

## 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).

### Basic Plots

---

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. Terdapat 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.

Macam-macam basic plot :

```
>clg; // untuk membersihkan layar
>window(0,0,1024,1024); // gunakan semua window
>setplot(0,1,0,1); // koordinat set plot
>hold on; // untuk memulai overwrite mode
>n=100; X=random(n,2); Y=random(n,2); // untuk membuat koordinat acak
>colors=rgb(random(n),random(n),random(n)); // get random colors
>loop 1 to n; color(colors[#]); plot(X[#],Y[#]); end; // plot
>hold off; // mengakhiri overwrite mode
>insimg; // memasukkan ke notebook notebook
>reset;
```

Grafik perlu ditahan, karena perintah `plot()` akan menghapus jendela plot.

Untuk menghapus semua yang kami lakukan, maka 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. Maka Kita harus menambahkan beberapa margin sesuai kebutuhan.

```
>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 utility `figure()` untuk ini.

### Plot Aspect

---

Plot default menggunakan jendela plot persegi. Anda dapat mengubahnya dengan fungsi `aspek()`. 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(1); // rasio panjang dan lebar 2:1
>plot2d(["sin(x)", "cos(x)"], 0, 2pi):
>aspect(2); // rasio panjang dan lebar 2:1
>plot2d(["sin(x)", "cos(x)"], 0, 2pi):
>aspect(3); // 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 di pesawat,
- kurva implisit dengan level atau wilayah 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 fungsinya.

Catatan: Jika Anda mengakhiri baris perintah dengan titik dua ":", plot akan dimasukkan ke dalam jendela teks.

```
>plot2d("x^2"):
>aspect(1.5); plot2d("x^3-x"):
>a:=5.6; plot2d("exp(-a*x^2)/a"); insimg(30);
```

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 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):  
>plot2d("sin(x)",-2*pi,2*pi):  
>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.

Untuk membagi jendela menjadi beberapa plot, gunakan perintah figure(). Dalam contoh, kita memplot  $x^1$  hingga  $x^4$  menjadi 4 bagian jendela. gambar(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

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):
```

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):
```

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):
```

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

```
>plot2d("gamma(x)",1,10,yl="y-values",smaller=6,<vertical):
>x=linspace(0,2pi,1000); plot2d(sin(5x),cos(7x)):
>a:=5.6; expr &= exp(-a*x^2)/a;
>plot2d(expr,-2,2):
>plot2d(expr,r=1,thickness=2):
>plot2d(&diff(expr,x),>add,style="--",color=red):
>plot2d(&diff(expr,x,2),a=-2,b=2,c=-2,d=1):
>plot2d(&diff(expr,x),a=-2,b=2,>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 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; // 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 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 gaya garis ada berbagai pilihan.

- gaya="...". Pilih dari "-", "--", "-.", ".", ":-", "-.-".
- Warna: Lihat di bawah untuk warna.
- ketebalan: 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))):
```

## Menggambar Beberapa Kurva pada bidang koordinat yang sama

Memvisualisasikan data yang memiliki lebih dari satu fungsi ke dalam satu jenis jendela/gambar yang sama, dapat dilakukan dengan beberapa cara. Salah satu caranya adalah dengan menggunakan >add. >add ini digunakan untuk memanggil fungsi-fungsi tadi secara bersamaan. Kita telah menggunakan metode ini diatas, pada contoh contoh sebelumnya.

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

- Baris perintah diatas digunakan untuk membuat grafik dari fungsi "cos(x)".
  - aspect() digunakan untuk mengatur rasio dari grafik yang menentukan proporsi antara sumbu x dan sumbu y.
  - r=2, artinya radius di sekitar pusat plotnya adalah 2
  - grid=6, digunakan untuk mengatur jumlah garis grid atau jenis grid yang digunakan pada grafik.
- Fungsi kedua yang akan kita plot adalah fungsi  $y=x$
- style=".", artinya kita ingin membuat grafik dengan menggunakan titik titik untuk menandai nilai-nilai pada grafik.

```
>aspect(2.5); 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):
```

- Pada perintah ini kita menggunakan aspect(1.5). Fungsi yang ingin kita plot adalah fungsi sin(x) dengan nilai  $x=0$  sampai  $x=2\pi$ . Fungsi kedua yang akan kita tambahkan ke plot sin(x) adalah fungsi cos(x) dengan style garisnya berupa garis putus putus berwarna biru.

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

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

- Pada perintah ini kita akan memplot grafik dari fungsi sin(x) dengan interval x dari 0 sampai pi. Lalu kita ingin menambahkan suatu titik pada grafik sinus x tadi, dengan cara menambahkan perintah lain yaitu plot2d(2, sin(2), >point, >add);. 2 dalam perintah tersebut artinya nilai x yang kita pilih adalah 2. Dengan menambahkan >point pada garis perintah, kita sudah dapat menambahkan satu titik pada grafik sinus tadi.
- Pada contoh di bawah ini, kita akan memplot suatu fungsi dan menambahkan suatu titik dengan label nama ("cl" atau center left), dan menyimpan hasilnya di notebook. Kita juga akan menambahkan label atau judul untuk plot fungsinya.

```
>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):
```

- Fungsi yang kita plot di atas adalah fungsi cos(x) dan  $y=x$ , dengan rentang sumbu x dan sumbu y 1.1, artinya sumbu x dan y akan diperluas sedikit lebih dari -1.1 hingga 1.1, posisi pusat grafik pada koordinat adalah 0.5 relatif terhadap rentang grafik, kurva cos(x) berwarna hitam dengan style garis solid dan kurva  $y=x$  berwarna biru dengan style titik-titik. Tampilan grid yang digunakan dalam plot ini adalah grid 1.
- ( $x_0=\text{solve}(\text{"cos(x)-x"},1)$ ) merupakan perintah yang digunakan untuk menyelesaikan persamaan  $\cos(x)-x=0$ , dan hasilnya akan disimpan dalam variabel  $x_0$ . Perintah plot yang kedua digunakan untuk menambahkan titik pada plot yang sudah dibuat sebelumnya, dengan nilai  $x=y=x_0$ . Selain itu, plot kedua ini ditambahkan label nama "Intersection Demo".
- ( $\text{label}(\text{"cos(x)=x"},x_0,x_0,\text{pos}=\text{"Cl"},\text{offset}=20)$ ) merupakan perintah untuk menambahkan label pada titik potong antara grafik cos(x) dan x. Label nama ini diposisikan di center left, atau sebelah kiri pusat (titik) dan ada offset=20 dari titik potong, supaya titik tidak tertutup oleh label teks.

