

APLIKASI KOMPUTER



logo-uny.png

INDAH SARI WIJAYANTI

23030630014

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM UNIVERSITAS NEGERI YOGYAKARTA 2024

Kata Pengantar

Puji syukur kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, atas rahmat dan karunia-Nya, penulis dapat menyelesaikan tugas mata kuliah Aplikasi Komputer ini dengan baik. Tugas ini disusun sebagai salah satu syarat penilaian dalam mata kuliah ini sekaligus untuk menambah wawasan dan pemahaman di bidang teknologi komputer.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing dan semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bimbingan selama proses penyusunan tugas ini. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan di masa mendatang. Semoga tugas ini bermanfaat bagi semua pihak. Yogyakarta, 29 November 2024

Penulis

EMT ALJABAR_INDAH SARI WIJAYANTI_23030630014_MAT B # EMT untuk Perhitungan Aljabar

Pada notebook ini Anda belajar menggunakan EMT untuk melakukan berbagai perhitungan terkait dengan materi atau topik dalam Aljabar. Kegiatan yang harus Anda lakukan adalah sebagai berikut:

- Membaca secara cermat dan teliti notebook ini;
- Menerjemahkan teks bahasa Inggris ke bahasa Indonesia;
- Mencoba contoh-contoh perhitungan (perintah EMT) dengan cara meng
- ENTER setiap perintah EMT yang ada (pindahkan kursor ke baris
- perintah)
- Jika perlu Anda dapat memodifikasi perintah yang ada dan memberikan
- keterangan/penjelasan tambahan terkait hasilnya.
- Menyisipkan baris-baris perintah baru untuk mengerjakan soal-soal
- Aljabar dari file PDF yang saya berikan;
- Memberi catatan hasilnya.
- Jika perlu tuliskan soalnya pada teks notebook (menggunakan format
- LaTeX).
- Gunakan tampilan hasil semua perhitungan yang eksak atau simbolik
- dengan format LaTeX. (Seperti contoh-contoh pada notebook ini.)

Contoh pertama

Menyederhanakan bentuk aljabar:

$$5x^{-4}y^3 \times -8x^5y^{-6}$$

>\$&5*x^{(-4)}*y^3*-8*x^5*y^{(-6)}

$$-\frac{40x}{y^3}$$

Menyederhanakan fungsi :

$$5y^2 + 3x^6 - 7y^2 + 2x^2$$

```
>&5*y^{2+3*x}6-7*y^{2+2*x}2
```

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

Menjabarkan:

$$(5x^{-4} + y^3)(-8x^5 - y^{-6})$$

```
>&showev('expand((5*x^{4}+y3)*(-8*x5-y{-6})))
```

```
expand((y3 + 5x^{4})(-y^{-6} - 8x5)) = -y^{-6}+3 - 5x^{4}y^{-6} - 8x5y3 - 40x^{4}+5
```

Baris Perintah

Baris perintah Euler terdiri dari satu atau beberapa perintah Euler diikuti dengan titik koma “;” atau koma “,”. Titik koma mencegah pencetakan hasil. Koma setelah perintah terakhir dapat dihilangkan.

Baris perintah berikut hanya akan mencetak hasil ekspresi, bukan tugas atau perintah format.

```
>r:=3; h:=4; pi*r^2*h/3
```

```
37.69911184307752
```

Perintah harus dipisahkan dengan yang kosong. Baris perintah berikut mencetak dua hasilnya.

```
>pi*2*r*h, %+2*pi*r*h // Ingat tanda % menyatakan hasil perhitungan terakhir sebelumnya.
```

```
75.39822368615503
```

```
150.7964473723101
```

Baris perintah dieksekusi dalam urutan yang ditekan pengguna kembali. Jadi Anda mendapatkan nilai baru setiap kali Anda menjalankan baris kedua.

```
>x := 4;
```

```
>x := cos(x) // nilai cosinus (x dalam radian)
```

```
-0.6536436208636119
```

```
>x := cos(x)
```

```
0.7938734492261525
```

Jika dua garis terhubung dengan “...” kedua garis akan selalu dieksekusi secara bersamaan.

```
>x := 3.5; ...
```

```
> x := (x+2/x)/2, x := (x+2/x)/2, x := (x+2/x)/2,
```

```
2.035714285714286
```

```
1.509085213032581
```

```
1.417195710107738
```

Ini juga merupakan cara yang baik untuk menyebarkan long command pada dua atau lebih baris. Anda dapat menekan Ctrl+Return untuk membagi garis menjadi dua pada posisi kursor saat ini, atau Ctrl+Back untuk menggabungkan garis.

Sedangkan untuk fold semua multi-garis tekan Ctrl + L. Kemudian garis-garis berikutnya hanya akan terlihat, jika salah satunya memiliki fokus. Untuk fold satu multi-baris, mulailah baris pertama dengan “%+”.

```
>%+ x=4+5; ...
```

```
> // This line will not be visible once the cursor is off the line
```

Garis yang diawali dengan %% tidak akan terlihat sama sekali.

81

Euler Math Toolbox mendukung loop di baris perintah, selama mereka masuk ke dalam satu baris atau multi-baris. Dalam program, pembatasan ini tidak berlaku, tentu saja. Untuk informasi lebih lanjut lihat pengantar berikut.

```
>x=6; for i=1 to 10; x := (x+2/x)/2, end; // menghitung akar 2
```

```
3.166666666666667
```

```
1.899122807017544
```

```
1.476120294963737
```

```
1.415511709804956
```

```
1.414214157630182
1.41421356237322
1.414213562373095
1.414213562373095
1.414213562373095
1.414213562373095
```

Tidak apa-apa untuk menggunakan multi-line. Pastikan baris diakhiri dengan “...”.

```
>x := 2.5; // comments go here before the ...
> repeat xnew:=(x+2/x)/2; until xnew~=x; ...
> x := xnew; ...
> end; ...
> x,
```

```
1.414213562373095
```

Struktur bersyarat juga berfungsi.

```
>if Epi>piE; then “Halo Rakyatku!”, endif;
```

```
Halo Rakyatku!
```

Saat Anda menjalankan perintah, kursor dapat berada di posisi mana pun di baris perintah. Anda dapat kembali ke perintah sebelumnya atau melompat ke perintah berikutnya dengan tombol panah. Atau Anda dapat mengklik ke bagian komentar di atas perintah untuk menuju ke perintah.

Saat Anda menggerakkan kursor di sepanjang garis, pasangan tanda kurung atau kurung buka dan tutup akan disorot. Dan juga, perhatikan baris status. Setelah kurung buka fungsi sqrt(), baris status akan menampilkan teks bantuan untuk fungsi tersebut. Jalankan perintah dengan tombol kembali.

```
>sqrt(sin(45°)/cos(60°))
```

```
1.189207115002721
```

Untuk melihat bantuan untuk perintah terbaru, buka jendela bantuan dengan F1. Di sana, Anda dapat memasukkan teks untuk dicari. Pada baris kosong, bantuan untuk jendela bantuan akan ditampilkan. Anda dapat menekan escape untuk menghapus garis, atau untuk menutup jendela bantuan.

Anda dapat mengklik dua kali pada perintah apa pun untuk membuka bantuan untuk perintah ini. Coba klik dua kali perintah exp di bawah ini di baris perintah.

```
>exp(log(5.7))
```

```
5.700000000000001
```

Sintaks Dasar

Euler Math Toolbox tahu fungsi matematika yang biasa digunakan. Seperti yang Anda lihat di atas, fungsi trigonometri bekerja dalam radian atau derajat. Untuk mengonversi ke derajat, tambahkan simbol derajat (dengan tombol F7) ke dalam nilainya, atau gunakan fungsi rad(x). Fungsi akar kuadrat disebut sqrt dalam Euler. Tentu saja, $x^{(1/2)}$ juga memungkinkan.

Untuk menyatel variabel, gunakan “=” atau “:=”. Demi kejelasan, pengantar ini menggunakan bentuk yang terakhir/terbaru. Spasi tidak menjadi masalah. Tetapi ruang antara perintah diharapkan untuk ada.

Beberapa perintah dalam satu baris dipisahkan dengan “,” atau “;”. Titik koma menekan output dari perintah. Di akhir baris perintah “,” diasumsikan, jika “;,” hilang.

```
>g:=10.73; t:=4.2; 1/2*g*t^2
```

```
94.6386000000001
```

EMT menggunakan sintaks pemrograman untuk ekspresi. Untuk mengetik

Anda harus mengatur tanda kurung dengan benar dan menggunakan “/” untuk pecahan. Perhatikan tanda kurung yang disorot untuk bantuan. Perhatikan bahwa konstanta Euler e diberi nama E dalam EMT.

```
>E^2*(1/(9+5*log(0.7))+4/9)
```

```
4.307918485859199
```

Untuk menghitung ekspresi rumit seperti

Anda harus memasukkannya dalam bentuk baris.

```
>((5/8 + 7/6 + 3) / (3/7 + 5/9))^2 * pi
```

```
74.47676254423588
```

Hasil dari perhitungan ini adalah bilangan floating point. Secara default dicetak dengan akurasi sekitar 12 digit. Di baris perintah berikut, kita juga belajar bagaimana kita bisa merujuk ke hasil sebelumnya dalam baris yang sama.

Perintah Euler dapat berupa ekspresi atau perintah primitif. Ekspresi terbuat dari operator dan fungsi. Jika diperlukan, hal tersebut harus berisi tanda kurung untuk memaksa urutan eksekusi yang benar. Jika ragu, memasang braket atau tanda kurung adalah ide yang bagus. Perhatikan bahwa EMT menunjukkan tanda kurung buka dan tutup saat mengedit baris perintah.

- unary atau operator plus
- unary atau operator minus
- operator perkalian
/ operator pecahan
. produk matriks
- a^b daya untuk positif a atau bilangan bulat b ($a^{**}b$ juga berfungsi)
- $n!$ operator faktorial

sin, cos, tan, atan, asin, acos, rad, deg
log, exp, log10, sqrt, logbase
bin, logbin, logfac, mod, lantai, ceil, bulat, abs, tanda
conj, re, im, arg, conj, nyata, kompleks
beta, betai, gamma, complexgamma, ellrf, ellf, ellrd, elle
bitand, bitor, bitxor, bitnot

Pastikan untuk menggunakan tanda kurung (kurung bulat), setiap kali ada keraguan tentang urutan eksekusi! Berikut ini tidak sama dengan $(2^3)^4$, yang merupakan default untuk $2^{3 \cdot 4}$ di EMT (beberapa sistem numerik melakukannya dengan cara lain).

Bilangan Asli

$$2.4924924924924 \times 16^{-1}$$

Perbedaan ‘printdual’ dan ‘printhex’ adalah ‘printdual’ yakni mencetak representasi internal dari sebuah bilangan floating-point dalam format presisi ganda (pendekatan yang sangat dekat dengan nilai aslinya tetapi tidak persis sama.) meskipun ia tergantung pada konteks bahasa pemrograman tertentu. sedangkan ‘printhex’ yakni representasi dari nilai floating-point dalam bentuk heksadesimal(basis 16), heksadesimal ini adalah cara yang lebih ringkas untuk menampilkan nilai biner karena setiap digit heksadesimal mempresentasikan empat digit biner.

