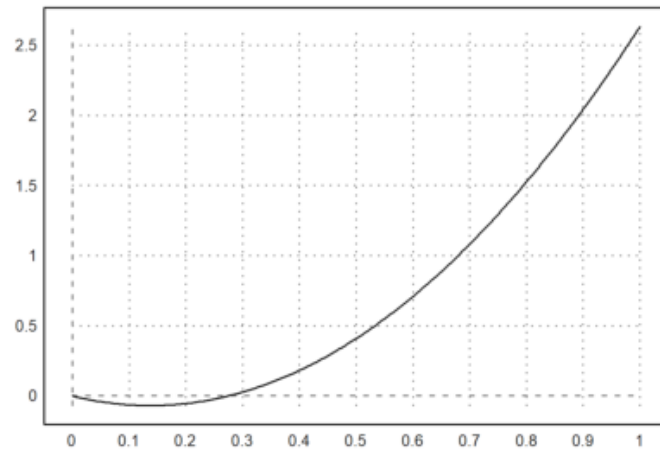


## Fungsi dalam Satu Parameter

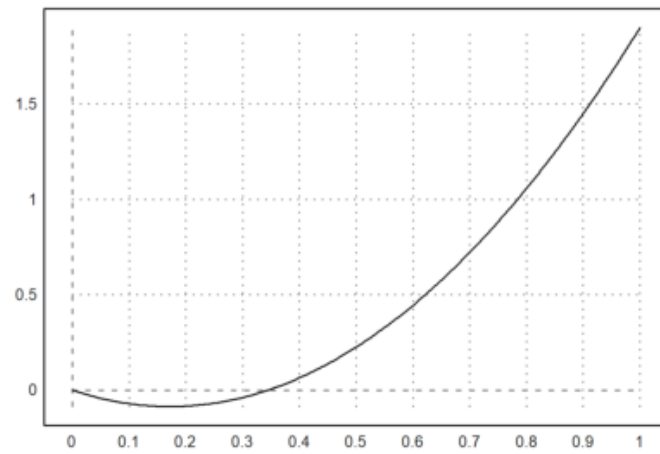
Fungsi plotting yang paling penting untuk plot planar adalah `plot2d()`. Fungsi ini diimplementasikan dalam bahasa Euler dalam file "plot.e", yang dimuat di awal program.

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

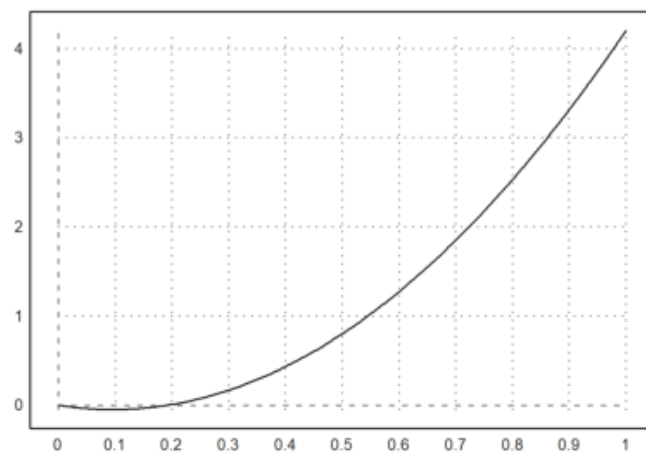
```
>function f(x,a) := x^2/a+a*x^2-x; // define a function
>a=0.3; plot2d("f",0,1;a): // plot with a=0.3
```



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

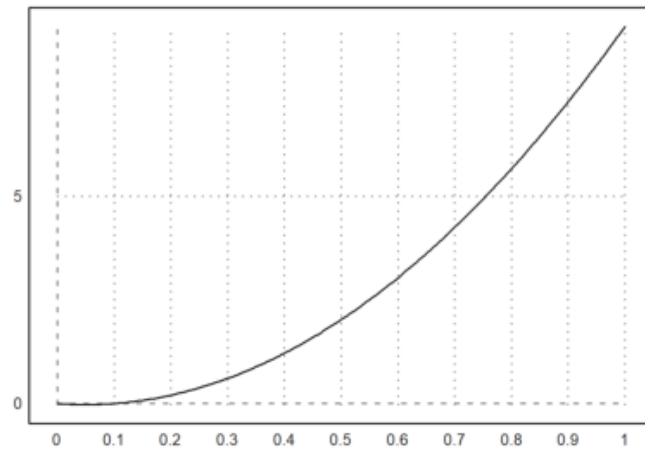


```
>plot2d({{"f",0.2}},0,1): // plot with a=0.2
```

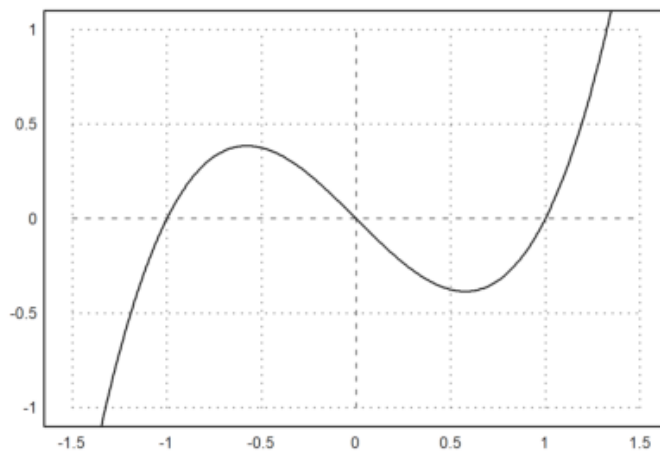




```
>plot2d({{"f(x,b)",b=0.1}},0,1): // plot with 0.1
```



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



Berikut ini adalah ringkasan fungsi yang diterima

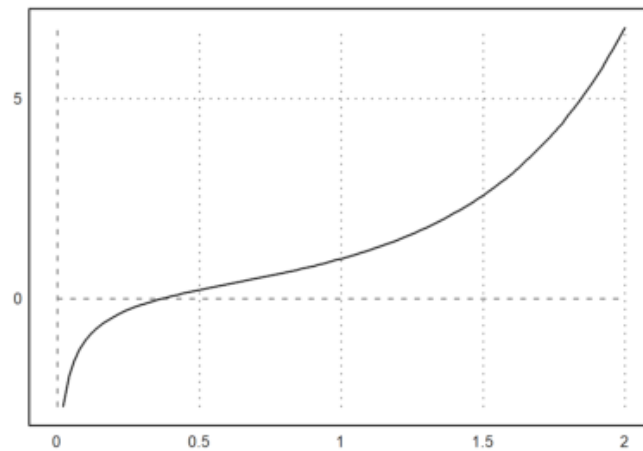
- ekspresi atau ekspresi simbolik dalam x
- fungsi atau fungsi simbolik berdasarkan nama seperti "f"
- fungsi simbolik hanya berdasarkan nama f

Fungsi plot2d() juga menerima fungsi simbolik. Untuk fungsi simbolik, hanya nama yang berfungsi.

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

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

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

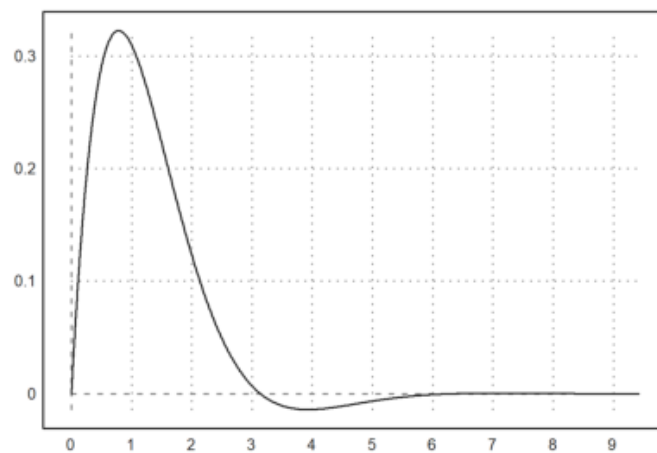


Tentu saja, untuk ekspresi atau ungkapan simbolik, nama variabel sudah cukup untuk memplotnya.

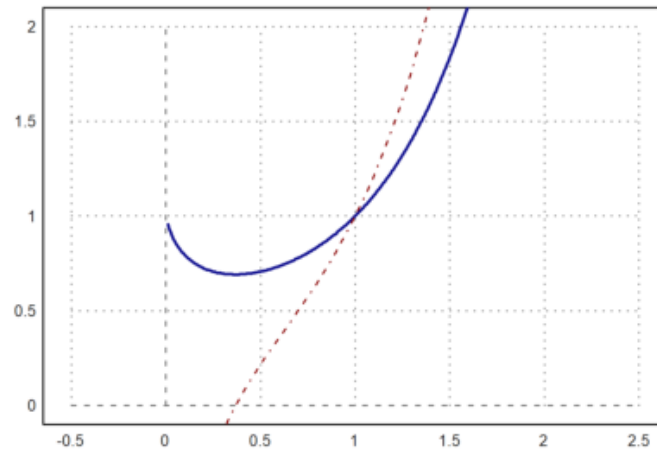
```
>expr &= sin(x)*exp(-x)
```

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

```
>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="-.-"):
```



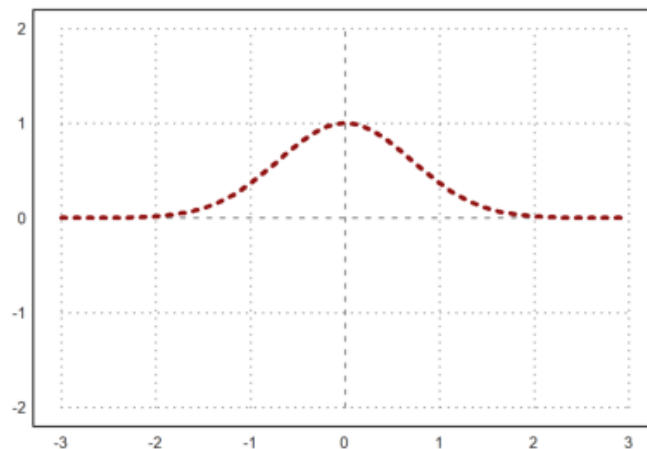
Untuk garis gaya, ada berbagai pilihan.

- style="...". Pilih dari "-", "--", "-.", ".", ".-", "-.-".
- warna: Lihat dibawah untuk warna.
- ketebalan: Defaultnya adalah 1.

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

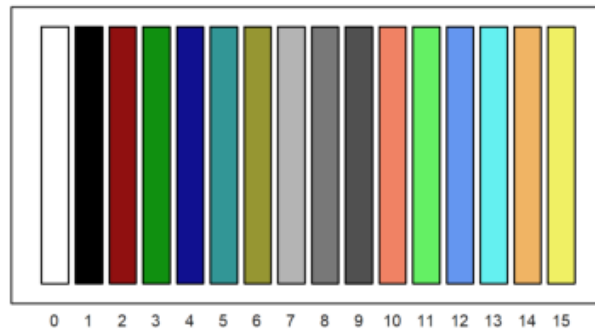
- 0..15: indeks warna default.
- warna konstan: putih, hitam, merah, hijau, biru, biru kehijauan, hijau kekuningan, abu-abu muda, abu-abu tua, oranye, hijau muda, toska, biru muda, oranye muda, kuning
- rgb(merah,hijau,biru): parameternya adalah bilangan riil dalam [0,1].

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



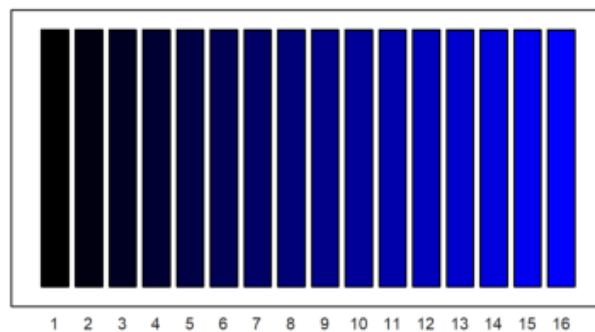
Berikut ini tampilan warna EMT yang telah ditetapkan sebelumnya.

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



Namun anda dapat menggunakan warna apapun.

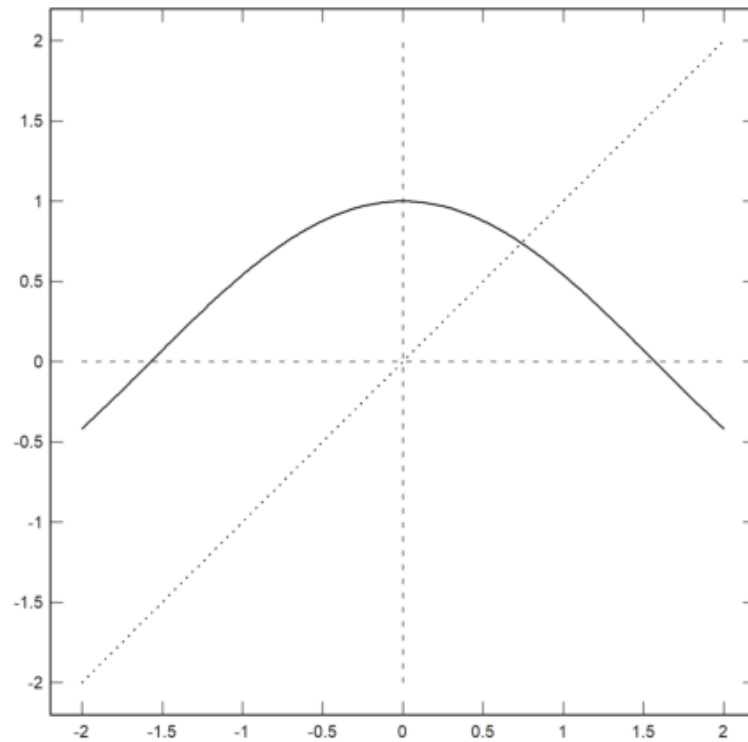
```
>columnsplot(ones(1,16),grid=0,color=rgb(0,0,linspace(0,1,15))):
```



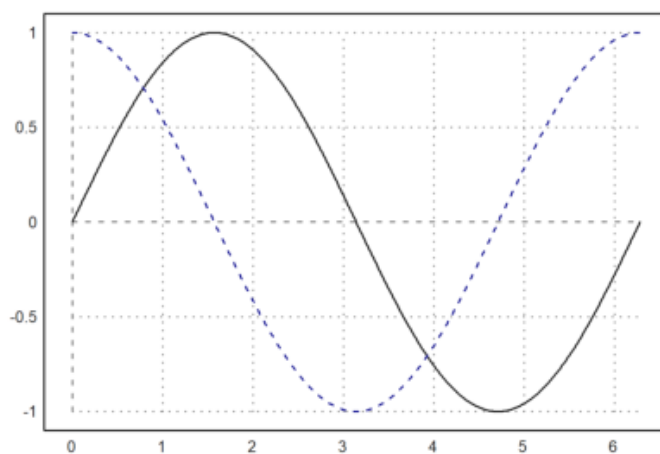
## Menggambar Beberapa Kurva pada bidang koordinat yang sama

Plotting lebih dari satu fungsi (multifungsi) 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):
```

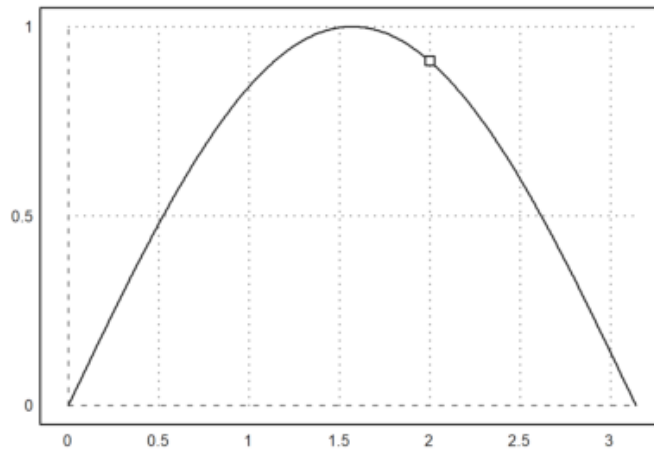


```
>aspect(1.5); plot2d("sin(x)",0,2pi); plot2d("cos(x)",color=blue,style="--",>add):
```



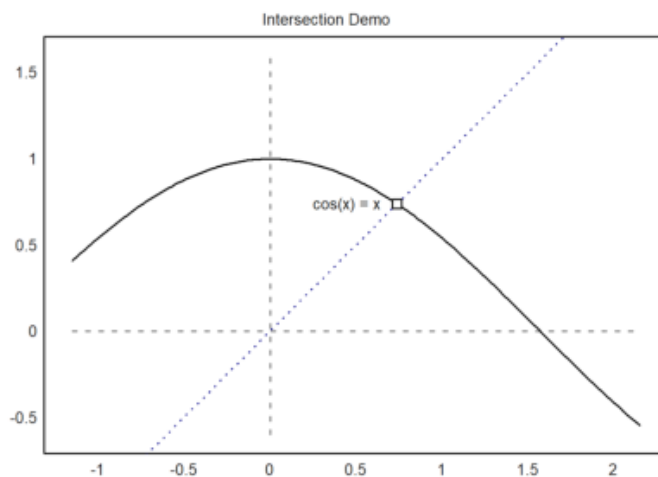
Salah satu kegunaan `>add` adalah untuk menambahkan titik pada kurva.

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



Kami menambahkan titik persimpangan dengan label (pada posisi "cl" untuk tengah kiri), dan memasukkan 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, kami memplot fungsi  $\text{sinc}(x) = \sin(x)/x$  dan ekspansi Taylor ke-8 dan ke-16. Kami menghitung ekspansi ini menggunakan Maxima melalui ekspresi simbolik.

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

Kami menambahkan kotak label yang menjelaskan fungsinya.

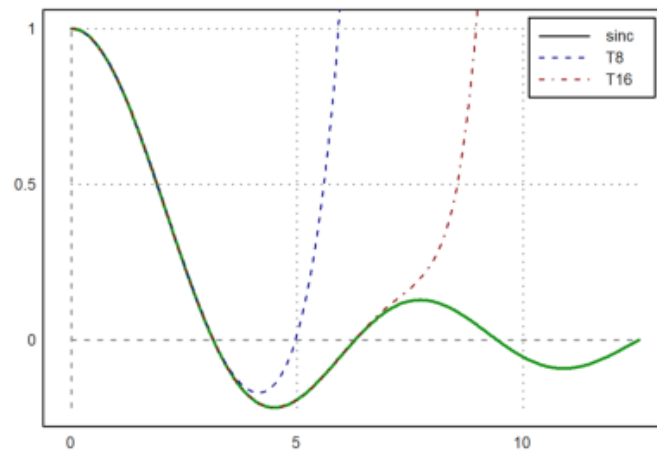
```
>$taylor(sin(x)/x, x, 0, 4)
```

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

```

>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]):

```



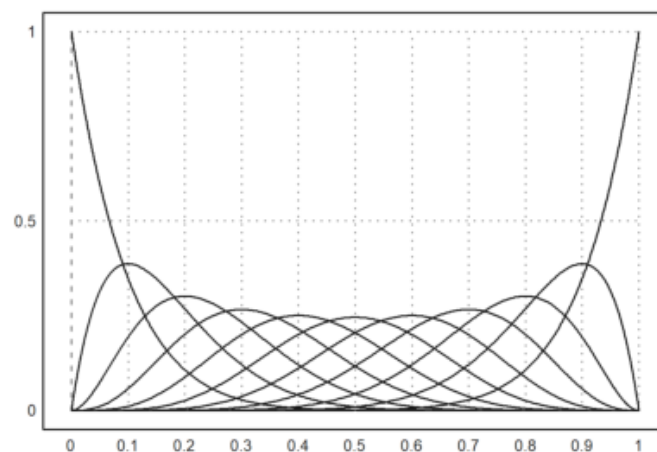
Dalam contoh berikut, kami menghasilkan Polinomial Bernstein.

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

```

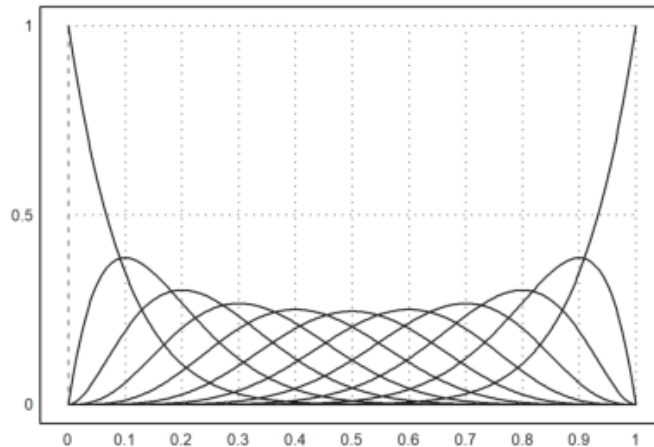
>plot2d("(1-x)^10",0,1); // plot first function
>for i=1 to 10; plot2d("bin(10,i)*x^i*(1-x)^(10-i)",>add); end;
>insimg;

```



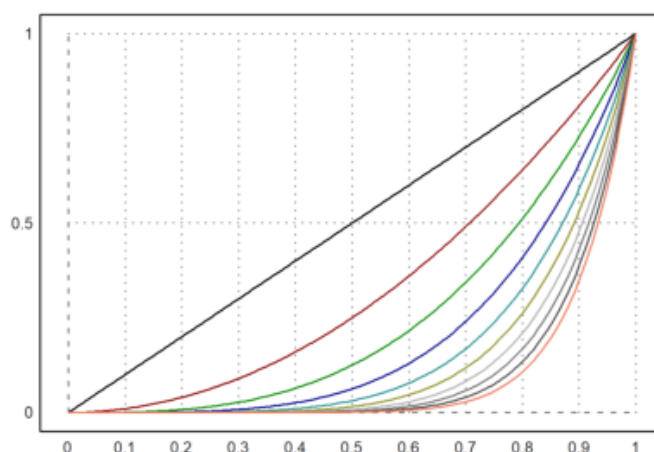
Metode kedua menggunakan sepasang matriks nilai-x dan matriks nilai-y yang berukuran sama. Kami membuat matriks nilai dengan satu Bernstein-Polinomial di setiap baris. Untuk ini, kami cukup menggunakan vektor kolom  $i$ . Lihat pengantar tentang bahasa matriks untuk mempelajari lebih detail.