Dalam contoh berikut ini, kita akan memplot fungsi  $\text{sinc}(x)=\sin(x)/x$  dan ekspansi Taylor ke-8 dan ke-16. Untuk mencari ekspansi Taylor ini, kita akan menggunakan Maxima melalui ekspresi simbolik. Dalam perintah berikut, dilakukan pemanggilan `plot2d()` sebanyak 3 kali dan dilakukan dalam perintah multi baris. Perintah plot kedua dan ketiga memiliki set flag `>add`, yang membuat plot menggunakan interval sebelumnya pada pemanggilan plot pertama.

Kita menambahkan kotak label yang menjelaskan fungsi-fungsi tersebut.

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

- Pemanggilan plot pertama digunakan untuk menggambar fungsi  $\text{sinc}(x)$  pada interval 0 sampai  $4\pi$ . Warna dari grafik ini adalah hijau, dengan ketebalan 2.

- Pemanggilan plot kedua digunakan untuk menggambar grafik dari polinomial Taylor, dari derajat 0 sampai dengan derajat 8. Warna dari grafik ini adalah biru, dan style garis putus putus.

- Pemanggilan plot ketiga digunakan untuk menggambar grafik dari polinomial Taylor, dari derajat 0 sampai dengan derajat 16. Warna dari grafik ini adalah merah, dan style garis dengan titik-titik putus.

- Perintah keempat digunakan untuk menambahkan kotak label untuk menjelaskan grafik-grafik yang digambar. Fungsi  $\text{sinc}(x)$  diberikan warna hitam dengan style garis solid, fungsi Taylor sampai derajat ke-8 diberikan warna biru dengan style garis putus-putus, dan fungsi Taylor sampai derajat ke-16 diberikan warna merah dengan style garis dengan titik-titik putus.

Pada 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;
```

- Perintah `(plot2d("(1-x)^10",0,1))` digunakan untuk menggambar grafik dari fungsi  $(1-x)^{10}$  pada rentang 0 hingga 1. Grafik ini menggambarkan bentuk polinomial dari fungsi tersebut.

- Perintah kedua digunakan untuk mengulang perintah dari  $i=1$  hingga  $i=10$ . Dalam setiap iterasi loop, perintah ini menggambar grafik dari suku polinomial dalam ekspansi binomial dari  $(1-x)^{10}$ . Fungsi yang diplot adalah  $\text{bin}(10,i) \cdot x^i \cdot (1-x)^{(10-i)}$  dimana  $\text{bin}(10,i)$  adalah koefisien binomial.

- Perintah `insimg` digunakan untuk menyisipkan atau menampilkan gambar dalam hasil output.

Metode kedua menggunakan sepasang matriks nilai  $x$  dan matriks nilai  $y$  dengan ukuran yang sama.

Kita membuat sebuah matriks nilai dengan satu Polinomial Bernstein di setiap baris. Untuk ini, kita cukup menggunakan vektor kolom  $i$ . Baca kembali pengantar tentang bahasa matriks untuk mempelajari lebih lanjut.

```
>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):
```

- Perintah linspace digunakan untuk membuat vektor x yang berisi 500 titik yang terdistribusi secara merata (linier) dari 0 hingga 1.
  - Perintah kedua digunakan untuk membuat vektor.
  - Perintah ketiga digunakan untuk menghitung nilai-nilai untuk y berdasarkan ekspansi binomial. Hasil dari operasi pada baris perintah ini adalah sebuah matriks.
  - plot2d(x,y) digunakan untuk menggambar grafik 2d dari matriks y terhadap vektor x.
- 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):
```

Cara lain adalah dengan menggunakan vektor ekspresi (string). Lalu kalian dapat menggunakan larik warna, larik gaya, dan larik ketebalan dengan panjang yang sama.

```
>plot2d(["sin(x)", "cos(x)"], 0, 2pi, color=2:3):
```

Perintah diatas digunakan untuk memplot fungsi sin(x) dan cos(x) dalam rentang 0 hingga 2pi. Pada plot in, kedua fungsi diberikan warna yang berbeda.

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

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) // 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 ]
```

- fungsi makelist() digunakan untuk membuat list dari elemen-elemen yang dihasilkan oleh ekspresi di dalamnya berdasarkan parameter yang diberikan.
- (binomial(10,i)) merupakan fungsi yang digunakan untuk menghitung koefisien binomial, yaitu angka yang muncul dalam ekspansi dari (a+b)^10.
- (i,0,10) merupakan rentang iterasi untuk i dalam fungsi makelist. Artinya i akan berubah dari 0 hingga 10 dan untuk setiap nilai i dalam rentang ini, ekspresi binomial(10,i)\*x^i\*(1-x)^(10-i) akan dihitung dan dimasukkan ke dalam list.

```
>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

```

- `mxmstr()` merupakan fungsi yang digunakan untuk mengkonversi atau mengubah format data dari bentuk simbolik menjadi bentuk string.

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

- Perintah diatas digunakan untuk memvisualisasikan fungsi yang sudah dikonversi sebelumnya, yaitu fungsi `mxm2str(v)`, dari rentang  $x=0$  sampai  $x=1$ .

Alternatif lain adalah dengan menggunakan bahasa matriks di Euler.

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

Untuk ini, gunakan vektor parameter dalam bentuk vektor kolom. Jika sebuah larik 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 kalian tidak dapat menggunakan variabel global, kalian perlu menggunakan fungsi dengan parameter ekstra, dan memberikan parameter ini sebagai parameter semicolon atau titik koma.

Hati-hati dalam meletakkan semua parameter yang diberikan di akhir perintah `plot2d`. Pada contoh di bawah ini, kita memasukkan nilai  $a=5$  ke dalam 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"):

```

- Plot diatas merupakan plot dari fungsi  $f(x,a) := 1/a \cdot \exp(-x^2/a)$ ,  $x$  merupakan variabel independen dan  $a$  merupakan parameter yang mempengaruhi bentuk fungsi. Interval sumbu  $x$  dari  $x=-10$  hingga  $x=10$ , ketebalan garis kurvanya 2, dengan judul grafik " $a=5$ ".