String

Sebuah string dalam Euler didefinisikan dengan “...”

```
>"A string can contain anything."
```

```
A string can contain anything.
```

String dapat digabungkan dengan | atau dengan +. Ini juga berfungsi dengan angka, yang dikonversi menjadi string dalam kasus itu.

```
>"Terjadi Gempa Mag pada hari Senin 26 Agustus 2024 dengan pusat gempa berada di laut"+95+" km barat daya Gunungkidul."
```

```
Terjadi Gempa Mag pada hari Senin 26 Agustus 2024 dengan pusat gempa berada di laut 95 km barat daya Gunungkidul.
```

Pada String fungsi print mengonversi angka menjadi string. Ini dapat mengambil sejumlah digit dan sejumlah tempat (0 untuk keluaran padat), dan secara optimal satu unit

```
>"Golden Ratio :"+print((1+sqrt(5))/2,5,0)
```

```
Golden Ratio : 1.61803
```

Terdapat spesial string ‘none’, yang tidak dicetak.

```
>none
```

Untuk mengonversi string menjadi angka, cukup mengevaluasinya. Ini

bekerja untuk ekspresi juga (lihat dibawah).

```
>"1234.5567"()
```

```
1234.5567
```

Untuk mendefinisikan vektor string, gunakan notasi vektor [...]

```
>v:= ["Indonesia","Malaysia","Brunei Darussalam"]
```

```
Indonesia
Malaysia
Brunei Darussalam
```

Vektor pada string kosong dilambangkan dengan [none]. Dan vektor string dapat digabungkan dengan ‘|’.

```
>w:= [none] ; w|v|v
```

```
Indonesia
Malaysia
Brunei Darussalam
Indonesia
Malaysia
Brunei Darussalam
```

String dapat berisi karakter Unicode. Secara internal, string ini

berisi kode UTF-8. untuk menghasilkan string seperti itu, gunakan

u"...” dan salah satu entitas HTML. String Unicode dapat digabungkan

seperti string lainnya.

```
>u"β = " + 90 + u"°" // pdfLaTeX mungkin gagal menampilkan secara benar
```

```
β = 90°
```

Dalam komentar, entitas yang sama seperti alpha; beta; dll dapat

digunakan untuk lateks.

Ada beberapa fungsi untuk membuat atau menganalisis string unicode.

Fungsi strtchr() akan mengenali string Unicode, dan menerjemahkannya

dengan benar.

```
>v=strtochar(u"Ä is a German letter")
```

```
[196, 32, 105, 115, 32, 97, 32, 71, 101, 114, 109, 97, 110,
32, 108, 101, 116, 116, 101, 114]
```

Perintah ini menghasilkan array atau daftar angka berupa vektor angka yang mewakili karakter dalam string dalam bentuk kode Unicode.

Fungsi kebalikannya adalah `chartoutf()`.

```
>v[1]=strtochar(u"Ä")[1]; chartoutf(v)
```

Ä is a German letter

Fungsi `utf()` dapat menerjemahkan string dengan entitas dalam variabel menjadi string Unicode.

```
>a="We have  $\alpha=\beta$ ."; utf(a) // PdfLaTeX mungkin gagal menampilkannya
```

We have $\alpha=\beta$.

Memungkinkan juga untuk menggunakan entitas numerik.

```
>u"Älphabet"
```

Älphabet

Nilai Boolean

Nilai boolean direpresentasikan dengan `1=true` atau `0=false` dalam euler. String dapat dibandingkan, seperti halnya angka.

```
>"saya">"aku", 6==3
```

```
1
0
```

```
>5>1, "mobil"=="motor"
```

```
1
0
```

"dan" adalah operator `"&&"` dan "atau" adalah operator `"||"`, seperti dalam bahasa C. (Kata-kata "dan" dan "atau" hanya dapat digunakan dalam kondisi "jika".

```
>2<E || E<3
```

```
1
```

```
>6>E && E<2
```

```
0
```

Operator Boolean mematuhi aturan bahasa matriks

```
>(2:9)>3, nonzeros (%)
```

```
[0, 0, 1, 1, 1, 1, 1, 1]
[3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

Kita dapat menggunakan fungsi `isprime()` untuk mengekstrak elemen tertentu dari vektor. Dalam contoh, menggunakan `isprime(n)`.

```
>N=5 | 7:2:50 // N berisi elemen 5 dan bilangan ganjil dari 7:50
```

```
[5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29, 31, 33,
35, 37, 39, 41, 43, 45, 47, 49]
```

```
>N[nonzeros(isprime(N))] //pilih anggota anggota N yang prima
```

```
[5, 7, 11, 13, 17, 19, 23, 29, 31, 37, 41, 43, 47]
```

Output Formats

Default output formats EMT adalah 12 digit. Untuk memastikan yang kita lihat adalah bentuk default, maka perlu direset format.

```
>defformat; pi
```

```
3.14159265359
```

Secara internal, EMT menggunakan standar IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) untuk bilangan ganda dengan sekitar 16 digit desimal. Untuk melihat bentuk digit penuh, gunakan perintah `"longestformat"` atau gunakan operator `"longest"` untuk memunculkannya.

```
>longest pi
```

```
3.141592653589793
```

```
>longestformat; pi
```

```
3.141592653589793
```

Berikut ini adalah representasi heksadesimal internal dari bilangan ganda.

```
>printhe(pi)
```

```
3.243F6A8885A30*16^0
```

Heksadesimal adalah sistem bilangan yang menggunakan basis 16. Di mana angka 0 hingga 9 (untuk mewakili nilai 0 hingga 9) dan huruf A hingga F (untuk mewakili nilai 10 hingga 15).

Format standarnya adalah 12.

```
>format(12); 1/7
```

```
0.142857142857
```

Format output dapat diubah secara permanen dengan perintah format.

```
>format(12,5); 1/9, pi, cos(1)
```

```
0.11111
```

```
3.14159
```

```
0.54030
```

Format standar untuk skalar adalah 12, tetapi ini dapat diubah.

```
>setscalarformat(7); pi
```

```
3.14159
```

Begitu juga dengan fungsi “longestformat” mengatur format skalar.

```
>longestformat; pi
```

```
3.141592653589793
```

Notes: beberapa format output yang penting.

shortestformat shortformat longformat, longestformat

format(length,digits) goodformat(length)

fracformat(length)

defformat

Akurasi internal EMT adalah sekitar 16 digit desimal mengikuti standar dari IEEE.

Angka disimpan dalam format internal. Namun, format output EMT dapat diatur secara fleksibel.

```
>fraction 2+3/10+7/14+21/7
```

```
29/5
```

```
>fraction 5*7/2/3*2/5
```

```
7/3
```

Digunakan untuk menampilkan ke bentuk pecahan sederhana.

```
>longest 0.2+0.25+0.3+0.3+0.25+0.2+0.5-2.6
```

```
-0.6000000000000001
```

Perintah ini menunjukkan presisi penuh dari operasi aritmetika yang melibatkan angka-angka kecil, dan bagaimana kesalahan akumulatif bisa muncul dalam perhitungan biner.

Expressions

String atau nama dapat digunakan untuk menyimpan ekspresi matematika, yang dapat dievaluasi oleh EMT. Gunakan tanda kurung setelah ekspresi.

```
>k:=5; fx:="pi*k"; fx()
```

```
15.70796326794897
```

Ekspresi akan selalu menggunakan global variable, bahkan jika ada variabel dalam fungsi dengan nama yang sama.

```
>fx:="a*cos(x)"; fx(10,a=0.8)
```

```
-0.671257223261162
```

Menggunakan parameter yang ditetapkan ke x, y, z, dll. Jika tidak, evaluasi ekspresi dalam fungsi dapat memberikan hasil yang membingungkan bagi pengguna yang memanggil fungsi tersebut.

```
>at:=6; function f(expr,x,at) := expr(x); ...
> f("at*x^4",2,3) // computes 6*2^4 not 3*2^4
```

96

Menggunakan global variable pada fungsi, dimana "at" merupakan global variables. Jika ingin menggunakan nilai lain untuk "at" perlu menambahkan "at=vauue".

```
>ut:=5; function f(expr,x,p) := expr(x,ut=p); ...
> f("ut*x^3",4,2) // computes 2*4^3 not 5*4^3
```

128

Walaupun "ut" sebagai global variable sudah didefinisikan, tetapi didefinisikan kembali pada ekspresi fungsinya dimana "ut=p" sehingga nilainya berganti dari yang awalnya ut=5 menjadi ut=p=2.

```
>f &= x^2
```

$$\frac{2}{x}$$

```
>function f(x) := x^4
```

```
>f(2)
```

16

Ekspresi dalam x sering digunakan seperti fungsi.

Mendefinisikan fungsi dengan nama yang sama seperti ekspresi simbolik global (f &=) menghapus nilai variabel sebelumnya untuk menghindari kebingungan antara ekspresi simbolik dan fungsi.

```
> "@(a,b) a^3+b^2", %(2,4)
```

```
@(a,b) a^3+b^2
24
```

Bentuk khusus dari ekspresi memungkinkan variabel apa pun sebagai parameter tanpa nama untuk evaluasi ekspresi, bukan hanya "x", "y" dll. Untuk ini, mulai ekspresi dengan "@(variabel) ...".

```
>fx &= 2*x-3*t; ...
> t=2.5; fx(0.8)
```

-5.9

Semua variabel lain dalam ekspresi dapat ditentukan dalam evaluasi menggunakan parameter yang ditetapkan.

```
>fx(1,t=1.5)
```

-2.5

Sebuah ekspresi tidak perlu simbolis. Ini diperlukan, jika ekspresi berisi fungsi, yang hanya diketahui di kernel numerik, bukan di Maxima.

Symbolic Mathematics

Matematika simbolik terintegrasi dengan mulus ke dalam Euler dengan &. Ekspresi apa pun yang dimulai dengan & adalah ekspresi simbolis. Itu dievaluasi dan dicetak oleh Maxima.

Pertama-tama, Maxima memiliki aritmatika "tak terbatas" yang dapat menangani angka yang sangat besar.

```
>$&35!
```

10333147966386144929666651337523200000000

Dengan cara ini, kita dapat menghitung hasil yang besar dengan tepat.

Mari kita hitung!

$$C(35, 15) = \frac{35!}{20! \cdot 15!}$$

```
>$& 35!/(20!*15!) // nilai C(35,15)
```

3247943160

Maxima memiliki fungsi yang lebih efisien untuk ini (seperti halnya bagian numerik dari EMT).

```
>$binomial(35,15) //menghitung C(35,15) menggunakan fungsi binomial()
```

3247943160

Untuk mempelajari lebih lanjut tentang fungsi tertentu klik dua kali di atasnya. Misalnya,

coba klik dua kali pada “&binomial” di baris perintah sebelumnya. Ini membuka dokumentasi Maxima seperti yang disediakan oleh penulis program itu.

Anda akan belajar bahwa yang berikut ini juga berfungsi.

```
>%binomial(x,3) with x=5 // substitusi x=5 ke C(x,3)
```

10

Dengan begitu kita dapat menggunakan solusi persamaan dalam persamaan lain.

```
>sol &= solve(x^2+3*x=9,x); %sol, sol(), %float(sol)
```

$$\left[x = \frac{-3\sqrt{5}-3}{2}, x = \frac{3\sqrt{5}-3}{2} \right]$$

```
[-4.854101966249685, 1.854101966249685]
```

$$[x = -4.854101966249685, x = 1.854101966249685]$$

Untuk mencetak ekspresi simbolis dengan LaTeX, gunakan \$ di depan & (atau dapat menghilangkan &) sebelum perintah. Jangan menjalankan perintah Maxima dengan \$, jika tidak menginstal LaTeX.

Untuk mendapatkan solusi simbolis tertentu, seseorang dapat

menggunakan “with” dan index.

