

## Menggambar Plot 3D dengan EMT

---

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

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

Euler dapat memetakan

- permukaan dengan bayangan dan garis level atau rentang level,
- awan titik-titik,
- kurva parametrik,
- permukaan implisit.

Plot 3D dari sebuah fungsi menggunakan plot3d. Cara termudah adalah memplot ekspresi dalam x dan y. Parameter r mengatur rentang plot di 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.

```
>aspect(1.5); plot3d("3*x^2+4*y+20",-5,5,0):
```

## Fungsi dari dua Variabel

---

Untuk grafik sebuah fungsi, gunakan

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

Standarnya adalah kisi-kisi kawat yang terisi dengan warna yang berbeda di kedua sisi. Perhatikan bahwa jumlah default interval grid adalah 10, namun plot menggunakan jumlah default 40x40 persegi panjang untuk membangun permukaan. Hal ini dapat diubah.

- $n=40$ ,  $n=[40,40]$ : jumlah garis kisi 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 dapat dilakukan dengan parameter `>user`. Pengguna dapat menekan tombol berikut ini.

- kiri, kanan, atas, bawah: memutar sudut pandang
- +,-: memperbesar atau memperkecil
- a: menghasilkan anaglyph (lihat di bawah)
- l: beralih memutar sumber cahaya (lihat di bawah)
- spasi: mengatur ulang ke default
- kembali: mengakhiri interaksi

```
>plot3d("exp(-x^2+y^2)",>user, ...  
> title="Turn with the vector keys (press return to finish)":
```

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.

Terdapat beberapa parameter untuk menskalakan fungsi atau mengubah tampilan grafik.

fscale: skala untuk nilai fungsi (standarnya adalah <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.

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

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

```
>view
```

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

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

Dalam contoh berikut ini, sudut = 0 dan tinggi = 0 terlihat 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 terlihat selalu ke bagian tengah kubus plot. Anda dapat memindahkan bagian tengah dengan parameter center.

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

Plot diskalakan agar sesuai dengan kubus satuan untuk dilihat. Jadi, tidak perlu mengubah jarak atau melakukan zoom, tergantung pada ukuran plot. Namun demikian, label mengacu ke ukuran yang sesungguhnya.

Jika Anda menonaktifkannya dengan scale=false, Anda harus berhati-hati agar plot tetap muat di dalam jendela plotting, dengan mengubah jarak tampilan atau zoom, dan memindahkan bagian tengahnya.

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

Plot polar juga tersedia. Parameter `polar=true` menggambar plot polar. Fungsi harus tetap merupakan fungsi dari  $x$  dan  $y$ . Parameter “`fscale`” menskalakan fungsi dengan skala sendiri. Jika tidak, fungsi 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 `rotate` memutar fungsi dalam  $x$  di sekitar sumbu  $x$ .

- `rotate = 1`: Menggunakan sumbu  $x$
- `rotate=2`: Menggunakan sumbu  $z$

```
>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 ini adalah plot dengan tiga fungsi.

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

## Plot Kontur

---

Untuk plot, Euler menambahkan garis kisi-kisi. Sebagai gantinya, dimungkinkan untuk menggunakan garis level dan rona satu warna atau rona berwarna spektral. Euler dapat menggambar ketinggian fungsi pada plot dengan bayangan. Pada semua plot 3D, Euler dapat menghasilkan anaglyph merah/cyan.

- Rona: Mengaktifkan bayangan cahaya, bukan kabel.
- >contour: Memplot garis kontur otomatis pada plot.
- level=... (atau level): Vektor nilai untuk garis kontur.

Defaultnya 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 ini, kami menggunakan grid yang lebih halus untuk titik 100x100, skala 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 default menggunakan warna abu-abu. Tetapi, kisaran warna spektral juga tersedia.

- >spektral: Menggunakan skema spektral default
- color =...: Menggunakan warna khusus atau skema spektral

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

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

Alih-alih garis level otomatis, kita juga dapat menetapkan nilai garis level. Hal ini akan menghasilkan garis level yang tipis, alih-alih rentang level.

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

Pada plot berikut ini, kami menggunakan dua pita level yang sangat luas dari -0,1 hingga 1, dan dari 0,9 hingga 1. Ini dimasukkan sebagai matriks dengan batas-batas level sebagai kolom.

Selain itu, kami menghamparkan 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, kami memplot himpunan, di mana

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

Kita 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 ini beberapa gaya lainnya. Kami selalu mematikan bingkai, dan menggunakan berbagai skema warna untuk plot dan kisi-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. Tetapi Anda juga dapat menggunakan `color=value`, di mana `value`

- spektral: untuk rentang dari biru ke merah
- putih: untuk rentang yang lebih redup
- kuningbiru, ungu-hijau, biru-kuning, hijau-merah
- biru-kuning, hijau-ungu, kuning-biru, merah-hijau

```
>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. Ini juga dapat ditetapkan dengan parameter.