Atau gunakan koleksi dengan nama fungsi dan semua parameter tambahan. List atau daftar khusus ini disebut koleksi panggilan, dan itu merupakan cara yang lebih banyak digunakan untuk mengoper argumen ke fungsi yang dengan sendirinya dioper sebagai argumen ke fungsi lain.

Pada contoh berikut, kita menggunakan `perulangan` untuk memplot beberapa fungsi.

```

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

```

- Plot diatas merupakan plot dari fungsi f dengan parameter a=1, dan dari interval x=-10 sampai x=10.
  - Perintah kedua merupakan perulangan untuk menggambar grafik fungsi f dengan parameter a=2:10 (2 sampai 10). Grafik baru dengan nilai a=2:10 ini kemudian ditambahkan ke grafik pertama saat nilai a=1.
- Kita dapat mendapatkan hasil yang sama dengan grafik diatas menggunakan cara berikut, yaitu menggunakan bahasa matriks EMT. Masing-masing matriks f(x,a) adalah satu fungsi. Selain itu, kita dapat mengatur masing-masing baris dari matriks menggunakan warna yang berbeda. Klik dua kali pada fungsi getspectral() untuk penjelasan lebih lanjut.

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

- Perintah x=-10:0.01:10 digunakan untuk membuat vektor x yang berisi nilai dari -10 hingga 10 dengan interval 0.01.
- Perintah a=(1:10)' digunakan untuk mendefinisikan vektor a yang berisi nilai dari 1 hingga 10.
- Perintah plot2d(x,f(x,a),color=getspectral(a/10)) digunakan untuk menggambar grafik dari fungsi f dengan x sebagai variabel independen dan a sebagai parameter. getspectral() digunakan untuk menetapkan warna yang berbeda pada setiap kurva.

## Soal Latihan Tambahan

1. Sketsakan grafik fungsi berikut di interval 1:10

$$g(x) = \sqrt{(x+3)} + 1$$

```
>function g(x) := sqrt((x+3)+a^(a-1)); ...
>for a=1:5; plot2d("g",1,10,title="Grafik g(x)"); end:
```

2. Carilah grafik dari fungsi berikut pada interval [-pi,2pi]

$$y = \sin\left(t - \frac{t}{4}\right)$$

```
>function y(t) := sin(t-(t/4)); ...
>plot2d("y",-pi,2pi,color=blue,title="Grafik y(t)");
```

## Kuis

1. Selidiki dimanakah fungsi f(x) berikut naik dan turun

$$f(x) = \left(\frac{1}{3}\right)x^3 - x^2x + 4$$

## Label Teks

Dekorasi sederhana pun bisa

- judul dengan `title= "..."`
- 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. Lebarnya 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(3,10),color=[red,blue, green]) :
```

Fitur serupa adalah fungsi `textbox()`.

Lebarnya 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=u"x &rarr; sinc(x)",>vertical):
```

---

## LaTeX

Anda juga dapat memplot rumus LaTeX jika Anda telah instal sistem LaTeX. Saya merekomendasikan MiKTeX. Jalur ke biner "latex" 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 "map" membantu menggunakan fungsi untuk vektor. Untuk plot, 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 dua 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):
```

## Interaksi Pengguna

Saat memplot suatu fungsi atau ekspresi, parameter `>pengguna` 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!"):
>plot2d("exp(x)*sin(x)",user=true, ...
> title="+/- or cursor keys (return to exit)":
```

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, mouse digerakkan 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 dan 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):
```

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 nx2, 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):
```

Error in return result.

plotf:

```
useglobal; return plot2d("exp(a*x)*cos(2pi*b*x)",0,2pi;a,b): ...
```

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

dragvalues:

```
f$(vv,args());
```

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
```

```
>plotf(1):
```

Sekarang kita izinkan 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):
```

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!
```

---

## Gaya Plot 2D

Secara default, EMT menghitung penanda kecil sumbu otomatis dan menambahkan label ke setiap penanda. Ini dapat diubah dengan parameter tampilan. 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 tampilan, bingkai dan sumbu
> figure(2); plot2d("x^3-x",grid=1); ... // terdapat sumbu x-y
> figure(3); plot2d("x^3-x",grid=2); ... // terdapat penanda kecil otomatis
> figure(4); plot2d("x^3-x",grid=3); ... // sumbu x-y dengan label di dalamnya
> figure(5); plot2d("x^3-x",grid=4); ... // tidak ada penanda hanya label
> figure(6); plot2d("x^3-x",grid=5); ... // default tapi tidak ada margin
> figure(7); plot2d("x^3-x",grid=6); ... // hanya sumbu dan penanda kecil
> figure(8); plot2d("x^3-x",grid=7); ... // hanya sumbu dan penanda kecil pada sumbu
> figure(9); plot2d("x^3-x",grid=8); ... // hanya sumbu dan penanda kecil terperinci pada
> figure(10); plot2d("x^3-x",grid=9); ... // default dengan penanda-penanda kecil di dalam
> figure(11); plot2d("x^3-x",grid=10); ...// tidak ada penanda kecil, hanya sumbu
> figure(0):
```

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

Jika Anda menginginkan tanda penanda 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 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); // compute point of minimum
>label("Rel. Min.",x0,f(x0),pos="lc"): // add a label there
```

Ada juga kotak teks.

