

Menggambar Plot 3D dengan EMT

Ini adalah pengenalan plot 3D di Euler. Kita memerlukan plot 3D untuk memvisualisasikan fungsi dari dua variabel.

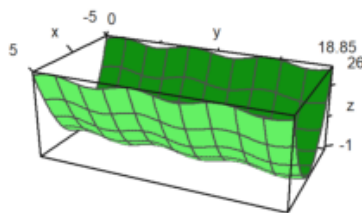
Euler menggambar fungsi-fungsi tersebut dengan menggunakan algoritme pengurutan untuk menyembunyikan bagian-bagian di latar belakang. Secara umum, Euler menggunakan proyeksi pusat. Standarnya adalah dari kuadran x-y positif ke arah asal $x=y=z=0$, tetapi sudut $=0^\circ$ terlihat dari arah sumbu-y. Sudut pandang dan ketinggian dapat diubah.

Euler can plot :

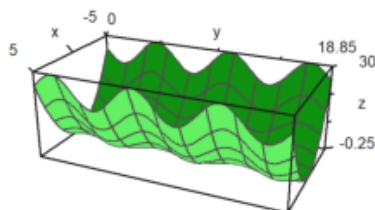
- memplot - permukaan dengan garis bayangan dan garis datar,
- awan titik,
- kurva parametrik,
- permukaan implisit.

Plot 3D suatu fungsi menggunakan plot3d. Cara termudah adalah dengan memplot ekspresi dalam x dan y. Parameter r mengatur rentang plot sekitar (0,0).

```
>aspect(1.5); plot3d("x^2+sin(y)",-5,5,0,6*pi):
```



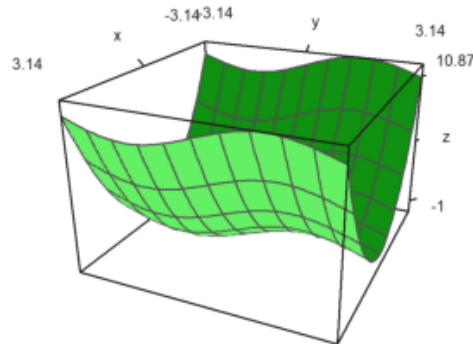
```
>plot3d("x^2+x*sin(y)",-5,5,0,6*pi):
```



Silakan lakukan modifikasi agar gambar "talang bergelombang" tersebut tidak lurus melainkan melengkung/melingkar, baik melingkar secara mendatar maupun melingkar turun/naik (seperti papan peluncur pada kolam renang. Temukan rumusnya.

Berikut rumus agar gambar "talang bergelombang" tidak lurus melainkan melengkung/melingkar, baik melingkar secara mendatar maupun melingkar turun/naik:

```
>aspect(1.5); plot3d("x^2+sin(y)",r=pi):
```



Fungsi dua Variabel

Untuk grafik suatu fungsi, gunakan -

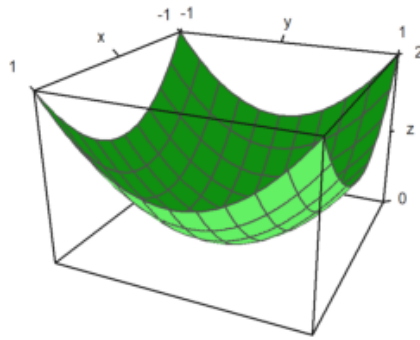
- ekspresi sederhana dalam x dan y,
- nama fungsi dari dua variabel,
- atau matriks data.

Standarnya adalah kisi-kisi kawat berisi dengan warna berbeda di kedua sisi. Perhatikan bahwa jumlah interval kisi default adalah 10, tetapi plot menggunakan jumlah default persegi panjang 40x40 untuk membuat permukaannya. Ini bisa diubah.

- $n=40$, $n=[40,40]$: jumlah garis grid di setiap arah.
- $\text{grid}=10$, $\text{grid}=[10,10]$: : jumlah garis grid di setiap arah.

Kami menggunakan default $n=40$ dan $\text{grid}=10$.

```
>plot3d("x^2+y^2"):
```

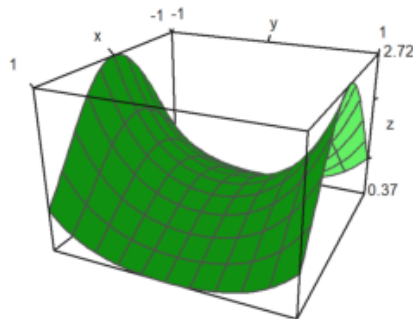


Interaksi pengguna dimungkinkan dengan parameter `>pengguna`. Pengguna dapat menekan tombol berikut.

- left,right,up,down: putar sudut pandang,
- +,-: memperbesar atau memperkecil
- a: menghasilkan anaglyph (lihat di bawah)
- l: beralih memutar sumber cahaya(lihat di bawah)
- space: setel ulang ke default
- return: mengakhiri interaksi

```
>plot3d("exp(-x^2+y^2)",>user, ...
> title="Putar dengan tombol vektor (tekan kembali untuk menyelesaikan)":
```

Putar dengan tombol vektor (tekan kembali untuk menyelesaikan)



Rentang plot untuk fungsi dapat ditentukan dengan :

- a,b: rentang x
- c,d: rentang y
- r: bujur sangkar simetris di sekitar (0,0).
- n: jumlah subinterval untuk plot.

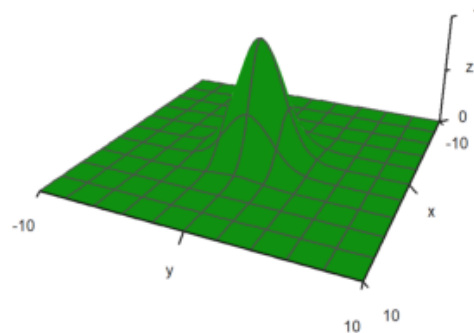
da beberapa parameter untuk menskalakan fungsi atau mengubah tampilan grafik.

fscale: skala ke nilai fungsi (defaultnya is `<fscale>`).

scale: angka atau vektor 1x2 untuk menskalakan ke arah x dan y

frame: jenis bingkai (default 1).

```
>plot3d("exp(-(x^2+y^2)/5)",r=10,n=80,fscale=4,scale=1.2,frame=3,>user):
```



Tampilan dapat diubah dengan berbagai cara.

- distance: jarak pandang ke plot.
- zoom: nilai zoom.
- sudut: sudut ke sumbu y negatif dalam radian.
- height: ketinggian tampilan dalam radian.

Nilai default dapat diperiksa atau diubah dengan fungsi view(). Ini mengembalikan parameter dalam urutan di atas.

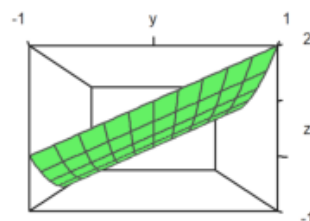
```
>view
```

```
[5, 2.6, 2, 0.4]
```

Jarak yang lebih dekat membutuhkan lebih sedikit zoom. Efeknya lebih seperti lensa sudut lebar.

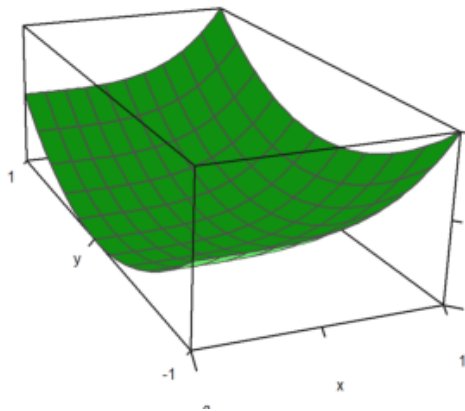
ada contoh berikut, sudut=0 dan tinggi=0 dilihat dari sumbu y negatif. Label sumbu untuk y disembunyikan dalam kasus ini.

```
>plot3d("x^2+y",distance=3,zoom=1,angle=pi/2,height=0):
```



Plot selalu terlihat berada di tengah kubus plot. Anda dapat memindahkan bagian tengah dengan parameter tengah.

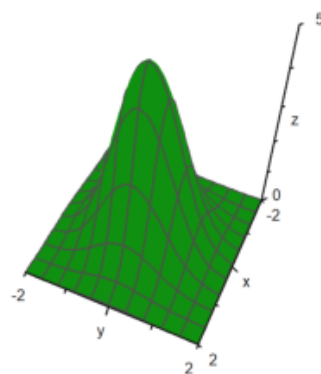
```
>plot3d("x^4+y^2",a=0,b=1,c=-1,d=1,angle=-20°,height=20°, ...
> center=[0.4,0,0],zoom=5):
```



Plotnya diskalakan agar sesuai dengan unit kubus untuk dilihat. Jadi tidak perlu mengubah jarak atau zoom tergantung ukuran plot. Namun labelnya mengacu pada ukuran sebenarnya.

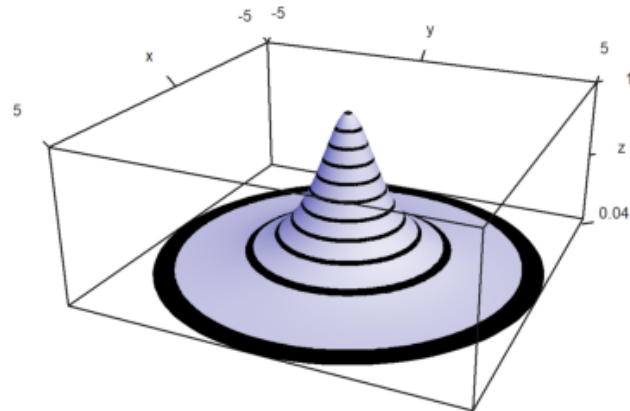
Jika Anda mematikannya dengan `scale=false`, Anda harus berhati-hati agar plot tetap masuk ke dalam jendela plotting, dengan mengubah jarak pandang atau zoom, dan memindahkan bagian tengah.

```
>plot3d("5*exp(-x^2-y^2)",r=2,<fscale,<scale,distance=13,height=50°, ...
> center=[0,0,-2],frame=3):
```

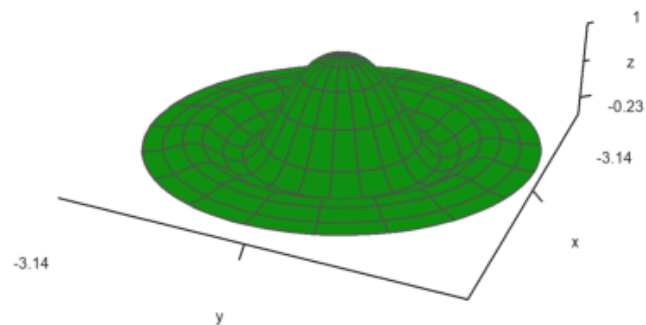


Plot kutub juga tersedia. Parameter `polar=true` menggambar plot kutub. Fungsi tersebut harus tetap merupakan fungsi dari x dan y . Parameter `"fscale"` menskalakan fungsi dengan skalanya sendiri. Kalau tidak, fungsinya akan diskalakan agar sesuai dengan kubus.

```
>plot3d("1/(x^2+y^2+1)",r=5,>polar,...
>fscale=2,>hue,n=100,zoom=4,>contour,color=blue):
```



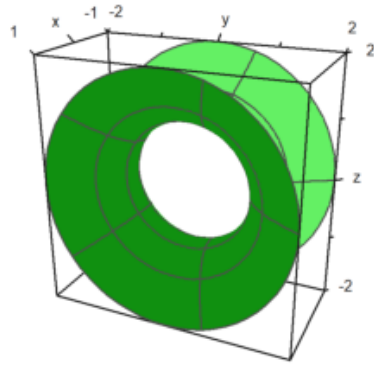
```
>function f(r) := exp(-r/2)*cos(r); ...
>plot3d("f(x^2+y^2)",>polar,scale=[1,1,0.4],r=pi,frame=3,zoom=4):
```



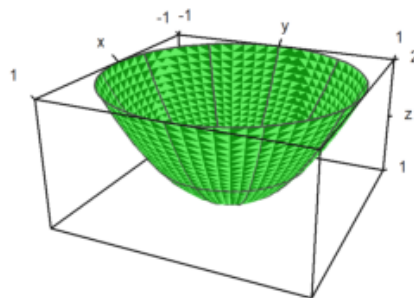
Parameter memutar memutar fungsi di x di sekitar sumbu x.