- `light`: arah cahaya
- `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 akan membutuhkan Povray.

```
>plot3d("-x^2-y^2", ...  
> hue=true,light=[0,1,1],amb=0,user=true, ...  
> title="Press l and cursor keys (return to exit)");
```

Parameter warna mengubah warna permukaan. Warna garis level juga dapat 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,d1=0.01):
```

Warna 0 memberikan efek pelangi yang istimewa.

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

Permukaannya juga bisa transparan.

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

## Plot Implisit

---

Ada juga plot implisit dalam tiga dimensi. Euler menghasilkan potongan melalui objek. Fitur plot3d termasuk plot implisit. Plot-plot ini menunjukkan himpunan nol dari sebuah fungsi dalam tiga variabel. Solusi dari

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

dapat divisualisasikan dalam potongan yang sejajar dengan bidang x-y, bidang x-z, dan bidang y-z.

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

Tambahkan nilai-nilai ini, jika Anda suka. Pada contoh, kami 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)-d",r=2,  
>plot3d("x^2+y^2+4*x*z+z^3",>implicit,r=2,zoom=2.5):  
>plot3d("x^2+y^2+4*x*z+z^3",>implicit,r=2,zoom=2.5):
```

## 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  $fx(x,y)$ ,  $fy(x,y)$ ,  $fz(x,y)$ .

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

Karena  $x,y,z$  adalah matriks, kita mengasumsikan bahwa  $(t,s)$  berjalan melalui kotak persegi. Hasilnya, Anda dapat memplot gambar persegi panjang dalam ruang.

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

Pada contoh berikut, kita menggunakan vektor nilai  $t$  dan vektor kolom nilai  $s$  untuk memparameterkan permukaan bola. Pada gambar kita dapat menandai daerah, dalam kasus kita daerah 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 demikian, kita bisa membuat segala macam permukaan. Berikut ini adalah permukaan yang sama dengan fungsi

$$x = yz$$

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

Dengan lebih banyak upaya, kita bisa menghasilkan banyak permukaan.

Dalam contoh berikut ini, kami membuat tampilan berbayang dari bola yang terdistorsi. Koordinat yang biasa digunakan untuk bola 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 mengubahnya dengan sebuah 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, awan titik juga dimungkinkan. Untuk memplot data titik dalam ruang, kita membutuhkan tiga vektor untuk koordinat titik.

Gaya-gayanya sama seperti pada plot2d dengan `points=true`;

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

Anda juga dapat memplot kurva dalam bentuk 3D. Dalam hal ini, akan lebih mudah untuk menghitung titik-titik kurva. Untuk kurva pada bidang, kami menggunakan urutan 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 semacam itu, Anda memerlukan kacamata merah/cyan.

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

Sering kali, skema warna spektral digunakan untuk plot. Hal ini menekankan ketinggian fungsi.

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

Euler juga dapat memplot permukaan yang diparameterkan, ketika parameternya adalah nilai  $x$ ,  $y$ , dan  $z$  dari gambar kisi-kisi persegi panjang di dalam ruang.

Untuk demo berikut ini, kami 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):
```

Plot batang juga dapat digunakan. Untuk ini, kita harus menyediakan

- x: vektor baris dengan  $n+1$  elemen
- y: vektor kolom dengan  $n+1$  elemen
- z: matriks nilai berukuran  $n \times n$ .

z dapat lebih besar, tetapi hanya nilai  $n \times n$  yang akan digunakan.

Pada contoh, pertama-tama kita menghitung nilainya. Kemudian kita sesuaikan x dan y, sehingga vektor berada di tengah-tengah 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 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 `scale(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; ...  
>columnsp3d(v',scols=1:5,ccols=[1:5]):
```

## 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
```

Kami ingin memutar kurva jantung di sekitar sumbu y. Berikut ini adalah ekspresi yang mendefinisikan jantung:

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

Selanjutnya kita atur

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

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

Hal ini memungkinkan untuk mendefinisikan fungsi numerik, yang menyelesaikan untuk r, jika a diberikan. Dengan fungsi tersebut kita dapat memplotkan 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 menggambarkan 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):

```

## Plot 3D Khusus

---

Fungsi `plot3d` memang bagus untuk dimiliki, tetapi tidak memenuhi semua kebutuhan. Selain rutinitas yang lebih mendasar, Anda juga bisa mendapatkan plot berbingkai dari objek apa pun yang Anda sukai. Meskipun Euler bukan program 3D, namun dapat menggabungkan beberapa objek dasar. Kami mencoba memvisualisasikan parabola 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()` mengatur jendela ke `fullwindow()` secara default, namun `plotcontourplane()` mengasumsikannya.

```
>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):
```

Euler dapat menggunakan frame untuk melakukan pra-komputasi animasi.