```
>plot2d(f,-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 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"&pi;"); ylabel(u"f(&phi;)"):
```

## Memplot Data 2D

Jika  $x$  dan  $y$  adalah vektor data, maka data dalam vektor  $x$  dan  $y$  ini akan digunakan sebagai koordinat  $x$  dan  $y$  dari sebuah kurva. Dalam hal ini,  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , dan  $d$ , atau radius  $r$  dapat ditentukan, jika nilai-nilai tersebut tidak ditentukan, plot window akan menyesuaikan secara otomatis dengan data. Sebagai alternatif, perintah `>square` dapat digunakan untuk mempertahankan rasio aspek persegi.

Memplot sebuah ekspresi hanyalah singkatan untuk plot data. Untuk data plot, kalian membutuhkan satu atau beberapa baris nilai  $x$ , dan satu atau beberapa baris nilai  $y$ . Dari rentang dan nilai  $x$ , fungsi `plot2d` akan menghitung data untuk diplot secara default dengan evaluasi adaptif dari fungsi tersebut. Untuk menambahkan titik pada gambar grafik, gunakan perintah `>points`, untuk garis dan titik gunakan perintah `>addpoints`.

Namun, kalian juga 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):
```

- `x=-10:0.1:10`, merupakan perintah untuk membuat sebuah vektor dengan nama  $x$ , yang berisi deretan nilai dari -10 hingga 10 dengan beda setiap nilainya adalah 0.1.
  - `y=exp(-x^2)*x`, merupakan perintah untuk membuat vektor dengan nama  $y$ , yang berisi deretan nilai berdasarkan nilai  $x$ .
  - `plot2d(x,y)`, merupakan perintah untuk membuat grafik 2d dari data  $x$  dan  $y$ .
- Data juga bisa diplot sebagai titik. Gunakan perintah `points=true` untuk membuatnya. Plot ini bekerja seperti poligon, namun hanya menggambar sudut-sudutnya saja.
- `style="...":` Select from "[", "<>", "o", ".", "..", "+", "\*", "[", "<>", "o", "..", "", "|".

Untuk memplot kumpulan titik, gunakan perintah `>points`. Jika warnanya merupakan vektor warna, setiap titik akan mendapatkan warna yang berbeda. Untuk matriks koordinat dan vektor kolom, warna tersebut diaplikasikan pada baris setiap matriks. Parameter `>addpoints` menambahkan titik-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
```

Perintah diatas digunakan untuk membuat plot 2d dari xdata dan ydata, dengan rentang sumbu x dari 0.5 - 4.5 dan rentang sumbu y dari 2.5 - 3.5. Kumpulan titik-titik data tersebut akan ditamapilkan dengan style titik.

```
>plot2d(xdata,ydata,>points,>add,style="o"): // add points
>p=polyfit(xdata,ydata,1); // get regression line
```

Perintah diatas digunakan untuk menghitung koefisien polinomial orde 1, dimana hasilnya adalah nilai p yang berisi dua koefisien dari garis regresi. Dua koefisien ini merupakan kemiringan dan intercept dari garis regresi. Garis regresi adalah garis lurus yang menggambarkan hubungan antara dua variabel, yaitu variabel dependen (y) dan variabel independen (x). Garis regresi digunakan untuk menggambarkan perilaku sekumpulan data.

```
>plot2d("polyval(p,x)",>add,color=red): // add plot of line
```

Perintah ini digunakan untuk menambahkan garis regresi yang telah dihitung sebelumnya ke dalam grafik yang sudah ada.

- perintah "polyval(p,x)" menghitung nilai prediksi berdasarkan koefisien polinomial p dan data x. Fungsi ini menggunakan nilai koefisien dari p untuk menghitung nilai y yang sesuai dengan regresi linier.

## Menggambar Daerah Yang Dibatasi Kurva

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

- fillcolor=benar mengisi plot.
- style="...": Pilih dari "r", "b", "g", "k", "m", "c", "y", "r", "b", "g", "k", "m", "c", "y".
- 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 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="r",fillcolor=red); // fill curve
>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="r"):
>t=linspace(0,2pi,6); ...
>plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="r",fillcolor=red,r=1.2):
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="b"):
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="g"):
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="k"):
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="m"):
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="c"):
>t=linspace(0,2pi,6); plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="y"):
```

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 ini menghasilkan hasil yang bagus karena aturan belitan, yang digunakan untuk isi.

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

Vektor interval diplot terhadap nilai x sebagai wilayah terisi antara nilai interval yang lebih rendah dan lebih tinggi.

Hal ini dapat berguna untuk memplot kesalahan perhitungan. Tapi itu bisa juga dapat digunakan untuk memplot 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 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 `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, 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]):
>columnplot(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];
>columnplot(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`. 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 bar (`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 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):
>columnplot(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(intrandom(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,intrandom(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(quantiles(M)):
```

## Fungsi Implisit

Fungsi implisit adalah jenis fungsi dimana variabel dependen tidak dapat dipisahkan secara eksplisit dari variabel independen. Bentuk dari fungsi implisit sendiri adalah  $f(x,y)=0$ , dimana variabel, koefisien, dan konstanta sebagai persamaan di sisi kiri, dan disamakan dengan nol.

Contoh dari fungsi implisit misalnya persamaan lingkaran dan persamaan elips.

Plot implisit menunjukkan penyelesaian garis level  $f(x,y)=level$ , 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.

Perintah `>hue` untuk membuat Warna yang lebih gelap atau lebih terang 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();
>plot2d("x^2+y^2-x*y-x", level=0, r=1.5, 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=100): // 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 rentangnya 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", >hue, >spectral, >contour):
```

Perintah `contour` adalah untuk menentukan bahwa grafik yang dihasilkan adalah grafik kontur. grafik kontur menunjukkan garis-garis yang menghubungkan titik-titik dengan nilai fungsi yang sama, sehingga membuat visualisasi bentuk permukaan fungsi.

```
>plot2d("x^3-y^2", level=0, contourwidth=3, contourcolor=red, >add):
>z=z+normal(size(z))*0.2;
>plot2d(z, level=0.5, a=-1, b=2, c=-2, d=1):
```