- rotate=1: Menggunakan sumbu x
- rotate=2: Menggunakan sumbu y

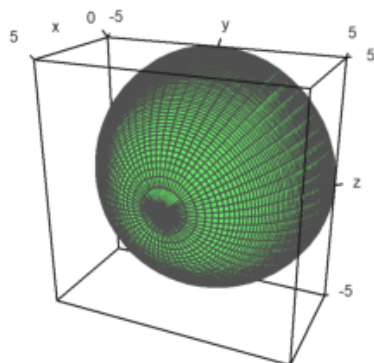
```
>plot3d("x^2+1",a=-1,b=1,rotate=true,grid=5):
```



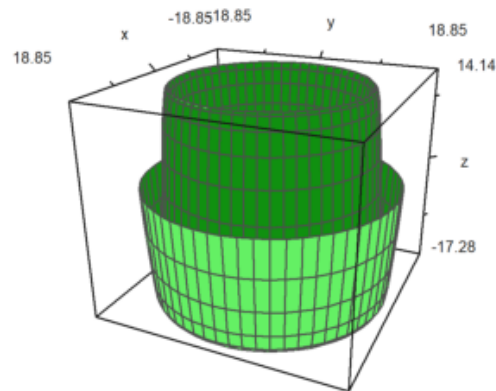
```
>plot3d("x^2+1",a=-1,b=1,rotate=2,grid=5):
```



```
>plot3d("sqrt(25-x^2)",a=0,b=5,rotate=1):
```

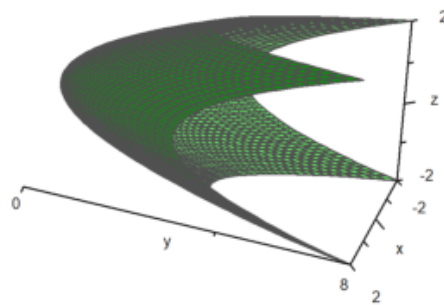


```
>plot3d("x*sin(x)",a=0,b=6pi,rotate=2):
```



Berikut adalah plot dengan tiga fungsi.

```
>plot3d("x","x^2+y^2","y",r=2,zoom=3.5,frame=3):
```



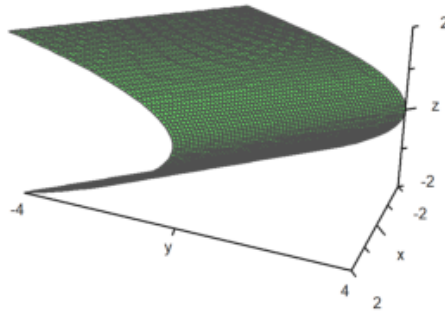
Contoh lain:

1. Gambarkan grafik dari fungsi berikut

$$f(x, y) = 2 - x - y^2$$

Penyelesaian:

```
>plot3d("x","2-x-y^2","y",r=2,zoom=3.5,frame=3):
```

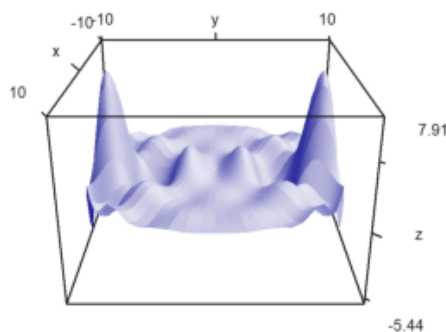



2. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$f(x, y) = \frac{\sin x \sin y}{xy}$$

Penyelesaian:

```
>plot3d("(sin(x)*sin(y))/x*y",r=10,angle=90°,fscale=-1,>user,>polar,color=blue,>hue):
```



Plot Kontur

Untuk plotnya, Euler menambahkan garis grid. Sebaliknya dimungkinkan untuk menggunakan garis datar dan rona satu warna atau rona warna spektral. Euler dapat menggambar ketinggian fungsi pada plot dengan arsiran. Di semua plot 3D, Euler dapat menghasilkan anaglyph.

- >hue: Mengaktifkan bayangan cahaya, bukan kabel.

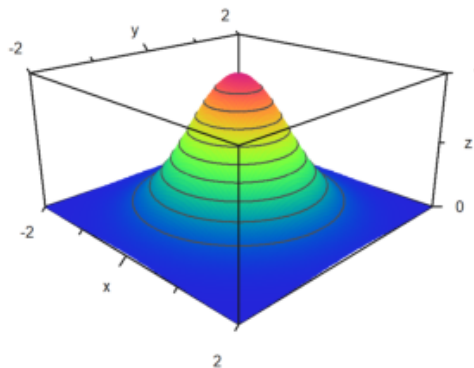
```
>contour: : Membuat plot garis kontur otomatis pada plot.
```

- level=... (or levels): A Vektor nilai garis kontur.

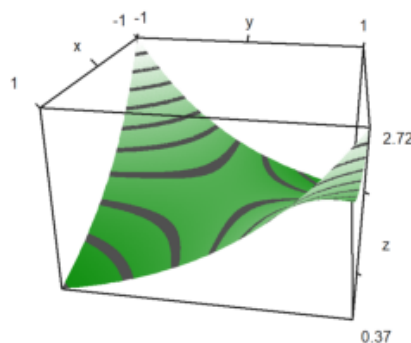
Standarnya adalah level="auto", yang menghitung beberapa garis level secara otomatis. Seperti yang Anda lihat di plot, level sebenarnya adalah rentang level.

Gaya default dapat diubah. Untuk plot kontur berikut, kami menggunakan grid yang lebih halus berukuran 100x100 poin, menskalakan fungsi dan plot, dan menggunakan sudut pandang yang berbeda.

```
>plot3d("exp(-x^2-y^2)",r=2,n=100,level="thin", ...  
> >contour,>spectral,fscale=1,scale=1.1,angle=45°,height=20°):
```



```
>plot3d("exp(x*y)",angle=100°,>contour,color=green):
```



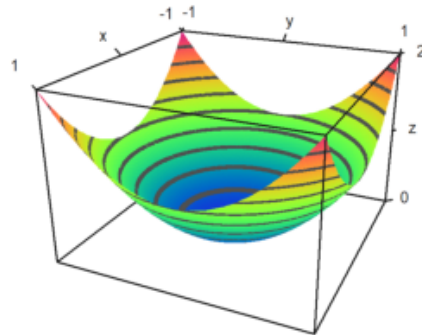
Bayangan defaultnya menggunakan warna abu-abu. Namun rentang warna spektral juga tersedia.

- >spectral: Menggunakan skema spektral default

- color=...: Menggunakan warna khusus atau skema

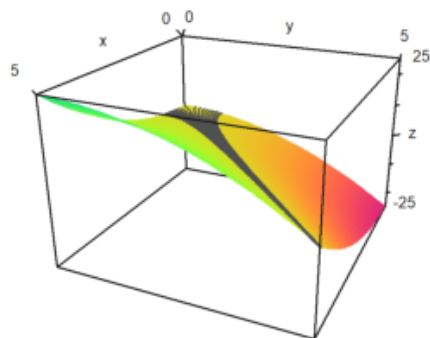
spektral Untuk plot berikut, kami menggunakan skema spektral default dan menambah jumlah titik untuk mendapatkan tampilan yang sangat halus.

```
>plot3d("x^2+y^2",>spectral,>contour,n=100):
```



Selain garis level otomatis, kita juga dapat menetapkan nilai garis level. Ini akan menghasilkan garis level yang tipis, bukan rentang level.

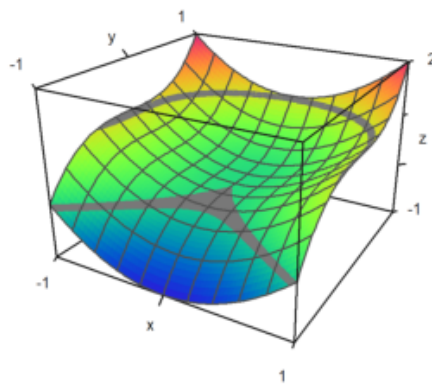
```
>plot3d("x^2-y^2",0,5,0,5,level=-1:0.1:1,color=redgreen):
```



Dalam plot berikut, kita menggunakan dua pita tingkat yang sangat luas dari -0,1 hingga 1, dan dari 0,9 hingga 1. Ini dimasukkan sebagai matriks dengan batas tingkat sebagai kolom.

Selain itu, kami melapisi grid dengan 10 interval di setiap arah.

```
>plot3d("x^2+y^3",level=[-0.1,0.9;0,1], ...  
> >spectral,angle=30°,grid=10,contourcolor=gray):
```

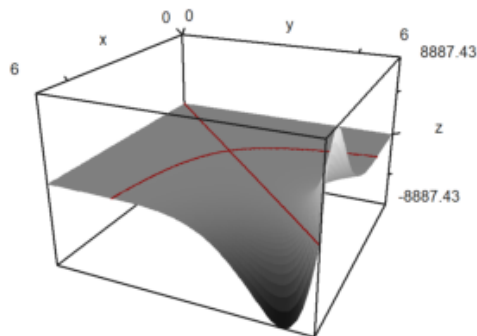


Pada contoh berikut, kita memplot himpunan, di mana :

$$f(x, y) = x^y - y^x = 0$$

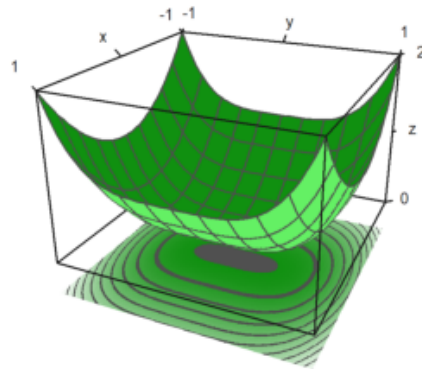
Kami menggunakan satu garis tipis untuk garis level.

```
>plot3d("x^y-y^x", level=0, a=0, b=6, c=0, d=6, contourcolor=red, n=100) :
```



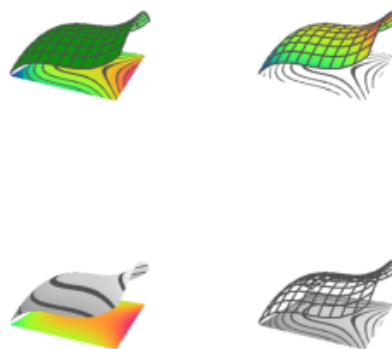
Dimungkinkan untuk menampilkan bidang kontur di bawah plot. Warna dan jarak ke plot dapat ditentukan.

```
>plot3d("x^2+y^4", >cp, cpcolor=green, cpdelta=0.2) :
```



Berikut beberapa gaya lainnya. Kami selalu mematikan bingkai, dan menggunakan berbagai skema warna untuk plot dan kisi.

```
>figure(2,2); ...
>expr="y^3-x^2"; ...
>figure(1); ...
> plot3d(expr,<frame,>cp,cpcolor=spectral); ...
>figure(2); ...
> plot3d(expr,<frame,>spectral,grid=10,cp=2); ...
>figure(3); ...
> plot3d(expr,<frame,>contour,color=gray,nc=5,cp=3,cpcolor=greenred); ...
>figure(4); ...
> plot3d(expr,<frame,>hue,grid=10,>transparent,>cp,cpcolor=gray); ...
>figure(0):
```



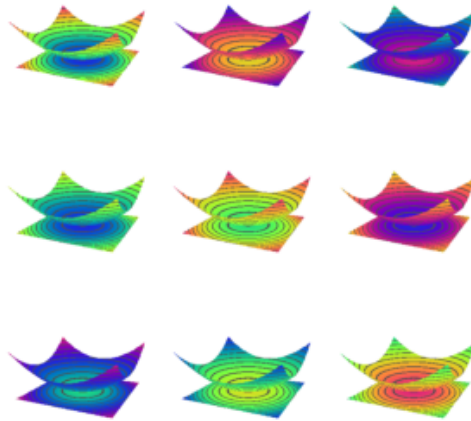
Ada beberapa skema spektral lainnya, yang diberi nomor dari 1 hingga 9. Namun Anda juga dapat menggunakan warna=nilai, di mana nilai :

- spectral: untuk rentang dari biru ke merah
- white: untuk rentang yang lebih redup
- yellowblue,purplegreen,blueyellow,greenred
- blueyellow, greenpurple,yellowblue,redgreen

```

>figure(3,3); ...
>for i=1:9; ...
>  figure(i); plot3d("x^2+y^2",spectral=i,>contour,>cp,<frame,zoom=4); ...
>end; ...
>figure(0):

```



Sumber cahaya dapat diubah dengan `l` dan tombol kursor selama interaksi pengguna. Itu juga dapat diatur dengan parameter.

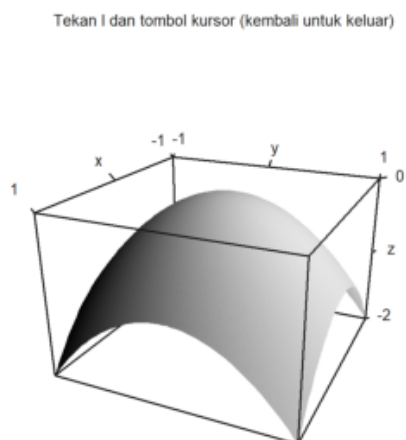
- `light`: arah
- `amb`: cahaya sekitar antara 0 dan 1

Perhatikan, bahwa program ini tidak membuat perbedaan di antara sisi-sisi plot. Tidak ada bayangan. Untuk ini, Anda memerlukan Povray.

```

>plot3d("-x^2-y^2", ...
>  hue=true,light=[0,1,1],amb=0,user=true, ...
>  title="Tekan l dan tombol kursor (kembali untuk keluar)"):

```



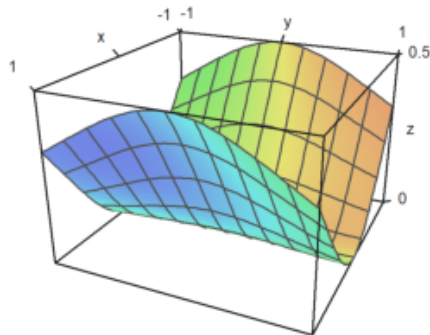
Parameter warna mengubah warna permukaan. Warna garis level juga bisa diubah.

```
>plot3d("-x^2-y^2",color=rgb(0.2,0.2,0),hue=true,frame=false, ...  
> zoom=3,contourcolor=red,level=-2:0.1:1,dl=0.01):
```



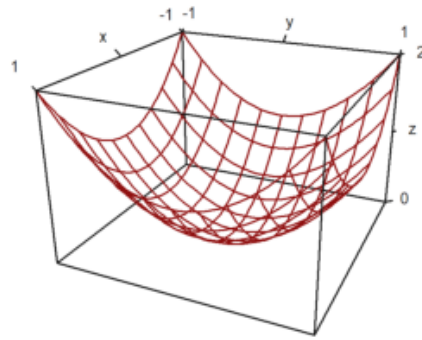
Warna 0 memberikan efek pelangi yang istimewa.

```
>plot3d("x^2/(x^2+y^2+1)",color=0,hue=true,grid=10):
```



The surface can also be transparent.

```
>plot3d("x^2+y^2",>transparent,grid=10,wirecolor=red):
```



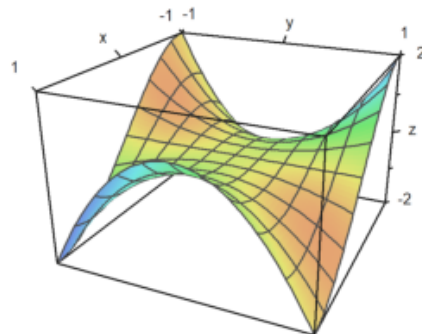
Contoh lain:

1. gambarlah grafik dari fungsi berikut

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

Penyelesaian:

```
>plot3d("x*(x^2-3*y^2)",color=0,hue=true,grid=10):
```



Plot Implisit

Ada juga plot implisit dalam tiga dimensi. Euler menghasilkan pemotongan melalui objek. Fitur plot3d mencakup plot implisit. Plot ini menunjukkan himpunan nol suatu fungsi dalam tiga variabel. Permukaannya juga bisa transparan.