```
>%solve(x^2+3*x=1,x), x2 &= x with %[2]; %x2
```

$$\left[x = \frac{-\sqrt{13}-3}{2}, x = \frac{\sqrt{13}-3}{2} \right]$$

$$\frac{\sqrt{13}-3}{2}$$

Untuk menyelesaikan sistem persamaan, gunakan vektor persamaan. Hasilnya adalah vektor solusi.

```
>sol &= solve([x+y=5,x^2+y^2=15],[x,y]); %sol, %x*y with sol[1]
```

$$\left[\left[x = \frac{5-\sqrt{5}}{2}, y = \frac{\sqrt{5}+5}{2} \right], \left[x = \frac{\sqrt{5}+5}{2}, y = \frac{5-\sqrt{5}}{2} \right] \right]$$

$$\frac{(5-\sqrt{5})(\sqrt{5}+5)}{4}$$

Ekspresi simbolis dapat memiliki bendera, yang menunjukkan perlakuan khusus di Maxima. Beberapa flag dapat digunakan sebagai perintah juga, yang lain tidak. Bendera ditambahkan dengan “|” (bentuk yang lebih bagus dari “ev(...,flags)”).

Functions

Dalam matematika, fungsi aljabar adalah fungsi yang bisa didefinisikan sebagai akar dari sebuah persamaan aljabar. Fungsi aljabar merupakan ekspresi aljabar menggunakan sejumlah suku terbatas, yang melibatkan operasi aljabar seperti penambahan, pengurangan, perkalian, pembagian, dan peningkatan menjadi pangkat pecahan.

contohnya:

```
>% f(x)=1/x
```

$$(x^2)(x) = \frac{1}{x}$$

```
>% f(x)=sqrt(x)
```

$$(x^2)(x) = \sqrt{x}$$

```
>% f(x)=(sqrt(1+x^3))^(x(3/7)-(sqrt(7)*x^(1/3)))
```

$$(x^2)(x) = \frac{\sqrt{x^3+1}}{x^{\frac{3}{7}} - \sqrt[7]{x^{\frac{1}{3}}}}$$

di EMT fungsi adalah program yang didefinisikan dengan perintah “function”. Fungsi dapat menjadi fungsi satu baris atau fungsi multi baris. Fungsi satu baris dapat berupa numerik atau simbolis. Fungsi satu baris didefinisikan oleh “:=”.

```
>function f(x):=x*sqrt(x^2+1)
```

Lalu, semua fungsi pasti dapat didefinisikan oleh fungsi satu baris. Suatu fungsi dapat dievaluasi, contohnya kita akan mencari nilai f(5) dari fungsi f diatas.

```
>f(2)
```

4.47213595499958

Fungsi ini dapat digunakan juga dalam vektor, dengan mengikuti aturan bahasa matrik Euler, karena ekspresi yang digunakan dalam fungsi divektorkan. Kita akan mencobanya menggunakan fungsi f di atas.

```
>f(0:0.1:1)
```

```
[0, 0.1004987562112089, 0.2039607805437114, 0.3132091952673166,
0.4308131845707604, 0.5590169943749475, 0.699714227381436,
0.8544588931013591, 1.024499877989256, 1.210826164236634,
1.414213562373095]
```

Fungsi juga dapat menjadi plot, hanya dengan memberikan nama fungsi. Berbeda dengan ekspresi simbolik atau numerik, nama fungsi harus diberikan dalam string.

```
>solve("f",1,y=1)
```

```
0.7861513777574233
```

Secara default, jika ingin menimpa fungsi bawaan bisa menambahkan kata kunci "overwrite". Menimpa fungsi bawaan berbahaya dan menyebabkan masalah bagi fungsi lain yang bergantung pada fungsi tersebut.

Jika ingin memanggil fungsi bawaan bisa memakai "_", jika fungsi tersebut merupakan fungsi inti Euler.

```
>function overwrite sin(x) := _sin(x°) // tentukan kembai sinus dalam derajat
```

```
>sin(45)
```

```
0.7071067811865476
```

Jika ingin menghapus definisi dari sin dan mendefinisikannya ulang, menggunakan perintah "forget"

```
>forget sin; sin(pi/4)
```

```
0.7071067811865476
```

Default Parameters

Parameter default adalah fungsi parameter yang memiliki nilai awal.

Fungsi numerik dapat memiliki parameter default.

```
>function f(x,a=1) := a*x^2
```

Menghilangkan parameter ini menggunakan nilai default.

```
>f(4)
```

```
16
```

Menimpa default value.

```
>f(4,5)
```

```
80
```

Parameter yang ditetapkan menyimpannya juga. Ini digunakan oleh banyak fungsi Euler seperti plot2d, plot3d.

```
>f(4,a=1)
```

```
16
```

Jika suatu variabel bukan parameter, itu pasti global. Fungsi satu baris dapat melihat variabel global.

```
>function f(x):= a*x^2
```

```
>a=6; f(2)
```

```
24
```

Tetapi parameter yang ditetapkan menimpa global value.

Jika argumen tidak ada dalam daftar parameter yang telah ditentukan sebelumnya, argumen tersebut harus dideklarasikan dengan ":=!"

```
>f(2,a:=5)
```

```
20
```

Fungsi simbolis didefinisikan dengan "\$&=". Fungsi simbolis didefinisikan dalam Euler dan maxima, dan bekerja keduanya. Ekspresi yang mendefinisikan dijalankan melalui Maxima sebelum di definisi.

```
>function g(x) &= x^3-x*exp(-x); $&g(x)
```

$$x^3 - x e^{-x}$$

Fungsi simbolik dapat digunakan dalam ekspresi simbolik

```
>$&diff(g(x),x), $&% with x=4/3 //1. turunan pertama dari g(x), 2. memasukkan nilai x=4/3
```

$$x e^{-x} - e^{-x} + 3 x^2$$

$$\frac{e^{-\frac{4}{3}}}{3} + \frac{16}{3}$$

Itu juga dapat digunakan dalam ekspresi numerik. Tentu saja, ini hanya akan berfungsi jika EMT dapat mengintegrasikan semua yang ada di dalam fungsi tersebut.

```
>g(5+g(1))
```

```
178.6350999083138
```

Itu juga dapat digunakan untuk mendefinisikan fungsi atau ekspresi simbolik lainnya.

```
>function G(x) &= factor(integrate(g(x),x)); $&G(c) //integrate : mengintegalkan
```

$$\frac{e^{-c} (c^4 e^c + 4 c + 4)}{4}$$

```
>solve(&g(x),0.5)
```

```
0.7034674224983917
```

Berikut ini juga berfungsi, karena Euler menggunakan ekspresi simbolis dalam fungsi g, jika tidak menemukan variabel simbolik g, dan jika ada fungsi simbolis g.

```
>solve(&g,0.5)
```

```
0.7034674224983917
```

Dengan &= fungsinya simbolis, dan dapat digunakan dalam ekspresi simbolik lainnya. Contohnya dalam integral tak tentu sebagai berikut.

```
>function P(x,n) &= (2*x-1)^n; $&P(x,n)
```

$$(2x - 1)^n$$

```
>function Q(x,n) &= (x+2)^n; $&Q(x,n)
```

$$(x + 2)^n$$

```
>$&P(x,4), $&expand(%)
```

$$(2x - 1)^4$$

$$16x^4 - 32x^3 + 24x^2 - 8x + 1$$

```
>P(3,4)
```

```
625
```

```
>$&P(x,4)+Q(x,3), $&expand(%)
```

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

$$16x^4 - 31x^3 + 30x^2 + 4x + 9$$

```
>$&P(x,4)-Q(x,3), $&expand(%), $&factor(%)
```

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

$$16x^4 - 33x^3 + 18x^2 - 20x - 7$$

$$16x^4 - 33x^3 + 18x^2 - 20x - 7$$

```
>$&P(x,4)*Q(x,3), $&expand(%), $&factor(%)
```

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

$$16x^7 + 64x^6 + 24x^5 - 120x^4 - 15x^3 + 102x^2 - 52x + 8$$

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

```
>$&P(x,4)/Q(x,1), $&expand(%), $&factor(%)
```

$$\frac{(2x - 1)^4}{x + 2}$$

$$\frac{16x^4}{x+2} - \frac{32x^3}{x+2} + \frac{24x^2}{x+2} - \frac{8x}{x+2} + \frac{1}{x+2}$$

$$\frac{(2x-1)^4}{x+2}$$

>function f(x) &= x^3-2; \$f(x)

$$x^3 - 2$$

Dengan &= maka fungsi adalah simbolik, dan dapat digunakan di ekspresi simbolik lainnya.

>\$integrate(f(x),x)

$$\frac{x^4}{4} - 2x$$

Dengan := fungsinya numerik. Contoh yang baik adalah integral tak tentu seperti

//

$$f(x) = \int_1^x t^t dt,$$

$$f(x) = \int_1^x t^t dt,$$

yang tidak dapat dinilai secara simbolis.

Jika kita mendefinisikan kembali fungsi dengan kata kunci “map” dapat digunakan untuk vektor x. Secara internal, fungsi dipanggil untuk semua nilai x satu kali, dan hasilnya disimpan dalam vektor.

>function map f(x) := integrate (“x^x”,1,x)

>f(0:0.5:2)

[-0.7834305107120823, -0.4108156482543905, 0, 0.6768632787990813, 2.050446234534731]

Fungsi dapat memiliki nilai default untuk parameter.

>function mylog (x,base=10) := ln(x)/ln(base);

Sekarang fungsi dapat dipanggil dengan menggunakan suatu parameter “base” maupun tidak.

>mylog(100), mylog(2^6.7,2)

2
6.7

Selain itu, dimungkinkan untuk menggunakan parameter yang ditetapkan.

>mylog(E^2,base=E)

2

Sering kali, kita ingin menggunakan fungsi untuk vektor di satu tempat, dan untuk elemen individual di tempat lain. Ini terjadi dengan vektor parameter.

>function f([a,b]) &= a^2+b^2-a*b+b; \$f(a,b), \$f(x,y)

$$b^2 - a b + b + a^2$$

$$y^2 - x y + y + x^2$$

Fungsi simbolik seperti itu dapat digunakan untuk variabel simbolik.

etapi fungsi ini juga dapat digunakan untuk vektor numerik.

>v=[3,4]; f(v)

17

Ada juga fungsi yang murni simbolis, yang tidak dapat digunakan secara numerik.

>function lapl(expr,x,y) &= diff(expr,x,2)+diff(expr,y,2)//turunan parsial kedua

$$\text{diff}(\text{expr}, y, 2) + \text{diff}(\text{expr}, x, 2)$$

>\$realpart((x+I*y)^4), \$lapl(%x,y)

$$y^4 - 6x^2y^2 + x^4$$

0

Tetapi tentu saja, mereka dapat digunakan dalam ekspresi simbolis atau dalam definisi fungsi simbolis.

```
>function f(x,y) &= factor(lapl((x+y^2)^5,x,y)); $f(x,y)
```

$$10 (y^2 + x)^3 (9y^2 + x + 2)$$

Ringkasam:

- &= mendefinisikan fungsi simbolis,
- := mendefinisikan fungsi numerik,
- &&= mendefinisikan fungsi simbolis murni

Memecahkan Ekspresi

Ekspresi dapat diselesaikan secara numerik dan simbolis.

Untuk menyelesaikan ekspresi sederhana dari satu variabel, kita dapat menggunakan fungsi solve(). Perlu

nilai awal untuk memulai pencarian. Secara internal, solve() menggunakan metode secant.