Perintah ini untuk menambahkan noise atau gangguan acak pada fungsi  $z$ . nilai yang dikalikan adalah standar deviasi atau besaran gangguan yang diberikan. semakin besar nilai yang dimasukkan maka semakin besar pula gangguan pada fungsi.

```
>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  $2 \times n$ . 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  $2 \times n$ , 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",level=[0;1],r=1.5,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,dl=0.1,r=5,style="-",n=100):
>plot2d("sin(x)*cos(y)",>levels,r=2*pi,>hue,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=6, ...
> style="#",color=red,<outline, ...
>level=[-2;0],n=100):
>plot2d("4x^2-4.5",-0.75,0.75,thickness=3, >add); plot2d([0,0],[3,5],thickness=3,>add):
>plot2d("(x^2+y^2-1)^3-x^2*y^3",r=6, ...
> style="",color=red,<outline, ...
>level=[-1;0],n=100):
>plot2d([-3.5,-3.5],[-1.1,1.1],thickness=3,>add); plot2d("4*(x-4)^2-1",3.3,4.7,thickness=3
>
```

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)+2,color=red,lab=1:10):
```

- Starplot1 adalah perintah untuk menggambar plot berbentuk bintang. Ini adalah fungsi untuk menghasilkan vektor acak yang mengikuti distribusi normal dengan rata-rata 1 dan deviasi standar 10. Fungsi ini menghasilkan data yang terdistribusi normal dengan nilai-nilai acak.

+5 adalah untuk menambahkan 5 ke setiap elemen dari vektor yang terdistribusi normal.

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) menyatel 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(1);
endfunction

```

Tekan tombol apa saja untuk menghentikan animasi ini.

```
>animliss(5,5); // lihat hasilnya, jika sudah puas, tekan ENTER
```

## 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-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):

```

Ini juga berfungsi dengan plot data.

```

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

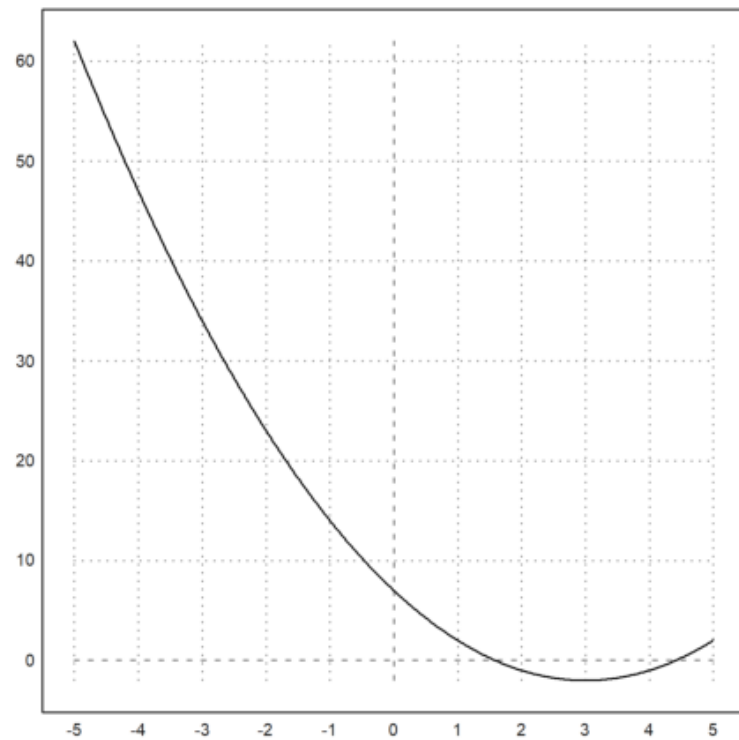
```

## Soal Tambahan

Selidikilah pada interval berapa fungsi berikut naik dan turun  
1.

$$f(x) = x^2 - 6x + 7$$

```
>plot2d("x^2-6*x+7",-5,5):
```



Penyelesaian: Fungsi tersebut turun pada interval:

$$[-\infty, 3]$$

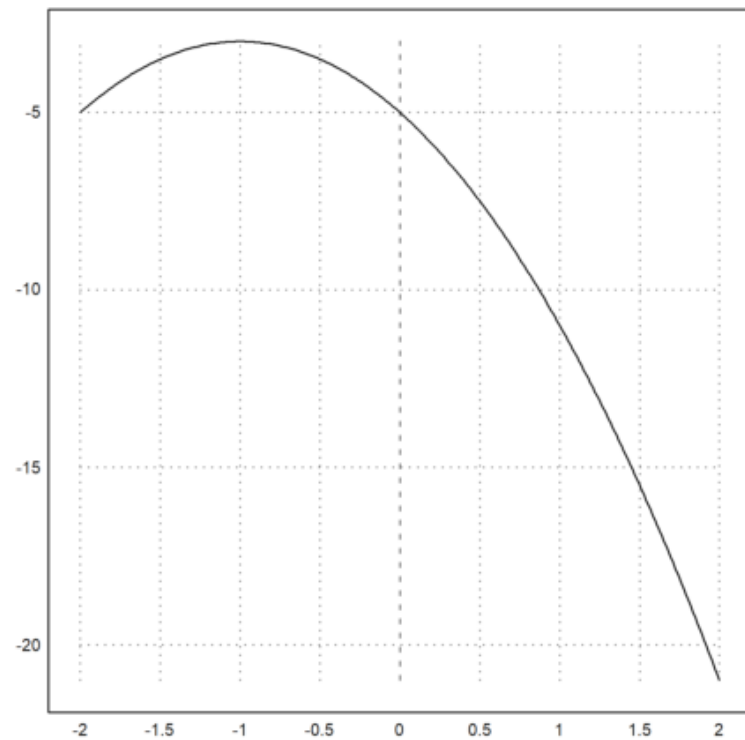
dan naik pada interval:

$$[3, \infty]$$

2.

$$f(x) = -2x^2 - 4x - 5$$