Solusi dari

$$f(x, y, z) = 0$$

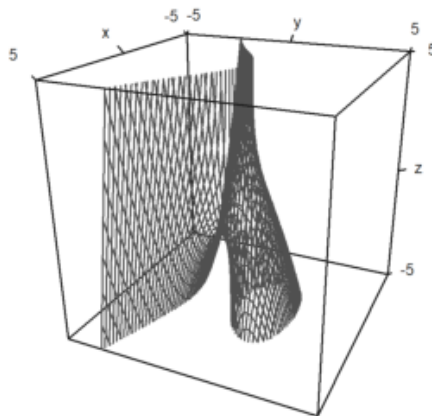
dapat divisualisasikan dalam potongan yang sejajar dengan bidang xy-, xz- dan yz.

- implicit=1: potong sejajar dengan bidang y-z
- implicit=2: potong sejajar dengan bidang x-z
- implicit=4: potong sejajar dengan bidang x-y

Tambahkan nilai berikut, jika Anda mau. Dalam contoh kita memplot :

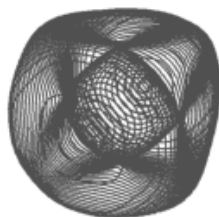
$$M = \{(x, y, z) : x^2 + y^3 + zy = 1\}$$

```
>plot3d("x^2+y^3+z*y-1",r=5,implicit=3):
```

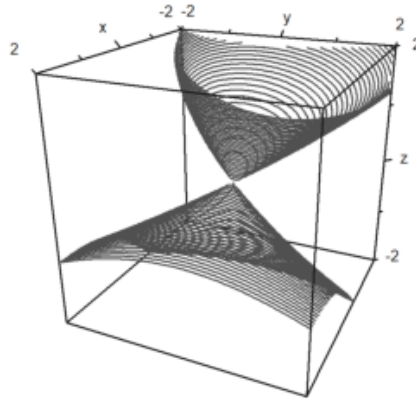


```
>c=1; d=1;
```

```
>plot3d("( (x^2+y^2-c^2)^2+(z^2-1)^2) * ( (y^2+z^2-c^2)^2+(x^2-1)^2) * ( (z^2+x^2-c^2)^2+(y^2-1)^2)",r=2,implicit=3, zoom=2.5):
```



```
>plot3d("x^2+y^2+4*x*z+z^3",>implicit,r=2, zoom=2.5):
```



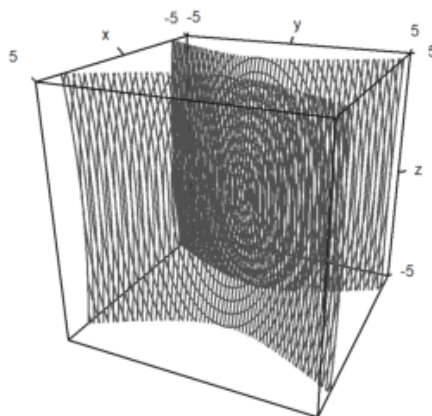
Contoh lain:

1. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$f(x, y, z) = 9x^2 - 4y^2 - z^2$$

Penyelesaian:

```
>plot3d("9*x^2-4*y^2-z^2",r=5,implicit=3):
```



Memplot Data 3D

Sama seperti plot2d, plot3d menerima data. Untuk objek 3D, Anda perlu menyediakan matriks nilai x-, y- dan z, atau tiga fungsi atau ekspresi $f_x(x,y)$, $f_y(x,y)$, $f_z(x,y)$.

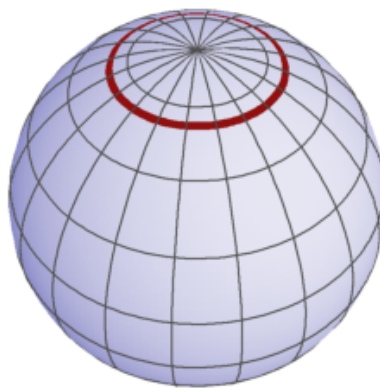
$$\gamma(t, s) = (x(t, s), y(t, s), z(t, s))$$

Karena x, y, z adalah matriks, kita asumsikan bahwa (t, s) melewati grid persegi. Hasilnya, Anda dapat memplot gambar persegi panjang di ruang angkasa.

Anda dapat menggunakan bahasa matriks Euler untuk menghasilkan koordinat secara efektif.

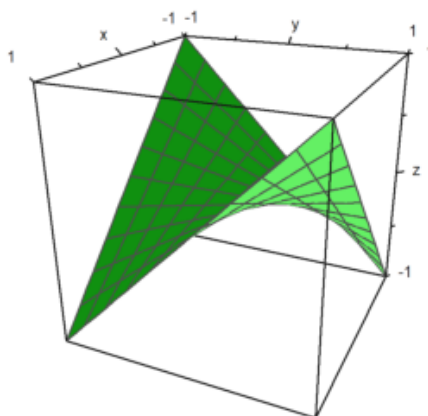
Dalam contoh berikut, kita menggunakan vektor nilai t dan vektor kolom nilai s untuk membuat parameter permukaan bola. Dalam gambar kita dapat menandai wilayah, dalam kasus kita wilayah kutub.

```
>t=linspace(0,2pi,180); s=linspace(-pi/2,pi/2,90)'; ...  
>x=cos(s)*cos(t); y=cos(s)*sin(t); z=sin(s); ...  
>plot3d(x,y,z,>hue, ...  
>color=blue,<frame,grid=[10,20], ...  
>values=s,contourcolor=red,level=[90°-24°;90°-22°], ...  
>scale=1.4,height=50°):
```



Berikut ini adalah contoh, yang merupakan grafik suatu fungsi.

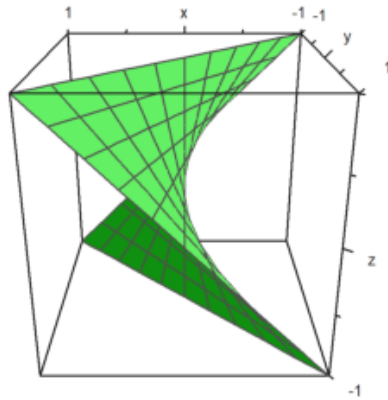
```
>t=-1:0.1:1; s=(-1:0.1:1)'; plot3d(t,s,t*s,grid=10):
```



Namun, kita bisa membuat berbagai macam permukaan. Berikut adalah permukaan yang sama sebagai suatu fungsi

$$x = yz$$

```
>plot3d(t*s,t,s,angle=180°,grid=10):
```



Dengan lebih banyak usaha, kita dapat menghasilkan banyak permukaan.

Dalam contoh berikut kita membuat tampilan bayangan dari bola yang terdistorsi. Koordinat bola yang biasa adalah

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

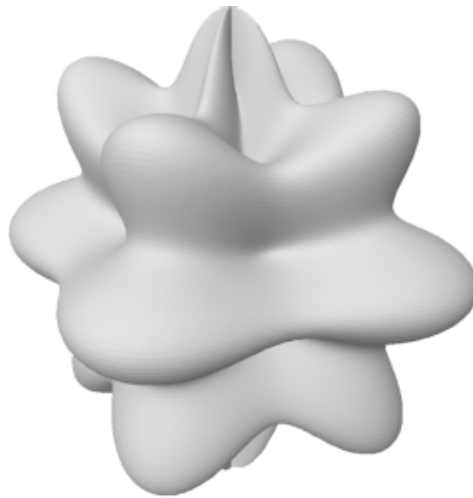
dengan

$$0 \leq t \leq 2\pi, \quad -\frac{\pi}{2} \leq s \leq \frac{\pi}{2}.$$

Kami mengurangi hal ini dengan faktor

$$d(t, s) = \frac{\cos(4t) + \cos(8s)}{4}.$$

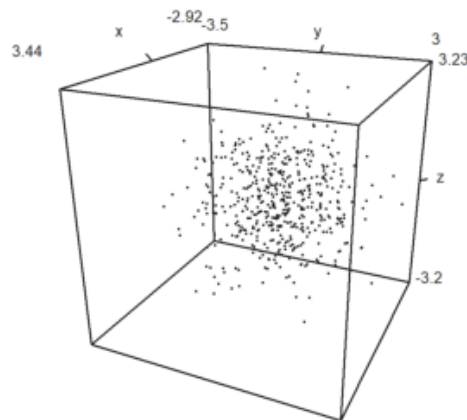
```
>t=linspace(0,2pi,320); s=linspace(-pi/2,pi/2,160)'; ...
>d=1+0.2*(cos(4*t)+cos(8*s)); ...
>plot3d(cos(t)*cos(s)*d,sin(t)*cos(s)*d,sin(s)*d,hue=1, ...
> light=[1,0,1],frame=0,zoom=5):
```



Tentu saja, point cloud juga dimungkinkan. Untuk memplot data titik dalam ruang, kita memerlukan tiga vektor untuk koordinat titik-titik tersebut.

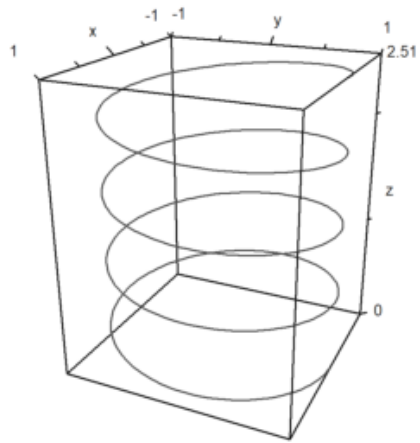
Gayanya sama seperti di plot2d dengan points=true;

```
>n=500; ...
> plot3d(normal(1,n),normal(1,n),normal(1,n),points=true,style=".") :
```

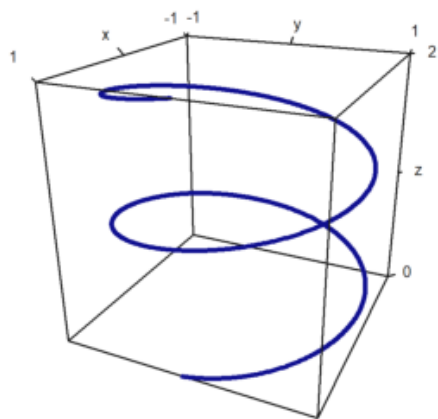


Dimungkinkan juga untuk memplot kurva dalam 3D. Dalam hal ini, lebih mudah untuk menghitung terlebih dahulu titik-titik kurva. Untuk kurva pada bidang kita menggunakan barisan koordinat dan parameter wire=true.

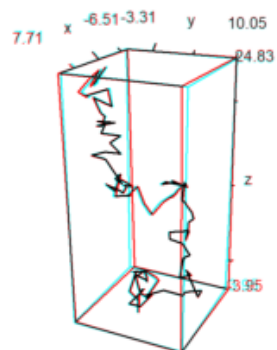
```
>t=linspace(0,8pi,500); ...
>plot3d(sin(t),cos(t),t/10,>wire, zoom=3) :
```



```
>t=linspace(0,4pi,1000); plot3d(cos(t),sin(t),t/2pi,>wire, ...
>linewidth=3,wirecolor=blue):
```

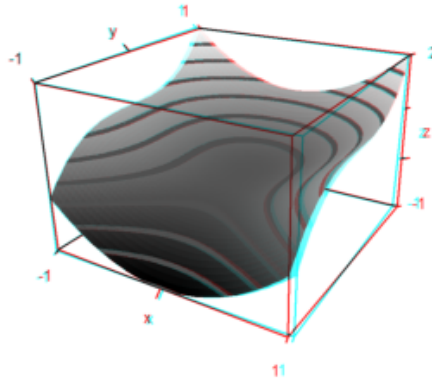


```
>X=cumsum(normal(3,100)); ...
> plot3d(X[1],X[2],X[3],>anaglyph,>wire):
```



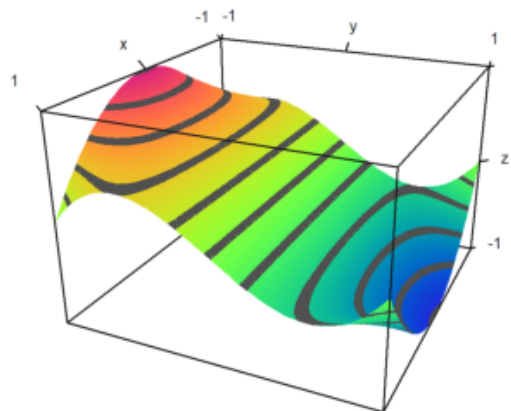
EMT juga dapat membuat plot dalam mode anaglyph. Untuk melihat plot seperti itu, Anda memerlukan kacamata berwarna merah/cyan.

```
> plot3d("x^2+y^3",>anaglyph,>contour,angle=30°):
```



Seringkali skema warna spektral digunakan untuk plot. Ini menekankan ketinggian fungsinya.