```
>solve("x^2-2",1)
```

```
1.414213562373095
```

Ini juga berfungsi untuk fungsi simbolik, perhatikan fungsi berikut ini.

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

$$[x = -\sqrt{2}, x = \sqrt{2}]$$

```
>$solve(x^2-2,x)
```

$$[x = -\sqrt{2}, x = \sqrt{2}]$$

```
>$solve(a*x^2+b*x+c=0,x)
```

$$[x = \frac{-\sqrt{b^2 - 4ac} - b}{2a}, x = \frac{\sqrt{b^2 - 4ac} - b}{2a}]$$

```
>$solve([a*x+b*y=c,d*x+e*y=f],[x,y])
```

$$[[x = \frac{-\sqrt{a^2e^2 + (4bce - 2abd)e + b^2d^2 - ae + bd}}{2b}, y = \frac{a\sqrt{a^2e^2 - 2abde + 4bce + b^2d^2 + a^2e - abd + 2bc}}{2b^2}], [$$

Sekarang kita mencari titik, di mana polinomialnya adalah 2. Dalam solve(), nilai target default y=0 dapat

diubah dengan variabel yang ditetapkan.

Kami menggunakan y=2 dan memeriksa dengan mengevaluasi polinomial pada hasil sebelumnya.

```
>px &= 4*x^8+x^7-x^4-x; $px
```

$$4x^8 + x^7 - x^4 - x$$

```
>solve(px,1,y=2), px(%)
```

```
0.966715594850973
```

```
2.000000000000001
```

Memecahkan ekspresi simbolis dalam bentuk simbolis mengembalikan daftar solusi. Kami menggunakan

pemecah simbolik solve() yang disediakan oleh Maxima.

```
>sol &= solve(x^2-x-1,x); $sol
```

$$[x = \frac{1 - \sqrt{5}}{2}, x = \frac{\sqrt{5} + 1}{2}]$$

Cara termudah untuk mendapatkan nilai numerik adalah dengan mengevaluasi solusi secara numerik seperti

ekspresi.

```
>longest sol()
```

```
-0.6180339887498949
```

```
1.618033988749895
```

Untuk menggunakan solusi secara simbolis dalam ekspresi lain, cara termudah adalah “with”.

```
> %x^2 with sol[1], %expand(x^2-x-1 with sol[2])
```

$$\frac{(\sqrt{5}-1)^2}{4}$$

$$0$$

Memecahkan sistem persamaan secara simbolis dapat dilakukan dengan vektor persamaan dan solver simbolis solve(). Hasilnya dalam bentuk persamaan.

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

$$[[x = -1, y = 3], [x = 1, y = 1], [x = 0, y = 2]]$$

Fungsi f() dapat melihat variabel global. Namun seringkali kita ingin menggunakan parameter lokal.

dengan a=3.

```
>function f(x,a) := x^a*x;
```

Salah satu cara untuk mengoper parameter tambahan ke f() adalah dengan menggunakan sebuah daftar dengan nama fungsi dan parameternya (cara-

ara lainnya adalah parameter titik koma).

```
>solve({{"f",3}},2,y=0.1)
```

```
-0.7102421508578388
```

Ini juga bekerja dengan ekspresi. Tapi daftar elemen yang ada harus digunakan.

```
>solve({{"x^2+a*x",a=3}},2,y=0.1)
```

```
0.03297097167558916
```

Menyelesaikan Pertidaksamaan

Untuk menyelesaikan pertidaksamaan, EMT tidak akan dapat melakukannya, melainkan dengan bantuan Maxima, artinya secara eksak (simbolik). Perintah Maxima yang digunakan adalah `fourier_elim()`, yang harus dipanggil dengan perintah “`load(fourier_elim)`” terlebih dahulu.

Eliminasi Fourier adalah analog dari eliminasi Gauss untuk linear (persamaan atau pertidaksamaan). Panggilan fungsi `fourier_elim([eq1, eq2, ...], [var1, var2, ...])` melakukan eliminasi Fourier eliminasi pada pertidaksamaan linear `[eq1, eq2, ...]` dengan berkenaan dengan variabel `[var1, var2, ...]`; sebagai contoh

```
> %load(fourier_elim)
```

```
C:/Program Files/Euler x64/maxima/share/maxima/5.35.1/share/f\
ourier_elim/fourier_elim.lisp
```

```
> %fourier_elim([y-x < 5, x - y < 7, 10 < y],[x,y])
```

$$[y - 5 < x, x < y + 7, 10 < y]$$

```
> %fourier_elim([x^2 - 1 > 0],[x])
```

$$[1 < x] \vee [x < -1]$$

```
> %fourier_elim([x^2 - 4 < 0],[x])
```

$$[-2 < x, x < 2]$$

```
> %fourier_elim([x^2 - 9 # 0],[x])
```

$$[-3 < x, x < 3] \vee [3 < x] \vee [x < -3]$$

```
> %fourier_elim([x # 10],[x])
```

$$[x < 10] \vee [10 < x]$$

Ketika himpunan penyelesaiannya adalah kosong maka `emptyset`, dan ketika himpunan penyelesaiannya adalah semua bilangan real, maka `universalset`; sebagai contoh

```
> %fourier_elim([minf < x, x < inf],[x])
```

universalset

```
> %fourier_elim([x < 1, x > 1],[x])
```

emptyset

Untuk persamaan nonlinier, `fourier_elim` mengembalikan sebuah daftar persamaan yang disederhanakan:

```
> %fourier_elim([x^3 - 8 > 0],[x])
```

$$[2 < x, x^2 + 2x + 4 > 0] \vee [x < 2, -x^2 - 2x - 4 > 0]$$

>\$&fourier_elim([cos(x) < 1/2],[x])

$$[1 - 2 \cos x > 0]$$

Alih-alih sebuah daftar pertidaksamaan, 'fourier_elim' juga dapat berupa disjungsi atau konjungsi logika:

>\$&fourier_elim((x + y < 5) and (x - y > 8),[x,y])

$$[y + 8 < x, x < 5 - y, y < -\frac{3}{2}]$$

>\$&fourier_elim([y-x < 5, x - y < 7, 10 < y],[x,y])

$$[y - 5 < x, x < y + 7, 10 < y]$$

>\$&fourier_elim(((x + y < 5) and x < 1) or (x - y > 8),[x,y])

$$[y + 8 < x] \vee [x < \min(1, 5 - y)]$$

Fungsi fourier_elim' mendukung operator pertidaksamaan<,<=,>,>=#', dan '='.

Kode eliminasi Fourier memiliki sebuah preprocessor yang mengubah beberapa persamaan nonlinier yang melibatkan nilai absolut, minimum,dan fungsi maksimum menjadi linear dalam persamaan. Selain itu,preprocessor menangani beberapa ekspresi yang merupakan hasil kali atau hasil bagi dari suku-suku linier:

>\$&fourier_elim([max(x,y) > 6, x # 8, abs(y-1) > 12],[x,y])

$$[6 < x, x < 8, y < -11] \vee [8 < x, y < -11] \vee [x < 8, 13 < y] \vee [x = y, 13 < y] \vee [8 < x, x < y, 13 < y] \vee [y < x, 13 < y]$$

>\$&fourier_elim([(x+2)/(x-4) <= 2],[x])

$$[x = 10] \vee [10 < x] \vee [x < 4]$$

Bahasa Matriks

Dalam matematika, matriks adalah susunan[1] bilangan, simbol, atau ekspresi yang disusun dalam baris dan kolom sehingga membentuk suatu bangun persegi

Vektor dan matriks dimasukkan dengan tanda kurung siku, elemen dipisahkan dengan koma, baris dipisahkan dengan titik koma.

Matriks 1x2

>a=[1;2]

1
2

>b=[3,4;5,6]

3 4
5 6

>c=[1,2,3;4,5,6;7,8,9]

Real 3 x 3 matrix

1 ...
4 ...
7 ...

Transpose matriks adalah matriks baru yang diperoleh dengan cara menukar elemen-elemen baris menjadi elemen kolom atau sebaliknya.

>a'

[1, 2]

>b'

3 5
4 6

>c'

Real 3 x 3 matrix

1 ...
2 ...
3 ...

Invers matriks adalah matriks baru yang merupakan kebalikan dari matriks asal

>inv(b)

-2.999999999999997 1.999999999999999
2.499999999999998 -1.499999999999999

Perkalian matriks sendiri adalah proses mengalikan setiap elemen baris pada matriks pertama dengan elemen kolom pada matriks kedua.

```
>b.a
```

```
11
17
```

Perkalian dari matriks dengan invers matriks itu sendiri akan menghasilkan matriks identitas

```
>b.inv(b)
```

```
0.9999999999999982 1.77635683940025e-15
0 1
```

Perkalian matriks dan perpangkatan matriks

```
>b.b
```

```
29 36
45 56
```

```
>b^2
```

```
9 16
25 36
```

```
>b.b.b
```

```
267 332
415 516
```

```
>power(b,3)
```

```
267 332
415 516
```

Pembagian matriks

```
>a/a
```

```
1
1
```

```
>a/b
```

```
0.333333333333333 0.25
0.4 0.333333333333333
```

Perkalian invers matriks dengan matriks lainnya

```
>b\ a
```

```
0.999999999999993
-0.499999999999994
```

```
>inv(b).a
```

```
1
-0.499999999999996
```

Perkalian skalar

```
>b*2
```

```
6 8
10 12
```

```
>2*b
```

```
6 8
10 12
```

```
>[1,2]*2
```

```
[2, 4]
```

Fungsi Matriks Lainnya

Untuk membangun matriks, kita dapat menumpuk satu matriks di atas yang lain. Jika keduanya tidak memiliki jumlah kolom yang sama, kolom yang lebih pendek akan diisi dengan 0.

```
>v=1:3; v_v
```

```
Real 2 x 3 matrix
```



```

1      ...
1      ...

>A=random(3,4)

Real 3 x 4 matrix

0.6554163483485531      ...
0.5250003829714993      ...
0.2826898577756425      ...

>A|1

Real 3 x 5 matrix

0.6554163483485531      ...
0.5250003829714993      ...
0.2826898577756425      ...

>[v,v]

[1, 2, 3, 1, 2, 3]

>[v;v]

Real 2 x 3 matrix

1      ...
1      ...

>[v',v']

1      1
2      2
3      3

>["x,x^2"]'(v')

1      1
2      4
3      9

>length(2:10)

9

>ones(2,2)

1      1
1      1

>zeros(2,2)

0      0
0      0

>ones(5)*6

[6, 6, 6, 6, 6]

>random(1,2)

[0.217693385437102, 0.4453627564273003]

Berikut adalah fungsi lain yang berguna, yang merestrukturisasi elemen matriks menjadi
matriks lain.

>redim(1:9,3,3)

Real 3 x 3 matrix

1      ...
4      ...
7      ...

>function rep(v,n) := redim(dup(v,n),1,n*cols(v))

>rep(1:3,5)

[1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3]

>multdup(1:3,3)

[1, 1, 1, 2, 2, 2, 3, 3, 3]

Fungsi flipx() dan flipy() mengembalikan urutan baris atau kolom matriks. Yaitu, fungsi
flipx() membalik secara horizontal.