```
>plot2d("(-2)*x^2-4*x-5") :
```



Penyelesaian: Fungsi tersebut naik pada interval:

$$[-\infty, -1]$$

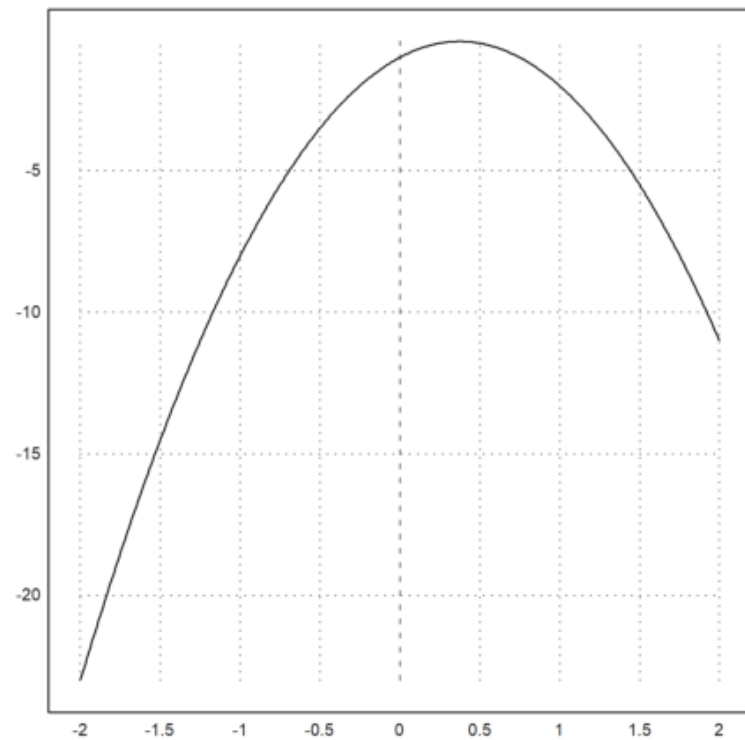
dan turun pada interval:

$$[-1, \infty]$$

Selidikilah apakah fungsi berikut memiliki nilai maksimum atau minimum dan berapa nilainya jika ada 3.

$$f(x) = -4x^2 + 3x - 1$$

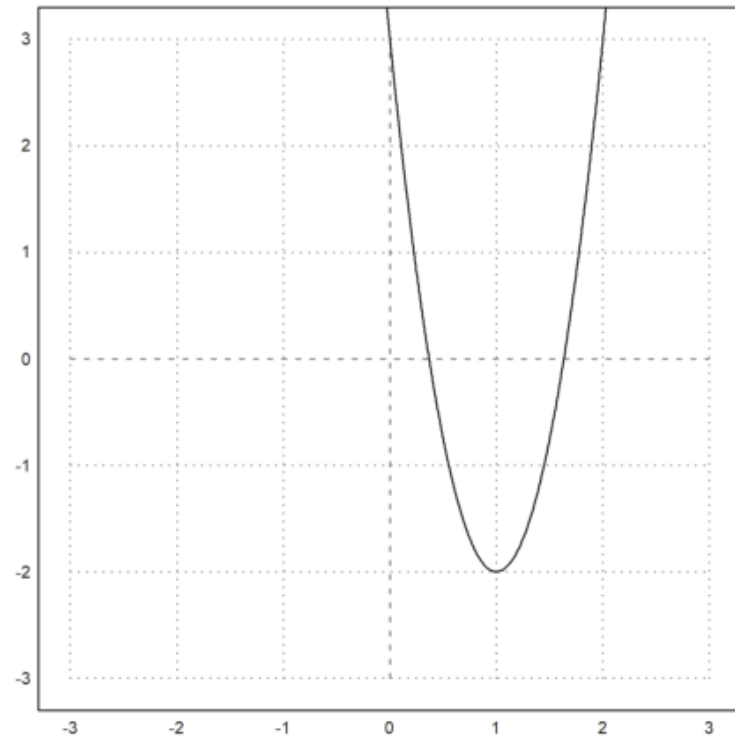
```
>plot2d("(-4)*x^2+3*x-1") :
```



Penyelesaian: Nilai maksimum fungsi tersebut adalah sekitar -0.4, dicapai saat nilai  $x = 0.3$  4.

$$5x^2 - 10x + 3$$

```
>plot2d("5*x^2-10*x+3",r=3) :
```

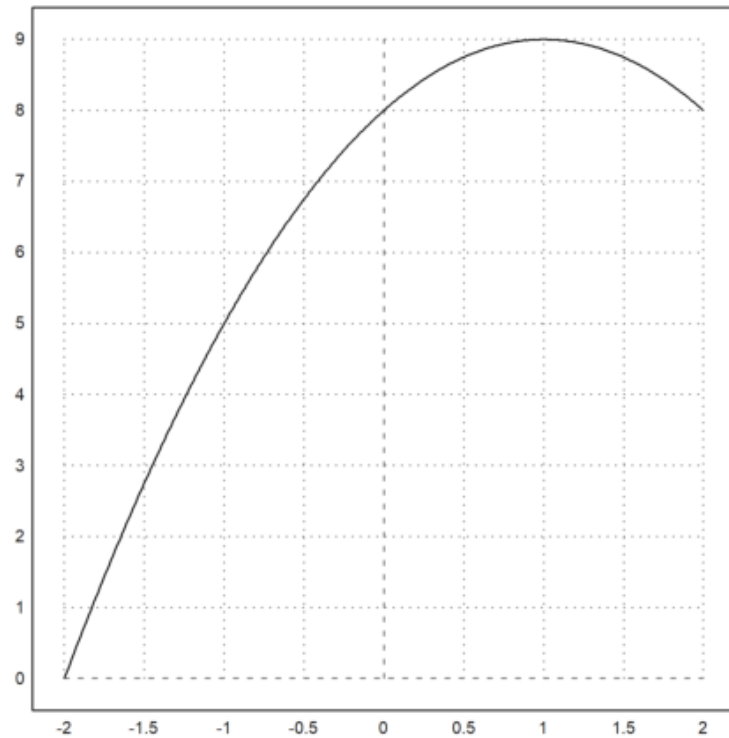


Penyelesaian: Nilai minimum fungsi tersebut adalah -2, dicapai saat nilai  $x = 1$

5. Temukan axis of symmetry dari grafik fungsi berikut

$$-x^2 + 2x + 8$$