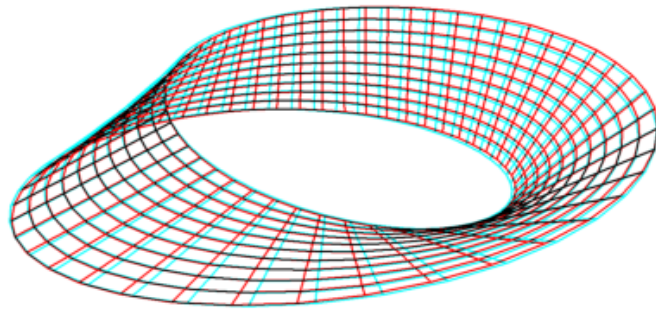
```
>plot3d("x^2*y^3-y",>spectral,>contour, zoom=3.2):
```



Euler juga dapat memplot permukaan yang diparameterisasi, jika parameternya adalah nilai x , y , dan z dari gambar kotak persegi panjang di ruang tersebut.

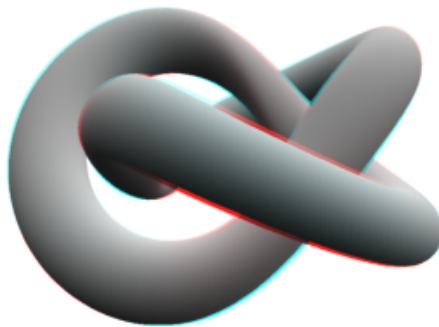
Untuk demo berikut ini, kita akan menyiapkan parameter u dan v , dan menghasilkan koordinat ruang dari parameter ini.

```
>u=linspace(-1,1,10); v=linspace(0,2*pi,50)'; ...
>X=(3+u*cos(v/2))*cos(v); Y=(3+u*cos(v/2))*sin(v); Z=u*sin(v/2); ...
>plot3d(X,Y,Z,>anaglyph,<frame,>wire,scale=2.3):
```



Berikut ini contoh yang lebih rumit, yang tampak megah dengan kacamata merah/cyan.

```
>u:=linspace(-pi,pi,160); v:=linspace(-pi,pi,400)'; ...
>x:=(4*(1+.25*sin(3*v))+cos(u))*cos(2*v); ...
>y:=(4*(1+.25*sin(3*v))+cos(u))*sin(2*v); ...
> z=sin(u)+2*cos(3*v); ...
>plot3d(x,y,z,frame=0,scale=1.5,hue=1,light=[1,0,-1],zoom=2.8,>anaglyph):
```



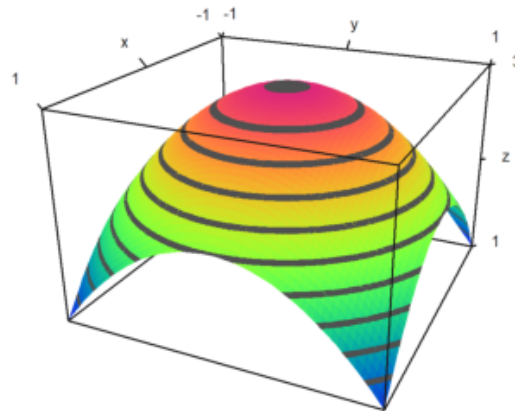
Contoh lain:

1. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$3 - x^2 - y^2$$

Penyelesaian:

```
>plot3d("3-x^2-y^2",>spectral,>contour, zoom=3.2):
```

Plot Statistik

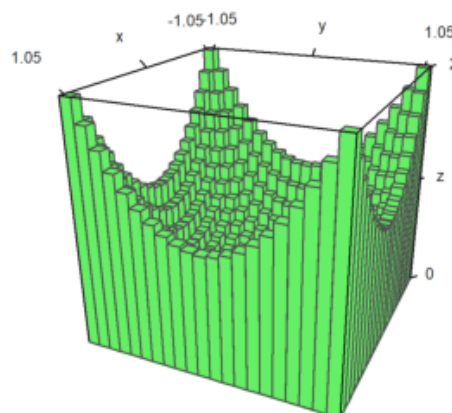
Plot batang juga dimungkinkan. Untuk ini, kita harus menyediakan

- x: vektor baris dengan n+1 elemen
- y: vektor kolom dengan n+1 elemen
- z: matriks nilai nxn.

z dapat lebih besar, tetapi hanya nilai nxn yang akan digunakan.

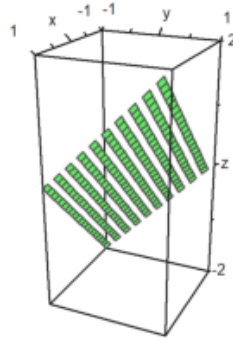
Dalam contoh ini, pertama-tama kita menghitung nilainya. Kemudian kita sesuaikan x dan y, sehingga vektor-vektornya berpusat pada nilai yang digunakan.

```
>x=-1:0.1:1; y=x'; z=x^2+y^2; ...
>xa=(x|1.1)-0.05; ya=(y_1.1)-0.05; ...
>plot3d(xa,ya,z,bar=true):
```



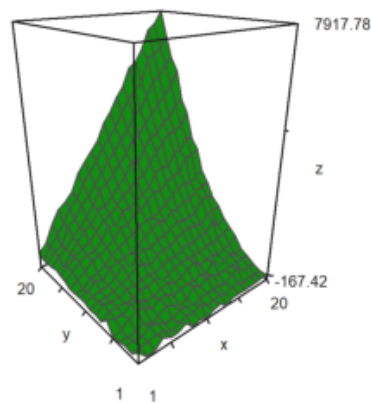
Dimungkinkan untuk membagi plot suatu permukaan menjadi dua bagian atau lebih.

```
>x=-1:0.1:1; y=x'; z=x+y; d=zeros(size(x)); ...
>plot3d(x,y,z,disconnect=2:2:20):
```

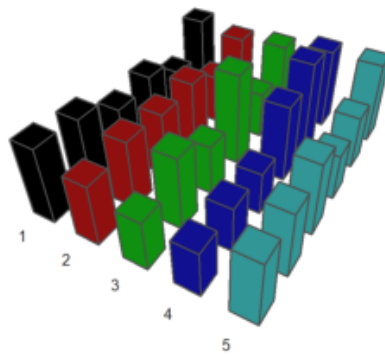


Jika memuat atau menghasilkan matriks data M dari file dan perlu memplotnya dalam 3D, Anda dapat menskalakan matriks ke $[-1,1]$ dengan `skala(M)`, atau menskalakan matriks dengan `>zscale`. Hal ini dapat dikombinasikan dengan faktor penskalaan individual yang diterapkan sebagai tambahan.

```
>i=1:20; j=i'; ...
>plot3d(i*j^2+100*normal(20,20),>zscale,scale=[1,1,1.5],angle=-40°,zoom=1.8):
```



```
>Z=intrandom(5,100,6); v=zeros(5,6); ...
>loop 1 to 5; v[#]=getmultiplicities(1:6,Z[#]); end; ...
>columnsplot3d(v',scols=1:5,ccols=[1:5]):
```



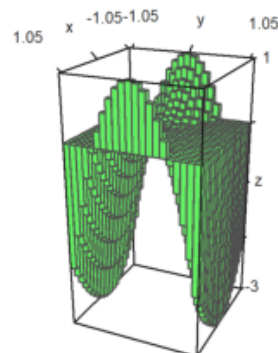
Contoh lain:

1. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$f(x, y) = 4x^2 - 9y^2$$

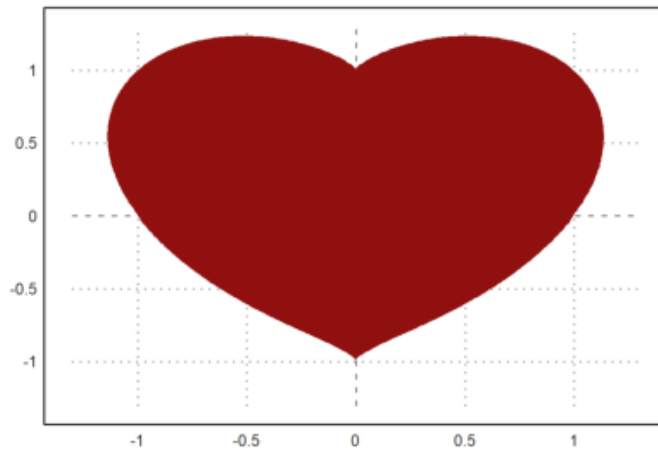
Penyelesaian:

```
>x=-1:0.1:1; y=x'; z=x^2-3*y^2; ...
>xa=(x|1.1)-0.05; ya=(y|1.1)-0.05; ...
>plot3d(xa,ya,z,bar=true):
```



Permukaan Benda Putar

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



```
>ekspresi &= (x^2+y^2-1)^3-x^2*y^3; $ekspresi
```

$$(y^2 + x^2 - 1)^3 - x^2 y^3$$

Kami ingin memutar kurva hati di sekitar sumbu y. Inilah ungkapan yang mendefinisikan hati:

$$f(x, y) = (x^2 + y^2 - 1)^3 - x^2 \cdot y^3.$$

Selanjutnya kami menetapkan

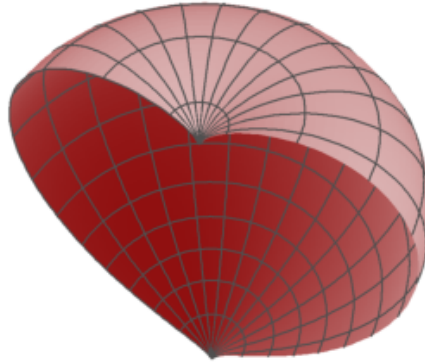
$$x = r \cdot \cos(a), \quad y = r \cdot \sin(a).$$

```
>function fr(r,a) &= ekspresi with [x=r*cos(a),y=r*sin(a)] | trigreduce; $fr(r,a)
```

$$(r^2 - 1)^3 + \frac{(\sin(5a) - \sin(3a) - 2 \sin a) r^5}{16}$$

Hal ini memungkinkan untuk mendefinisikan fungsi numerik, yang menyelesaikan r , jika a diberikan. Dengan fungsi tersebut kita dapat memplot jantung yang diputar sebagai permukaan parametrik.

```
>function map f(a) := bisect("fr",0,2;a); ...
>t=linspace(-pi/2,pi/2,100); r=f(t); ...
>s=linspace(pi,2pi,100)'; ...
>plot3d(r*cos(t)*sin(s),r*cos(t)*cos(s),r*sin(t), ...
>>hue,<frame,color=red,zoom=4,amb=0,max=0.7,grid=12,height=50°):
```

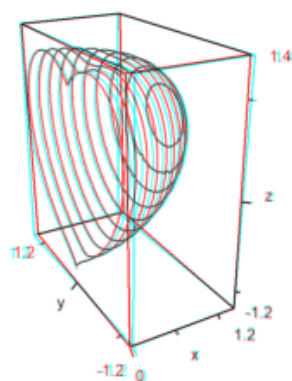


Berikut ini adalah plot 3D dari gambar di atas yang diputar mengelilingi sumbu z. Kami mendefinisikan fungsi yang mendeskripsikan objek.

```
>function f(x,y,z) ...
```

```
    r=x^2+y^2;
    return (r+z^2-1)^3-r*z^3;
endfunction
```

```
>plot3d("f(x,y,z)", ...
>xmin=0,xmax=1.2,ymin=-1.2,ymax=1.2,zmin=-1.2,zmax=1.4, ...
>implicit=1,angle=-30°,zoom=2.5,n=[10,100,60],>anaglyph):
```



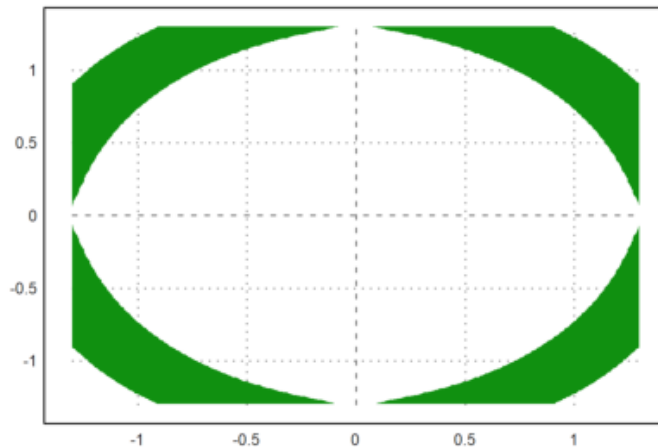
Contoh lain:

1. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$f(x,y) = (2x^2 + 2y^2 - 4)^{10-x^2*y^2}$$

Penyelesaian:

```
>plot2d("(2*x^2+2*y^2-4)^10-x^2*y^2",r=1.3, ...  
>style="#",color=green,<outline, ...  
>level=[-5;0],n=100):
```



Plot 3D Khusus

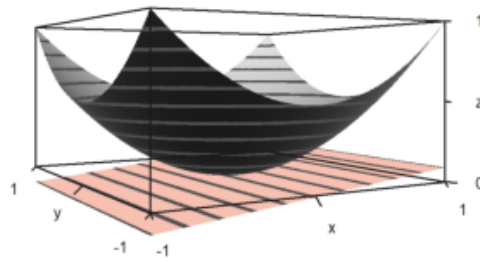
Fungsi `plot3d` bagus untuk dimiliki, tetapi tidak memenuhi semua kebutuhan. Selain rutinitas yang lebih mendasar, dimungkinkan untuk mendapatkan plot berbingkai dari objek apa pun yang Anda sukai.