Keduanya tidak memiliki jumlah kolom yang sama, kolom yang lebih pendek akan diisi
dengan 0.
```

```
>flipx(1:5)

[5, 4, 3, 2, 1]

>rotleft(1:5)

[2, 3, 4, 5, 1]

>rotright(1:5)

[5, 1, 2, 3, 4]
```

Sebuah fungsi khusus adalah drop(v,i), yang menghilangkan elemen dengan indeks di i dari vektor v

```
>drop(10:20,3)

[10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]
```

Ada beberapa fungsi khusus untuk mengatur diagonal atau untuk menghasilkan matriks diagonal. Kita mulai dengan matriks identitas

```
>A=id(3)

Real 3 x 3 matrix

      1      ...
      0      ...
      0      ...
```

Vektorisasi

Hampir semua fungsi di Euler juga berfungsi untuk input matriks dan vektor, kapan pun ini masuk akal. Misalnya, fungsi sqrt() menghitung akar kuadrat dari semua elemen vektor atau matriks.

```
>sqrt(1:4)

[1, 1.414213562373095, 1.732050807568877, 2]
```

Jadi, kamu dapat dengan mudah membuat tabel nilai. Ini adalah salah satu cara untuk memplot suatu fungsi(alternatifnya menggunakan ekspresi).

```
>x=3:0.05:6; y=log(x)

[1.09861228866811, 1.11514159061932, 1.1314021114911,
1.147402452837541, 1.163150809805681, 1.178654996341646,
1.193922468472434, 1.208960345836975, 1.223775431622115,
1.238374231043268, 1.252762968495367, 1.266947603487324,
1.280933845462064, 1.294727167594399, 1.308332819650178,
1.321755839982319, 1.335001066732339, 1.348073148299692,
1.3609765531356, 1.37371557891303, 1.38629436111989,
1.398716881118447, 1.410986973710261, 1.423108334242606,
1.435084525289322, 1.446918982936324, 1.458615022699516,
1.470175845100592, 1.481604540924214, 1.492904096178148,
1.504077396776273, 1.515127232962858, 1.526056303495048,
1.536867219599264, 1.547562508716012, 1.558144618046549,
1.568615917913844, 1.57897870494939, 1.589235205116579,
1.599387576580598, 1.609437912434099, 1.619388243287267,
1.629240539730279, 1.638996714675643, 1.64865862558738,
1.658228076603531, 1.667706820558075, 1.677096560907914,
1.686398953570227, 1.695615608675151, 1.704748092238424,
1.713797927758341, 1.722766597741102, 1.731655545158348,
1.740466174840503, 1.749199854809257, 1.757857917552372,
1.766441661243763, 1.774952350911672, 1.783391219557537,
... ]
```

Dengan ini dan operator titik dua a:delta:b, vektor nilai fungsi dapat dihasilkan dengan mudah. Pada contoh berikut, kita membangkitkan vektor nilai t[i] dengan spasi 0,1 dari -1 hingga 3. Kemudian kita membangkitkan vektor nilai fungsi.

```
lateks:s=t^3-t

>t=-1:0.1:3; s=t^3-t

[0, 0.1709999999999999, 0.2879999999999999, 0.357, 0.384, 0.375,
0.3360000000000000, 0.2730000000000000, 0.1920000000000000,
0.0990000000000000, 1.387778780781446e-16, -0.0989999999999999,
-0.1919999999999999, -0.2729999999999999, -0.336, -0.375, -0.384,
-0.3570000000000000, -0.2880000000000000, -0.1710000000000000,
-4.440892098500626e-16, 0.2309999999999999, 0.5279999999999998,
0.897, 1.3440000000000000, 1.8750000000000000, 2.4960000000000000,
3.2130000000000000, 4.0320000000000000, 4.9590000000000000,
6.0000000000000000, 7.1610000000000000, 8.4480000000000000,
9.8670000000000000, 11.4240000000000000, 13.1250000000000000,
14.9760000000000000, 16.9830000000000000, 19.1520000000000000,
21.4890000000000000, 24.0000000000000000]
```

```
>shortest (1:7)*(1:7)'
```

1	2	3	4	5	6	7
2	4	6	8	10	12	14
3	6	9	12	15	18	21
4	8	12	16	20	24	28
5	10	15	20	25	30	35
6	12	18	24	30	36	42
7	14	21	28	35	42	49

Perhatikan, bahwa ini sangat berbeda dari produk matriks. Produk matriks dilambangkan dengan titik “.” di EMT.

```
>(1:7).(1:7)'
```

```
140
```

Secara default, vektor baris dicetak dalam format yang ringkas.

```
>[6,7,8,9]
```

```
[6, 7, 8, 9]
```

Untuk matriks operator khusus . menunjukkan perkalian matriks, dan A' menunjukkan transpos. Matriks 1x1 dapat digunakan seperti bilangan real.

```
>v:=[2,3]; v.v', %^2
```

```
13
```

```
169
```

Untuk mentranspos matriks kita menggunakan apostrof

```
>v=3:6; v'
```

```
3
4
5
6
```

```
>A=[1,2,3,4]; A.v'
```

```
50
```

Perhatikan bahwa v masih merupakan vektor baris, Jadi v'.v berbeda dengan v.v'.

```
>v'.v
```

```
Real 4 x 4 matrix
```

```
9    ...
12   ...
15   ...
18   ...
```

v.v' menghitung norma v kuadrat untuk vektor baris v. Hasilnya adalah vektor 1x1, yang bekerja seperti bilangan real.

```
>v.v'
```

```
86
```

Ada juga fungsi norma (bersama dengan banyak fungsi lain dari Aljabar Linier).

```
>norm(v)^3
```

```
797.5311906126306
```

Operator dan fungsi mematuhi bahasa matriks Euler.

Berikut ringkasan aturannya.

- Fungsi yang diterapkan ke vektor atau matriks diterapkan ke setiap elemen.
- Operator yang beroperasi pada dua matriks dengan ukuran yang sama diterapkan berpasangan ke elemen matriks.
- jika kedua matriks memiliki dimensi yang berbeda, keduanya diperluas dengan cara yang masuk akal, sehingga memiliki ukuran yang sama.

Misalnya, nilai skalar kali vektor mengalikan nilai dengan setiap elemen vektor. Atau matriks kali vektor (dengan *, bukan.) memperluas vektor ke ukuran matriks dengan menduplikasikan.

Berikut ini adalah kasus sederhana dengan operator^.

```
>[2,3,6]^2
```

```
[4, 9, 36]
```

Berikut adalah kasus yang lebih rumit. Vektor baris dikalikan dengan vektor kolom mengembang keduanya

dengan menduplikasi.

```
>v:=[2,3,6]; v*v'
```

Real 3 x 3 matrix

```
      4      ...
      6      ...
     12      ...
```

Perhatikan bahwa produk skalar menggunakan produk matriks, bukan *!

```
>v.v'
```

49

Ada banyak fungsi matriks. Kami memberikan daftar singkat. Anda harus berkonsultasi dengan dokumentasi untuk informasi lebih lanjut tentang perintah ini.

sum,prod menghitung jumlah dan produk dari baris
cumsum,cumprod melakukan hal yang sama secara kumulatif
menghitung nilai ekstrem dari setiap baris
extrema mengembalikan vektor dengan informasi ekstrim
diag(A,i) mengembalikan diagonal ke-i
setdiag(A,i,v) mengatur diagonal ke-i
id(n) matriks identitas
det(A) penentu
charpoly(A) polinomial karakteristik
nilai eigen(A) nilai eigen.

```
>v*v, sum(v*v), cumsum(v*v)
```

```
[4, 9, 36]
```

```
49
```

```
[4, 13, 49]
```

Operator : menghasilkan vektor baris spasi yang sama, opsional dengan ukuran langkah.

```
>3:9, 0:2:8
```

```
[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]
```

```
[0, 2, 4, 6, 8]
```

```
>[1,2][3,4,5], [1,2]_5
```

```
[1, 2, 3, 4, 5]
```

```
      1      2
      5      5
```

Unsur-unsur matriks disebut dengan “A[i,j]”.

```
>A:=[4,5,6,7,8,9,10,11]; A[2,2]
```

9

Untuk vektor baris atau kolom, v[i] adalah elemen ke-i dari vektor. Untuk matriks, ini mengembalikan baris ke-i lengkap dari matriks.

```
>v:=[1,3,5,7]; v[1], A[1]
```

1

```
[4, 5, 6, 7]
```

Indeks juga bisa menjadi vektor baris dari indeks. : menunjukkan semua indeks.

```
>v[2:4], A[:,2]
```

```
[3, 5, 7]
```

```
      5
      9
```

Bentuk singkat untuk : adalah menghilangkan indeks sepenuhnya.

```
>A[:,2:4]
```

Real 2 x 3 matrix

```
      5      ...
      9      ...
```

Untuk tujuan vektorisasi, elemen matriks dapat diakses seolah-olah mereka adalah vektor.

```
>A{5}
```

8

Matriks juga dapat diratakan, menggunakan fungsi `redim()`. Ini diimplementasikan dalam fungsi `flatten()`.

```
>redim(A,1,prod(size(A))), flatten(A)
```

```
[4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]
[4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]
```

Untuk menggunakan matriks untuk tabel, mari kita reset ke format default, dan menghitung tabel nilai sinus dan kosinus. Perhatikan bahwa sudut dalam radian secara default.

```
>defformat; w=0°:45°:360°; w=w'; deg(w)
```

```
0
45
90
135
180
225
270
315
360
```

Sekarang kita menambahkan kolom ke matriks.

```
>M = deg(w)|w|cos(w)|sin(w)
```

0	0	1	0
45	0.785398	0.707107	0.707107
90	1.5708	0	1
135	2.35619	-0.707107	0.707107
180	3.14159	-1	0
225	3.92699	-0.707107	-0.707107
270	4.71239	0	-1
315	5.49779	0.707107	-0.707107
360	6.28319	1	0

Dengan menggunakan bahasa matriks, kita dapat menghasilkan beberapa tabel dari beberapa fungsi sekaligus.

Dalam contoh berikut, kita menghitung $t[j]^i$ untuk i dari 1 hingga n . Kami mendapatkan matriks, di mana

setiap baris adalah tabel t^i untuk satu i . Yaitu, matriks memiliki elemen latex: $a_{\{i,j\}} = t_j^i$,

i, n

Fungsi yang tidak berfungsi untuk input vektor harus “divektorkan”. Ini dapat dicapai dengan kata kunci

“peta” dalam definisi fungsi. Kemudian fungsi tersebut akan dievaluasi untuk setiap elemen dari parameter

vektor.

Integrasi numerik `terintegrasi()` hanya berfungsi untuk batas interval skalar. Jadi kita perlu membuat vektor.

```
>function map f(x) := integrate("x^x",1,x)
```

Kata kunci “peta” membuat vektor fungsi. Fungsinya sekarang akan bekerja untuk vektor bilangan.

```
>f([1:3])
```

```
[0, 2.05045, 13.7251]
```

Sub-Matriks dan Matriks-Elemen

Untuk mengakses elemen matriks, gunakan notasi bracket.

```
>A=[1,2,3;4,5,6;7,8,9], A[2,3]
```

1	2	3
4	5	6
7	8	9

6

Kita dapat mengakses satu baris matriks yang lengkap.

```
>A[1]
```

```
[1, 2, 3]
```

Dalam kasus vektor baris atau kolom, ini mengembalikan elemen vektor.

```
>v=1:8; v[2]
```

```
2
```

Untuk memastikan, Anda mendapatkan baris pertama untuk matriks 1xn dan mxn, tentukan semua kolom menggunakan indeks kedua kosong.