```
>x=linspace(0,1,500);
>n=10; k=(0:n)'; // n is row vector, k is column vector
>y=bin(n,k)*x^k*(1-x)^(n-k); // y is a matrix then
>plot2d(x,y):
```



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

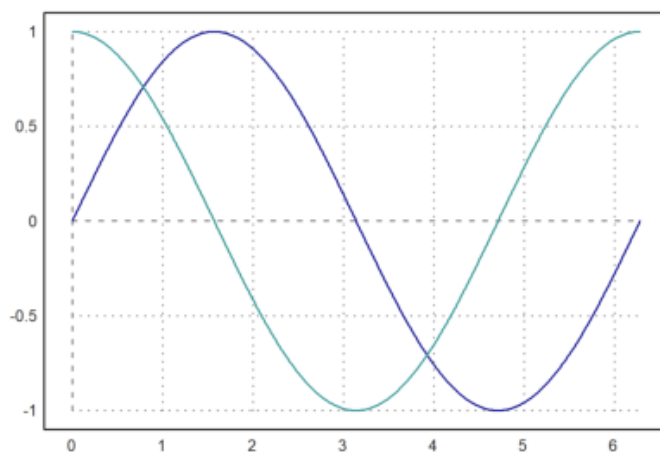
```
>x=linspace(0,1,200); y=x^(1:10)'; plot2d(x,y,color=1:10):
```



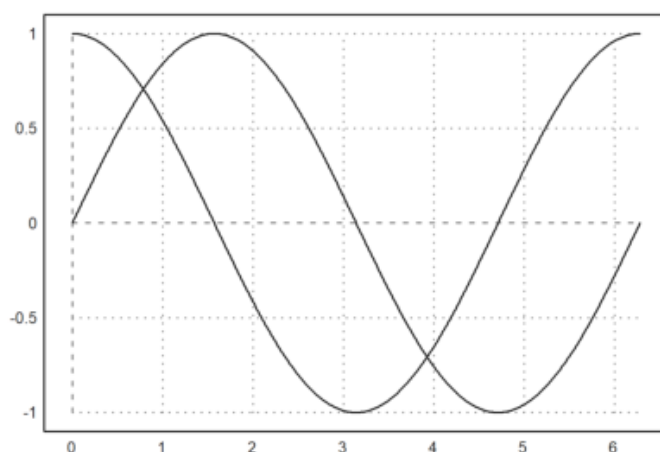
Metode lain adalah menggunakan vektor ekspresi (string). Anda kemudian dapat menggunakan array warna, array gaya, dan array ketebalan dengan panjang yang sama.



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



```
>plot2d(["sin(x)","cos(x)"],0,2pi): // plot vector of expressions
```



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

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

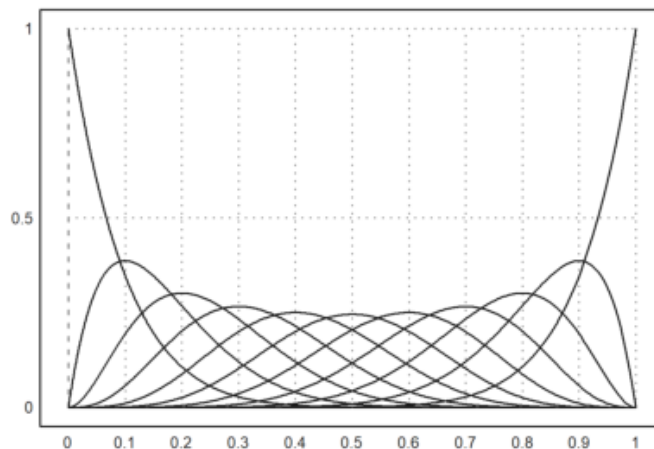
```

      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) // get a vector of strings from the symbolic vector
```

```
(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 functions
```

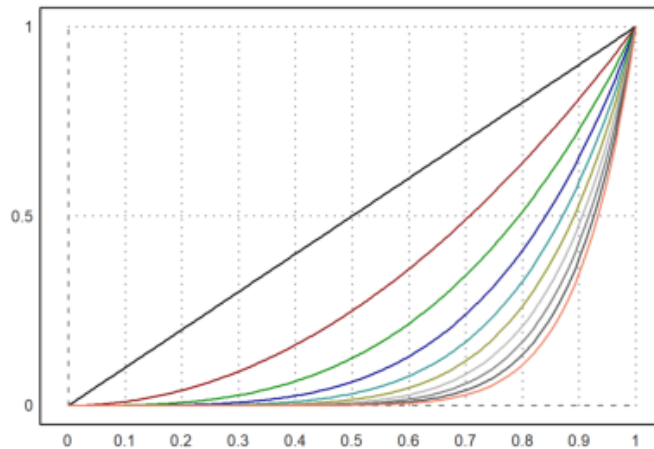


Alternatif lain adalah menggunakan bahasa matriks Euler.

Jika suatu ekspresi menghasilkan matriks fungsi, dengan satu fungsi pada setiap baris, semua fungsi ini akan diplot menjadi satu plot.

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

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

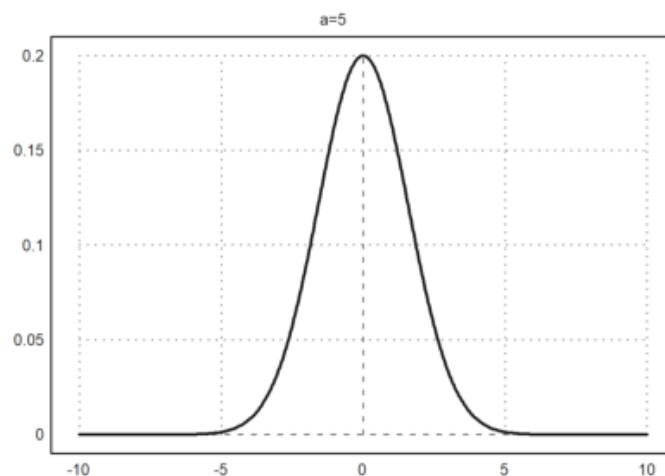


Ekspresi dan fungsi satu baris dapat melihat variabel global.

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.

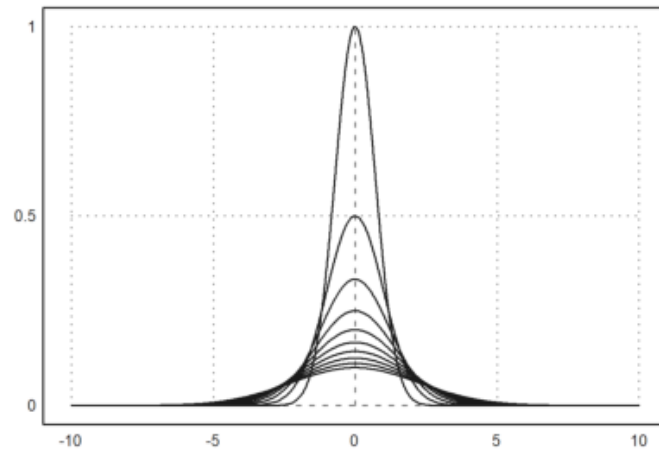
```
>function f(x,a) := 1/a*exp(-x^2/a); ...
>plot2d("f",-10,10;5,thickness=2,title="a=5"):
```



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

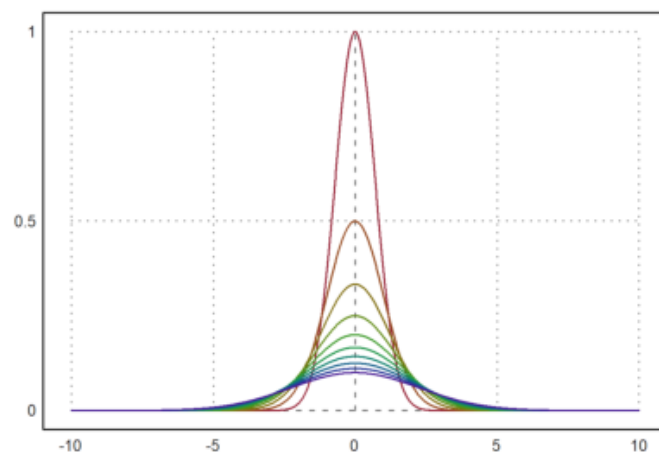
Dalam contoh berikut, kami menggunakan loop untuk memplot beberapa fungsi (lihat tutorial tentang pemrograman untuk loop).

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



Kita dapat memperoleh hasil yang sama dengan cara berikut menggunakan bahasa matriks EMT. Setiap baris matriks  $f(x,a)$  adalah 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)):
```



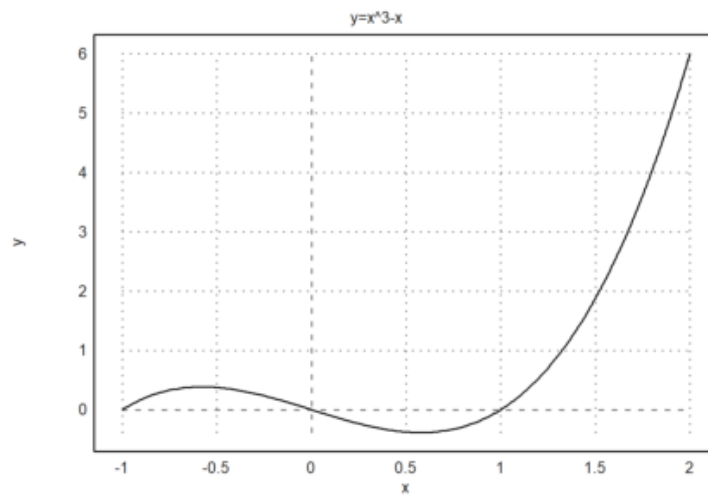
## Label Teks

Dekorasi sederhana bisa berupa

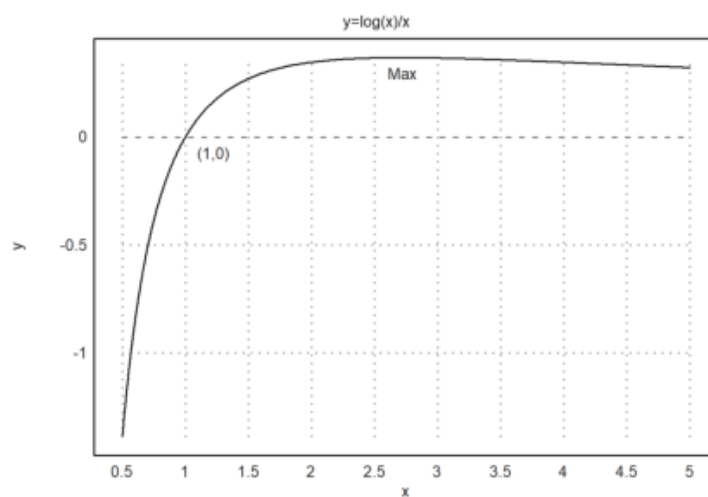
- judul dengan `title="..."`
- label x dan y dengan `xl="...", yl="..."`
- label teks dengan `label("...",x,y)`

Perintah label akan memplot ke dalam plot saat ini pada koordinat plot (x,y). Perintah ini dapat mengambil argumen posisi.

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

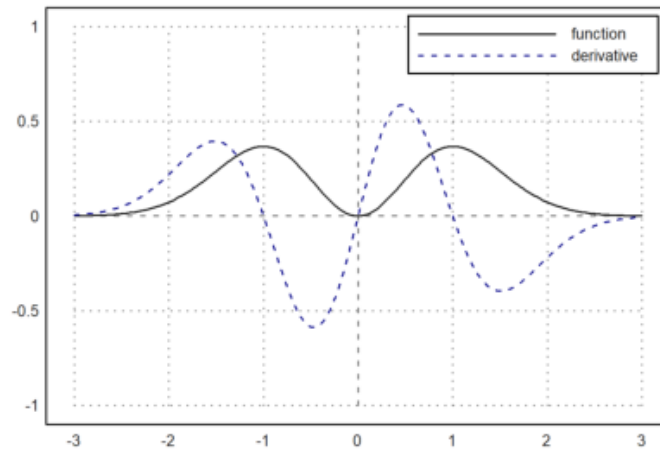


```
>expr := "log(x)/x"; ...
> plot2d(expr,0.5,5,title="y="+expr,xl="x",yl="y"); ...
> label("(1,0)",1,0); label("Max",E,expr(E),pos="lc"):
```



Ada juga fungsi `labelbox()`, yang dapat menampilkan fungsi dan teks. Fungsi ini mengambil 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):
```

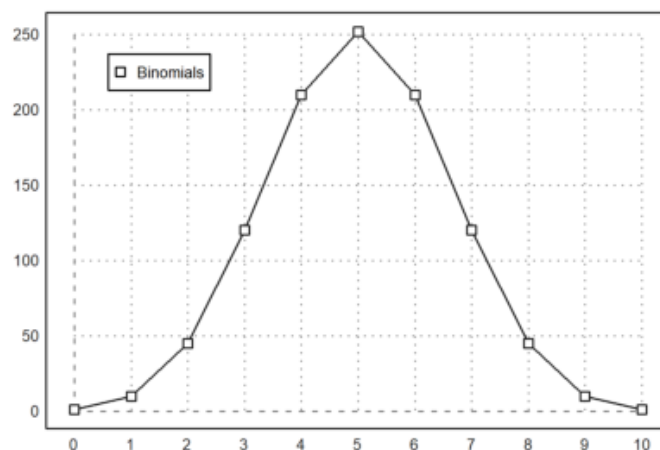


Kotak tersebut ditambatkan di kanan atas secara default, tetapi `>left` menambatkannya di kiri atas. Anda dapat memindahkannya ke tempat mana pun yang Anda suka. Posisi jangkar adalah sudut kanan atas kotak, dan angka-angkanya adalah pecahan dari ukuran jendela grafis. Lebarnya otomatis.

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

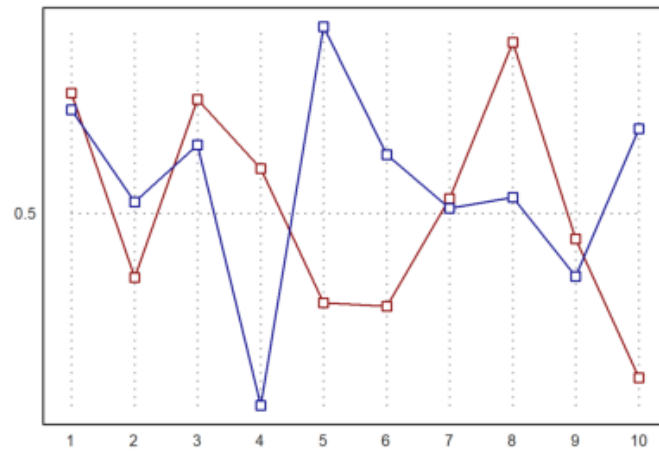
Dalam contoh berikut, hanya ada satu fungsi. Jadi, kita dapat menggunakan string, bukan vektor string. Kita tetapkan warna teks menjadi hitam untuk contoh ini.

```
>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. Ada plot yang lebih khusus untuk keperluan statistik (lihat tutorial tentang statistik).

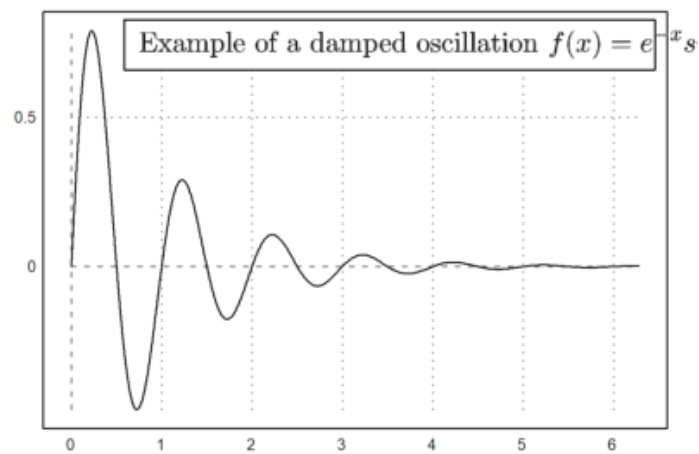
```
>statplot(1:10,random(2,10),color=[red,blue]):
```



Fitur serupa adalah fungsi `textbox()`.

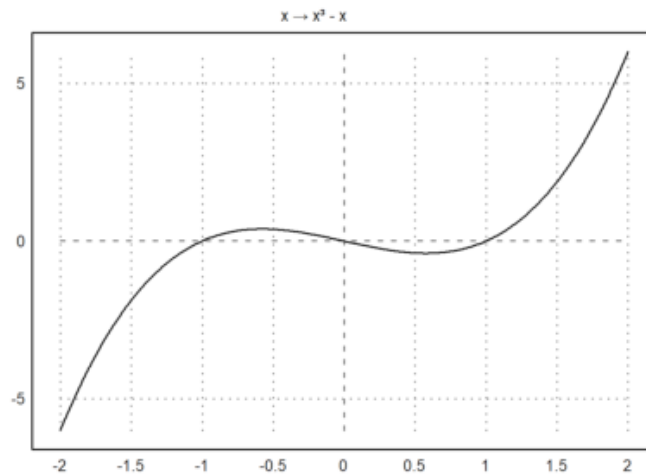
Lebar nya secara default adalah lebar maksimal baris teks. Namun, lebarnya juga dapat diatur oleh pengguna.

```
>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):
```



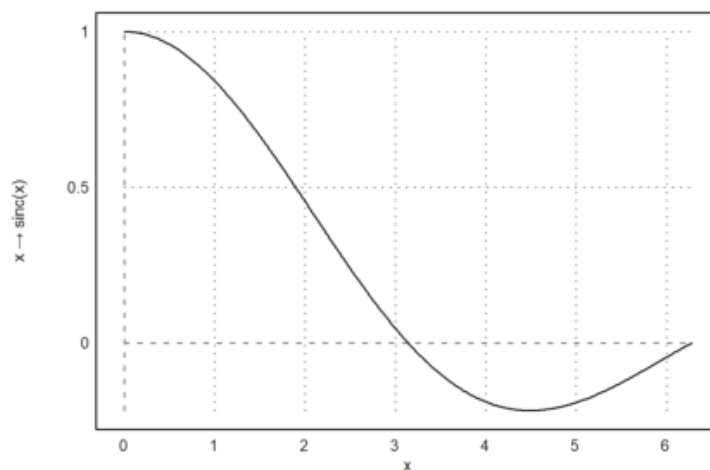
Label teks, judul, kotak label, dan teks lainnya dapat berisi string Unicode (lihat sintaksis EMT untuk informasi lebih lanjut tentang string Unicode).

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



Label pada sumbu x dan y dapat vertikal, begitu pula sumbunya.

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



**LaTeX**

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

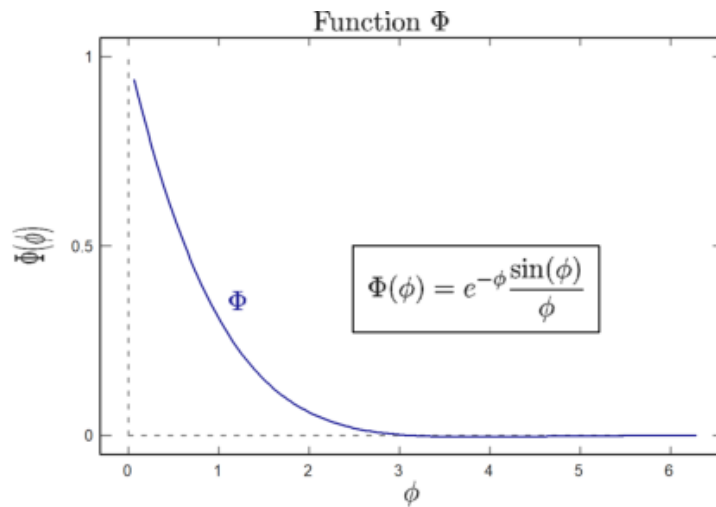
Perlu dicatat, bahwa penguraian LaTeX berlangsung lambat. Jika Anda ingin menggunakan LaTeX dalam plot animasi, Anda harus memanggil latex() sebelum loop sekali dan menggunakan hasilnya (gambar dalam matriks RGB).