Meskipun Euler bukan program 3D, ia dapat menggabungkan beberapa objek dasar. Kami mencoba memvisualisasikan paraboloid dan garis singgungnya.

```
>function myplot ...  
  
    y=-1:0.01:1; x=(-1:0.01:1)';  
    plot3d(x,y,0.2*(x-0.1)/2,<scale,<frame,>hue, ..  
        hues=0.5,>contour,color=orange);  
    h=holding(1);  
    plot3d(x,y,(x^2+y^2)/2,<scale,<frame,>contour,>hue);  
    holding(h);  
endfunction
```

Sekarang `framedplot()` menyediakan frame, dan mengatur tampilan.

```
>framedplot("myplot",[-1,1,-1,1,0,1],height=0,angle=-30°, ...  
> center=[0,0,-0.7],zoom=3):
```

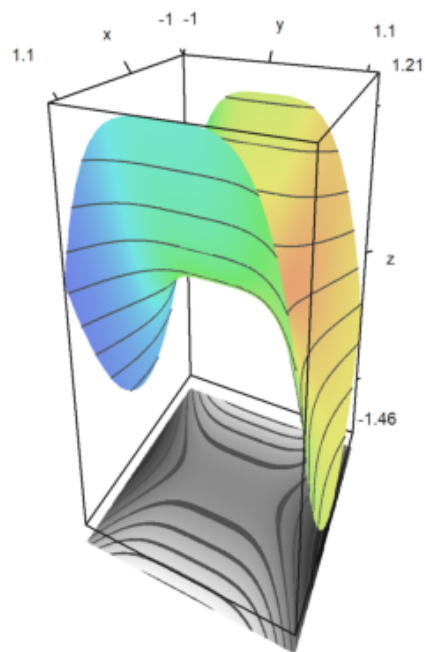


Dengan cara yang sama, Anda dapat memplot bidang kontur secara manual. Perhatikan bahwa `plot3d()` menyetel jendela ke `fullwindow()`, secara default, tetapi `plotcontourplane()` berasumsi demikian.

```
>x=-1:0.02:1.1; y=x'; z=x^2-y^4;
>function myplot (x,y,z) ...
```

```
    zoom(2);
    wi=fullwindow();
    plotcontourplane(x,y,z,level="auto",<scale);
    plot3d(x,y,z,>hue,<scale,>add,color=white,level="thin");
    window(wi);
    reset();
endfunction
```

```
>myplot(x,y,z):
```



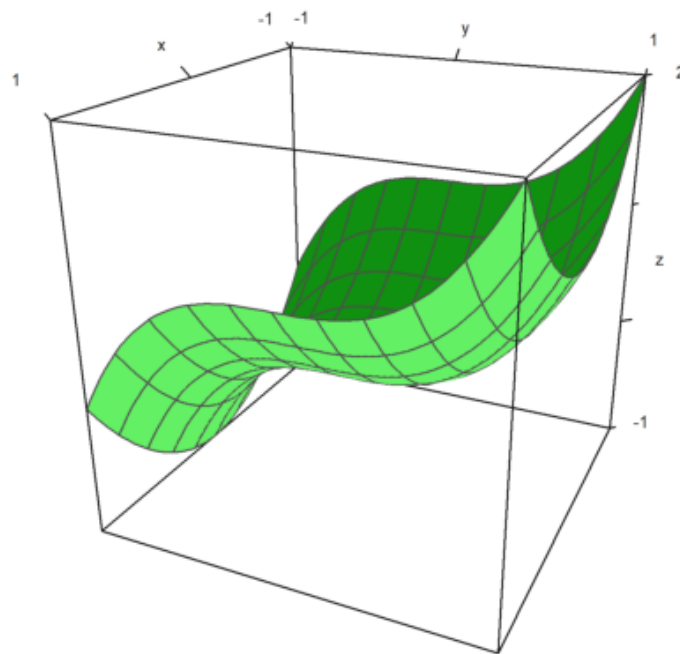
Animasi

Euler dapat menggunakan frame untuk melakukan pra-komputasi animasi.

Salah satu fungsi yang memanfaatkan teknik ini adalah memutar. Itu dapat mengubah sudut pandang dan menggambar ulang plot 3D. Fungsi ini memanggil `addpage()` untuk setiap plot baru. Akhirnya ia menganimasikan plotnya.

Silakan pelajari sumber rotasi untuk melihat lebih detail.

```
>function testplot () := plot3d("x^2+y^3"); ...
>rotate("testplot"); testplot():
```

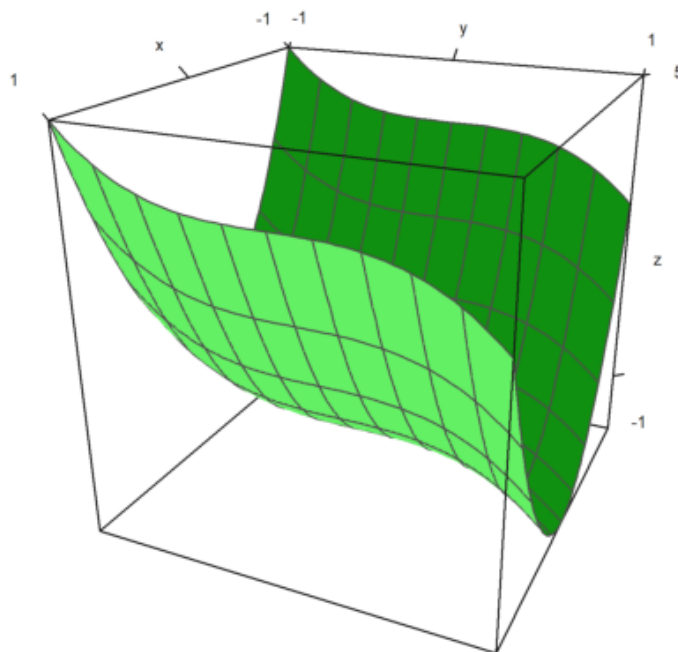
Contoh lain:

1. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$f(x, y) = 4x^2 - y^3$$

Penyelesaian:

```
>function testplot () := plot3d("4*x^2-y^3"); ...
>rotate("testplot"); testplot();
```



Menggambar Povray

Dengan bantuan file Euler povray.e, Euler dapat menghasilkan file Povray. Hasilnya sangat bagus untuk dilihat.

Anda perlu menginstal Povray (32bit atau 64bit) dari <http://www.povray.org/>, dan meletakkan sub-direktori "bin" Povray ke jalur lingkungan, atau mengatur variabel "defaultpovray" dengan jalur lengkap yang mengarah ke "pvengine.exe".

Antarmuka Povray Euler menghasilkan file Povray di direktori home pengguna, dan memanggil Povray untuk menguraikan file-file ini. Nama file default adalah current.pov, dan direktori default adalah eulerhome(), biasanya c:\Users\Username\Euler. Povray menghasilkan file PNG, yang dapat dimuat oleh Euler ke dalam notebook. Untuk membersihkan file-file ini, gunakan povclear().

Fungsi pov3d memiliki semangat yang sama dengan plot3d. Ini dapat menghasilkan grafik fungsi $f(x,y)$, atau permukaan dengan koordinat X,Y,Z dalam matriks, termasuk garis level opsional. Fungsi ini memulai raytracer secara otomatis, dan memuat adegan ke dalam notebook Euler.

Selain pov3d(), ada banyak fungsi yang menghasilkan objek Povray. Fungsi-fungsi ini mengembalikan string, yang berisi kode Povray untuk objek. Untuk menggunakan fungsi ini, mulai file Povray dengan povstart(). Kemudian gunakan writeln(...) untuk menulis objek ke file adegan. Terakhir, akhiri file dengan povend(). Secara default, raytracer akan dimulai, dan PNG akan dimasukkan ke dalam notebook Euler.

Fungsi objek memiliki parameter yang disebut "tampilan", yang memerlukan string dengan kode Povray untuk tekstur dan penyelesaian objek. Fungsi povlook() dapat digunakan untuk menghasilkan string ini. Ini memiliki parameter untuk warna, transparansi, Phong Shading dll.

Perhatikan bahwa alam semesta Povray memiliki sistem koordinat lain. Antarmuka ini menerjemahkan semua koordinat ke sistem Povray. Jadi Anda dapat terus berpikir dalam sistem koordinat Euler dengan z menunjuk vertikal ke atas, dan sumbu x,y,z di tangan kanan. Fungsi pov3d memiliki semangat yang sama dengan plot3d. Ini dapat menghasilkan grafik fungsi $f(x,y)$, atau permukaan dengan koordinat X,Y,Z dalam matriks, termasuk garis level opsional. Fungsi ini memulai raytracer secara otomatis, dan memuat adegan ke dalam notebook Euler.

Anda perlu memuat file povray

```
>load povray;
```

Pastikan, direktori Povray bin ada di jalurnya. Jika tidak, edit variabel berikut sehingga berisi jalur ke povray yang dapat dieksekusi.

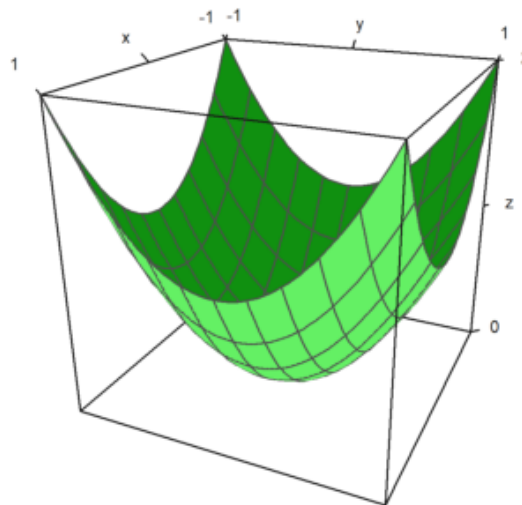
```
>defaultpovray="C:\Program Files\POV-Ray\v3.7\bin\pvengine.exe"
```

```
C:\Program Files\POV-Ray\v3.7\bin\pvengine.exe
```

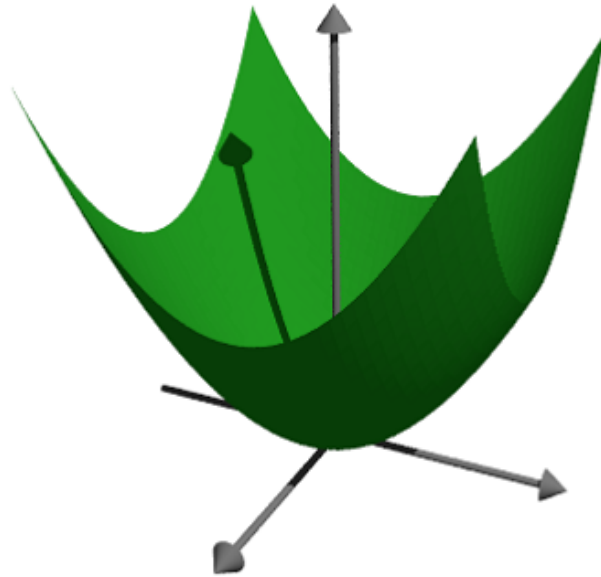
Untuk kesan pertama, kami memplot fungsi sederhana. Perintah berikut menghasilkan file povray di direktori pengguna Anda, dan menjalankan Povray untuk penelusuran sinar file ini.