```
>plot2d("-x^2+2x+8") :
```



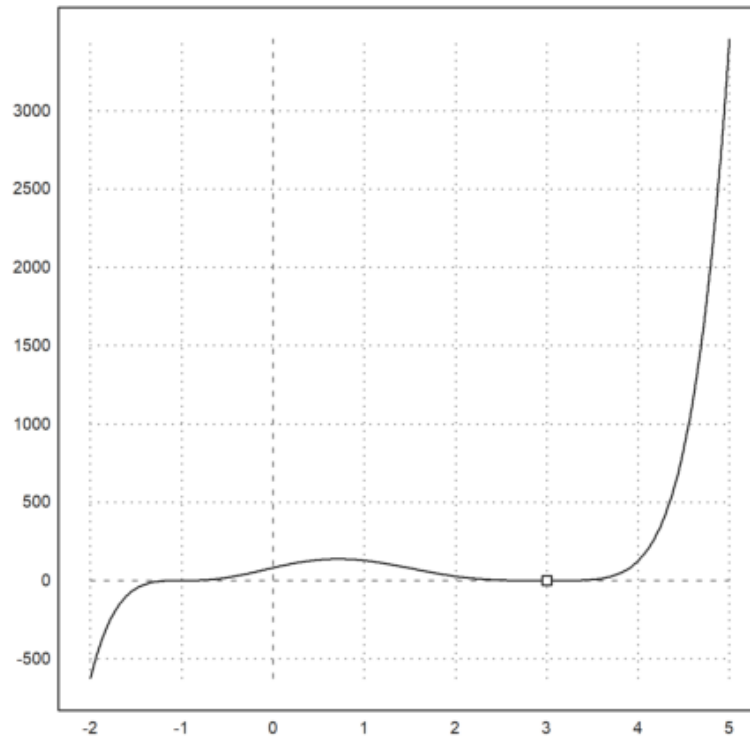
Penyelesaian: Axis of symmetry atau sumbu simetri dari sebuah grafik adalah garis yang membagi grafik menjadi dua bagian yang saling simetris. Dengan kata lain, jika grafik dilipat sepanjang sumbu ini, kedua sisi grafik akan saling menumpuk sempurna. Sumbu simetri dari fungsi di atas adalah  $x = 1$

6. Selidiki apakah benar bahwa grafik fungsi polinomial berikut memotong sumbu  $x$  di titik  $(3,0)$

$$P(x) = (x - 3)^4(x + 1)^3$$

```
>plot2d("(x-3)^4*(x+1)^3",-2,5);
>plot2d(3,0,>points,>add):
```





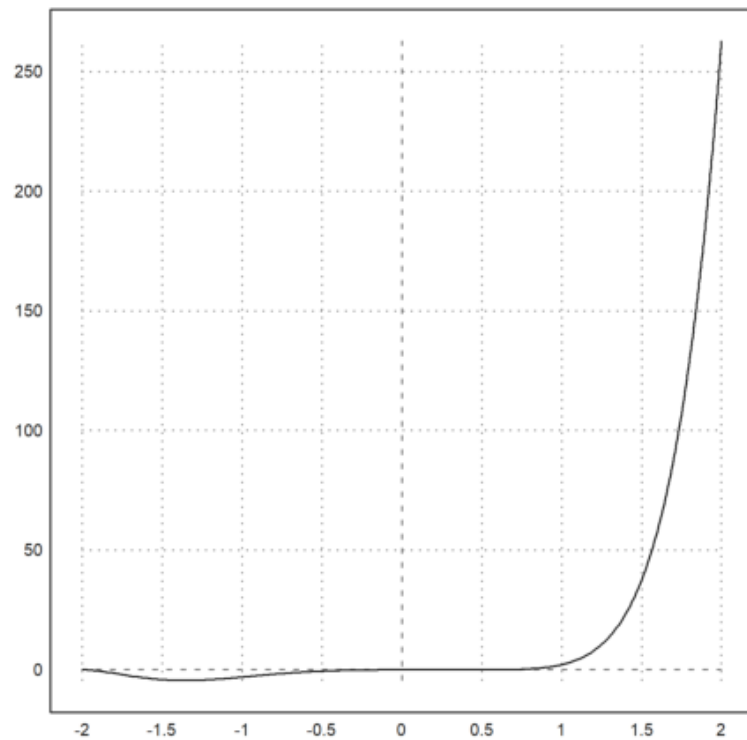
Penyelesain: Tidak benar bahwa grafik fungsi polinomial tersebut memotong sumbu x di titik (3,0). Grafik akan memotong sumbu x jika pangkat dari suatu faktornya ganjil. Jika pangkat dari suatu faktornya genap, maka grafik hanya akan menyentuh sumbu x. Pada fungsi ini, akar  $x = 3$  memiliki pangkat genap sehingga grafik hanya menyentuh sumbu x di titik (3,0). Sebaliknya, akar di  $x = -1$  memiliki faktor ganjil sehingga grafik akan memotong sumbu x di titik (-1,0)

7. Apakah benar bahwa grafik fungsi polinomial berikut memotong sumbu x di titik

$$\left(\frac{1}{4}, 0\right)$$

$$f(x) = (x+2)^2\left(x - \frac{1}{4}\right)^5$$