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

Silakan pelajari sumber dari rotate untuk melihat lebih detail.

```
>function testplot () := plot3d("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” dari Povray ke dalam jalur lingkungan, atau mengatur variabel “defaultpovray” dengan jalur lengkap yang mengarah ke “pvengine.exe”.

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

Fungsi pov3d memiliki semangat yang sama dengan plot3d. Fungsi ini dapat menghasilkan grafik dari sebuah fungsi  $f(x,y)$ , atau sebuah permukaan dengan koordinat X,Y,Z dalam bentuk matriks, termasuk garis-garis level yang bersifat 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-fungsi ini, mulai file Povray dengan povstart(). Kemudian gunakan writeln(...) untuk menulis objek ke file scene. Terakhir, akhiri file dengan povend(). Secara default, raytracer akan dimulai, dan PNG akan dimasukkan ke dalam buku catatan Euler.

Fungsi objek memiliki parameter yang disebut “look”, yang membutuhkan sebuah string dengan kode povray untuk textu

```
>load povray;
```

Pastikan direktori bin povray berada di dalam path. 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, kita plot sebuah fungsi sederhana. Perintah berikut ini menghasilkan file povray di direktori pengguna Anda, dan menjalankan Povray untuk melacak sinar pada 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 cancel untuk menghentikan pertanyaan lebih lanjut. Anda mungkin harus menekan OK pada jendela Povray untuk mengetahui dialog awal Povray.

```
>plot3d("x^2+y^2",zoom=2):  
>pov3d("x^2+y^2",zoom=3);
```

Kita dapat membuat fungsi menjadi transparan dan menambahkan hasil akhir 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);
```



Kadang-kadang perlu untuk mencegah penskalaan fungsi, dan menskalakan fungsi dengan tangan

Kami memplot kumpulan titik pada bidang kompleks, di mana 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);
```

## Merencanakan dengan Koordinat

---

Alih-alih menggunakan fungsi, kita dapat memplot dengan koordinat. Seperti pada `plot3d`, kita membutuhkan tiga matriks untuk mendefinisikan objek.

Pada contoh, kita memutar sebuah fungsi pada 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, kami memplot gelombang teredam. Kami menghasilkan gelombang dengan bahasa matriks euler. Kami menunjukkan bagaimana objek tambahan dapat ditambahkan ke adegan `pov3d`. Untuk pembuatan objek, lihat contoh berikut.

Perhatikan bahwa `plot3d` menskalakan plot, sehingga sesuai 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 bayangan canggih Povray, hanya sedikit titik yang bisa menghasilkan permukaan yang sangat halus. Hanya pada batas-batas dan bayangan, trik ini bisa terlihat jelas.

Untuk itu, kita perlu menambahkan vektor normal di setiap titik matriks.

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

$$\begin{matrix} 2 & 3 \\ x & y \end{matrix}$$

Persamaan permukaannya adalah  $[x,y,Z]$ . Kita menghitung dua turunan terhadap  $x$  dan  $y$  dari persamaan ini dan mengambil hasil perkalian silang sebagai normal.

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

Kami mendefinisikan normal sebagai hasil kali silang dari turunan ini, dan mendefinisikan fungsi koordinat.

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

$$\begin{matrix} 3 & & 2 & 2 \\ [-2x^2y, -3xy^2, 1] \end{matrix}$$

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.

Lihat: [Contoh\ Simpul Trefoil | Simpul Trefoil](#)

Untuk tampilan yang bagus dengan tidak terlalu banyak titik, kita tambahkan vektor normal di sini. Kita menggunakan Maxima untuk menghitung vektor normal untuk kita. Pertama, tiga fungsi untuk koordinat sebagai ekspresi simbolik.

```
>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 &"ekspresi"(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, kita telah menggunakan pov3d untuk memplot permukaan. Antarmuka povray di Euler juga dapat menghasilkan objek Povray. Objek-objek ini disimpan sebagai string di Euler, dan perlu ditulis ke file Povray.

Kita memulai output dengan povstart().

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

Pertama, kita mendefinisikan tiga silinder, dan menyimpannya dalam bentuk 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 berisi kode Povray, yang tidak perlu kita pahami pada saat itu.

```
>c2
```

```
cylinder { <0,0,-1>, <0,0,1>, 1
  texture { pigment { color rgb <0.941176,0.941176,0.392157> } }
  finish { ambient 0.2 }
}
```

Seperti yang Anda lihat, kita menambahkan tekstur ke objek dalam tiga warna berbeda. Hal itu dilakukan dengan `povlook()`, yang mengembalikan sebuah string dengan kode Povray yang relevan. Kita dapat menggunakan warna default Euler, atau mendefinisikan 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 perpotongan, dan menulis hasilnya ke file.