Jika Anda memulai perintah berikut, GUI Povray akan terbuka, menjalankan file, dan menutup secara otomatis. Karena alasan keamanan, Anda akan ditanya apakah Anda ingin mengizinkan file exe dijalankan. Anda dapat menekan batal untuk menghentikan pertanyaan lebih lanjut. Anda mungkin harus menekan OK di jendela Povray untuk mengonfirmasi dialog pengaktifan Povray.

```
>plot3d("x^2+y^2",zoom=2) :
```

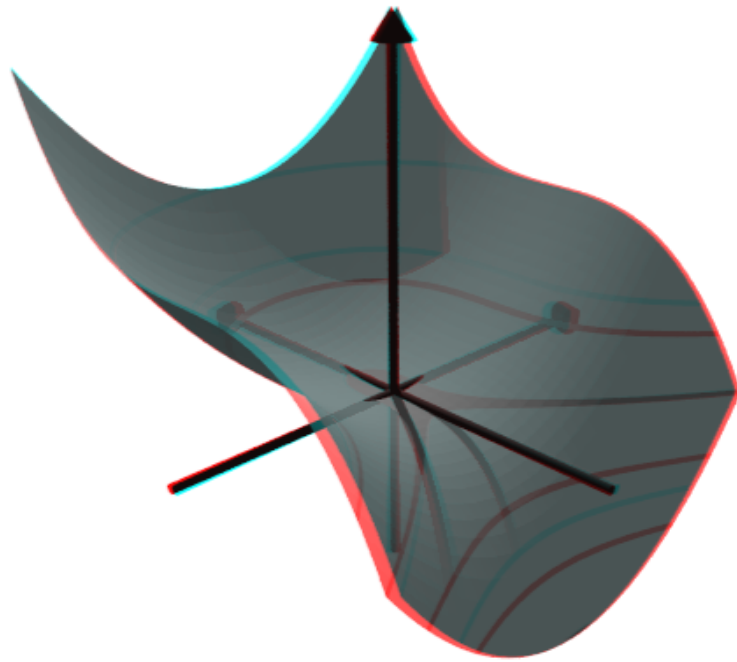


```
>pov3d("x^2+y^2",zoom=3) ;
```



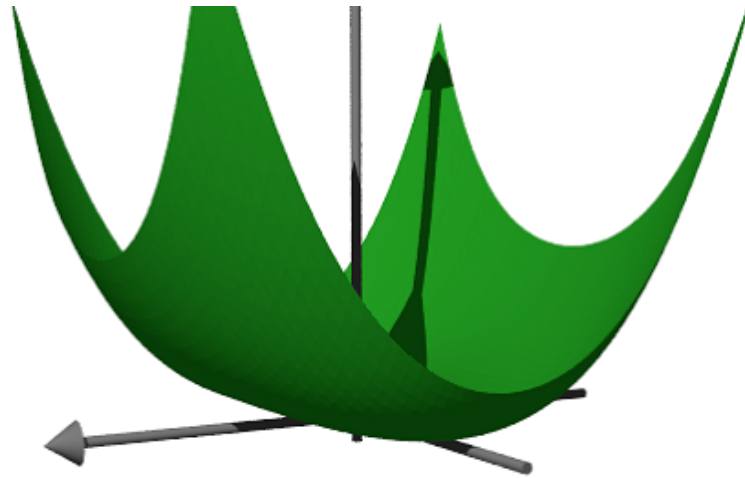
Kita dapat membuat fungsinya transparan dan menambahkan penyelesaian lainnya. Kita juga dapat menambahkan garis level ke plot fungsi.

```
>pov3d("x^2+y^3",axiscolor=red,angle=-45°,>anaglyph, ...  
> look=povlook(cyan,0.2),level=-1:0.5:1,zoom=3.8);
```



Terkadang perlu untuk mencegah penskalaan fungsi, dan menskalakan fungsi secara manual.
 Kita memplot himpunan titik pada bidang kompleks, dimana hasil kali jarak ke 1 dan -1 sama dengan 1.

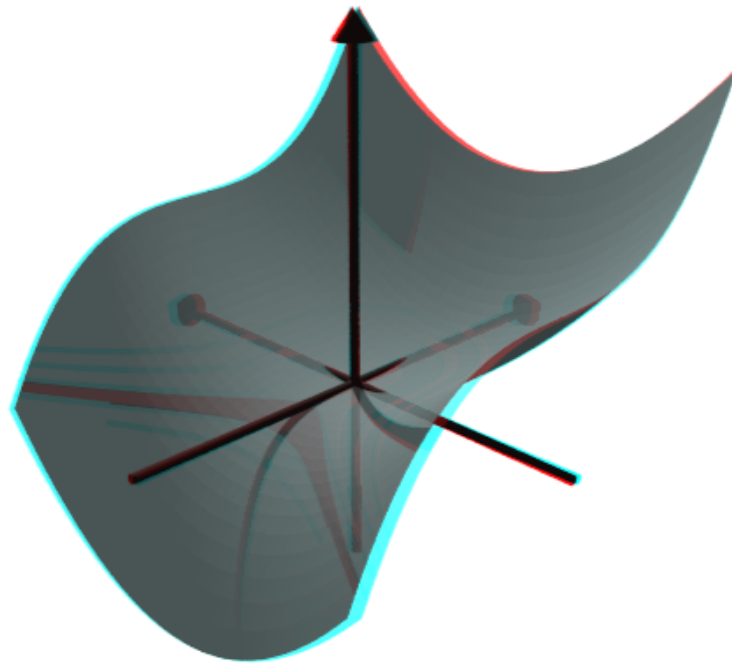
```
>pov3d("( (x-1)^2+y^2) * ((x+1)^2+y^2) / 40", r=2, ...
>  angle=-120°, level=1/40, dlevel=0.005, light=[-1,1,1], height=10°, n=50, ...
>  <fscale, zoom=3.8);
```



Contoh lain:

1. Gambarlah grafik pov3d dari fungsi berikut

```
>pov3d("6x^3+5y^2",axiscolor=red,angle=-45°,>anaglyph, ...  
> look=povlook(cyan,0.2),level=-1:0.5:1,zoom=3.8);
```

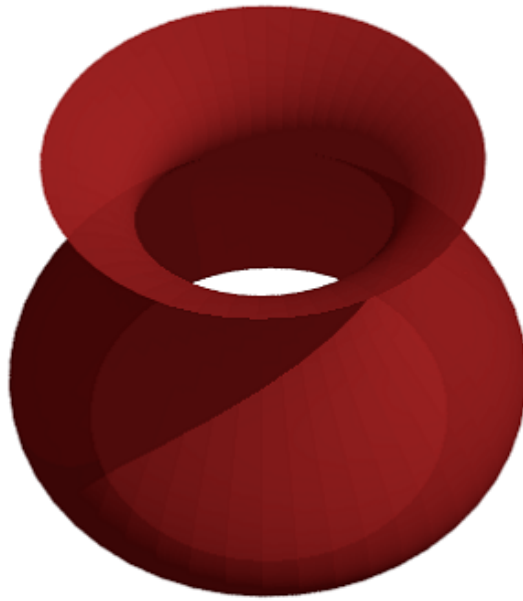


Merencanakan dengan Koordinat

Daripada menggunakan fungsi, kita bisa memplotnya dengan koordinat. Seperti di `plot3d`, kita memerlukan tiga matriks untuk mendefinisikan objek.

Dalam contoh ini kita memutar suatu fungsi di sekitar sumbu z .

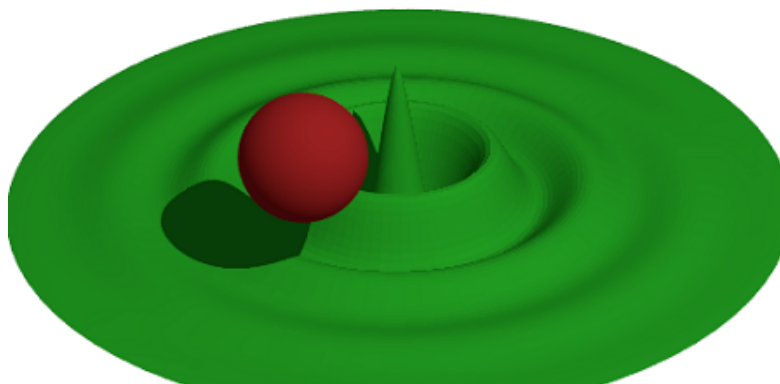
```
>function f(x) := x^3-x+1; ...
>x=-1:0.01:1; t=linspace(0,2pi,50)'; ...
>Z=x; X=cos(t)*f(x); Y=sin(t)*f(x); ...
>pov3d(X,Y,Z,angle=40°,look=povlook(red,0.1),height=50°,axis=0,zoom=4,light=[10,5,15]);
```



Pada contoh berikut, kita memplot gelombang teredam. Kami menghasilkan gelombang dengan bahasa matriks Euler.

Kami juga menunjukkan, bagaimana objek tambahan dapat ditambahkan ke adegan pov3d. Untuk pembuatan objek, lihat contoh berikut. Perhatikan bahwa plot3d menskalakan plot, sehingga cocok dengan kubus satuan.

```
>r=linspace(0,1,80); phi=linspace(0,2pi,80)'; ...
>x=r*cos(phi); y=r*sin(phi); z=exp(-5*r)*cos(8*pi*r)/3; ...
>pov3d(x,y,z,zoom=6,axis=0,height=30°,add=povsphere([0.5,0,0.25],0.15,povlook(red)), ...
> w=500,h=300);
```



Dengan metode peneuduh canggih Povray, sangat sedikit titik yang dapat menghasilkan permukaan yang sangat halus. Hanya pada batas-batas dan dalam bayangan, triknya mungkin terlihat jelas.

Untuk ini, kita perlu menjumlahkan vektor normal di setiap titik matriks.

```
>Z &= x^2*y^3
```

$$x^2 y^3$$

Persamaan permukaannya adalah $[x,y,Z]$. Kami menghitung dua turunan dari x dan y dan mengambil perkalian silangnya sebagai normal.

```
>dx &= diff([x,y,Z],x); dy &= diff([x,y,Z],y);
```

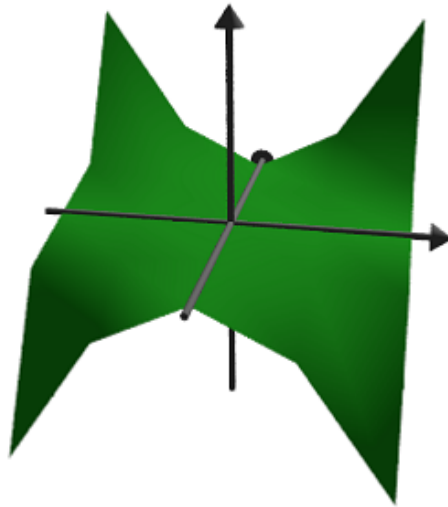
Kami mendefinisikan normal sebagai produk silang dari turunan ini, dan mendefinisikan fungsi koordinat

```
>N &= crossproduct(dx,dy); NX &= N[1]; NY &= N[2]; NZ &= N[3]; N,
```

$$[-2xy^3, -3x^2y^2, 1]$$

Kami hanya menggunakan 25 poin.

```
>x=-1:0.5:1; y=x';
>pov3d(x,y,Z(x,y),angle=10°, ...
> xv=NX(x,y),yv=NY(x,y),zv=NZ(x,y),<shadow);
```



Berikut ini adalah simpul Trefoil yang dibuat oleh A. Busser di Povray. Ada versi yang lebih baik dari ini dalam contoh.

See: Examples\Trefoil Knot | Trefoil Knot

Untuk tampilan yang bagus dengan tidak terlalu banyak titik, kami menambahkan vektor normal di sini. Kami menggunakan Maxima untuk menghitung normal untuk kami. Pertama, tiga fungsi untuk koordinat sebagai ekspresi simbolis.

```
>X &= ((4+sin(3*y))+cos(x))*cos(2*y); ...
>Y &= ((4+sin(3*y))+cos(x))*sin(2*y); ...
>Z &= sin(x)+2*cos(3*y);
```

Kemudian dua vektor turunan terhadap x dan y.

```
>dx &= diff([X,Y,Z],x); dy &= diff([X,Y,Z],y);
```

Sekarang yang normal, yang merupakan produk silang dari dua turunan.

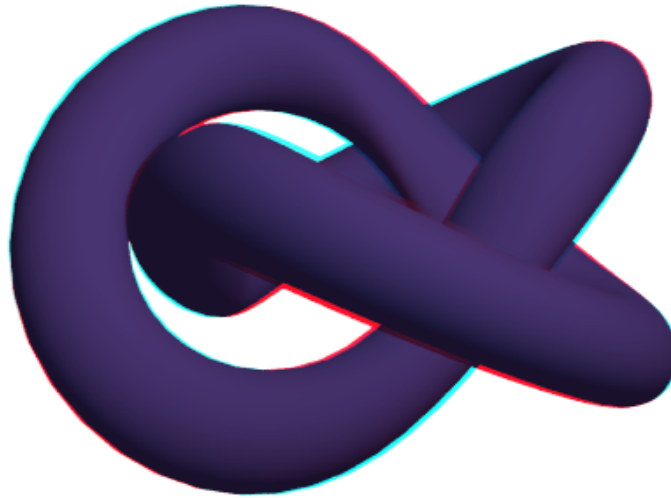
```
>dn &= crossproduct(dx,dy);
```

Kami sekarang mengevaluasi semua ini secara numerik.

```
>x:=linspace(-%pi,%pi,40); y:=linspace(-%pi,%pi,100)';
```

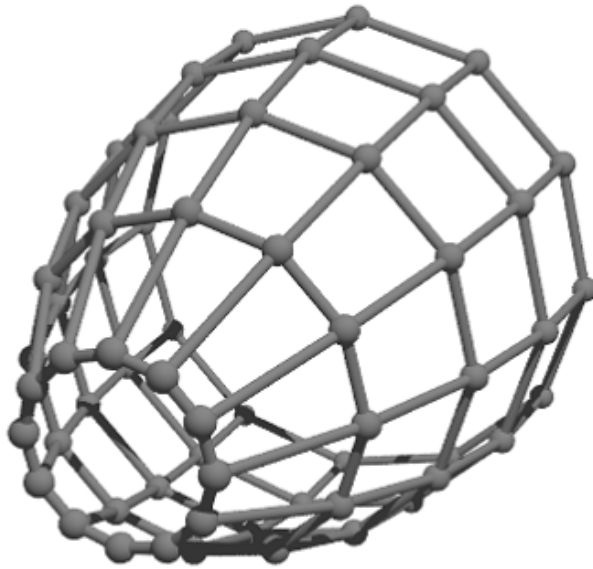
Vektor normal adalah evaluasi dari ekspresi simbolik $dn[i]$ untuk $i=1,2,3$. Sintaks untuk ini adalah `&"expression"(parameter)`. Ini adalah sebuah alternatif dari metode pada contoh sebelumnya, di mana kita mendefinisikan ekspresi simbolik NX, NY, NZ terlebih dahulu.

```
>pov3d(X(x,y),Y(x,y),Z(x,y),>anaglyph,axis=0,zoom=5,w=450,h=350,...  
> <shadow,look=povlook(blue),...  
> xv=&"dn[1]"(x,y), yv=&"dn[2]"(x,y), zv=&"dn[3]"(x,y));
```