```
>A[3,]
```

```
[7, 8, 9]
```

Jika indeks adalah vektor indeks, Euler akan mengembalikan baris matriks yang sesuai. Di sini kita ingin baris pertama dan kedua dari A.

4	5	6
7	8	9

Kita bahkan dapat menyusun ulang A menggunakan vektor indeks. Tepatnya, kami tidak mengubah A disini, tetapi menghitung versi A yang disusun ulang.

7	8	9
4	5	6
1	2	3

Trik indeks bekerja dengan kolom juga.

Contoh ini memilih semua baris A dan kolom kedua dan ketiga.

```
>A[1:2,2:3]
```

2	3
5	6

Untuk singkatan ":" menunjukkan semua indeks baris atau kolom.

```
>A[:,2]
```

```
2  
5  
8
```

Atau, biarkan indeks pertama kosong.

```
>A[,1:3]
```

1	2	3
4	5	6
7	8	9

Kita juga bisa mendapatkan baris terakhir dari A.

```
>A[3]
```

```
[7, 8, 9]
```

Sekarang mari kita ubah elemen A dengan menetapkan submatriks A ke beberapa nilai. Ini sebenarnya mengubah matriks A yang disimpan.

```
>A[2,3]=9
```

1	2	3
4	5	9
7	8	9

Kami bahkan dapat menetapkan sub-matriks jika memiliki ukuran yang tepat.

```
>A[1:2,1:2]=[4,5;6,7]
```

4	5	3
6	7	9
7	8	9

Selain itu, beberapa jalan pintas diperbolehkan.

```
>A[1:2,1:2]=-1
```

-1	-1	3
-1	-1	9
7	8	9

Peringatan: Indeks di luar batas mengembalikan matriks kosong, atau pesan kesalahan, tergantung pada pengaturan sistem. Standarnya adalah pesan kesalahan. Ingat, bagaimanapun, bahwa indeks negatif dapat digunakan untuk mengakses elemen matriks yang dihitung dari akhir.

```
>A[2]
```

```
[-1, -1, 9]
```

Menyortir dan Mengacak

Fungsi `sort()` mengurutkan vektor baris.

```
>sort([2,9,5,7,3,1])
```

```
[1, 2, 3, 5, 7, 9]
```

Seringkali perlu untuk mengetahui indeks dari vektor yang diurutkan dalam vektor aslinya. Ini dapat digunakan untuk menyusun ulang vektor lain dengan cara yang sama.

Mari kita mengacak vektor.

```
>v=shuffle(1:8)
```

```
[5, 4, 6, 1, 8, 2, 7, 3]
```

Indeks berisi urutan yang tepat dari v.

```
>{vs,ind}=sort(v); v[ind]
```

```
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]
```

```
>s=["d","f","c","b","aa","g"]
```

```
d
```

```
f
```

```
c
```

```
b
```

```
aa
```

```
g
```

```
>{ss,ind}=sort(s); ss
```

```
aa
```

```
b
```

```
c
```

```
d
```

```
f
```

```
g
```

```
>
```

```
endfunction
```

```
>
```

Aljabar Linier

EMT memiliki banyak fungsi untuk menyelesaikan sistem linier, sistem sparse, atau masalah regresi.

Untuk sistem linier $Ax=b$, dengan A adalah matriks koefisien, x adalah vektor solusi yang ingin kita cari dan b adalah vektor hasil yang diberikan.

Anda dapat menggunakan algoritma Gauss, matriks invers atau kecocokan linier.

Operator A menggunakan versi algoritma Gauss.

Operator backslash digunakan untuk menyelesaikan sistem persamaan linier ini. Ketika menulis A perangkat lunak akan menghitung solusi yang memenuhi persamaan $Ax=b$.

Operator ini secara otomatis menggunakan algoritma eliminasi Gauss atau metode numerik serupa untuk menemukan solusi.

```
>A=[5,6;7,8]; b=[4;3]; A\b
```

```
-7
```

```
6.5
```

Untuk contoh lain, kami membuat matriks 100x100 dan jumlah barisnya. Kemudian kita selesaikan $Ax=b$

menggunakan matriks invers. Kami mengukur kesalahan sebagai deviasi maksimal semua elemen dari 1,

yang tentu saja merupakan solusi yang benar.

```
>A=normal(100,100); b=sum(A); longest totalmax(abs(inv(A).b-1))
```

```
4.585221091701897e-14
```

Jika sistem tidak memiliki solusi, kecocokan linier meminimalkan norma

kesalahan $Ax-b$.

```
>A=[2,5,7;3,6,8;9,1,7]
```

2	5	7
3	6	8
9	1	7

Determinan matriks ini adalah ()

> det(A)

-34

>

Matriks Simbolik

Maxima memiliki matriks simbolis. Tentu saja, Maxima dapat digunakan untuk masalah aljabar linier sederhana seperti itu.

Kita dapat mendefinisikan matriks untuk Euler dan Maxima dengan `&:=`, dan kemudian menggunakannya dalam ekspresi simbolis. Bentuk [...] biasa untuk mendefinisikan matriks dapat digunakan di Euler untuk mendefinisikan matriks simbolik.

>A &:= [a,1,1;1,a,1;1,1,a]; \$A

$$\begin{pmatrix} a & 1 & 1 \\ 1 & a & 1 \\ 1 & 1 & a \end{pmatrix}$$

> \$&det(A), \$&factor(%)

$$a (a^2 - 1) - 2a + 2$$

$$(a - 1)^2 (a + 2)$$

>\$&invert(A) with a=0

$$\begin{pmatrix} -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & -\frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

>A &:= [1,a;b,2]; \$A

$$\begin{pmatrix} 1 & a \\ b & 2 \end{pmatrix}$$

dengan

`det(A)` menghitung determinan matriks A.

`factor(%)` memberikan faktor-faktor dari determinan.

`invert(A)` memberikan invers dari matriks A.

>

Seperti semua variabel simbolik, matriks ini dapat digunakan dalam

ekspresi simbolik lainnya.

>\$&det(A-x*ident(2)), \$&solve(%,x)

$$(1 - x) (2 - x) - a b$$

$$\left[x = \frac{3 - \sqrt{4 a b + 1}}{2}, x = \frac{\sqrt{4 a b + 1} + 3}{2} \right]$$

Nilai eigen juga dapat dihitung secara otomatis. Hasilnya adalah vektor dengan dua vektor nilai eigen dan

multiplisitas.

>\$&eigenvalues([a,1;1,a])

$$[[a - 1, a + 1], [1, 1]]$$

Untuk mengekstrak vektor eigen tertentu perlu pengindeksan yang cermat.

>&eigenvectors([a,1;1,a]), &%[2][1][1]

$$[[[a - 1, a + 1], [1, 1]], [[1, - 1]], [[1, 1]]]$$

$$[1, - 1]$$

Matriks simbolik dapat dievaluasi dalam Euler secara numerik seperti

ekspresi simbolik lainnya.

```
>A(a=6,b=7)
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 6 \\ 7 & 2 \end{pmatrix}$$

Dalam ekspresi simbolik, gunakan dengan.

```
>$&A with [a=6,b=7]
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 6 \\ 7 & 2 \end{pmatrix}$$

Akses ke baris matriks simbolik bekerja seperti halnya dengan matriks numerik.

```
>$&A[1]
```

$$[1, a]$$

Ekspresi simbolis dapat berisi tugas. Dan itu mengubah matriks A.

```
>&A[1,1]:=t+1; $&A
```

$$\begin{pmatrix} t+1 & a \\ b & 2 \end{pmatrix}$$

```
>v &= makelist(1/(i+j),i,1,3); $v
```

$$\left[\frac{1}{j+1}, \frac{1}{j+2}, \frac{1}{j+3} \right]$$

```
>B &:= [1,2,3,4]; $B, $&invert(B)
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} -2 & 1 \\ \frac{3}{2} & -\frac{1}{2} \end{pmatrix}$$

Hasilnya dapat dievaluasi secara numerik dalam Euler. Untuk informasi lebih lanjut tentang Maxima, lihat pengantar Maxima.

```
>$&invert(B)()
```

$$\begin{pmatrix} -2 & 1 \\ 1.5 & -0.5 \end{pmatrix}$$

Euler juga memiliki fungsi `xinv()` yang kuat, yang membuat upaya lebih besar dan mendapatkan hasil yang lebih tepat.

Perhatikan, bahwa dengan `&:=` matriks B telah didefinisikan sebagai simbolik dalam ekspresi simbolik dan sebagai numerik dalam ekspresi numerik. Jadi kita bisa menggunakannya di sini.

```
>longest B.xinv(B)
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Misalnya, nilai eigen dari A dapat dihitung secara numerik.

```
>A=[1,2,3;4,5,6;7,8,9]; real(eigenvalues(A))
```

```
[16.1168, -1.11684, 0]
```

Atau secara simbolis. Lihat tutorial tentang Maxima untuk detailnya.

```
>$&eigenvalues((A?))
```

$$\left[\left[\frac{15 - 3\sqrt{33}}{2}, \frac{3\sqrt{33} + 15}{2}, 0 \right], [1, 1, 1] \right]$$

Nilai Numerik dalam Ekspresi simbolis

Ekspresi simbolis hanyalah string yang berisi ekspresi. Jika kita ingin mendefinisikan nilai baik untuk ekspresi simbolik maupun ekspresi numerik, kita harus menggunakan “&:=”.

```
>A &:= [1,pi;4,5]
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 3.14159 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$$

Masih ada perbedaan antara bentuk numerik dan simbolik. Saat mentransfer matriks ke bentuk simbolis, pendekatan fraksional untuk real akan digunakan.

```
> $A
```

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{1146408}{364913} \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$$

Untuk menghindarinya, ada fungsi “mxmset(variable)”.

```
> mxmset(A); $A
```

$$\begin{pmatrix} 1 & 3.141592653589793 \\ 4 & 5 \end{pmatrix}$$

Maxima juga dapat menghitung dengan angka floating point, dan bahkan dengan angka floating besar dengan 32 digit. Namun, evaluasinya jauh lebih lambat.

```
> $bfloat(sqrt(2)), $float(sqrt(2))
```

$$1.4142135623730950488016887242097_B \times 10^0$$

$$1.414213562373095$$

Ketepatan angka floating point besar dapat diubah

```
> &fpprec:=100; &bfloat(pi)
```

$$3.14159265358979323846264338327950288419716939937510582097494 \backslash 4592307816406286208998628034825342117068b0$$

Variabel numerik dapat digunakan dalam ekspresi simbolis apa pun menggunakan “(var?)”.

Perhatikan bahwa ini hanya diperlukan, jika variabel telah didefinisikan dengan “:=” atau “=” sebagai variabel numerik.

```
> B:=[1,pi;3,4]; $det((B?))
```

$$-5.424777960769379$$

Demo - Suku Bunga

Di bawah ini, kami menggunakan Euler Math Toolbox (EMT) untuk perhitungan suku bunga. Kami melakukannya secara numerik dan simbolis untuk menunjukkan kepada Anda bagaimana Euler dapat

digunakan untuk memecahkan masalah kehidupan nyata.