```
>plot2d("(x+2)^2*(x-1/4)^5") :
```



Penyelesaian: Benar bahwa grafik fungsi diatas memotong sumbu x di titik

$$\left(\frac{1}{4}, 0\right)$$

karena akar

$$x = \frac{1}{4}$$

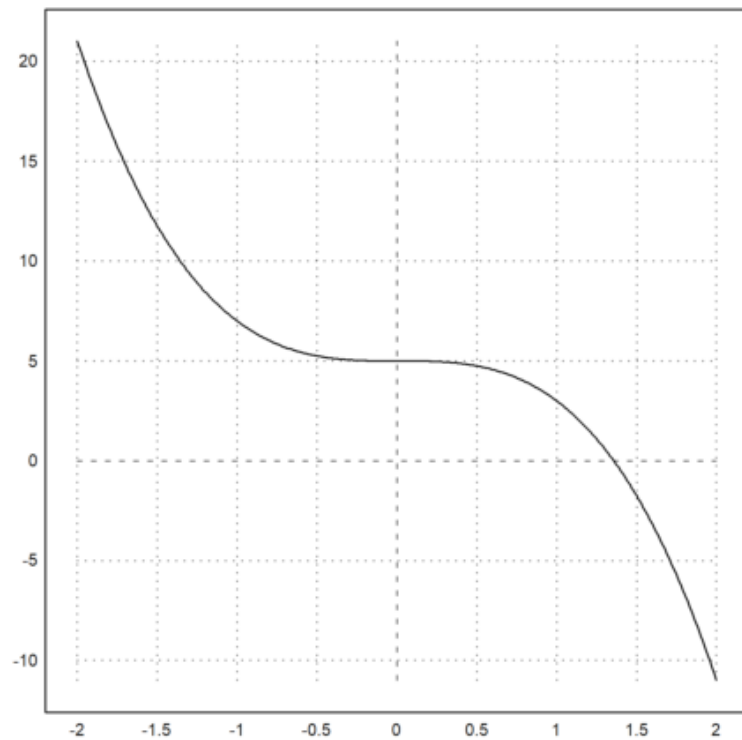
memiliki pangkat ganjil

8. Apakah benar bahwa grafik fungsi

$$P(x) = 5 - 2x^3$$

memotong sumbu y di titik (0,5)

```
>plot2d("5-2*x^3") :
```

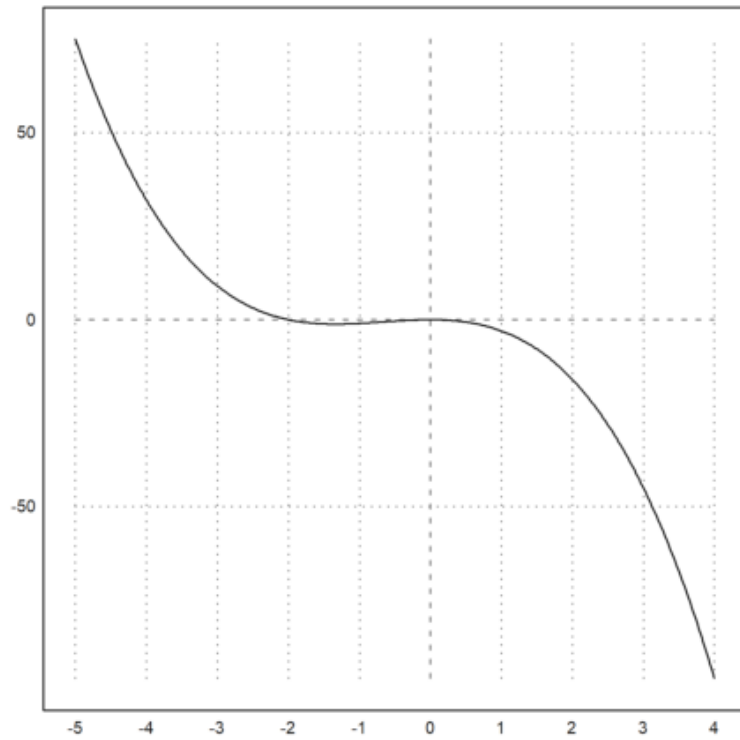


Penyelesaian: Dari grafik di atas, terlihat jelas bahwa grafik memotong sumbu y di titik (0,5)

Selidiki grafik fungsi berikut termasuk ke dalam fungsi polinomial konstan, linier, kuadrat, kubik, atau kuartik 9.

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

```
>plot2d("(-x)^3-2*x^2",-5,4):
```

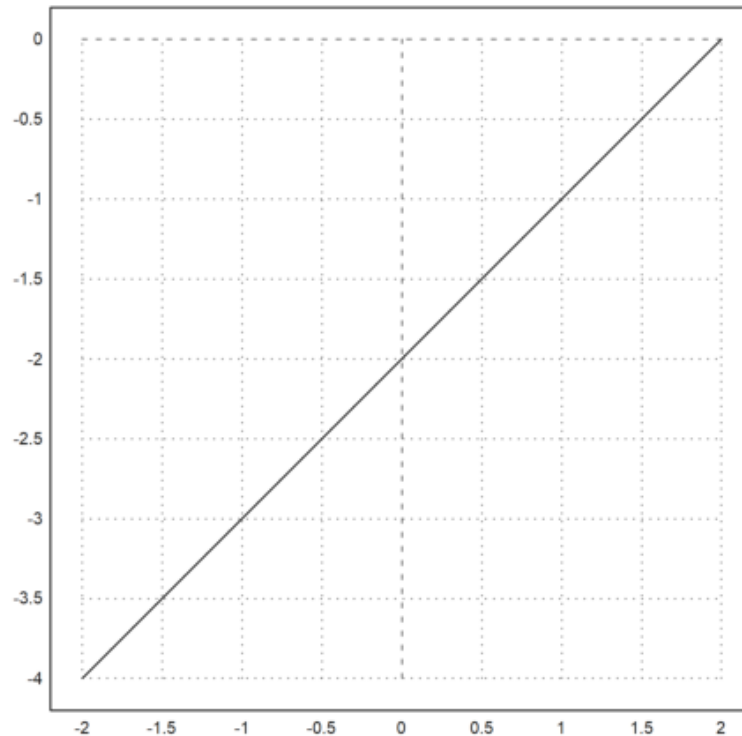


Penyelesaian: Fungsi polinomial di atas termasuk jenis fungsi polinomial kubik karena kurva memiliki satu atau dua titik belok dan memiliki 1 hingga 3 titik potong dengan sumbu x

10.

$$h(x) = x - 2$$

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



Penyelesaian: Fungsi polinomial di atas termasuk fungsi polinomial linier karena grafiknya hanya berupa garis lurus, tidak memiliki titik belok, dan hanya memiliki satu titik potong dengan sumbu x

**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  $x$ .