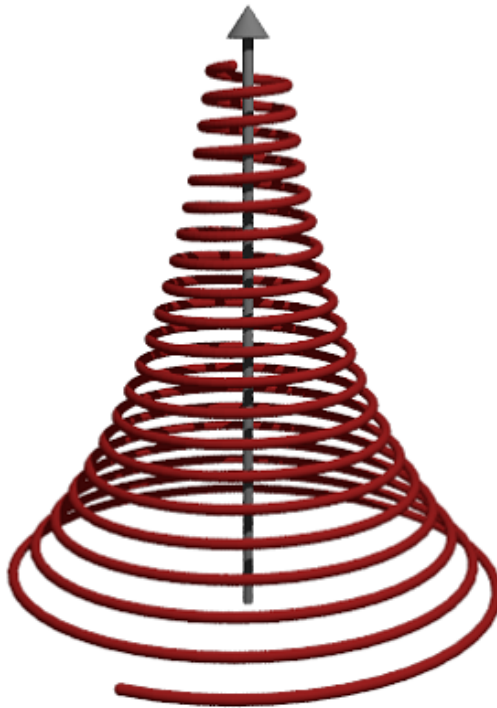
Kami juga dapat menghasilkan kisi-kisi dalam bentuk 3D

```
>povstart(zoom=4);...  
>x=-1:0.5:1; r=1-(x+1)^2/6;...  
>t=(0°:30°:360°)'; y=r*cos(t); z=r*sin(t);...  
>writeln(povgrid(x,y,z,d=0.02,dballs=0.05));...  
>povend();
```



Dengan `povgrid()`, kurva dapat dibuat.

```
>povstart (center=[0,0,1],zoom=3.6); ...  
>t=linspace(0,2,1000); r=exp(-t); ...  
>x=cos(2*pi*10*t)*r; y=sin(2*pi*10*t)*r; z=t; ...  
>writeln(povgrid(x,y,z,povlook(red))); ...  
>writeAxis(0,2,axis=3); ...  
>povend();
```



Objek Povray

Di atas, kami menggunakan pov3d untuk memplot permukaan. Antarmuka povray di Euler juga dapat menghasilkan objek Povray. Objek ini disimpan sebagai string di Euler, dan perlu ditulis ke file Povray.

Kami memulai output dengan povstart().

```
>povstart (zoom=4) ;
```

Pertama kita mendefinisikan tiga silinder, dan menyimpannya dalam string di Euler.

Fungsi povx() dll. hanya mengembalikan vektor [1,0,0], yang dapat digunakan sebagai gantinya.

```
>c1=povcylinder (-povx,povx,1,povlook (red)) ; ...
>c2=povcylinder (-povy,povy,1,povlook (yellow)) ; ...
>c3=povcylinder (-povz,povz,1,povlook (blue)) ; ...
```

String tersebut berisi kode Povray, yang tidak perlu kita pahami pada saat itu.

```
>c1
```

```
cylinder { <-1,0,0>, <1,0,0>, 1
  texture { pigment { color rgb <0.564706,0.0627451,0.0627451> } }
  finish { ambient 0.2 }
}
```

Seperti yang Anda lihat, kami menambahkan tekstur ke objek dalam tiga warna berbeda.

Hal ini dilakukan oleh `povlook()`, yang mengembalikan string dengan kode Povray yang relevan. Kita dapat menggunakan warna default Euler, atau menentukan warna kita sendiri. Kita juga dapat menambahkan transparansi, atau mengubah cahaya sekitar.

```
>povlook(rgb(0.1,0.2,0.3),0.1,0.5)
```

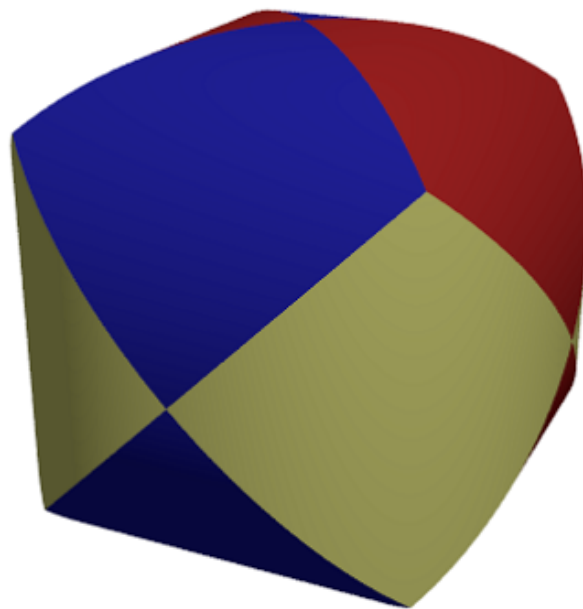
```
texture { pigment { color rgbf <0.101961,0.2,0.301961,0.1> } }  
finish { ambient 0.5 }
```

Sekarang kita mendefinisikan objek persimpangan, dan menulis hasilnya ke file.

```
>writeln(povintersection([c1,c2,c3]));
```

Perpotongan tiga silinder sulit dibayangkan, jika Anda belum pernah melihatnya.

```
>povend;
```



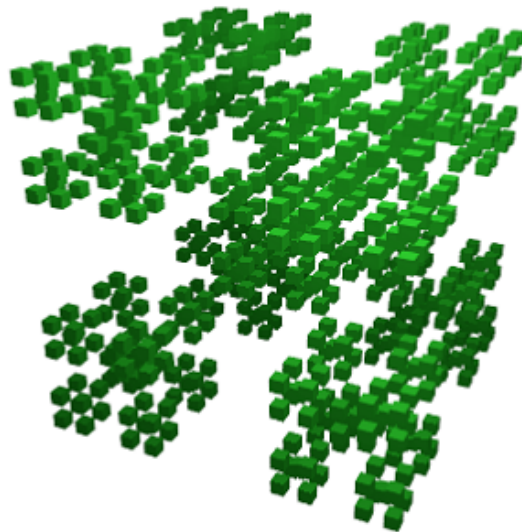
Fungsi berikut menghasilkan fraktal secara rekursif.

Fungsi pertama menunjukkan bagaimana Euler menangani objek Povray sederhana. Fungsi `povbox()` mengembalikan string, yang berisi koordinat kotak, tekstur, dan hasil akhir.

```
>function onebox(x,y,z,d) := povbox([x,y,z],[x+d,y+d,z+d],povlook());
>function fractal (x,y,z,h,n) ...
```

```
    if n==1 then writeln(onebox(x,y,z,h));
    else
        h=h/3;
        fractal(x,y,z,h,n-1);
        fractal(x+2*h,y,z,h,n-1);
        fractal(x,y+2*h,z,h,n-1);
        fractal(x,y,z+2*h,h,n-1);
        fractal(x+2*h,y+2*h,z,h,n-1);
        fractal(x+2*h,y,z+2*h,h,n-1);
        fractal(x,y+2*h,z+2*h,h,n-1);
        fractal(x+2*h,y+2*h,z+2*h,h,n-1);
        fractal(x+h,y+h,z+h,h,n-1);
    endif;
endfunction
```

```
>povstart (fade=10,<shadow);
>fractal (-1,-1,-1,2,4);
>povend();
```



Perbedaan memungkinkan pemisahan satu objek dari objek lainnya. Seperti persimpangan, ada bagian dari objek CSG di Povray.

```
>povstart (light=[5,-5,5],fade=10);
```

Untuk demonstrasi ini, kita mendefinisikan sebuah objek di Povray, alih-alih menggunakan string di Euler. Definisi akan langsung dituliskan ke file.

Koordinat kotak -1 berarti [-1,-1,-1].

```
>povdefine ("mycube",povbox (-1,1) );
```

Kita dapat menggunakan objek ini di povobject(), yang mengembalikan sebuah string seperti biasa.

```
>c1=povobject ("mycube",povlook (red) );
```

Kami menghasilkan kubus kedua, dan memutar serta menskalakannya sedikit.

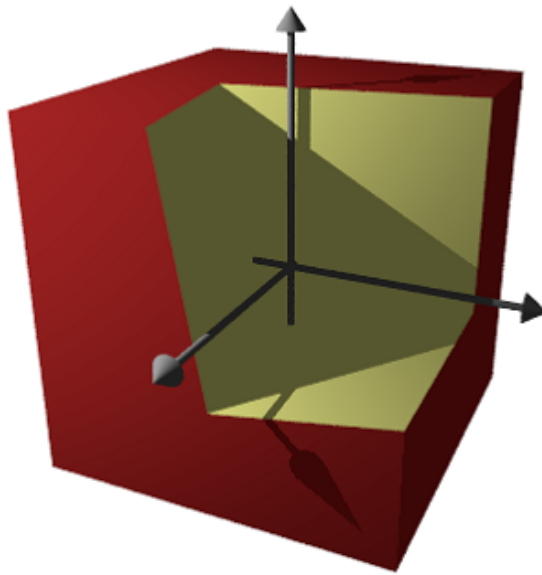
```
>c2=povobject ("mycube",povlook (yellow),translate=[1,1,1], ...  
> rotate=xrotate (10°)+yrotate (10°), scale=1.2);
```

Kemudian kita ambil selisih dari kedua objek tersebut. akannya sedikit.

```
>writeln (povdifference (c1,c2) );
```

Sekarang tambahkan tiga sumbu.

```
>writeAxis (-1.2,1.2,axis=1); ...  
>writeAxis (-1.2,1.2,axis=2); ...  
>writeAxis (-1.2,1.2,axis=4); ...  
>povend();
```

Fungsi Implisit

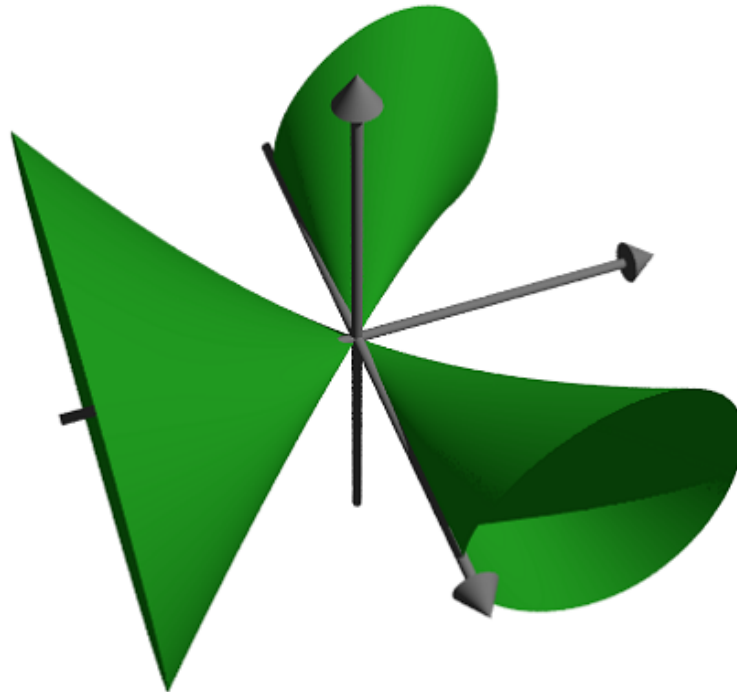
Povray dapat memplot himpunan di mana $f(x,y,z)=0$, seperti parameter implisit di plot3d. Namun hasilnya terlihat jauh lebih baik.

Sintaks untuk fungsinya sedikit berbeda. Anda tidak dapat menggunakan keluaran ekspresi Maxima atau Euler.

```
>povstart (angle=70°,height=50°,zoom=4);
```

Membuat permukaan implisit. Perhatikan sintaks yang berbeda dalam ekspresi.

```
>writeln(povsurface("pow(x,2)*y-pow(y,3)-pow(z,2)",povlook(green))); ...
>writeAxes(); ...
>povend();
```



Objek Jaring

Dalam contoh ini, kami menunjukkan cara membuat objek mesh, dan menggambarinya dengan informasi tambahan.

Kita ingin memaksimalkan xy pada kondisi $x+y=1$ dan mendemonstrasikan sentuhan tangensial garis datar.

```
>povstart (angle=-10°,center=[0.5,0.5,0.5],zoom=7);
```

Kita tidak dapat menyimpan objek dalam sebuah string seperti sebelumnya, karena ukurannya terlalu besar. Jadi kita mendefinisikan objek dalam file Povray menggunakan declare. Fungsi `povtriangle()` melakukan hal ini secara otomatis. Fungsi ini dapat menerima vektor normal seperti halnya `pov3d()`.

Berikut ini mendefinisikan objek mesh, dan langsung menuliskannya ke dalam file.

```
>x=0:0.02:1; y=x'; z=x*y; vx=-y; vy=-x; vz=1;
>mesh=povtriangles(x,y,z,"",vx,vy,vz);
```

Sekarang kita tentukan dua cakram, yang akan berpotongan dengan permukaan.

```
>cl=povdisc([0.5,0.5,0],[1,1,0],2); ...
>ll=povdisc([0,0,1/4],[0,0,1],2);
```

Tuliskan permukaan dikurangi kedua cakram.

```
>writeln(povdifference(mesh,povunion([c1,l1]),povlook(green)));
```

Tuliskan kedua perpotongan tersebut.