Asumsikan Anda memiliki modal awal 4000 (katakanlah dalam dolar).

```
> M=4000
```

$$4000$$

Sekarang kita asumsikan tingkat bunga 3% per tahun. Mari kita tambahkan satu tarif sederhana dan hitung hasilnya.

```
> M*M*1.03
```

$$4120$$

Euler akan memahami sintaks berikut juga.

```
> M+M*3%
```

$$4120$$

Tetapi lebih mudah menggunakan faktornya.

```
> q=1+3%, M*q
```

$$1.03$$

$$4120$$

Selama 10 tahun, kita cukup mengalikan faktornya dan mendapatkan nilai akhir dengan suku bunga majemuk.

```
> M*q^10
```

5375.66551738

Untuk tujuan kita, kita dapat mengatur format menjadi 2 digit setelah titik desimal.

```
>format(12,2); M*q^10
```

5375.67

Mari kita cetak yang dibulatkan menjadi 2 digit dalam kalimat lengkap.

```
>"Starting from" + M + "$ you get" + round(M*q^10,2) + "$."
```

Starting from 4000\$ you get 5375.67\$.

Bagaimana jika kita ingin mengetahui hasil antara dari tahun 1 sampai tahun 9? Untuk ini, bahasa matriks Euler sangat membantu. Anda tidak harus menulis loop, tetapi cukup masukkan

```
>M*q^(0:10)
```

Real 1 x 11 matrix

4000.00 4120.00 4243.60 4370.91 ...

Bagaimana keajaiban ini bekerja? Pertama ekspresi 0:10 mengembalikan vektor bilangan bulat.

```
>short 0:10
```

[0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]

Kemudian semua operator dan fungsi dalam Euler dapat diterapkan pada elemen vektor untuk elemen.

```
>short q^(0:10)
```

[1, 1.03, 1.0609, 1.0927, 1.1255, 1.1593, 1.1941, 1.2299,
1.2668, 1.3048, 1.3439]

adalah vektor faktor q^0 sampai q^{10} . Ini dikalikan dengan M, dan kami mendapatkan vektor nilai.

```
>VM=M*q^(0:10)
```

Real 1 x 11 matrix

4000.00 4120.00 4243.60 4370.91 ...

Tentu saja, cara realistis untuk menghitung suku bunga ini adalah dengan membulatkan ke sen terdekat setelah setiap tahun. Mari kita tambahkan fungsi untuk ini.

```
>function oneyear(M) := round(M * q, 2)
```

Mari kita bandingkan dua hasil, dengan dan tanpa pembulatan.

```
>longest oneyear(1234.57), longest 1234.57*q
```

1271.61
1271.6071

Sekarang tidak ada rumus sederhana untuk tahun ke-n, dan kita harus mengulang selama bertahun-tahun.

Euler memberikan banyak solusi untuk ini.

Cara termudah adalah iterasi fungsi, yang mengulangi fungsi tertentu beberapa kali.

```
>VMr=iterate("oneyear",4000,10)
```

Real 1 x 11 matrix

4000.00 4120.00 4243.60 4370.91 ...

Kami dapat mencetaknya dengan cara yang ramah, menggunakan format kami dengan tempat desimal tetap.

```
>VMr'
```

4000.00
4120.00
4243.60
4370.91
4502.04
4637.10
4776.21
4919.50
5067.09
5219.10
5375.67

Untuk mendapatkan elemen tertentu dari vektor, kami menggunakan indeks dalam tanda kurung siku.

```
>VMr[2], VMr[1:3]
```

```
4120.00
4000.00 4120.00 4243.60
```

Anehnya, kita juga bisa menggunakan vektor indeks. Ingat bahwa 1:3 menghasilkan vektor [1,2,3].

Mari kita bandingkan elemen terakhir dari nilai yang dibulatkan dengan nilai penuh.

```
>VMr[-2], VM[-2]
```

```
5219.10
5219.09
```

Perbedaannya sangat kecil.

Memecahkan Persamaan

Sekarang kita mengambil fungsi yang lebih maju, yang menambahkan tingkat uang tertentu setiap tahun.

```
>function onepay (M) := M*q+R
```

Kita tidak perlu menentukan q atau R untuk definisi fungsi. Hanya jika kita menjalankan perintah, kita harus mendefinisikan nilai-nilai ini. Kami memilih R=200.

```
>R=200; iterate("onepay",4000,10)
```

```
Real 1 x 11 matrix
```

```
4000.00 4320.00 4649.60 4989.09 ...
```

Bagaimana jika kita menghapus jumlah yang sama setiap tahun?

```
>R=-200; iterate("onepay",4000,10)
```

```
Real 1 x 11 matrix
```

```
4000.00 3920.00 3837.60 3752.73 ...
```

Kami melihat bahwa uang berkurang. Jelas, jika kita hanya mendapatkan 150 bunga di tahun pertama, tetapi menghapus 200, kita kehilangan uang setiap tahun.

Bagaimana kita bisa menentukan berapa tahun uang itu akan bertahan? Kita harus menulis loop untuk ini. Cara termudah adalah dengan iterasi cukup lama.

```
>VMR=iterate("onepay",4000,50)
```

```
Real 1 x 51 matrix
```

```
4000.00 3920.00 3837.60 3752.73 ...
```

Dengan menggunakan bahasa matriks, kita dapat menentukan nilai negatif pertama dengan cara berikut.

```
>min(nonzeros(VMR<0))
```

```
32.00
```

Alasan untuk ini adalah bahwa bukan nol(VKR<0) mengembalikan vektor indeks i, di mana VKR[i]<0, dan min menghitung indeks minimal.

Karena vektor selalu dimulai dengan indeks 1, jawabannya adalah 31 tahun.

Fungsi iterate() memiliki satu trik lagi. Itu bisa mengambil kondisi akhir sebagai argumen. Kemudian akan mengembalikan nilai dan jumlah iterasi.

```
>{x,n}=iterate("onepay",4000,till="x<0"); x, n
```

```
-0.21
31.00
```

Mari kita coba menjawab pertanyaan yang lebih ambigu. Asumsikan kita tahu bahwa nilainya adalah 0 setelah 50 tahun. Apa yang akan menjadi tingkat bunga?

Ini adalah pertanyaan yang hanya bisa dijawab dengan angka. Di bawah ini, kita akan mendapatkan formula yang diperlukan. Kemudian Anda akan melihat bahwa tidak ada formula yang mudah untuk tingkat bunga.

Tapi untuk saat ini, kami bertujuan untuk solusi numerik.

Langkah pertama adalah mendefinisikan fungsi yang melakukan iterasi sebanyak n kali. Kami menam \square bahkan semua parameter ke fungsi ini.

```
>function f(M,R,P,n) := iterate("x*(1+P/100)+R",M,n;P,R)[-1]
```

Iterasinya sama seperti di atas.

Tapi kami tidak lagi menggunakan nilai global R dalam ekspresi kami. Fungsi seperti `iterate()` memiliki trik khusus di Euler. Anda dapat meneruskan nilai variabel dalam ekspresi sebagai parameter titik koma. Dalam hal ini P dan R.

Selain itu, kami hanya tertarik pada nilai terakhir. Jadi kita ambil indeks `[-1]`.

Mari kita coba tes.

```
>f(4000,-200,3,31)
```

```
-0.21
```

Sekarang kita bisa menyelesaikan masalah kita.

```
>solve("f(4000,-200,x,50)",3)
```

```
4.43
```

Rutin memecahkan memecahkan ekspresi=0 untuk variabel x. Jawabannya adalah 3,15% per tahun. Kami mengambil nilai awal 3% untuk algoritma. Fungsi `solve()` selalu membutuhkan nilai awal.

Kita dapat menggunakan fungsi yang sama untuk menyelesaikan pertanyaan berikut:

Berapa banyak yang dapat kita keluarkan per tahun sehingga modal awal habis setelah 20 tahun dengan asumsi tingkat bunga 3% per tahun.

```
>solve("f(4000,x,3,20)",-200)
```

```
-268.86
```

Perhatikan bahwa Anda tidak dapat memecahkan jumlah tahun, karena fungsi kami mengasumsikan n sebagai nilai integer.

Solusi Simbolik untuk Masalah Suku Bunga

Kita dapat menggunakan bagian simbolik dari Euler untuk mempelajari masalah tersebut. Pertama kita mendefinisikan fungsi `oneway()` kita secara simbolis.

```
>function op(M) &= M*q+R; $&op(M)
```

$$R + qM$$

Kita sekarang dapat mengulangi ini.

```
>$&op(op(op(M))), $&expand(%)
```

$$q (q (q (R + qM) + R) + R) + R$$
$$q^3 R + q^2 R + qR + R + q^4 M$$

Kami melihat sebuah pola. Setelah n periode yang kita miliki

Rumusnya adalah rumus untuk jumlah geometri, yang diketahui Maxima.

```
>&sum(q^k,k,0,n-1); $& % = ev(%,simpsum)
```

$$\sum_{k=0}^{n-1} q^k = \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

Ini agak rumit. Jumlahnya dievaluasi dengan bendera "simpsum" untuk mengurangnya menjadi hasil bagi.

Mari kita membuat fungsi untuk ini.

Rumusnya adalah rumus untuk jumlah geometri, yang diketahui Maxima.

```
>function fs(M,R,P,n) &= (1+P/100)^n*M + ((1+P/100)^n-1)/(P/100)*R; $&fs(M,R,P,n)
```

$$\frac{100 \left(\left(\frac{P}{100} + 1 \right)^n - 1 \right) R}{P} + M \left(\frac{P}{100} + 1 \right)^n$$

Fungsi tersebut melakukan hal yang sama seperti fungsi f kita sebelumnya. Tapi itu lebih efektif.

```
>longest f(4000,-200,3,31), longest fs(4000,-200,3,31)
```

```
-0.2142542009293322
```

```
-0.2142542009369208
```

Kita sekarang dapat menggunakannya untuk menanyakan waktu n. Kapan modal kita habis? Dugaan awal kami adalah 30 tahun.

fungsi untuk ini.

Rumusnya adalah rumus untuk jumlah geometri, yang diketahui Maxima.

>solve("fs(4000,-330,3,x)",30)

15.29

Jawaban ini mengatakan bahwa itu akan menjadi negatif setelah 21 tahun.

Kita juga dapat menggunakan sisi simbolis Euler untuk menghitung formula pembayaran.

Asumsikan kita mendapatkan pinjaman sebesar K, dan membayar n pembayaran sebesar R (dimulai setelah tahun pertama) meninggalkan sisa hutang sebesar Kn (pada saat pembayaran terakhir).

Rumus untuk ini jelas.

>equ &= fs(M,R,P,n)=Mn; \$&equ

$$\frac{100 \left(\left(\frac{P}{100} + 1 \right)^n - 1 \right) R}{P} + M \left(\frac{P}{100} + 1 \right)^n = Mn$$

Biasanya rumus ini diberikan dalam bentuk

$$i = \frac{P}{100}$$

>equ &= (equ with P=100*i); \$&equ

$$\frac{((i + 1)^n - 1) R}{i} + (i + 1)^n M = Mn$$

Kita dapat memecahkan tingkat R secara simbolis.

>\$&solve(equ,R)

$$\left[R = \frac{i Mn - i (i + 1)^n M}{(i + 1)^n - 1} \right]$$

Seperti yang Anda lihat dari rumus, fungsi ini mengembalikan kesalahan titik mengambang untuk i=0.

Euler tetap merencanakannya.

Tentu saja, kami memiliki batas berikut.

>\$&limit(R(4000,0,x,10),x,0)

$$\lim_{x \rightarrow 0} R(4000, 0, x, 10)$$

Jelas, tanpa bunga kita harus membayar kembali 10 tarif 500.

Persamaan juga dapat diselesaikan untuk n. Kelihatannya lebih bagus, jika kita menerapkan beberapa penyederhanaan untuk itu.