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( ...
```



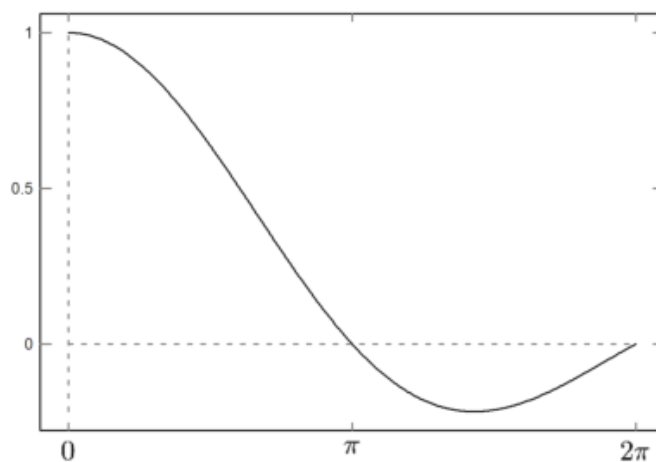
```
> latex("\Phi(\phi) = e^{-\phi} \frac{\sin(\phi)}{\phi}", x=0.8, y=0.5); ...
> label(latex("\Phi", color=blue), 1, 0.4):
```



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

Cara termudah adalah dengan membuat plot kosong dengan bingkai menggunakan `grid=4`, lalu menambahkan grid dengan `ygrid()` dan `xgrid()`. Dalam 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, fungsi juga dapat digunakan.

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

```

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

```

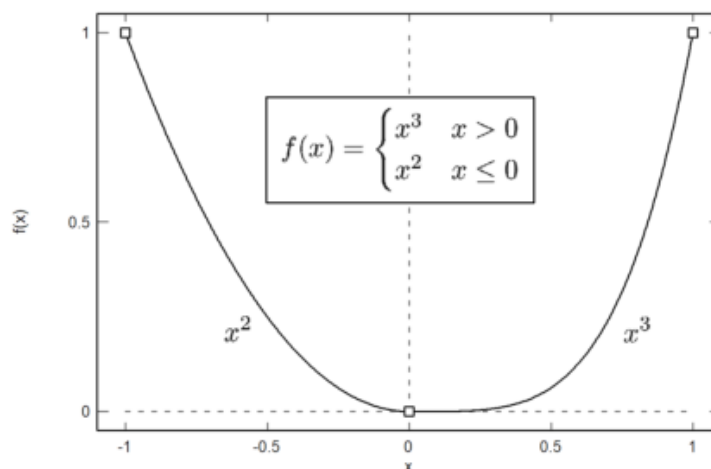
Parameter "map" membantu penggunaan fungsi untuk vektor. Untuk plot, parameter ini tidak diperlukan. Namun, untuk menunjukkan bahwa vektorisasi berguna, kami menambahkan beberapa poin penting ke plot pada  $x=-1$ ,  $x=0$ , dan  $x=1$ .

Pada plot berikut, kami juga memasukkan beberapa kode LaTeX. Kami menggunakannya untuk dua label dan satu kotak teks. Tentu saja, Anda hanya dapat menggunakan 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):

```



## Interaksi User

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

- zoom dengan + or -
- memindahkan plot dengan tombol kursor
- memilih jendela plot dengan mouse
- mengatur ulang tampilan dengan spasi
- keluar dengan return

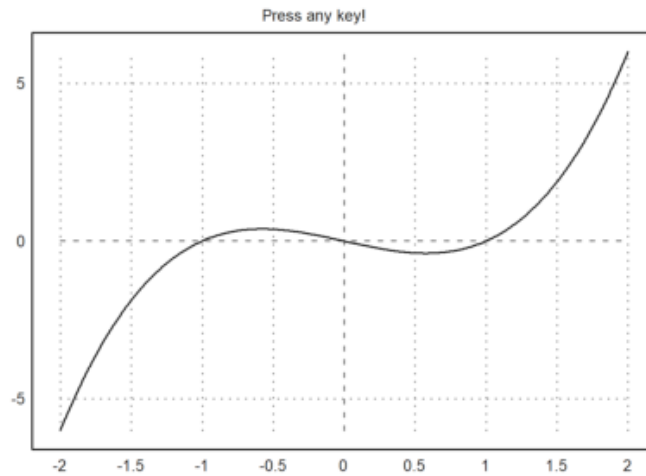
Tombol spasi akan mengatur ulang plot ke jendela plot asli.

Saat memetakan data, tanda `>user` akan menunggu penekanan tombol.

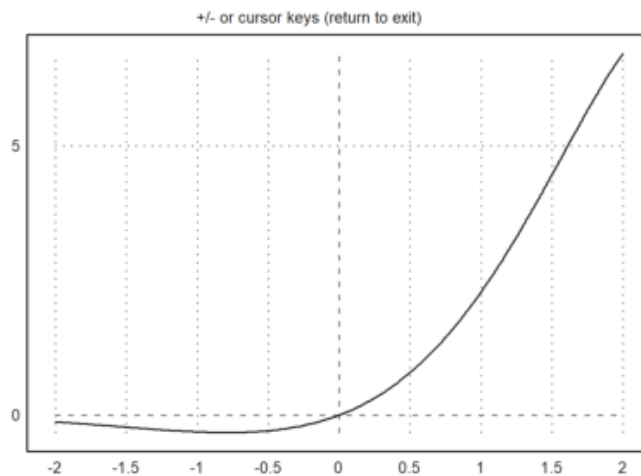
```

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

```



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



Berikut ini menunjukkan cara interaksi pengguna yang canggih (lihat tutorial tentang pemrograman untuk detailnya).

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

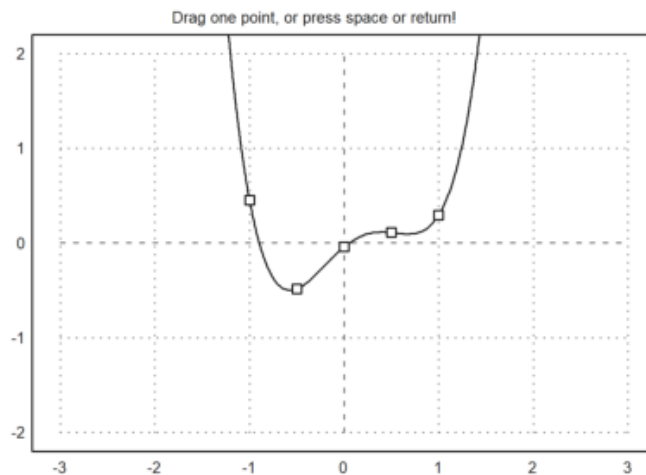
Pertama-tama, kita perlu fungsi plot. Misalnya, kita melakukan interpolasi pada 5 titik dengan polinomial. Fungsi tersebut harus diplot ke dalam area plot yang tetap.

```
>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 dan xp), yang diteruskan ke evaluasi fungsi interp(). Tanpa ini, kita harus menulis fungsi plotinterp() terlebih dahulu, yang mengakses nilai secara global. Sekarang kita buat beberapa nilai acak dan biarkan pengguna menyeret titik-titiknya.

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



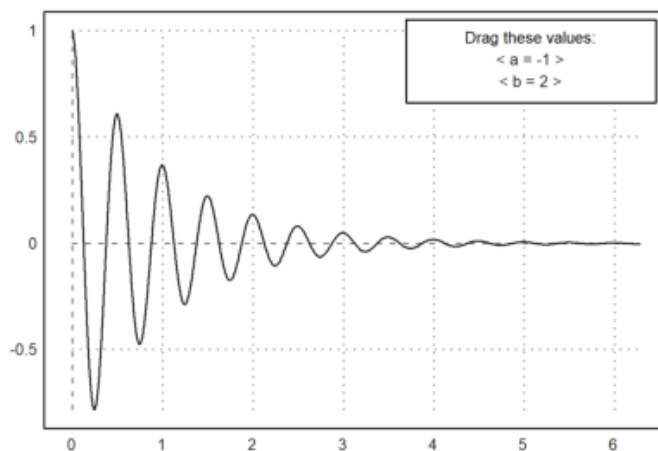
Ada juga fungsi yang memplot fungsi lain tergantung pada vektor parameter, dan memungkinkan pengguna menyesuaikan parameter ini.

Pertama kita butuh fungsi plot.

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

Kemudian kita perlu nama untuk parameter, nilai awal dan matriks rentang nx2, secara opsional baris judul. Terdapat slider interaktif, yang dapat mengatur nilai oleh pengguna. Fungsi dragvalues() menyediakannya.

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



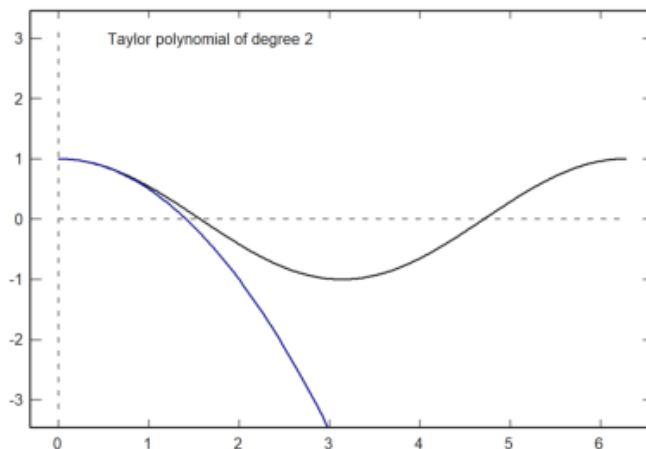
Dimungkinkan untuk membatasi nilai yang diseret ke bilangan bulat. Misalnya, kita menulis fungsi plot, yang memplot polinomial Taylor berderajat n ke fungsi kosinus.

```
>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 mengizinkan derajat n bervariasi dari 0 hingga 20 dalam 20 stop. 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):
```



Berikut ini adalah demonstrasi sederhana dari fungsi tersebut. Pengguna dapat menggambar di atas jendela plot, meninggalkan jejak titik-titik.

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

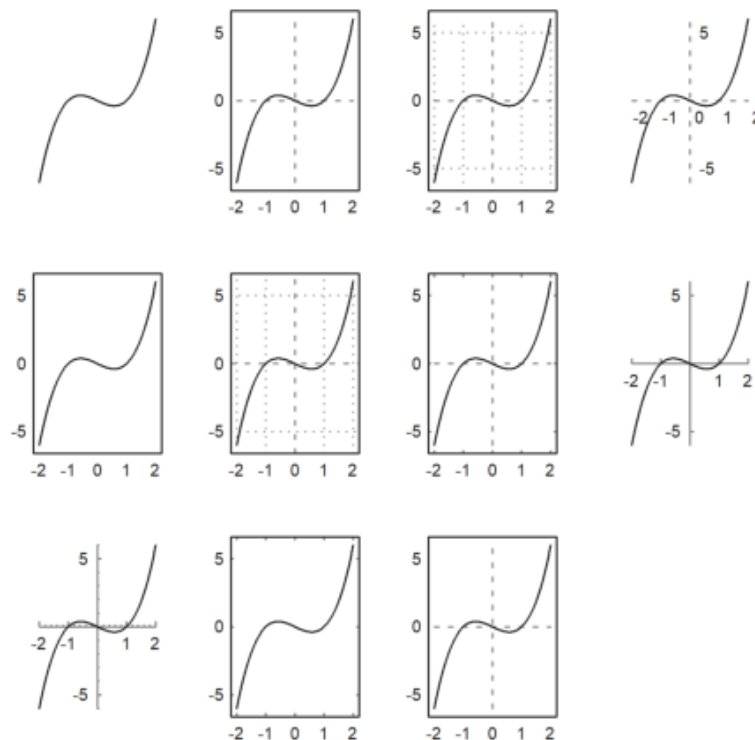
```
    plot2d(none,r=1,title="Drag with the mouse, or press any key!");  
    start=0;  
    repeat  
        {flag,m,time}=mousedrag();  
        if flag==0 then return; endif;  
        if flag==2 then  
            hold on; mark(m[1],m[2]); hold off;  
        endif;  
    end  
endfunction
```

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

## Gaya Plot 2D

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

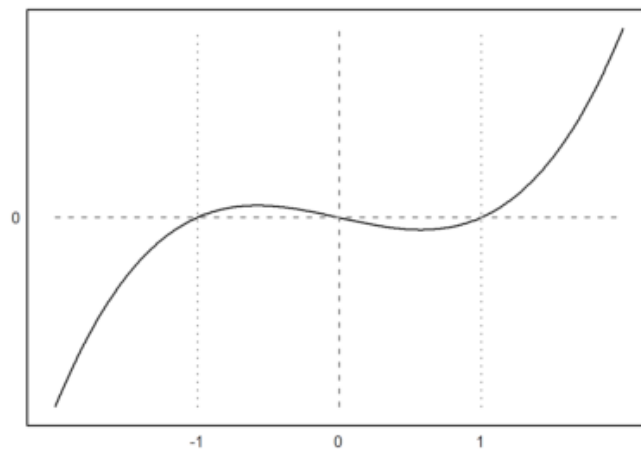
```
>aspect();  
>figure(3,4); ...  
> figure(1); plot2d("x^3-x",grid=0); ... // no grid, frame or axis  
> figure(2); plot2d("x^3-x",grid=1); ... // x-y-axis  
> figure(3); plot2d("x^3-x",grid=2); ... // default ticks  
> figure(4); plot2d("x^3-x",grid=3); ... // x-y- axis with labels inside  
> figure(5); plot2d("x^3-x",grid=4); ... // no ticks, only labels  
> figure(6); plot2d("x^3-x",grid=5); ... // default, but no margin  
> figure(7); plot2d("x^3-x",grid=6); ... // axes only  
> figure(8); plot2d("x^3-x",grid=7); ... // axes only, ticks at axis  
> figure(9); plot2d("x^3-x",grid=8); ... // axes only, finer ticks at axis  
> figure(10); plot2d("x^3-x",grid=9); ... // default, small ticks inside  
> figure(11); plot2d("x^3-x",grid=10); ...// no ticks, axes only  
> figure(0):
```



Parameter `<frame` mematikan frame, dan `framecolor=blue` mengatur frame menjadi warna biru.

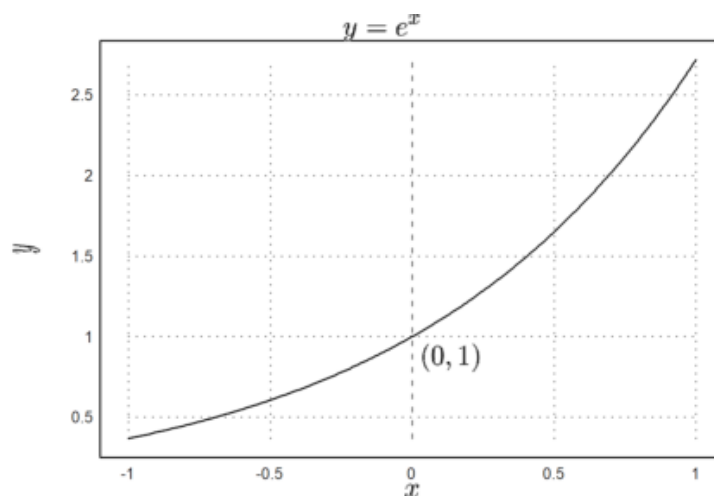
Jika Anda menginginkan tanda centang Anda sendiri, Anda dapat menggunakan `style=0`, dan menambahkan semuanya nanti.

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



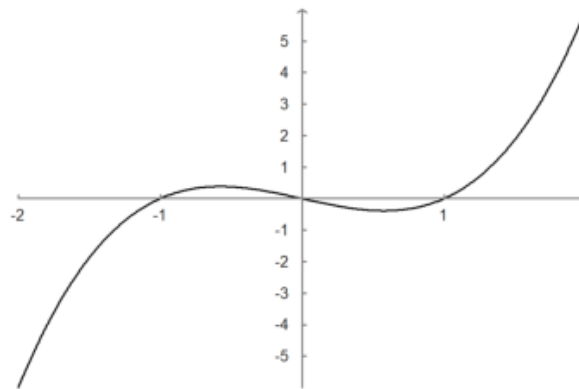
Untuk judul plot dan label sumbu, lihat contoh berikut.

```
>plot2d("exp(x)",-1,1);  
>textcolor(black); // set the text color to black  
>title(latex("y=e^x")); // title above the plot  
>xlabel(latex("x")); // "x" for x-axis  
>ylabel(latex("y"),>vertical); // vertical "y" for y-axis  
>label(latex("(0,1)"),0,1,color=blue): // label a point
```



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="->"):
```

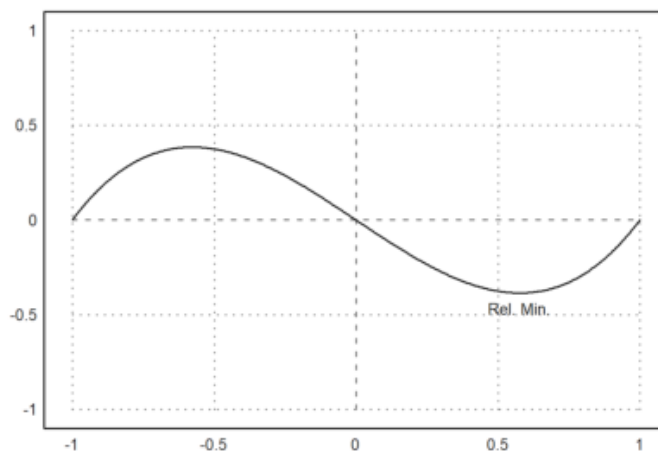


Teks pada plot dapat diatur dengan `label()`. Dalam contoh berikut, "lc" berarti tengah bawah. Ini mengatur posisi label relatif terhadap koordinat plot.

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

$$x^3 - x$$

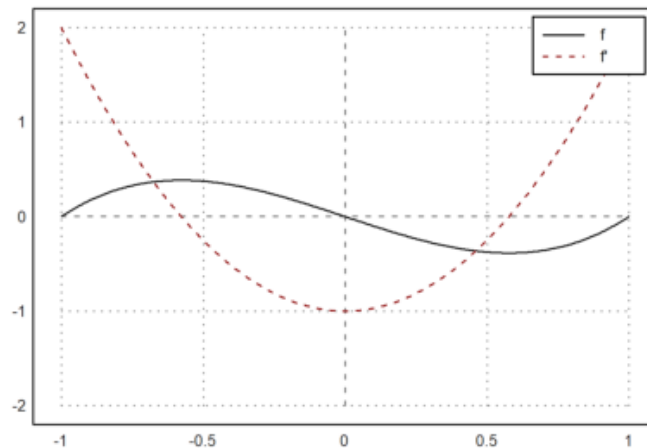
```
>plot2d(f,-1,1,>square);
>x0=fmin(f,0,1); // compute point of minimum
>label("Rel. Min.",x0,f(x0),pos="lc"): // add a label there
```



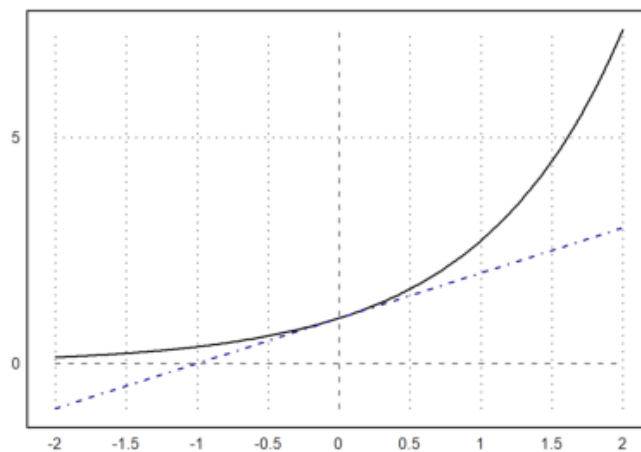


Ada juga kotak teks.