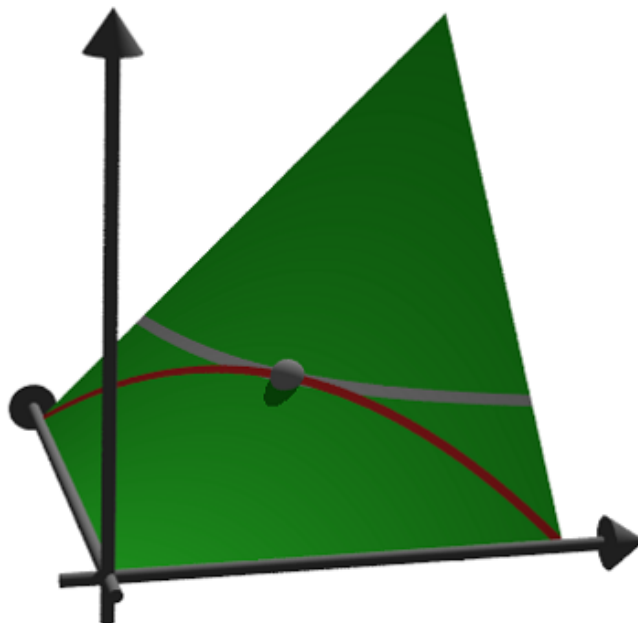
```
>writeln(povintersection([mesh,c1],povlook(red)); ...  
>writeln(povintersection([mesh,l1],povlook(gray)));
```

Tulislah satu titik secara maksimal.

```
>writeln(povpoint([1/2,1/2,1/4],povlook(gray),size=2*defaultpointsize));
```

Tambahkan sumbu dan selesaikan.

```
>writeAxes(0,1,0,1,0,1,d=0.015); ...  
>povend();
```



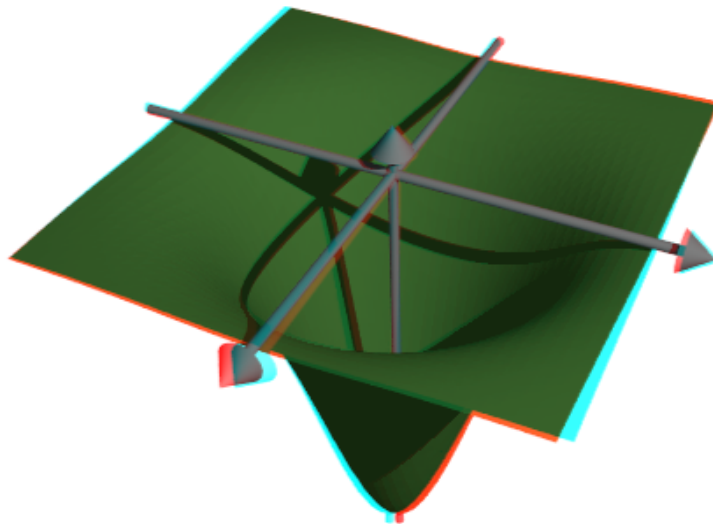
Anaglyphs di Povray

Untuk menghasilkan anaglyph untuk kacamata merah/cyan, Povray harus dijalankan dua kali dari posisi kamera berbeda. Ini menghasilkan dua file Povray dan dua file PNG, yang dimuat dengan fungsi load-anaglyph().

Tentu saja, Anda memerlukan kacamata berwarna merah/cyan untuk melihat contoh berikut dengan benar.

Fungsi pov3d() memiliki saklar sederhana untuk menghasilkan anaglyph.

```
>pov3d("-exp(-x^2-y^2)/2",r=2,height=45°,>anaglyph, ...  
> center=[0,0,0.5],zoom=3.5);
```

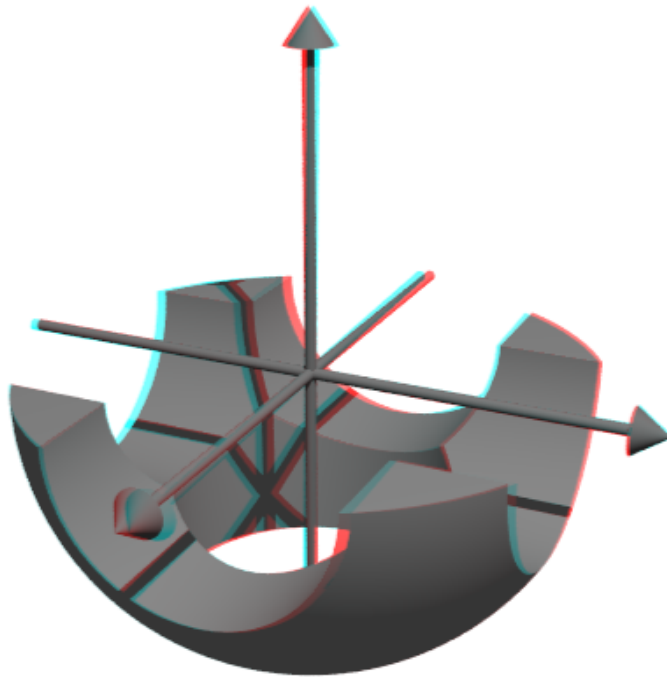


Jika Anda membuat scene dengan objek, Anda harus menempatkan pembuatan scene ke dalam fungsi, dan menjalankannya dua kali dengan nilai yang berbeda untuk parameter anaglyph.

```
>function myscene ...  
  
s=povsphere(povc,1);  
cl=povcylinder(-povz,povz,0.5);  
clx=povobject(cl,rotate=xrotate(90°));  
cly=povobject(cl,rotate=yrotate(90°));  
c=povbox([-1,-1,0],1);  
un=povunion([cl,clx,cly,c]);  
obj=povdifference(s,un,povlook(red));  
writeln(obj);  
writeAxes();  
endfunction
```

Fungsi `povanaglyph()` melakukan semua ini. Parameter-parameternya seperti pada `povstart()` dan `povend()` yang digabungkan.

```
>povanaglyph("myscene", zoom=4.5);
```



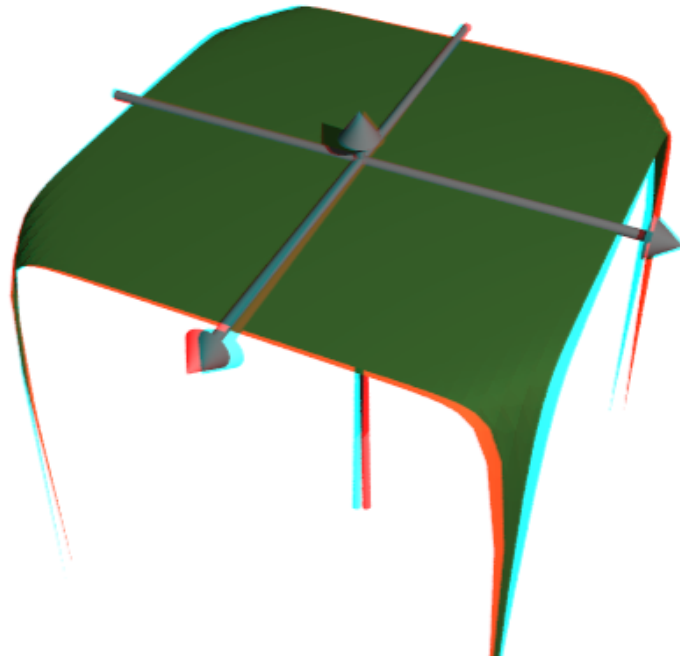
Contoh lain:

1. Gambarlah grafik dari fungsi berikut

$$f(x, y) = e^{2x^2+3y^2}$$

Penyelesaian:

```
>pov3d("-exp(2x^2+3y^2)/2", r=2, height=45°, >anaglyph, ...  
> center=[0,0,0.5], zoom=3.5);
```



Mendefinisikan Objek sendiri

Antarmuka povray Euler berisi banyak sekali objek. Tetapi Anda tidak dibatasi pada objek-objek tersebut. Anda dapat membuat objek sendiri, yang menggabungkan objek lain, atau objek yang benar-benar baru. Kami mendemonstrasikan sebuah torus. Perintah Povray untuk ini adalah "torus". Jadi kita mengembalikan sebuah string dengan perintah ini dan parameternya. Perhatikan bahwa torus selalu berpusat di titik asal.

```
>function povdonat (r1,r2,look="") ...
```

```
    return "torus {" + r1 + ", " + r2 + look + "}";
endfunction
```

Inilah torus pertama kami.

```
>t1=povdonat(0.8,0.2)
```

```
torus {0.8,0.2}
```

Mari kita gunakan objek ini untuk membuat torus kedua, diterjemahkan dan diputar.

```
>t2=povobject(t1,rotate=xrotate(90°),translate=[0.8,0,0])
```

```
object { torus {0.8,0.2}
  rotate 90 *x
  translate <0.8,0,0>
}
```

Sekarang, kita tempatkan semua benda ini ke dalam suatu pemandangan. Untuk tampilannya, kami menggunakan Phong Shading.

```
>povstart (center=[0.4,0,0],angle=0°,zoom=3.8,aspect=1.5); ...  
>writeln(povobject(t1,povlook (green,phong=1))); ...  
>writeln(povobject(t2,povlook (green,phong=1))); ...
```

```
>povend();
```

memanggil program Povray. Namun, jika terjadi kesalahan, program ini tidak menampilkan kesalahan. Oleh karena itu, Anda harus menggunakan

```
>povend(<exit);
```

jika ada yang tidak berhasil. Ini akan membiarkan jendela Povray terbuka.

```
>povend(h=320,w=480);
```



Berikut adalah contoh yang lebih rumit. Kami menyelesaikan

$$Ax \leq b, \quad x \geq 0, \quad c.x \rightarrow \text{Max.}$$

dan menunjukkan titik-titik yang layak dan optimal dalam plot 3D.

```
>A=[10,8,4;5,6,8;6,3,2;9,5,6];  
>b=[10,10,10,10]';  
>c=[1,1,1];
```

Pertama, mari kita periksa, apakah contoh ini memiliki solusi atau tidak.

```
>x=simplex (A,b,c,>max,>check)'
```

```
[0, 1, 0.5]
```

Ya, benar.

Selanjutnya kita mendefinisikan dua objek. Yang pertama adalah bidang.

$$a \cdot x \leq b$$

```
>function oneplane (a,b,look="") ...
```

```
    return povplane(a,b,look)
endfunction
```

Kemudian kita mendefinisikan perpotongan semua setengah ruang dan kubus.

```
>function adm (A, b, r, look="") ...
```

```
    ol=[];
    loop 1 to rows(A); ol=ol|oneplane(A[#],b[#]); end;
    ol=ol|povbox([0,0,0],[r,r,r]);
    return povintersection(ol,look);
endfunction
```

Sekarang, kita bisa merencanakan adegan tersebut.

```
>povstart (angle=120°,center=[0.5,0.5,0.5],zoom=3.5); ...
>writeln(adm(A,b,2,povlook(green,0.4))); ...
>writeAxes(0,1.3,0,1.6,0,1.5); ...
```

Berikut ini adalah lingkaran di sekeliling optimal.

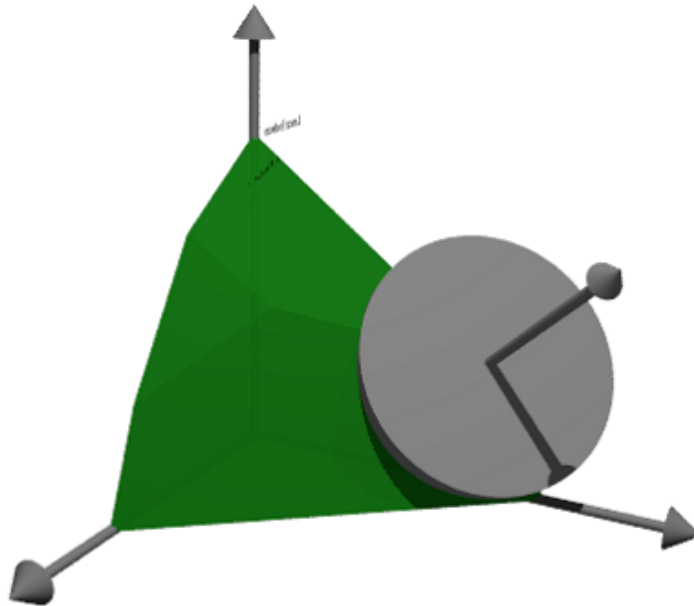
```
>writeln(povintersection([povsphere(x,0.5),povplane(c,c.x')], ...
> povlook(red,0.9)));
```

Dan kesalahan pada arah yang optimal.

```
>writeln(povarrow(x,c*0.5,povlook(red)));
```


Kami menambahkan teks ke layar. Teks hanyalah sebuah objek 3D. Kita perlu menempatkan dan memutarinya sesuai dengan pandangan kita.
jukkan titik-titik yang layak dan optimal dalam plot 3D.

```
>writeln(povtext("Linear Problem",[0,0.2,1.3],size=0.05,rotate=5°)); ...  
>povend();
```



Contoh Lainnya

Anda dapat menemukan beberapa contoh Povray di Euler di file berikut.

ee: Examples/Dandelin Spheres

See: Examples/Donat Math

See: Examples/Trefoil Knot

See: Examples/Optimization by Affine Scalling