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

Perpotongan tiga silinder sulit untuk divisualisasikan, jika Anda belum pernah melihatnya.

```
>povend;
```

Fungsi-fungsi berikut ini menghasilkan fraktal secara rekursif.

Fungsi pertama menunjukkan, bagaimana Euler menangani objek Povray sederhana. Fungsi `povbox()` mengembalikan sebuah 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 pemotongan satu objek dari objek lainnya. Seperti persimpangan, ada bagian dari objek CSG Povray.

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

Untuk demonstrasi ini, kita akan mendefinisikan sebuah objek di Povray, alih-alih menggunakan sebuah 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 dalam 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.

```
>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 pada plot3d. Namun, hasilnya terlihat jauh lebih baik.

Sintaks untuk fungsi-fungsi tersebut sedikit berbeda. Anda tidak dapat menggunakan output dari ekspresi Maxima atau Euler.

$$((x^2 + y^2 - c^2)^2 + (z^2 - 1)^2) * ((y^2 + z^2 - c^2)^2 + (x^2 - 1)^2) * ((z^2 + x^2 - c^2)^2 + (y^2 - 1)^2) = d$$

```
>povstart(angle=70°,height=50°,zoom=4);  
>c=0.1; d=0.1; ...  
>writeln(povsurface("(pow(pow(x,2)+pow(y,2)-pow(c,2),2)+pow(pow(z,2)-1,2))* (pow(pow(y,2)+pow(z,2)-pow(c,2),2)+pow(pow(x,2)-1,2))* (pow(pow(x,2)+pow(y,2)-pow(c,2),2)+pow(pow(z,2)-1,2))"));  
>povend();
```

Error : Povray error!

Error generated by error() command

povray:

```
error("Povray error!");
```

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

povend:

```
povray(file,w,h,aspect,exit);
```

```
>povstart(angle=25°,height=10°);  
>writeln(povsurface("pow(x,2)+pow(y,2)*pow(z,2)-1",povlook(blue),povbox(-2,2,"")));  
>povend();  
>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

---

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

Kami ingin memaksimalkan  $xy$  di bawah kondisi  $x+y = 1$  dan mendemonstrasikan sentuhan tangensial dari garis level.

```
>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 menuliskannya langsung 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.

```
>c1=povdisc([0.5,0.5,0],[1,1,0],2); ...  
>l1=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)));
```

Tuliskan titik maximum.

```
>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();
```

## Anaglyph dalam Povray

---

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

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

Fungsi `pov3d()` memiliki sebuah tombol sederhana untuk menghasilkan anaglyph.

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

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

```
>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);
```

## Mendefinisikan Objek sendiri

---

Antarmuka povray Euler berisi banyak objek. Namun Anda tidak dibatasi pada objek-objek tersebut. Anda dapat membuat objek sendiri, yang menggabungkan objek-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 pada 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, ditranslasikan 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>  
}
```

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

Sekarang, kita tempatkan semua benda ini ke dalam suatu pemandangan. Untuk tampilannya, kita 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, sudah.

Selanjutnya kita mendefinisikan dua objek. Yang pertama adalah pesawat

$$a \cdot x \leq b$$

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

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

Kemudian kita tentukan 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.

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

## More Examples

---

You can find some more examples for Povray in Euler in the following files.

See: [Examples/Dandelin Spheres](#)

See: [Examples/Donat Math](#)

See: [Examples/Trefoil Knot](#)

See: [Examples/Optimization by Affine Scaling](#)

## Soal-Soal dan Pembahasan

---

1. buatlah gambar plot 3D dari persamaan

$$3x^2 + 4y + 20$$

```
>aspect(1.5); plot3d("3*x^2+4*y+20",-5,5,0,r=pi):
```

2. Buatlah plot 3D dari persamaan

$$3x^2 + 4y + 20$$

dengan rotate 2 dan grid 6

```
>plot3d("3x^2+4y+20",a=-1,b=1,rotate=2,grid=6):
```

```
Matrix 61x61 and 51x61 not compatible in size!
```

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

```
plot3d:
```

```
  n=size(xx,yy,zz)-1;
```



3. Buatlah Grafik fungsi kuadrat dua variabel dengan persamaan

$$f(x, y) = 2x^2 + 4xy + 2y^2$$

```
>function f(x,y) := 2*x^2+4*x*y+2*y^2  
>plot3d("f"):
```

4. Buatlah plot 3D dari fungsi Implisit berikut

$$M = (x, y, z) : 3x^3 + 3y^3 + 3yz - 3$$

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

5. Buatlah grafik fungsi akar kuadrat dua variabel berikut ini

$$g(x, y) = \sqrt{5x^2 + y^2}$$

```
>function g(x,y) &= sqrt(5*x^2+y^2);  
>plot3d("g"):
```