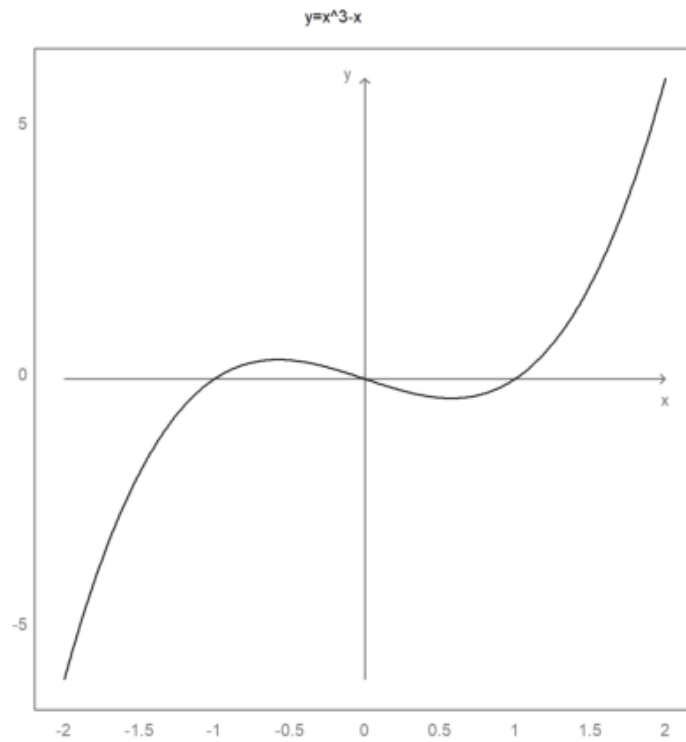
```
>plot2d(&f(x),-1,1,-2,2); // function
>plot2d(&diff(f(x),x),>add,style="--",color=red); // derivative
>labelbox(["f","f'"],["-","--"],[black,red]): // label box
```



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



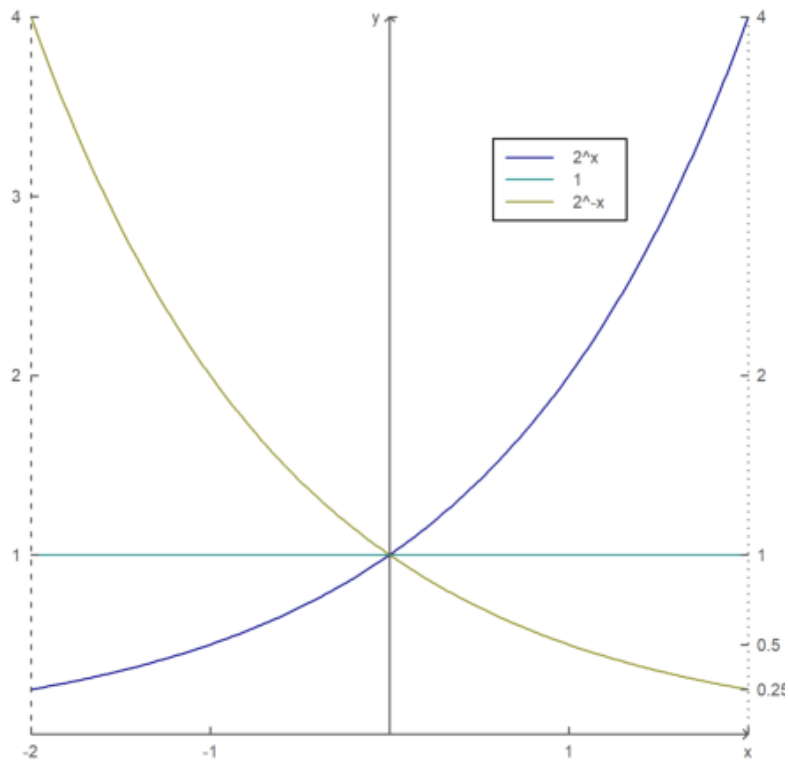
```
>gridstyle("->",color=gray,textcolor=gray,framecolor=gray); ...
> plot2d("x^3-x",grid=1); ...
> setttitle("y=x^3-x",color=black); ...
> label("x",2,0,pos="bc",color=gray); ...
> label("y",0,6,pos="cl",color=gray); ...
> reset():
```



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

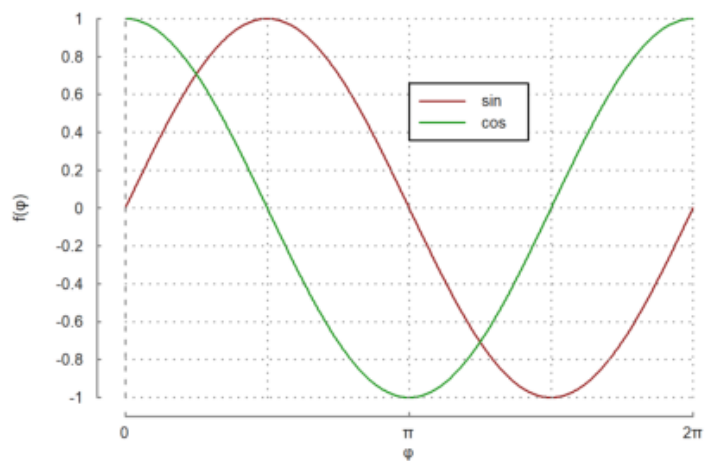
Perintah `fullwindow()` memperluas jendela plot karena kita tidak lagi memerlukan tempat untuk label di luar jendela plot. Gunakan `shrinkwindow()` atau `reset()` untuk mengatur ulang ke default.

```
>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 contoh lain, dimana string Unicode digunakan dan sumbu 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;)"):
```



## Memplot Data 2D

Jika  $x$  dan  $y$  adalah vektor data, data ini akan digunakan sebagai koordinat  $x$  dan  $y$  dari sebuah kurva. Dalam kasus ini,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$ , atau radius  $r$  dapat ditentukan, atau jendela plot akan menyesuaikan secara otomatis dengan data. Atau, `>square` dapat diatur untuk mempertahankan rasio aspek persegi.

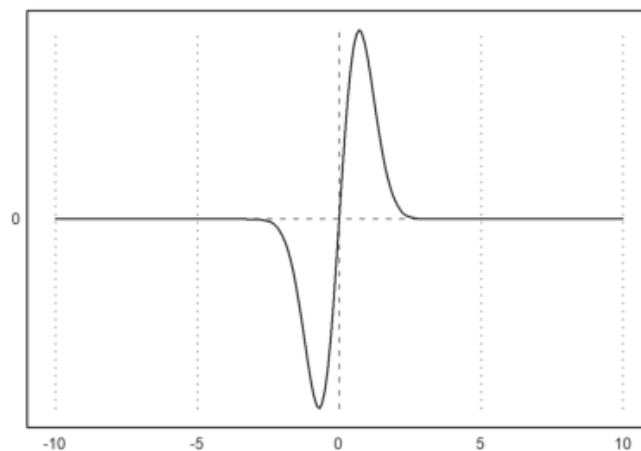
Memplot ekspresi hanyalah singkatan dari plot data. Untuk plot data, Anda memerlukan satu atau beberapa baris nilai- $x$ , dan satu atau beberapa baris nilai- $y$ . Dari rentang dan nilai- $x$ , fungsi `plot2d` akan menghitung data yang akan diplot, secara default dengan evaluasi adaptif fungsi tersebut. Untuk plot titik gunakan `>points`, untuk garis dan titik campuran gunakan `>addpoints`.

Namun Anda dapat 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):
```



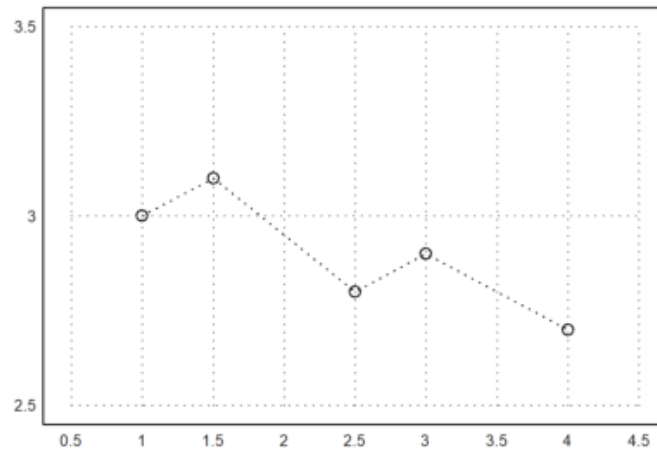
Data juga dapat diplot sebagai titik. Gunakan `points=true` untuk ini. Plot bekerja seperti poligon, tetapi hanya menggambar sudut.

- `style="..."`: Pilih dari `"["`, `"<"`, `"o"`, `":"`, `":"`, `"+"`, `"*"`, `"["`, `"<"`, `"o"`, `":"`, `":"`, `"|"`.

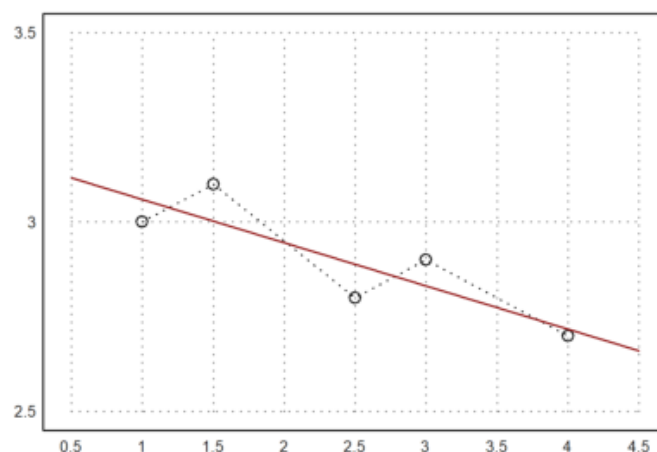
Untuk memplot kumpulan titik, gunakan `>points`. Jika warnanya adalah vektor warna, setiap titik akan mendapatkan warna yang berbeda. Untuk matriks koordinat dan vektor kolom, warna berlaku untuk baris matriks.

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="."); // lines
>plot2d(xdata,ydata,>points,>add,style="o"): // add points
```



```
>p=polyfit(xdata,ydata,1); // get regression line
>plot2d("polyval(p,x)",>add,color=red): // add plot of line
```



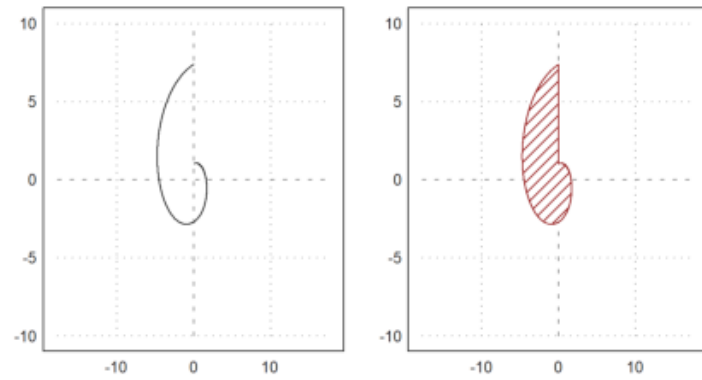
## Menggambar Daerah Yang Dibatasi Kurva

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

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

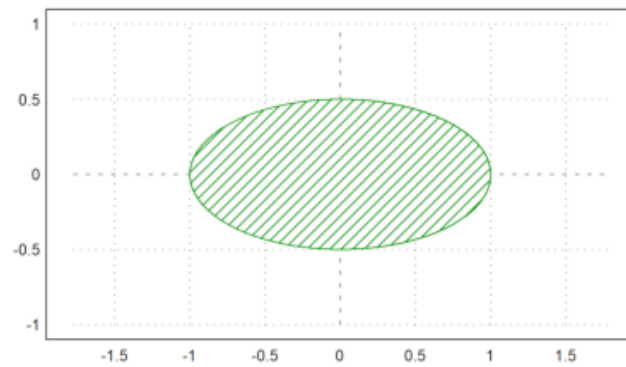
Warna isian ditentukan oleh argumen "fillcolor", dan pada <outline opsional mencegah penggambaran batas untuk semua gaya kecuali yang default.

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

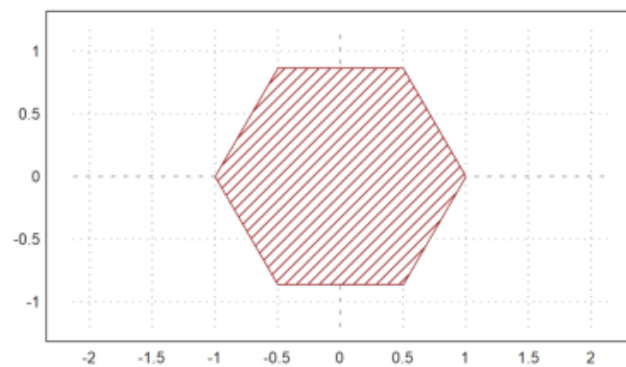


Pada contoh berikut ini kami memplot elips yang terisi dan dua segi enam yang terisi menggunakan kurva tertutup dengan 6 titik dengan gaya isian yang berbeda.

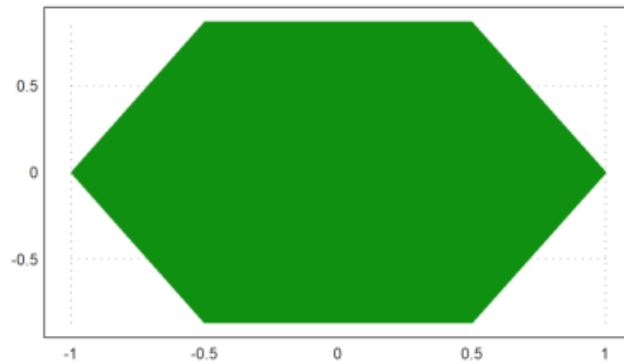
```
>x=linspace(0,2pi,1000); plot2d(sin(x),cos(x)*0.5,r=1,>filled,style="/"):
```



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

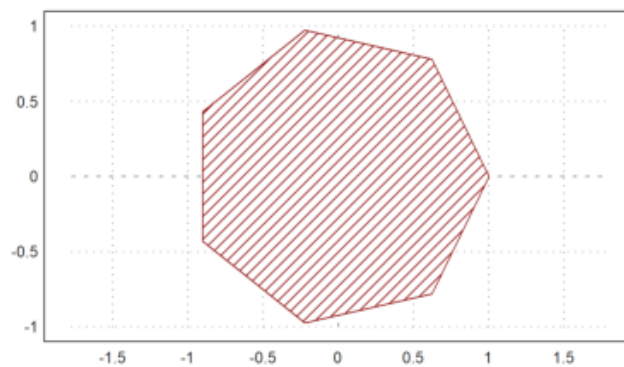


```
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="#"):
```



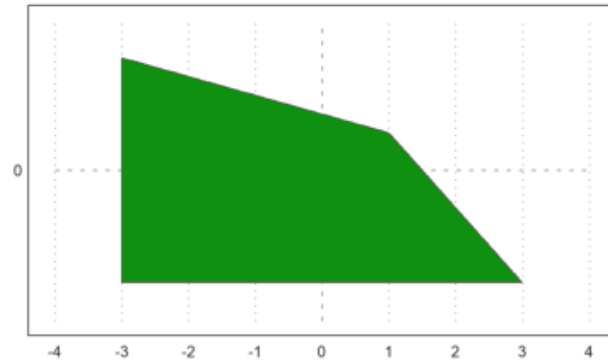
Contoh lain adalah septagon, yang kita buat dengan 7 titik pada lingkaran satuan.

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



Berikut ini 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):
```

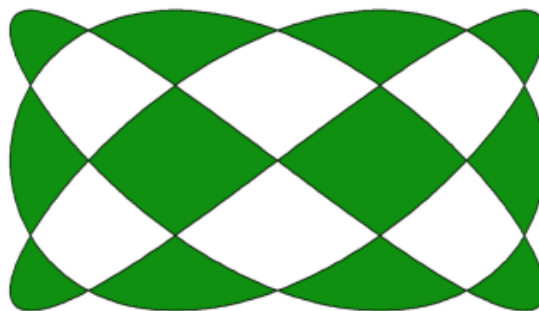


Poin utama dari bahasa matriks adalah memungkinkan pembuatan tabel fungsi dengan mudah.

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

Sekarang kita memiliki vektor nilai x dan y. `plot2d()` dapat memplot nilai-nilai ini sebagai kurva yang menghubungkan titik-titik. Plot dapat diisi. Dalam kasus ini, hasilnya akan bagus karena aturan lilitan, yang digunakan untuk mengisi.

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

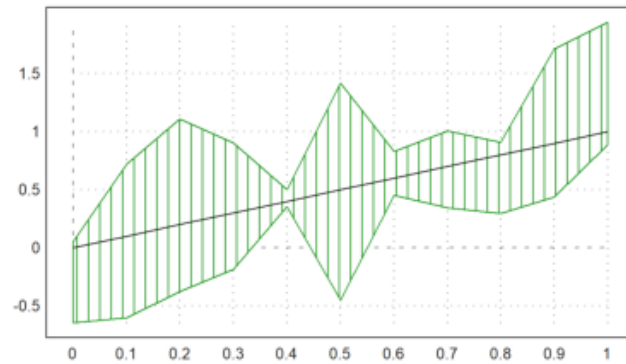


Vektor interval diplot terhadap nilai x sebagai daerah terisi antara nilai interval bawah dan atas.

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

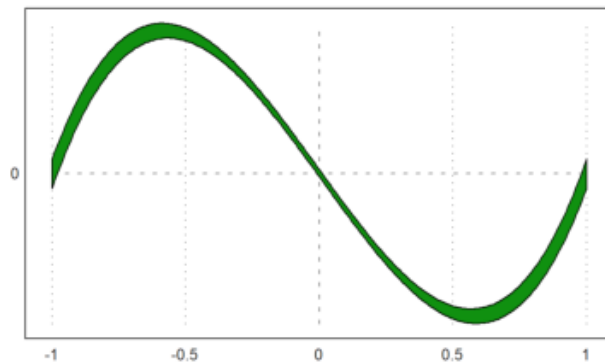
```
>t=0:0.1:1; ...
> plot2d(t,interval(t-random(size(t)),t+random(size(t))),style="|"); ...
> plot2d(t,t,add=true):
```





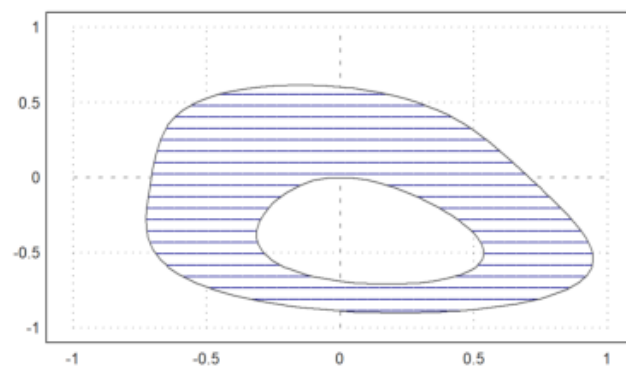
Jika  $x$  adalah vektor yang diurutkan, dan  $y$  adalah vektor interval, maka `plot2d` akan memplot rentang interval yang terisi pada bidang, gaya isian sama dengan gaya poligon.

```
>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.

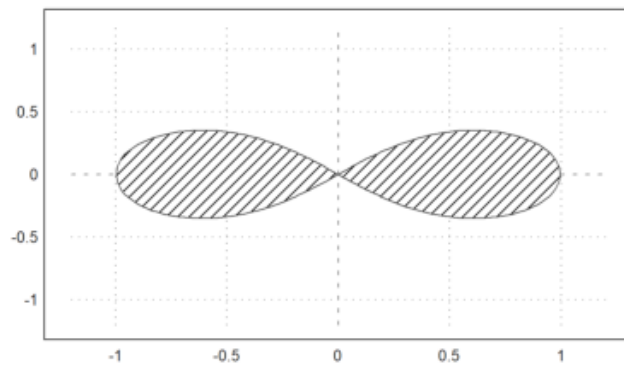
```
>expr := "2*x^2+x*y+3*y^4+y"; // define an expression f(x,y)
>plot2d(expr,level=[0;1],style="-",color=blue): // 0 <= f(x,y) <= 1
```



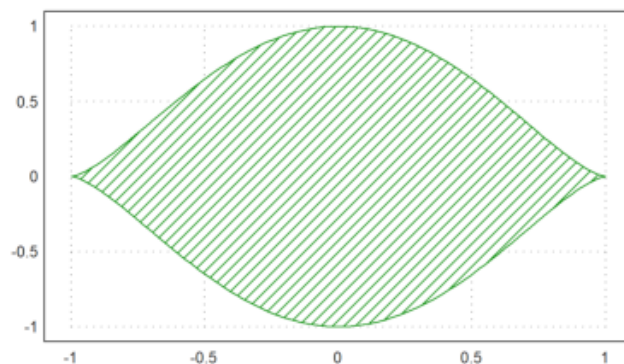
Kita juga dapat mengisi rentang nilai seperti

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

```
>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="/") :
```



## Grafik Fungsi Parametrik

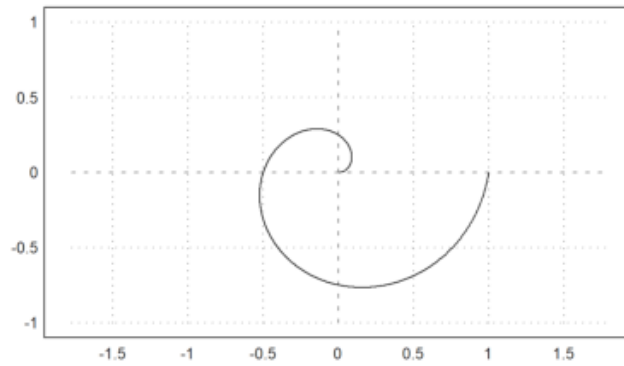
Nilai  $x$  tidak perlu diurutkan.  $(x,y)$  hanya menggambarkan sebuah kurva. Jika  $x$  diurutkan, kurva tersebut adalah grafik fungsi.

Pada contoh berikut, kita memplot spiral

```
lateks: \gamma(t) = t \cdot (\cos(2\pi t), \sin(2\pi t))
```

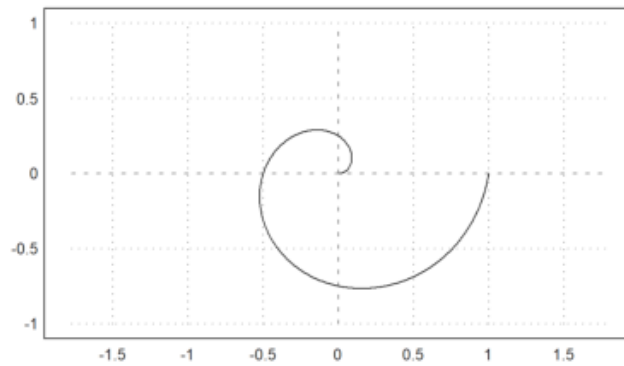
Kita mungkin perlu menggunakan sangat banyak titik untuk tampilan yang halus atau fungsi `adaptive()` untuk mengevaluasi ekspresi (lihat fungsi `adaptive()` untuk lebih jelasnya).

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

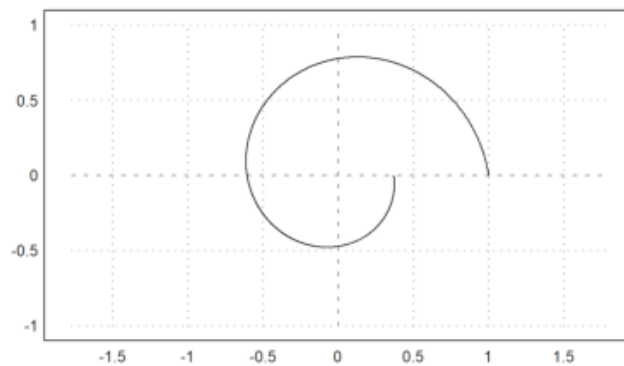


Sebagai alternatif, Anda dapat menggunakan dua ekspresi untuk kurva. Berikut ini memplot kurva yang sama seperti di atas.

```
>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):
```



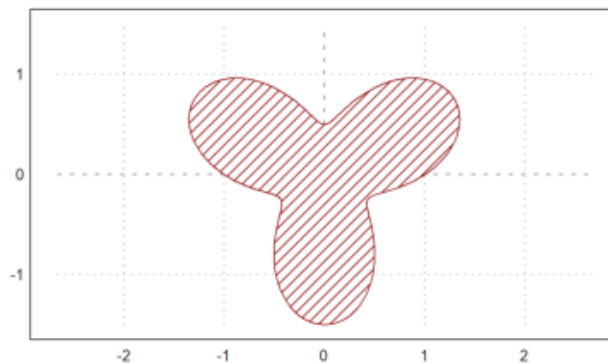
Pada contoh berikutnya, kita memplot kurva

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

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):
```



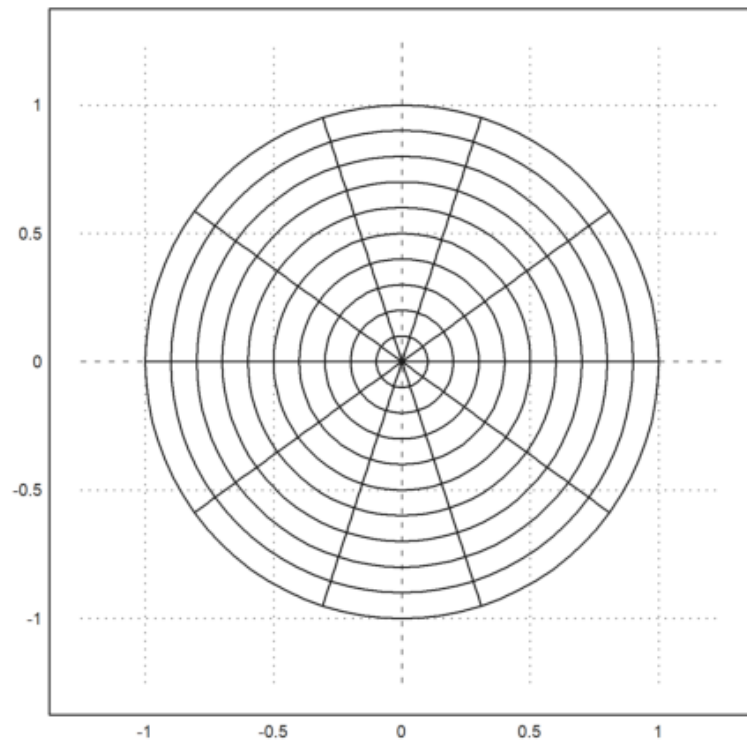
## Menggambar Grafik Bilangan Kompleks

Sebuah deretan bilangan kompleks juga dapat diplot. Kemudian titik-titik kisi akan dihubungkan. Jika sejumlah garis kisi ditentukan (atau vektor 1x2 garis kisi) pada argumen cgrid, hanya garis-garis kisi tersebut yang akan terlihat.

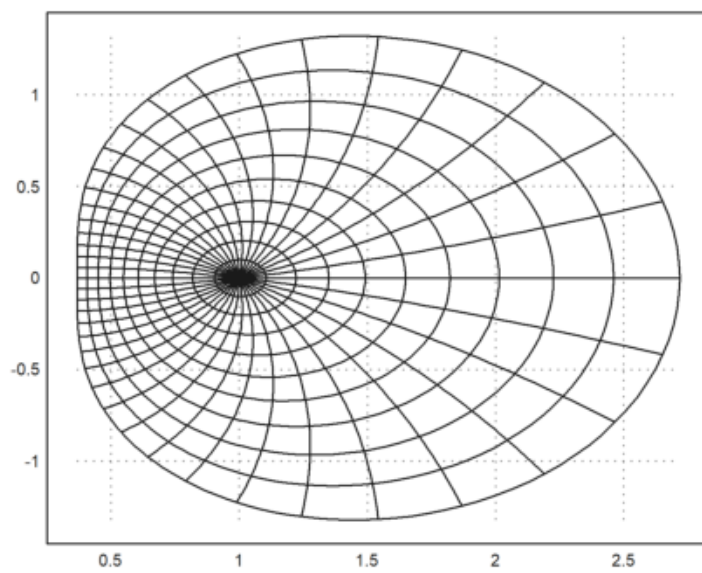
Matriks bilangan kompleks akan secara otomatis diplot sebagai sebuah grid pada bidang kompleks.

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

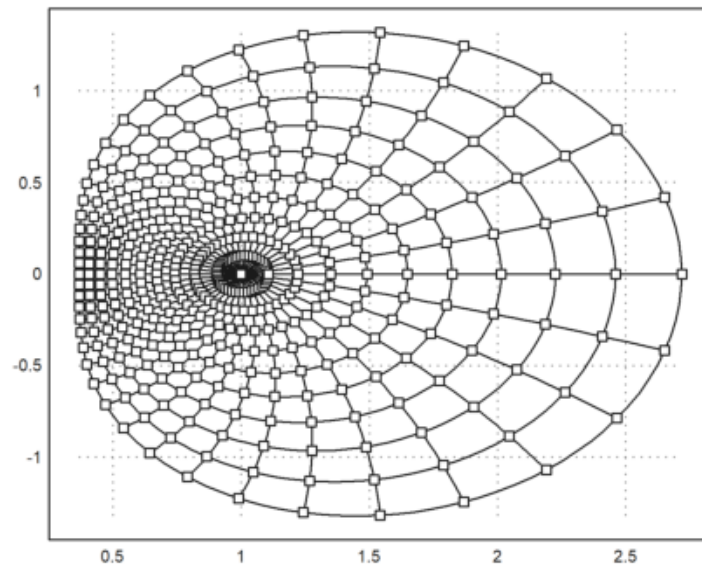
```
>aspect(); r=linspace(0,1,50); a=linspace(0,2pi,80)'; z=r*exp(I*a);...  
>plot2d(z,a=-1.25,b=1.25,c=-1.25,d=1.25,cgrid=10):
```



```
>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):
```

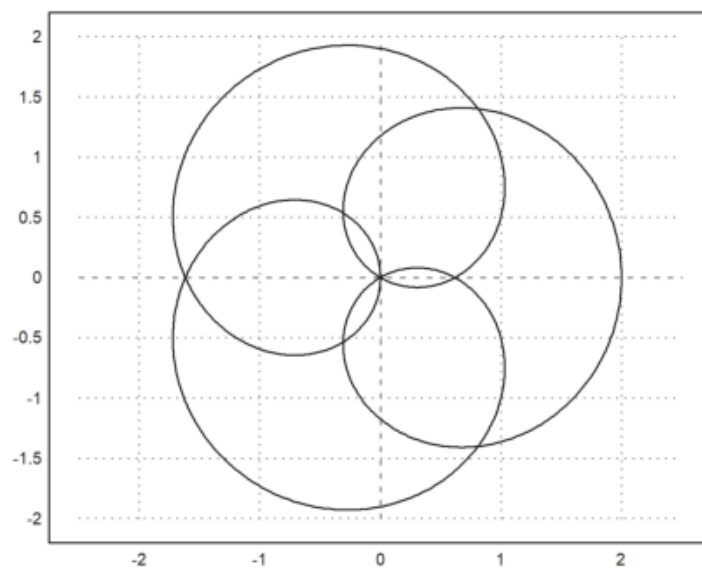


Vektor bilangan kompleks secara otomatis diplot sebagai kurva pada bidang kompleks dengan bagian nyata dan bagian imajiner.

Pada contoh, kami memplot lingkaran satuan dengan

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

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



**Plot Statistik**

Terdapat banyak fungsi yang dikhususkan untuk plot statistik. Salah satu plot yang sering digunakan adalah plot kolom.

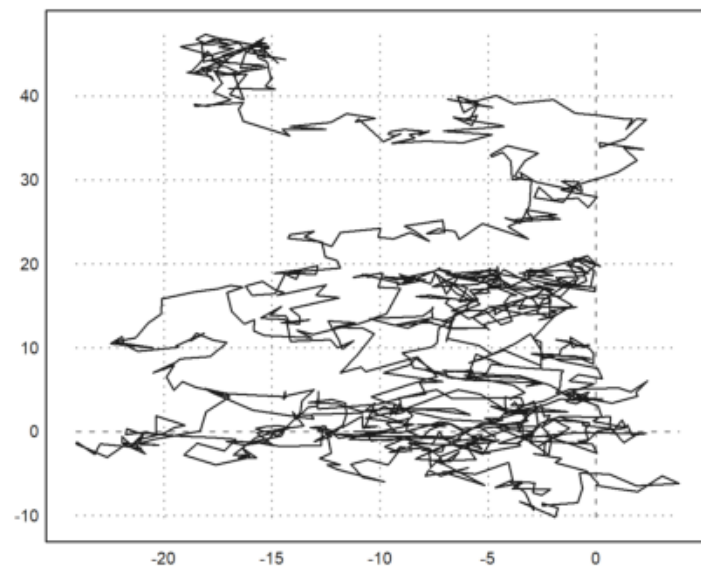
Jumlah kumulatif dari nilai berdistribusi normal 0-1 menghasilkan jalan acak.

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

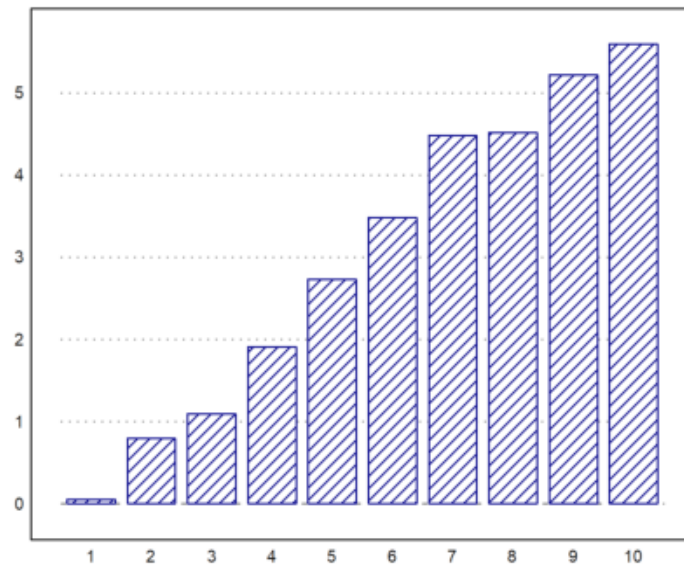


Menggunakan dua baris menunjukkan jalan dalam dua dimensi.

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

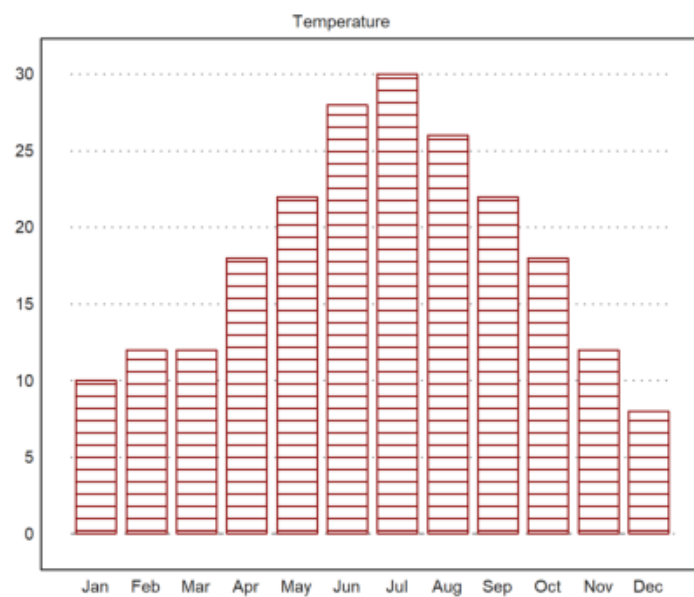


```
>columnsplot(cumsum(random(10)),style="/",color=blue):
```



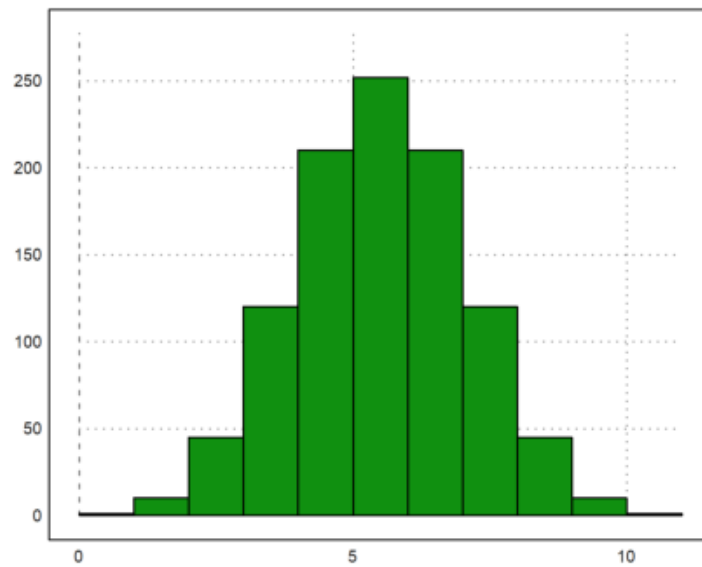
Ini juga dapat menampilkan string sebagai label.

```
>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"):
```

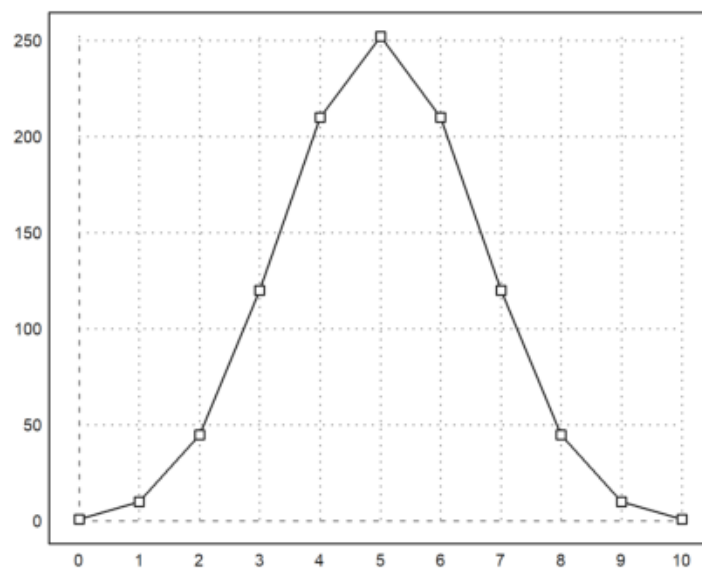




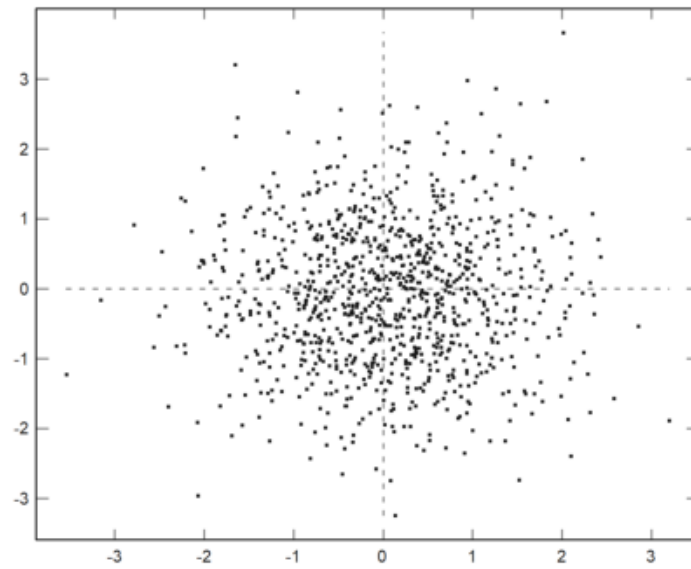
```
>k=0:10;
>plot2d(k,bin(10,k),>bar):
```



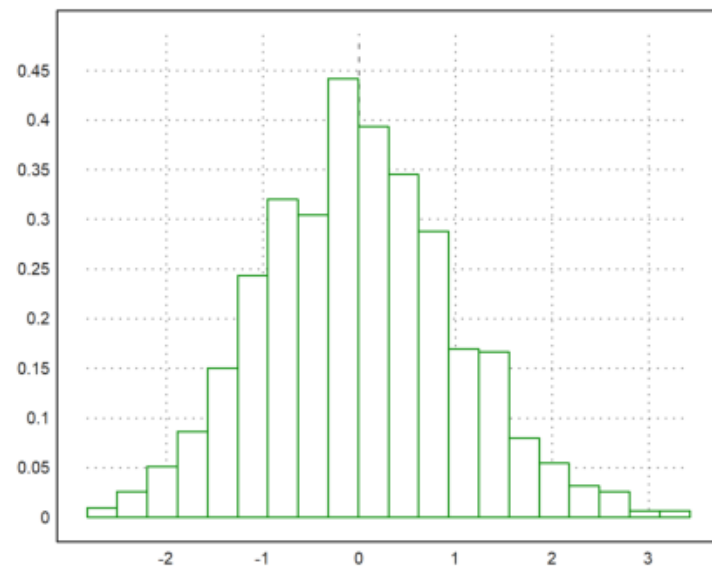
```
>plot2d(k,bin(10,k)); plot2d(k,bin(10,k),>points,>add):
```



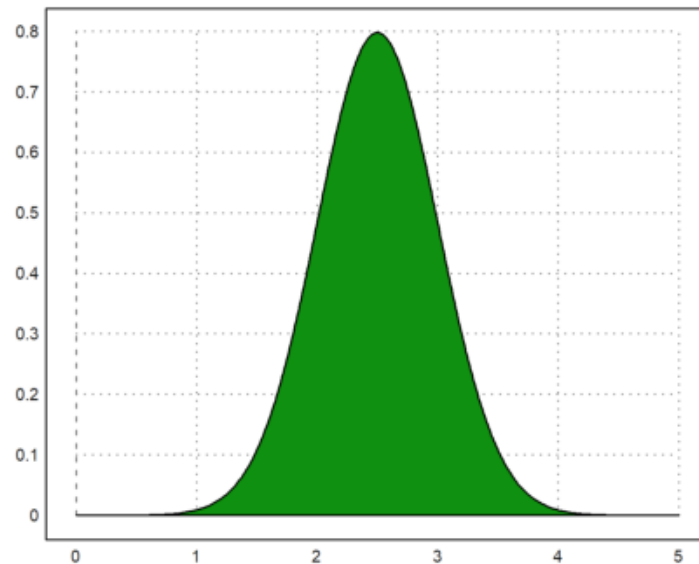
```
>plot2d(normal(1000),normal(1000),>points,grid=6,style=".."):
```



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

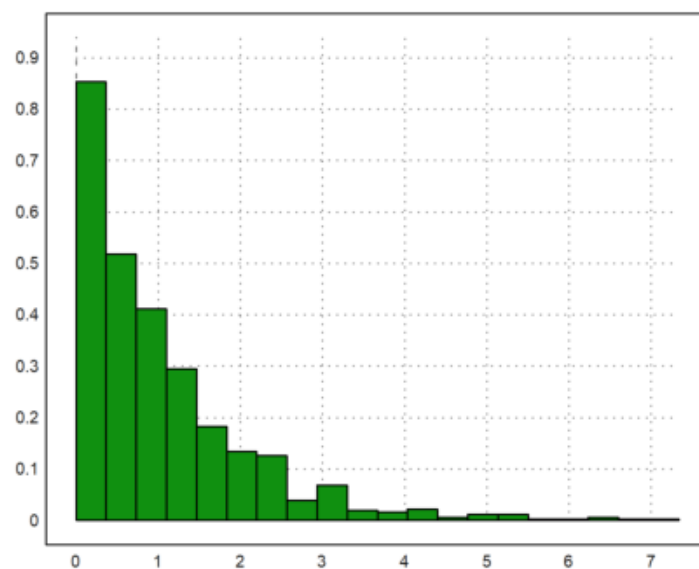


```
>plot2d("qnormal",0,5;2.5,0.5,>filled):
```



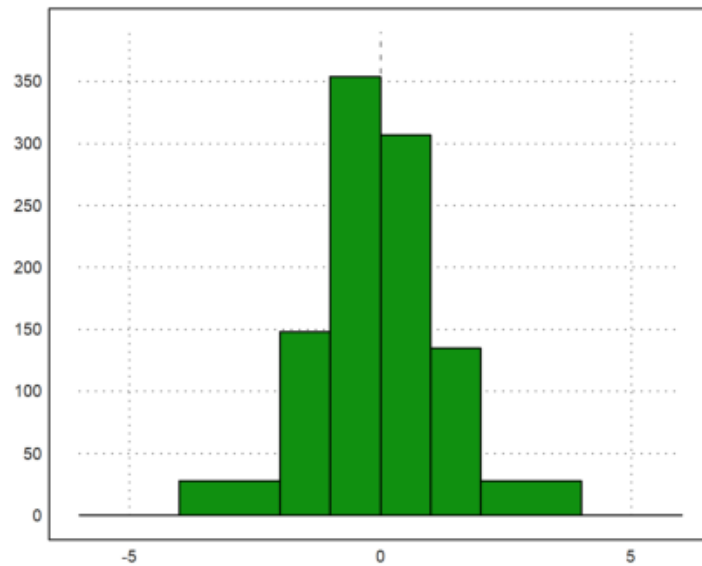
Untuk memplot distribusi statistik eksperimental, Anda dapat menggunakan `distribution=n` dengan `plot2d`.

```
>w=randexponential(1,1000); // exponential distribution
>plot2d(w,>distribution): // or distribution=n with n intervals
```



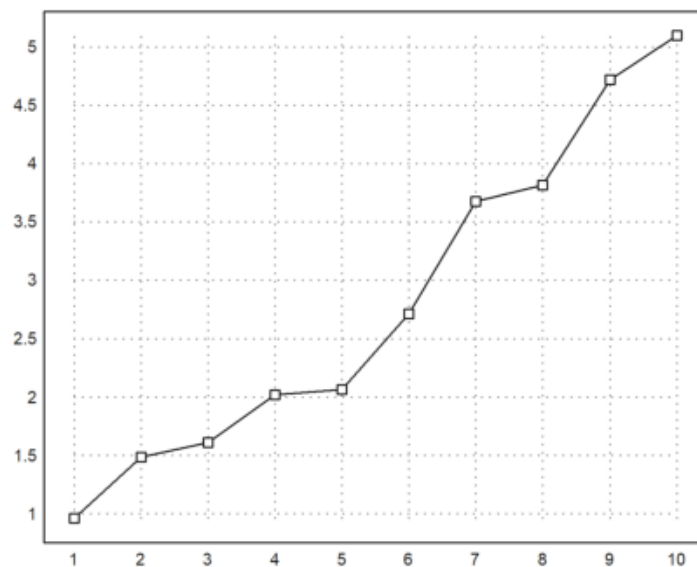
Atau Anda dapat menghitung distribusi dari data dan memplot hasilnya dengan `>bar` di `plot3d`, atau dengan `plot` kolom.

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

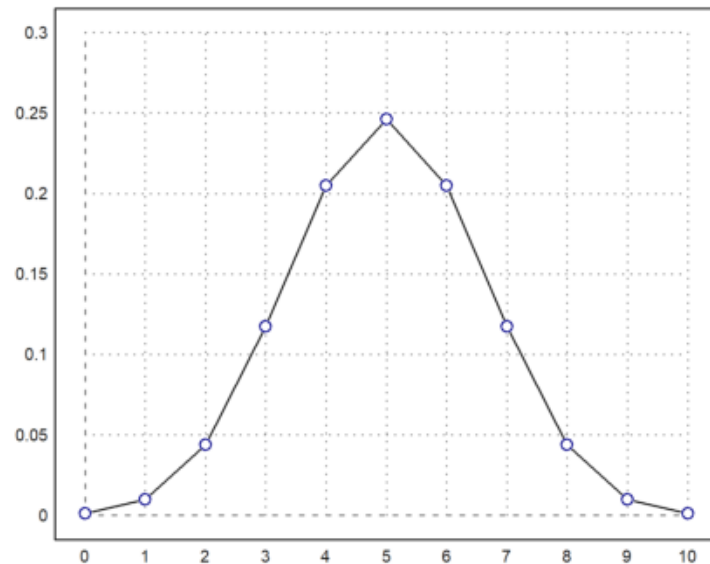


Fungsi `statplot()` mengatur gaya dengan string sederhana.

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



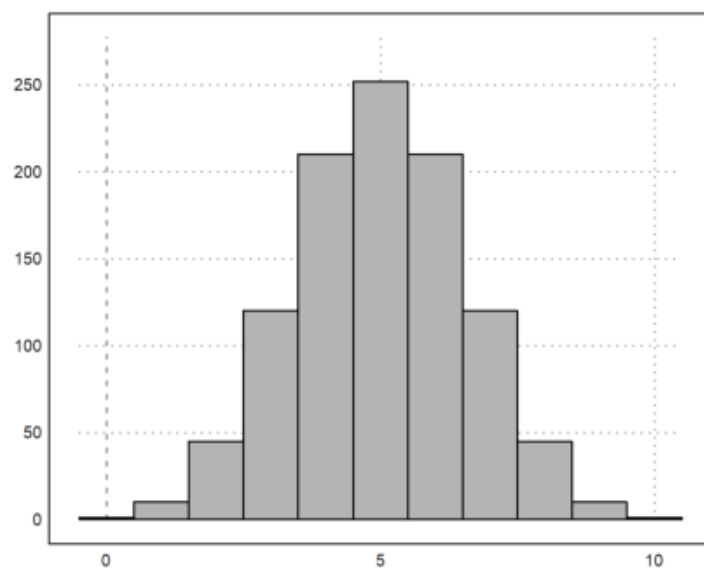
```
>n=10; i=0:n; ...
>plot2d(i,bin(n,i)/2^n,a=0,b=10,c=0,d=0.3); ...
>plot2d(i,bin(n,i)/2^n,points=true,style="ow",add=true,color=blue):
```



Selain itu, data dapat diplot sebagai batang. Dalam hal ini, x harus diurutkan dan satu elemen lebih panjang dari y. Batang akan memanjang dari  $x[i]$  ke  $x[i+1]$  dengan nilai  $y[i]$ . Jika x memiliki ukuran yang sama dengan y, maka x akan diperpanjang satu elemen dengan jarak terakhir.

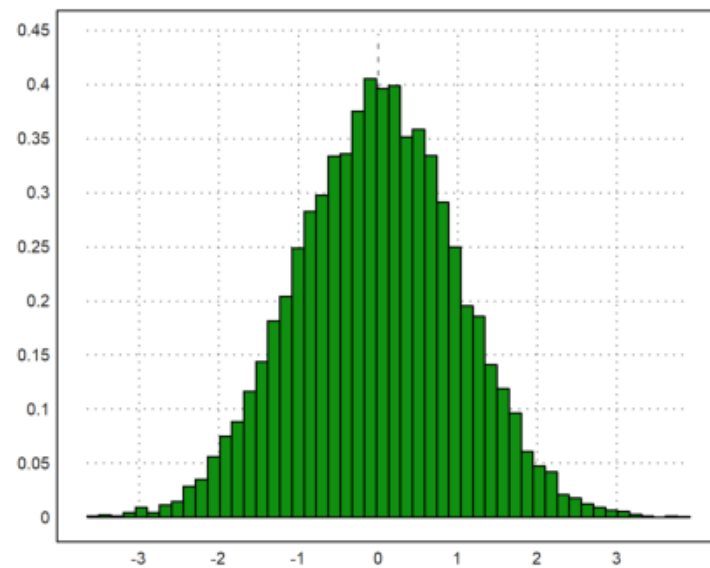
Gaya isian dapat digunakan seperti di atas.

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

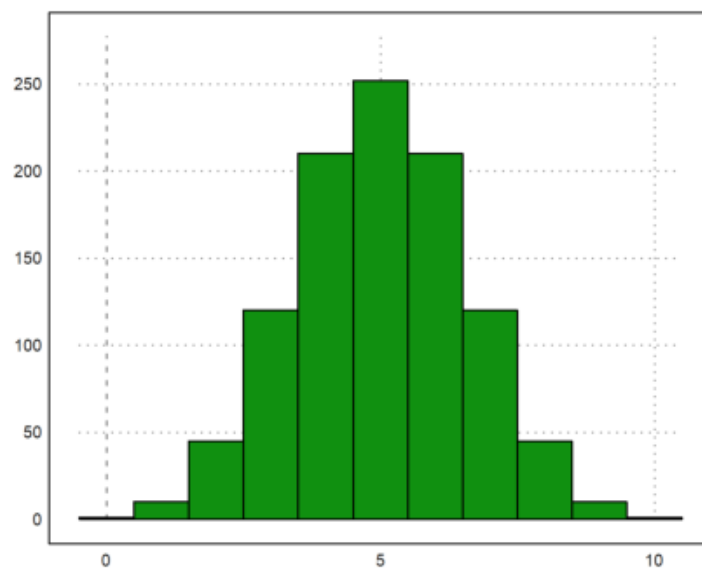


Data untuk plot batang (`bar=1`) dan histogram (`histogram = 1`) dapat diberikan secara eksplisit dalam `xv` dan `yv`, atau dapat dihitung dari distribusi empiris dalam `xv` dengan `>distribusi` (atau `distribusi = n`). Histogram dari nilai `xv` akan dihitung secara otomatis dengan `>histogram`. Jika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

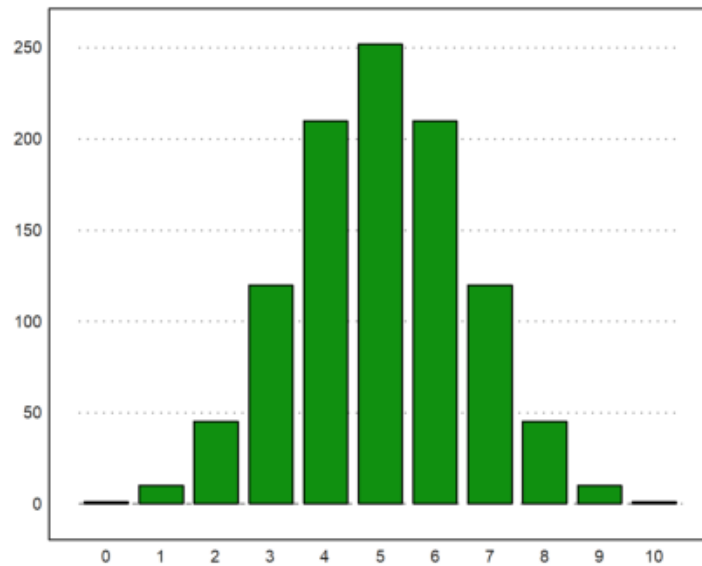
```
>plot2d(normal(10000),distribution=50):
```



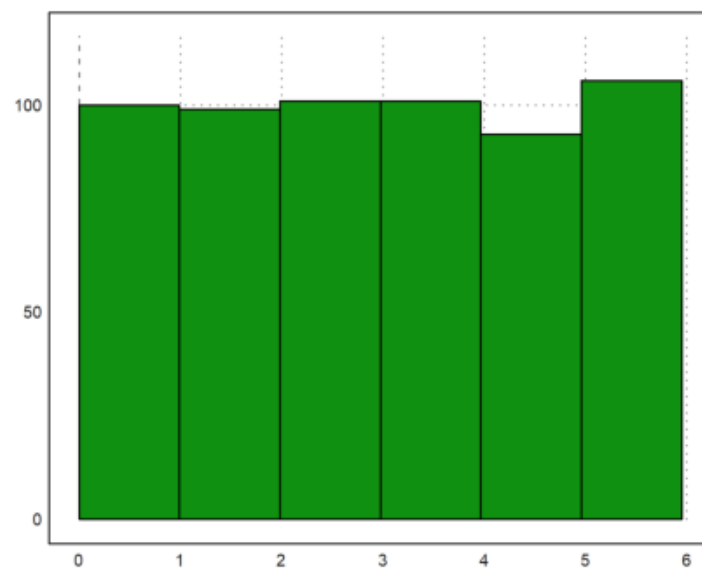
```
>k=0:10; m=bin(10,k); x=(0:11)-0.5; plot2d(x,m,>bar):
```



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

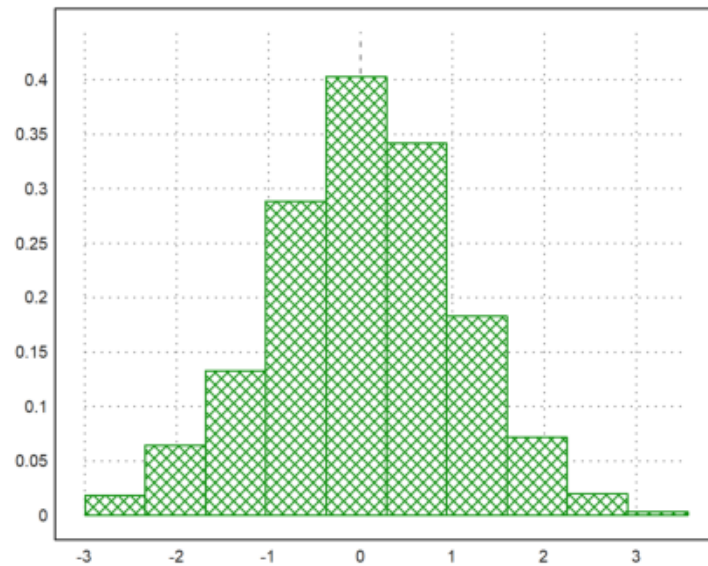


```
>plot2d(random(600)*6,histogram=6):
```



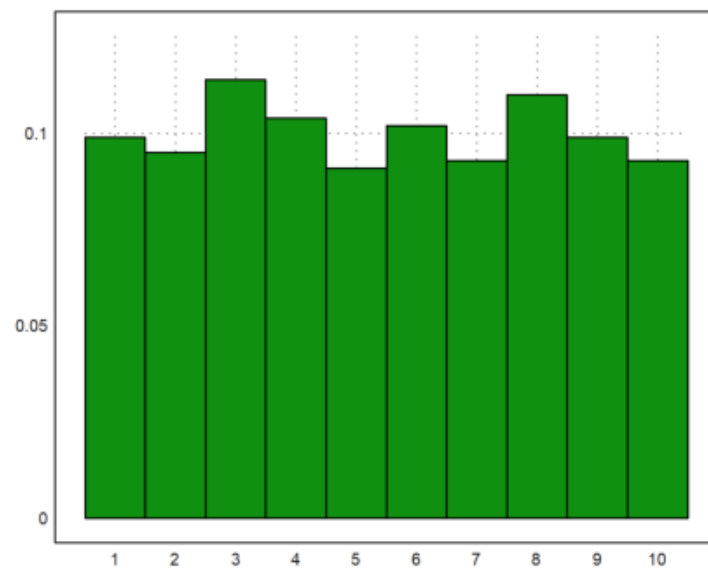
Untuk distribusi, ada parameter `distribution=n`, yang menghitung nilai secara otomatis dan mencetak distribusi relatif dengan `n` sub-interval.

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



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

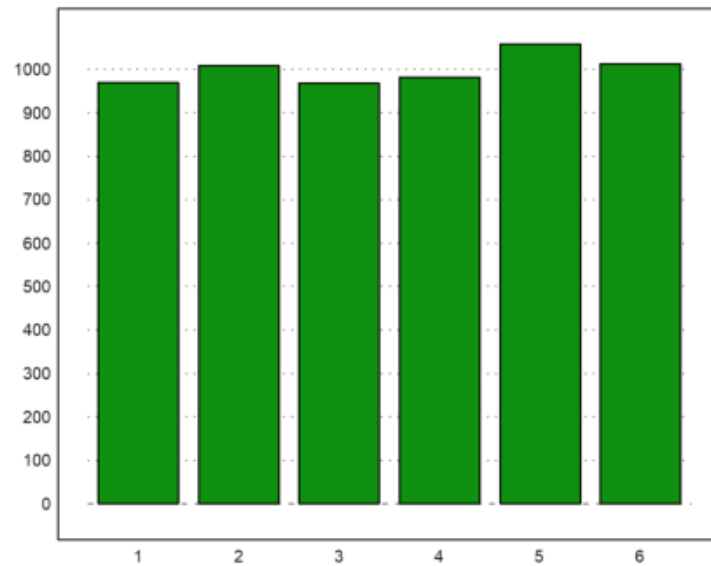
```
>plot2d(inrandom(1,1000,10),distribution=10,even=true):
```



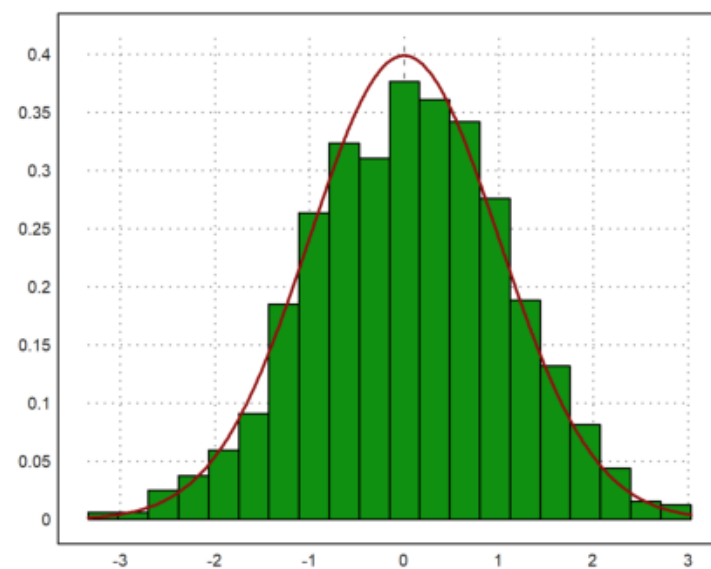
Perhatikan bahwa ada banyak plot statistik yang mungkin berguna. Lihatlah tutorial tentang statistik.

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



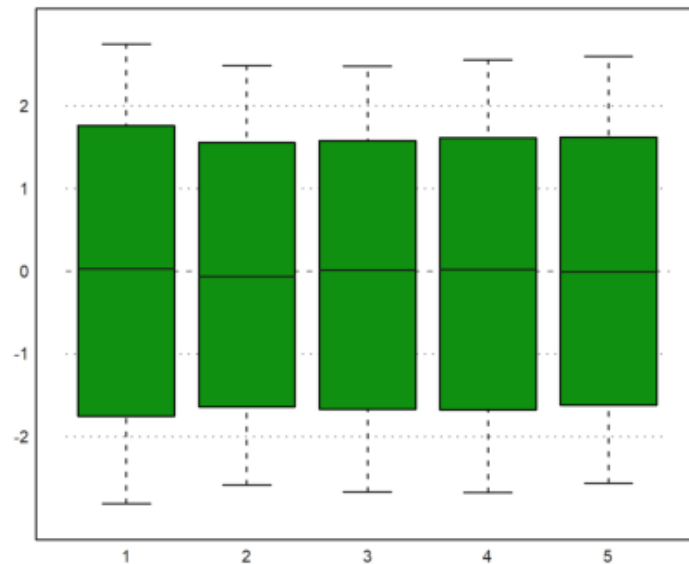


```
>plot2d(normal(1,1000),>distribution); ...
> plot2d("qnormal(x)",color=red,thickness=2,>add):
```



Ada juga banyak plot khusus untuk statistik. Boxplot menunjukkan kuartil dari distribusi ini dan banyak pencilan. Menurut definisi, pencilan dalam boxplot adalah data yang melebihi 1,5 kali kisaran 50% tengah plot.

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



## Fungsi Implisit

Plot implisit menunjukkan garis level yang menyelesaikan  $f(x,y)=\text{level}$ , di mana “level” dapat berupa nilai tunggal atau vektor nilai. Jika  $\text{level} = \text{“auto”}$ , akan ada  $nc$  garis level, yang akan menyebar di antara nilai minimum dan maksimum fungsi secara merata. Warna yang lebih gelap atau lebih terang dapat ditambahkan dengan  $>\text{hue}$  untuk mengindikasikan nilai fungsi. Untuk fungsi implisit,  $xv$  haruslah sebuah fungsi atau ekspresi dari parameter  $x$  dan  $y$ , atau, sebagai alternatif,  $xv$  dapat berupa sebuah matriks nilai.

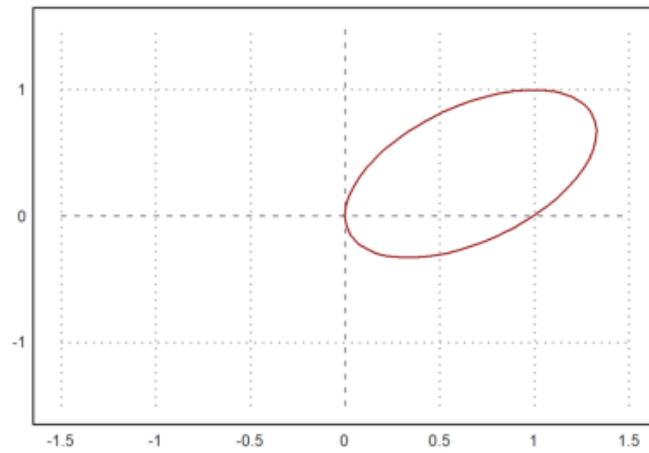
Euler dapat menandai garis level

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

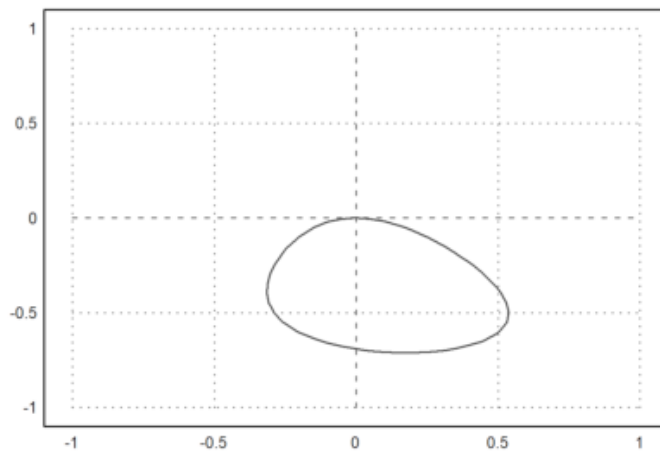
dari fungsi apa pun.

Untuk menggambar himpunan  $f(x,y)=c$  untuk satu atau lebih konstanta  $c$ , Anda dapat menggunakan `plot2d()` dengan plot implisitnya pada bidang. Parameter untuk  $c$  adalah  $\text{level} = c$ , di mana  $c$  dapat berupa vektor garis level. Sebagai tambahan, sebuah skema warna dapat digambar pada latar belakang untuk mengindikasikan nilai fungsi untuk setiap titik pada plot. Parameter “ $n$ ” menentukan kehalusan plot.

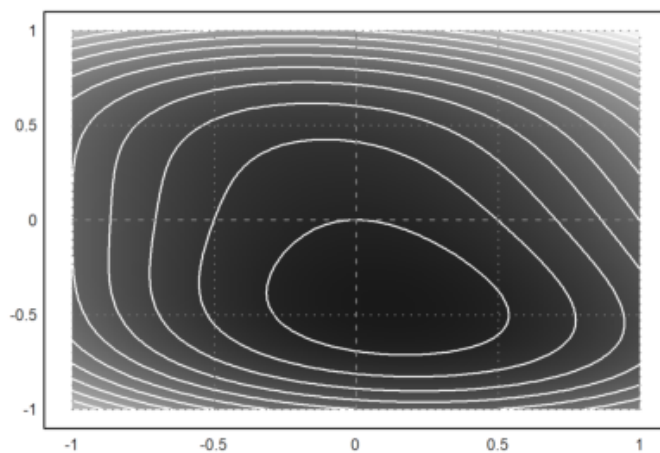
```
>aspect(1.5);
>plot2d("x^2+y^2-x*y-x",r=1.5,level=0,contourcolor=red):
```



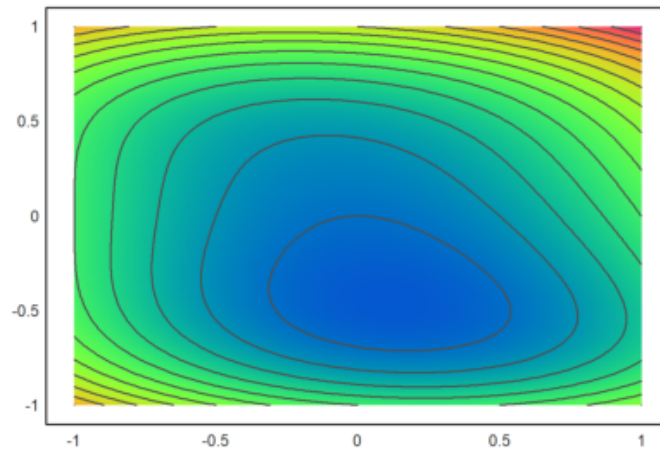
```
>expr := "2*x^2+x*y+3*y^4+y"; // define an expression f(x,y)
>plot2d(expr,level=0): // Solutions of f(x,y)=0
```



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

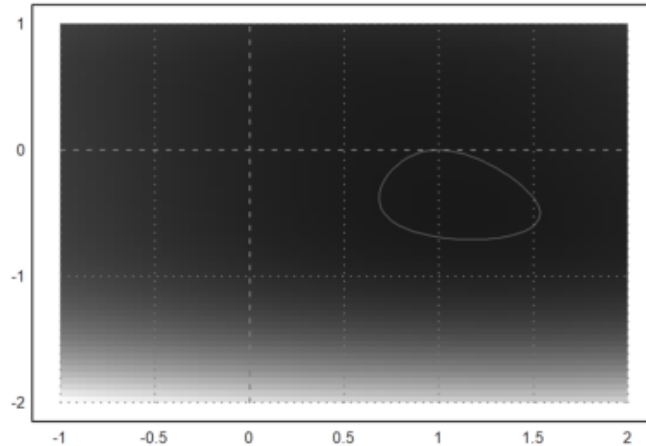


```
>plot2d(expr,level=0:0.5:20,>hue,>spectral,n=200,grid=4): // nicer
```

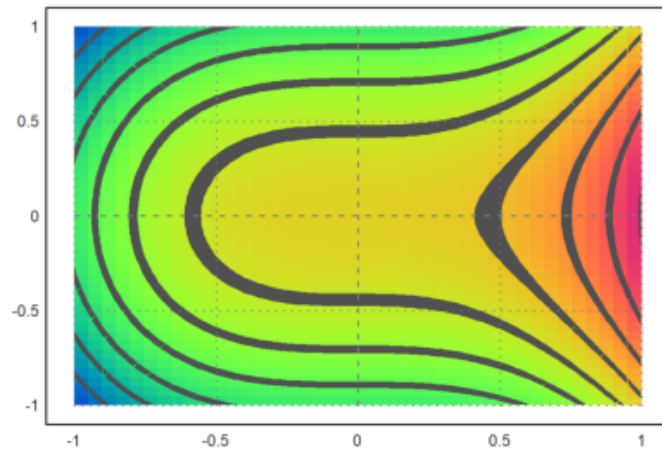


Hal ini juga berlaku untuk plot data. Tetapi Anda harus menentukan rentang untuk label sumbu.

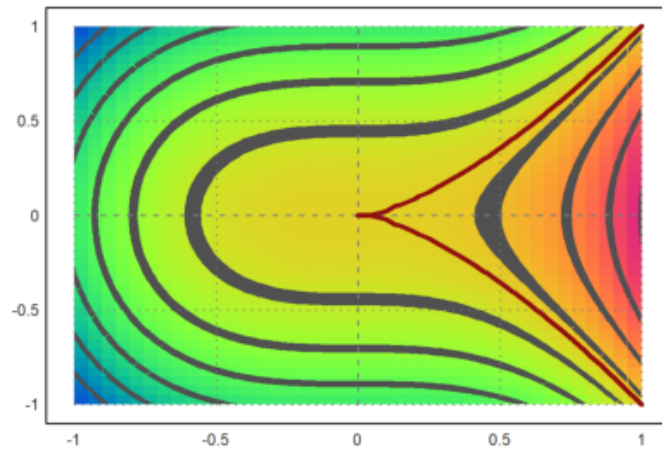
```
>x=-2:0.05:1; y=x'; z=expr(x,y);
>plot2d(z,level=0,a=-1,b=2,c=-2,d=1,>hue):
```



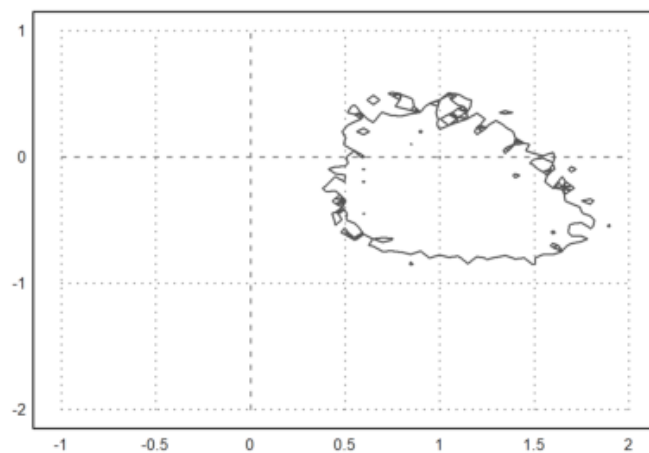
```
>plot2d("x^3-y^2",>contour,>hue,>spectral):
```



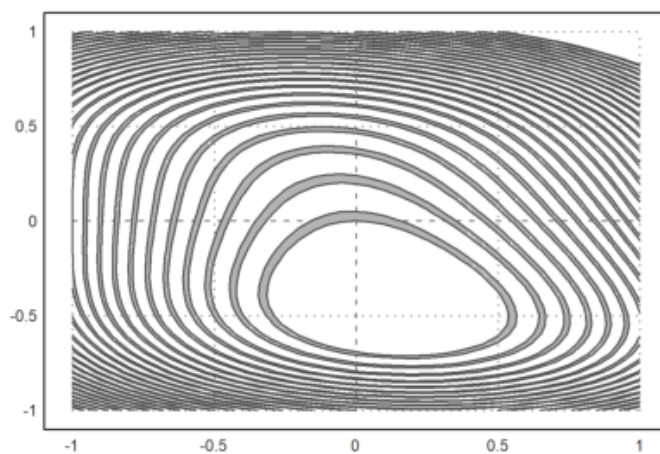
```
>plot2d("x^3-y^2",level=0,contourwidth=3,>add,contourcolor=red):
```



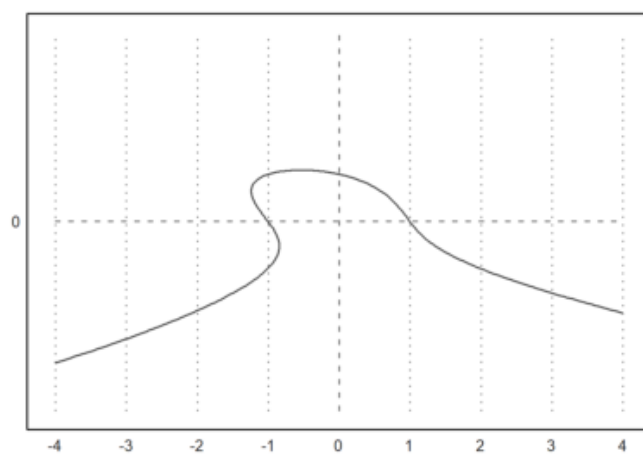
```
>z=z+normal(size(z))*0.2;
>plot2d(z,level=0.5,a=-1,b=2,c=-2,d=1):
```



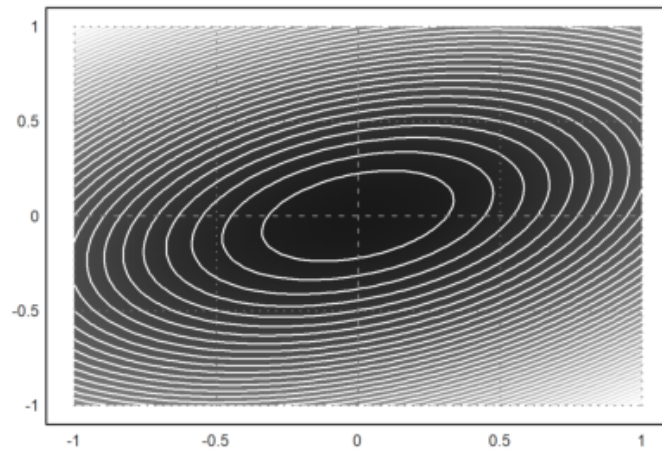
```
>plot2d(expr,level=[0:0.2:5;0.05:0.2:5.05],color=lightgray):
```



```
>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):
```



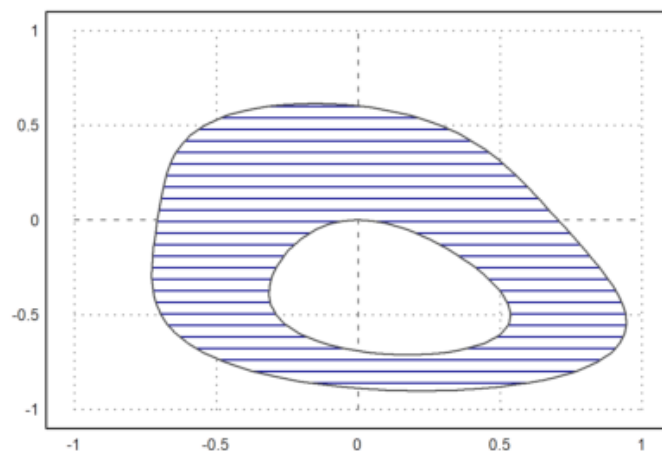
Dimungkinkan juga untuk mengisi set

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

dengan rentang level.

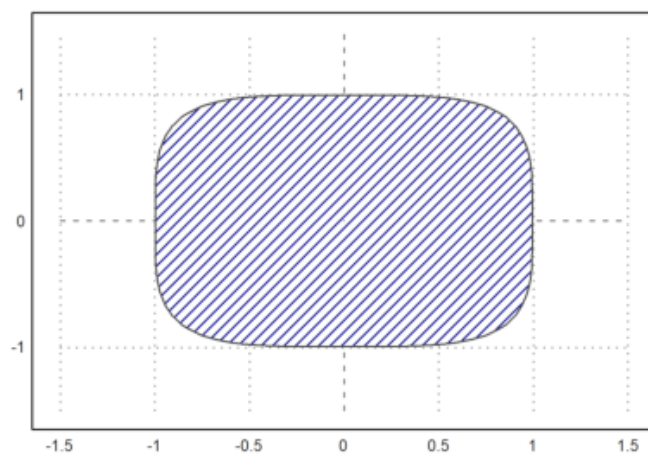
Dimungkinkan untuk mengisi wilayah nilai untuk fungsi tertentu. Untuk ini, level harus berupa matriks 2xn. Baris pertama adalah batas bawah dan baris kedua berisi batas atas.

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

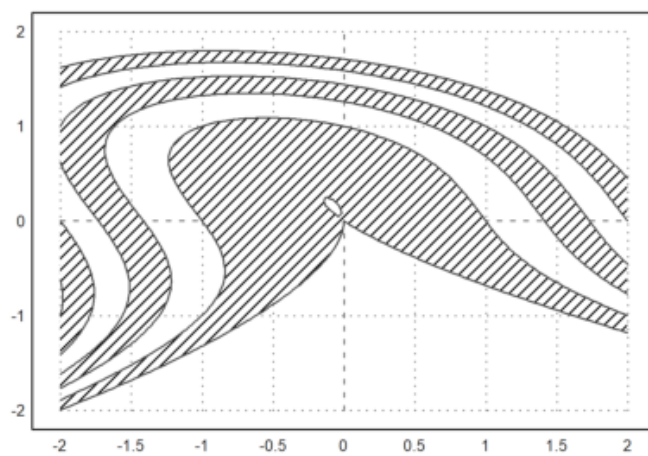


Plot implisit juga dapat menunjukkan rentang level. Maka level harus berupa matriks 2xn interval level, di mana baris pertama berisi awal dan baris kedua adalah akhir dari setiap interval. Sebagai alternatif, vektor baris sederhana dapat digunakan untuk level, dan parameter dl memperluas nilai level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

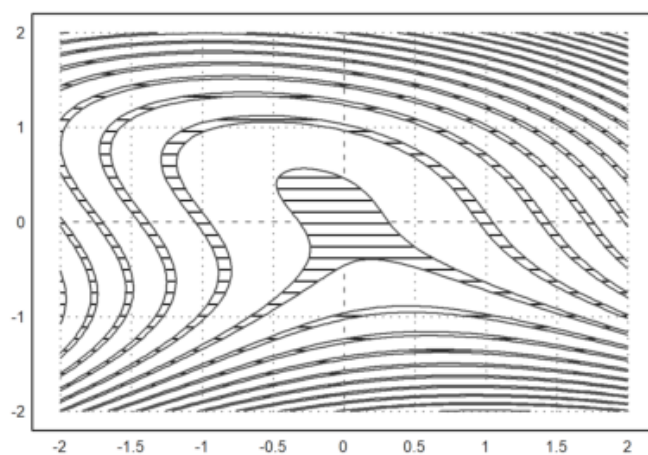
```
>plot2d("x^4+y^4",r=1.5,level=[0;1],color=blue,style="/"):
```



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

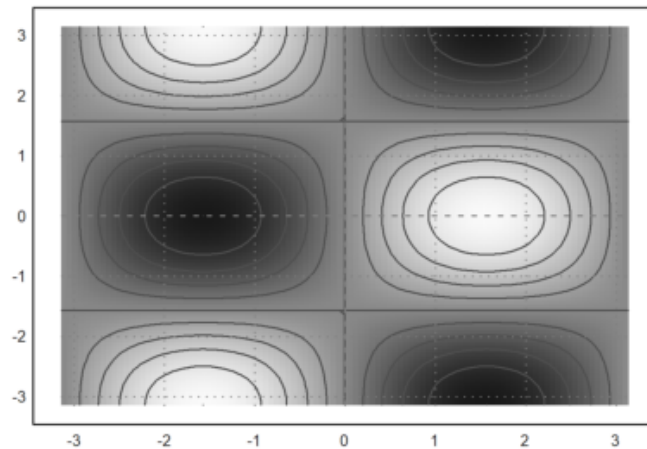


```
>plot2d("x^2+y^3+x*y",level=-10:20,r=2,style="-",dl=0.1,n=100):
```





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

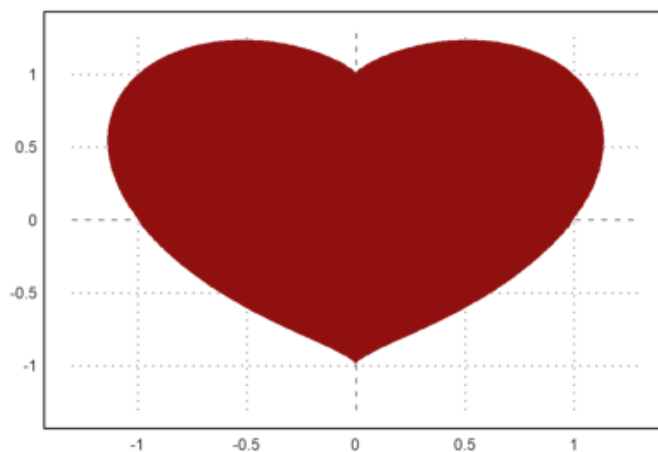


Anda juga dapat menandai suatu wilayah

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

Hal ini dilakukan dengan menambahkan level dengan dua baris.

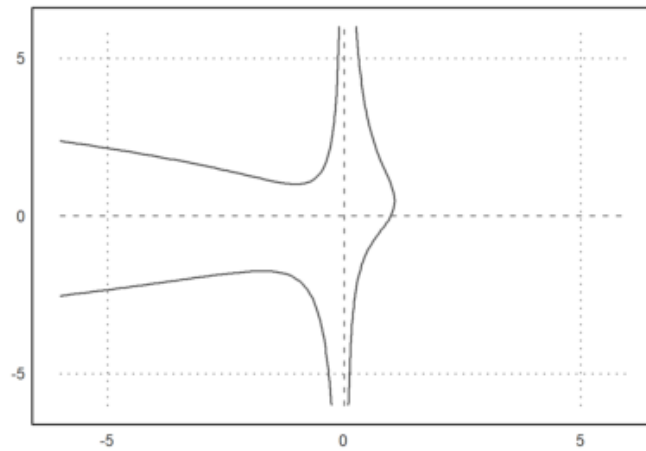
```
>plot2d("(x^2+y^2-1)^3-x^2*y^3",r=1.3, ...
> style="#",color=red,<outline, ...
> level=[-2;0],n=100):
```



Dimungkinkan untuk menentukan level tertentu. Sebagai contoh, kita dapat memplot solusi dari persamaan seperti

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

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



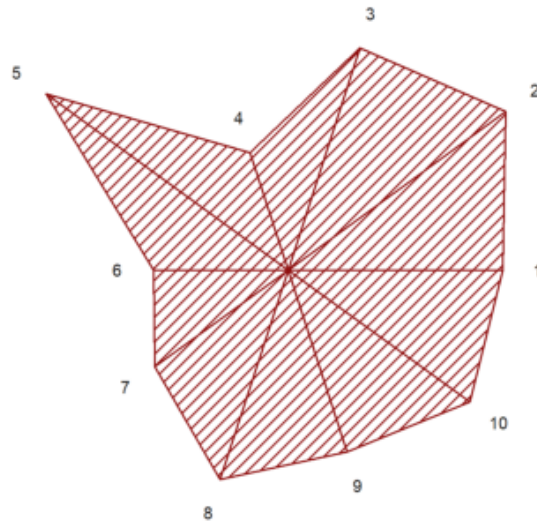
```
>function starplot1 (v, style="/", color=green, lab=none) ...
```

```
    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 kisi-kisi atau kutu sumbu di sini. Selain itu, kami menggunakan jendela penuh untuk plot.

Kami memanggil reset sebelum kami menguji plot ini untuk mengembalikan default grafis. Hal ini tidak perlu dilakukan, jika Anda yakin bahwa plot Anda berfungsi.

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



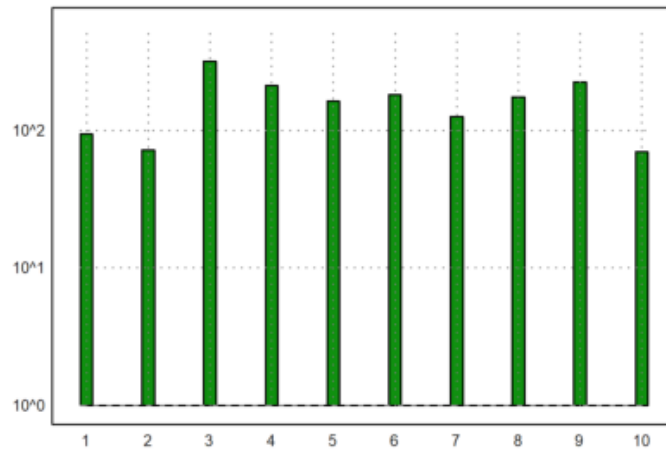
Terkadang, Anda mungkin ingin memplot sesuatu yang tidak dapat dilakukan oleh `plot2d`, tetapi hampir. Pada fungsi berikut ini, kita akan membuat plot impuls logaritmik. `plot2d` dapat membuat plot logaritmik, tetapi tidak untuk batang impuls.

```
>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
```

Let us test it with exponentially distributed values.

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



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

Fungsi `wait(0)` memaksa plot untuk muncul pada jendela grafik. Jika tidak, penggambaran 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 sembarang tombol untuk menghentikan animasi ini.

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

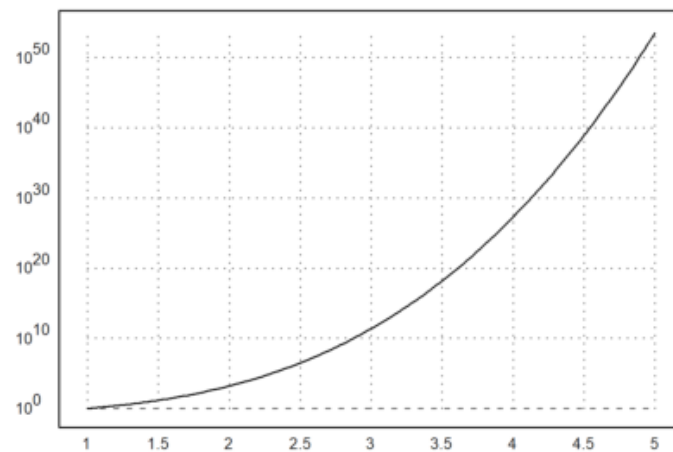
## Logarithmic Plots

EMT menggunakan parameter “logplot” untuk skala logaritmik.

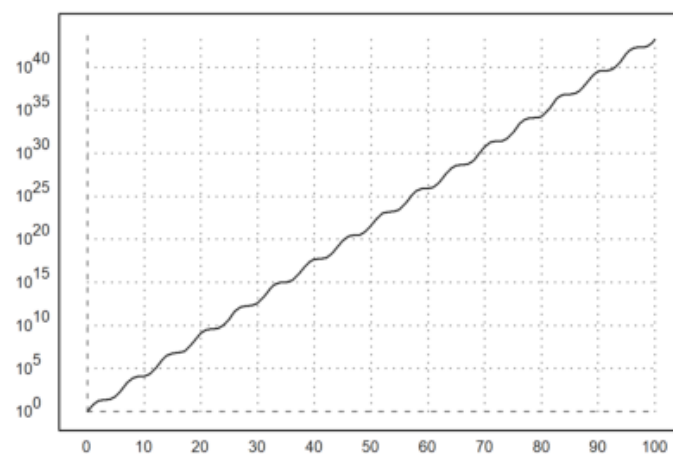
Plot logaritmik dapat diplot menggunakan skala logaritmik dalam y dengan `logplot = 1`, atau menggunakan skala logaritmik dalam x dan y dengan `logplot = 2`, atau dalam x dengan `logplot = 3`.

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

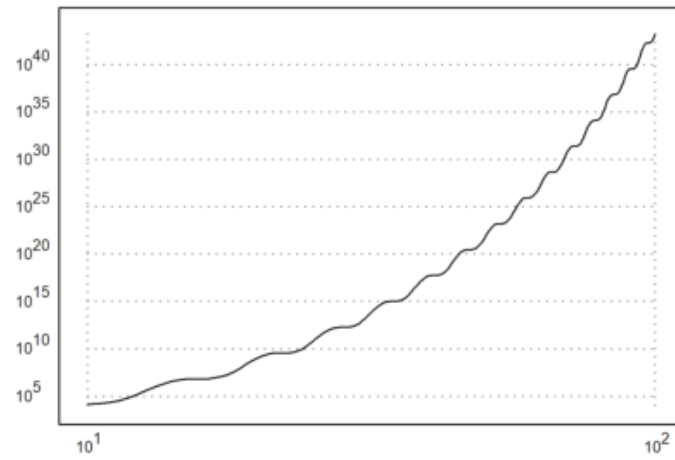
```
>plot2d("exp(x^3-x)*x^2",1,5,logplot=1):
```



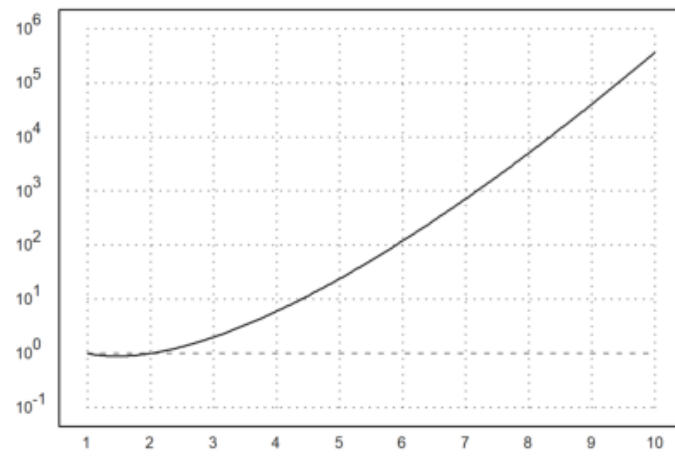
```
>plot2d("exp(x+sin(x))",0,100,logplot=1):
```



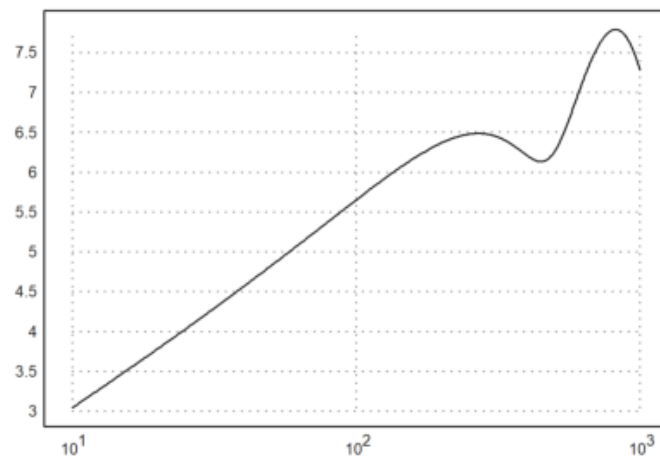
```
>plot2d("exp(x+sin(x))",10,100,logplot=2):
```



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

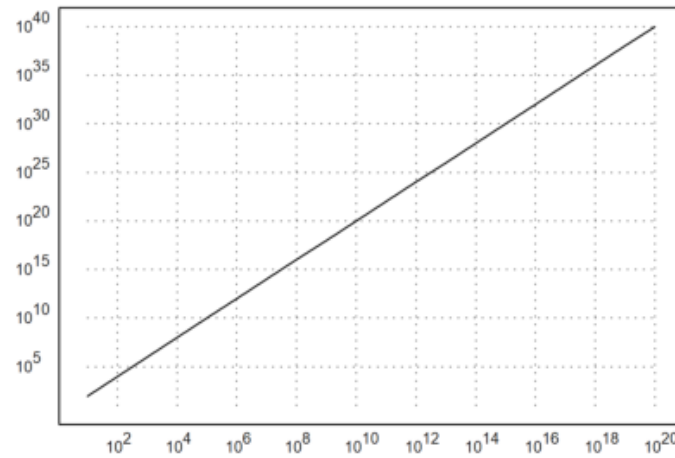


```
>plot2d("log(x*(2+sin(x/100)))",10,1000,logplot=3):
```



Hal ini juga bisa dilakukan dengan plot data.

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



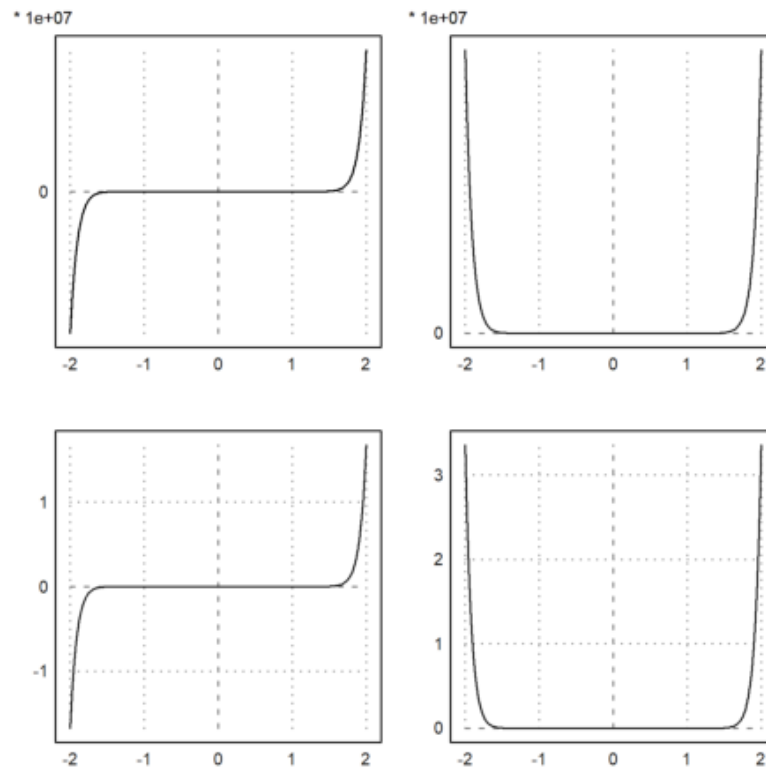
---

## SOAL DAN PEMBAHASAN

1. Gambarkan plot fungsi berikut

$$2x^2 + n, 1 \leq n \leq 4$$

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



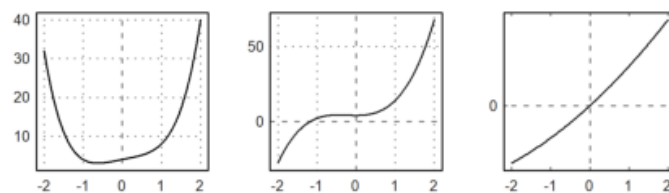
2. Gambarkan grafik fungsi berikut :

$$2x^4 + 2x + 4$$

$$6x^3 + 4x^2 + 4$$

$$2x^2 + 20x$$

```
>reset;...
>aspect(3,1); ...
>figure(1,3); ...
>figure(1); plot2d("2*x^4+2*x+4", grid=2); ...
>figure(2); plot2d("6*x^3+4*x^2+4", grid=5); ...
>figure(3); plot2d("2*x^2+20*x", grid=6); ...
>figure(0):
```

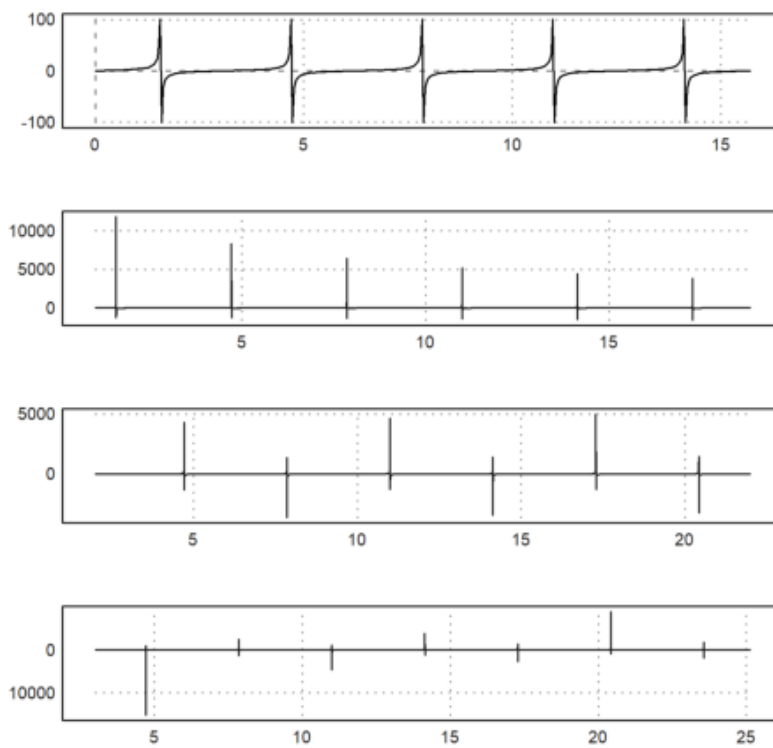




### 3. Gambarkan grafik berikut

$$2\tan x$$

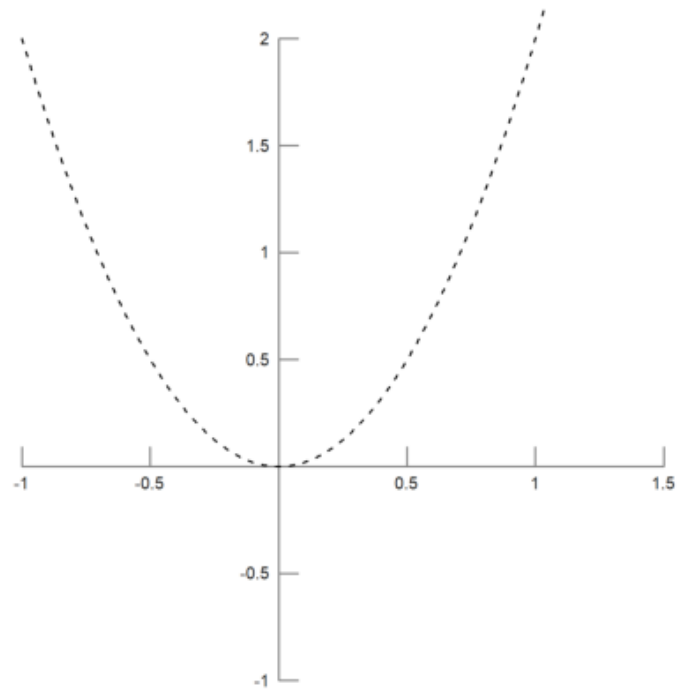
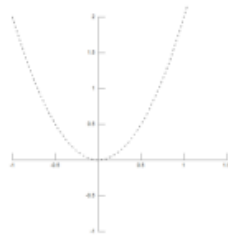
```
>reset;...  
>aspect(7,7);...  
>figure(4,1);...  
>figure(1); plot2d("2*tan(x)", 0, 5pi);...  
>figure(2); plot2d("2*tan(x)", 1, 6pi);...  
>figure(3); plot2d("2*tan(x)", 2, 7pi);...  
>figure(4); plot2d("2*tan(x)", 3, 8pi);...  
>figure(0):
```



### 4. Buatlah grafik fungsi dari

$$2x^2x$$

```
>reset;...  
>plot2d("2*x^2", a=-1, b=1.5, c=-1, d=2, grid=7, style="--");...  
>insimg(10):
```

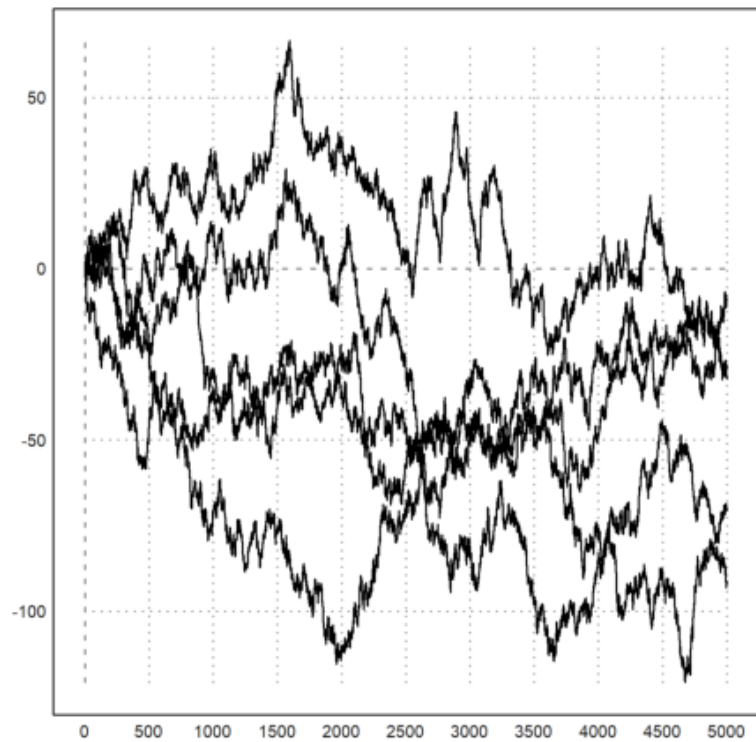


```
>plot2d("x", >add, color=orange, thickness=2, style=".")
>&$solve(2*x^2=x)
```

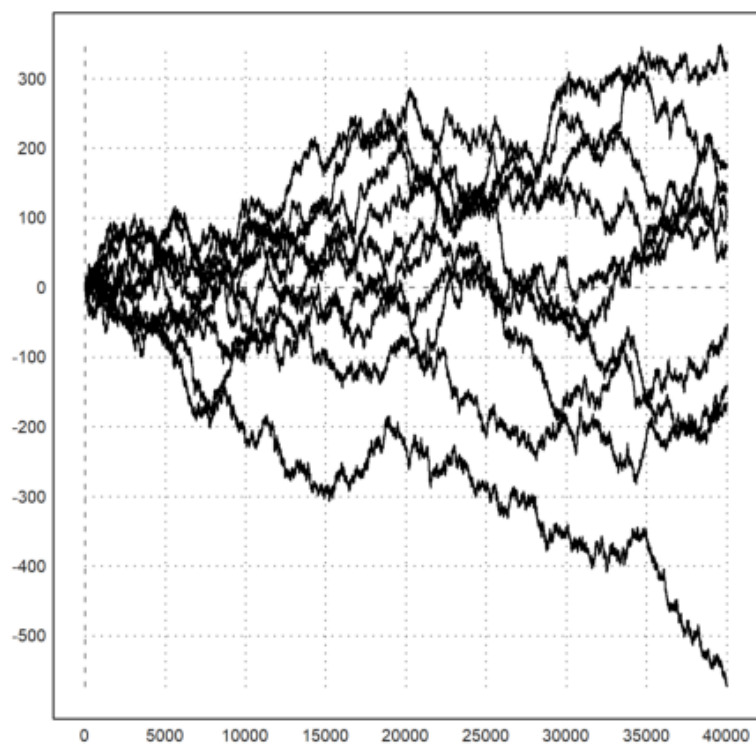
$$[x = \frac{1}{2}, x = 0]$$

## 5. Buatlah beberapa contoh plot statistik !

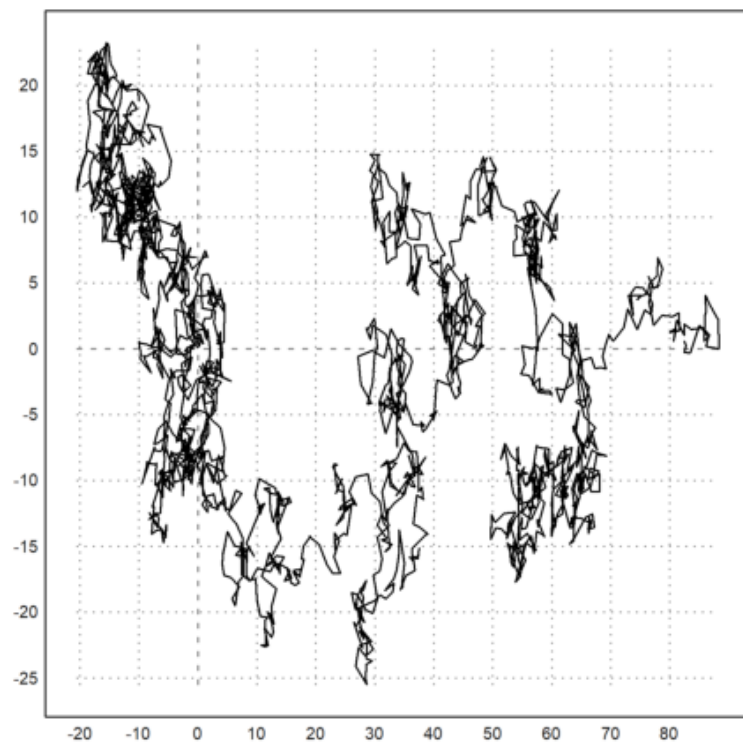
```
>reset;
>plot2d(cumsum(randnormal(5,5000))) :
```



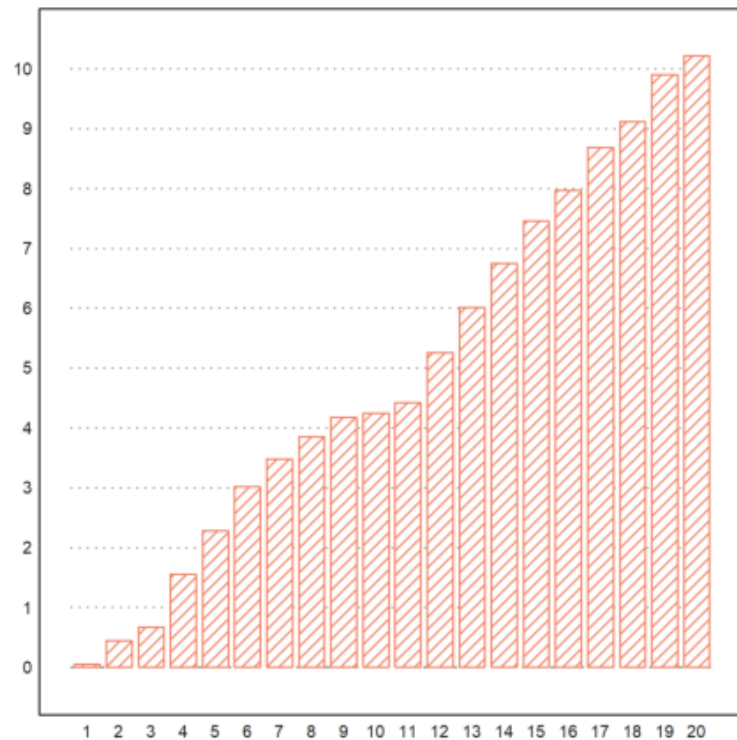
```
>reset;
>plot2d(cumsum(randnormal(10,40000))):
```



```
>reset;  
>X=cumsum(randnormal(5,2000)); plot2d(X[1],X[2]):
```



```
>reset;  
>columnplot(cumsum(random(20)),style="/",color=orange):
```



```
>reset;
```

Variable or function x not found.

Error in:

```
plot2d(x,y>filled,fillcolor=red,style="/", r=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.