>fn &= solve(equ,n) | ratsimp; \$&fn

$$\left[n = \frac{\log \left(\frac{R+i Mn}{R+i M} \right)}{\log (i + 1)} \right]$$

Penyelesaian Soal Soal Aljabar

- (R.2 NO 49)

Sederhanakan:

$$\left(\frac{24a^{10}b^{-8}c^7}{12a^6b^{-3}c^5} \right)^{-5}$$

>\$&((24*a^(10)*b^(-8)*c^7)/(12*a^6*b^(-3)*c^5))^(-5)

$$\frac{b^{25}}{32 a^{20} c^{10}}$$

* (R.2 NO 50) * Sederhanakan : * ()^ {-4}

$$\left(\frac{125p^{12}q^{-14}r^{22}}{25p^8q^6r^{-15}} \right)^{-4}$$

>\$&((125*p^(12)*q^(-14)*r^(22))/25*p^8*q^6*r^(-15))^(-4)

$$\frac{q^{32}}{625 p^{80} r^{28}}$$

* (R.2 NO 90) * Calculate

$$2^6 * 2^{-3} / 2^{10} / 2^{-8}$$

$$>\$ \&(2^6)^*(2^{-3}) \backslash (2^{10}) \backslash (2^{-8})$$

$$64 \left(\frac{1}{8} \right) (1024) \left(\frac{1}{256} \right)$$

* (R.2 No 91) * Calculate

$$\left(\frac{4(8-6)^2 - 4 * 3 + 2 * 8}{3^1 + 9^0} \right)$$

$$>(4*(8-6)^{2-4*3+2*8}) \backslash (3_1+19^0)$$

$$0.20$$

- (R.2 No 92)
- Calculate

$$\left(\frac{[4(8-6)^2 + 4](3-2*8)}{2^2(2^5 + 5)} \right)$$

$$>(4*((8-6)^{2+4})*(3-2*8)) \backslash ((2_2)*(2^3+5))$$

$$-0.13$$

- (R.3 NO 20)
- Lakukan Operasi

$$(z + 4)(z - 2)$$

$$>\$ \&showev('expand((z+4)*(z-2)))$$

$$\text{expand}((z - 2) (z + 4)) = z^2 + 2z - 8$$

* (R.3 NO 21) * Lakukan Operasi

$$(x + 6)(x + 3)$$

$$>\$ \&showev('expand((x+6)*(x+3)))$$

$$\text{expand}((x + 3) (x + 6)) = x^2 + 9x + 18$$

* (R.3 NO 22) * Lakukan Operasi

$$(a - 8)(a - 1)$$

$$>\$ \&showev('expand((a-8)*(a-1)))$$

$$\text{expand}((a - 8) (a - 1)) = a^2 - 9a + 8$$

>

- (R.3 NO 23)
- Lakukan Operasi

$$(2a + 3)(a + 5)$$

$$>\$ \&showev('expand((2*a+3)*(a+5)))$$

$$\text{expand}((a + 5) (2a + 3)) = 2a^2 + 13a + 15$$

* (R.3 NO 29) * Lakukan Operasi * (y-5)^2

$$(y - 5)^2$$

$$>\$ \&showev('expand((y-5)^2))$$

$$\text{expand}((y - 5)^2) = y^2 - 10y + 25$$

* (R.4 NO 81) * Faktorkan

$$(8x^2 - 32)$$

$$>\$ \&factor(8*x^2 - 32)$$

$$8 (x - 2) (x + 2)$$

* (R.4 NO 82) * Faktorkan

$$(6y^2 - 6)$$

$$>\$ \&factor(6*y^2-6)$$

$$6 (y - 1) (y + 1)$$

* (R.4 NO 121) * Faktorkan

$$(y^4 - 84 + 5 * y^2)$$

>\$&factor(y^{4-84+5*y2})

$$(y^2 - 7) (y^2 + 12)$$

* (R.4 NO 108) * Faktorkan

$$(p^3 - 2 * p^2 - 9 * p + 18)$$

>\$&factor(p^{3-2*p2-9*p+18})

$$(p - 3) (p - 2) (p + 3)$$

* (R.4 NO 111) * Faktorkan

$$(5 * m^4 - 20)$$

>\$&factor(5*m⁴⁻²⁰)

$$5 (m^2 - 2) (m^2 + 2)$$

* (R.5 NO 31) * Tentukan nilai x

$$7(3 * x + 6) = 11 - (x + 2)$$

>\$&solve(7*(3*x+6)=11-(x+2))

$$[x = -\frac{3}{2}]$$

* (R.5 NO 37) * Tentukan nilai x * (x^{2+5*x=0})

$$(x^2 + 5 * x = 0)$$

>\$&solve(x^{2+5*x=0})

$$[x = -5, x = 0]$$

* (R.5 NO 47) * Tentukan nilai z * (12*z^{2+z=6})

$$(12 * z^2 + z = 6)$$

>\$&solve(12*z^{2+z=6})

$$[z = -\frac{3}{4}, z = \frac{2}{3}]$$

* (R.5 NO 85) * Tentukan nilai x * (5x^{2+6x})/(12x^{2-5*x-2})=0

$$(5 * x^2 + 6 * x) * (12 * x^2 - 5 * x - 2) = 0$$

>\$&solve((5*x^{2+6*x})*(12*x^{2-5*x-2})=0)

$$[x = -\frac{1}{4}, x = \frac{2}{3}, x = -\frac{6}{5}, x = 0]$$

* (R.5 NO 87) * Tentukan nilai x * (3x^{3+6x^2-27*x-54=0})

$$(3 * x^3 + 6 * x^2 - 27 * x - 54 = 0)$$

>\$&solve(3*x^{3+6*x2-27*x-54=0})

$$[x = -3, x = -2, x = 3]$$

* (R.6 NO 9) * Sederhanakan *

$$\frac{x^2 - 4}{x^2 - 4x + 4}$$

>\$&((x²)/(x^{2-4*x+4})), \$&factor(%)

$$\frac{x^2}{x^2 - 4x + 4}$$

$$\frac{x^2}{(x - 2)^2}$$

-(R.6 NO 10)

Sederhanakan

$$((x^3 - 6x^2 + 9x)/(x^3 - 3x^2))$$

$$\frac{x^3 - 6x^2 + 9x}{x^3 - 3x^2}$$

>\$&((x^{3-6*x}2+9*x)/(x^{3-3*x}2)), \$&factor(%)

$$\frac{x^3 - 6x^2 + 9x}{x^3 - 3x^2}$$

$$\frac{x-3}{x}$$

-(R.6 NO 11)

Sederhanakan

$$x^3 - 6x^2 + 9x/x^3 - 3x^2$$

>\$&(x^{3-6*x}2+9*x/x^{3-3*x}2), \$&factor(%)

$$x^3 - 9x^2 + \frac{9}{x^2}$$

$$\frac{x^5 - 9x^4 + 9}{x^2}$$

* (R.6 NO 71) * Sederhanakan

>\$&((x+h)^{2-x}2)/h, \$&factor(%)

$$\frac{(x+h)^2 - x^2}{h}$$

$$2x + h$$

* (R.6 NO 73) * Sederhanakan

>\$&((x+h)^{3-x}3)/h, \$&factor(%)

$$\frac{(x+h)^3 - x^3}{h}$$

$$3x^2 + 3hx + h^2$$

* (Review Excercises NO 70) * Multiply

>\$&'((x^{n+10})*(x_n-4)), \$&'((x^{n+10})*(x_n-4))=expand(((x^{n+10})*(x_n-4)))

$$(x^n - 4)(x^n + 10)$$

$$(x^n - 4)(x^n + 10) = x^{2n} + 6x^n - 40$$

* (Review exercises No 71) * Multiply

>\$&'((t^{a+t}(-a))^2), \$&'((t^{a+t}(-a))^2)=expand(((t^{a+t}(-a))^2))

$$\left(t^a + \frac{1}{t^a}\right)^2$$

$$\left(t^a + \frac{1}{t^a}\right)^2 = t^{2a} + \frac{1}{t^{2a}} + 2$$

* (Review Exercises NO 72) * Multiply

>\$&'((y^{b-z})*(y^{b+z}c)), \$&'((y^{b-z})*(y^{b+z}c))=expand((y^{b-z})*(y^{b+z}c))

$$(y^b - z^c)(z^c + y^b)$$

$$(y^b - z^c)(z^c + y^b) = y^{2b} - z^{2c}$$

* (Review Exercises NO 73) * Multiply

>\$&'((a^{n-bn})^3), \$&'((a^{n-bn})^3)=expand((a^{n-bn})^3)

$$(a^n - b^n)^3$$

$$(a^n - b^n)^3 = -b^{3n} + 3a^n b^{2n} - 3a^{2n} b^n + a^{3n}$$

* (Review Excercises NO 76) * Factor

>\$&(m^(6*n) - m^(3*n)), \$&factor(%)

$$m^{6n} - m^{3n}$$

$$m^{3n} (m^n - 1) (m^{2n} + m^n + 1)$$

* (3.1 Exercise Set NO 37) * Use the quadratic formula to find exact solution

>\$&solve(x^2-2=15,x)

$$[x = -\sqrt{17}, x = \sqrt{17}]$$

* (3.1 Exercise Set NO 38) * Use the quadratic formula to find exact solution

>\$&solve(x^2+4*x=5)

$$[x = -5, x = 1]$$

* (3.1 Exercise Set NO 41) * Use the quadratic formula to find exact solution

>\$&solve(3*x^2+6=10*x)

$$[x = \frac{5 - \sqrt{7}}{3}, x = \frac{\sqrt{7} + 5}{3}]$$

* (3.1 Exercise Set NO 79) * Solve

>\$&solve(x^4-3*x^2+2=0)

$$[x = -\sqrt{2}, x = \sqrt{2}, x = -1, x = 1]$$

* (3.1 Exercise Set NO 80) * Solve

>\$&solve(x^4+3=4*x^2)

$$[x = -1, x = 1, x = -\sqrt{3}, x = \sqrt{3}]$$

* (3.4 NO 1) * Solve

>\$&solve(1/4+1/5=1/t,t)

$$[t = \frac{20}{9}]$$

* (3.4 NO 2) * Solve

>\$&solve(1/3-5/6=1/x,x)

$$[x = -2]$$

* (3.4 NO 5) * Solve

>\$&solve(1/2+2/x=1/3+3/x,x)

$$[x = 6]$$

* (3.4 NO 9) * Solve

>\$&solve(x+6/x=5,x)

$$[x = 3, x = 2]$$

* (3.4 NO 10) * Solve

>\$&solve(x-12/x=1,x)

$$[x = -3, x = 4]$$

>&load(fourier_elim)

C:/Program Files/Euler x64/maxima/share/maxima/5.35.1/share/fourier_elim/fourier_elim.lisp

• (3.5 NO 44)

>\$&fourier_elim([4*x]>20,[x]) // 4*x > 20

$$[[4 (x - 5)] > 0]$$

-(3.5 NO 45)

>\$&fourier_elim([x+8]<9,[x]) // x+8<9

$$[[1 - x] > 0]$$

* (3.5 NO 47)

>\$&fourier_elim([x+8]>=9,[x]) // x+8 >= 9

$$[[x - 1] = 0] \vee [[x - 1] > 0]$$

* (3.5 NO 52)

>\$&fourier_elim([3*x+4]<13,[x])/3*x+4<13

$$[-3(x-3)] > 0]$$

* (3.5 NO 62)

>\$&fourier_elim([3*x+5]<0,[x])/3*x+5<0

$$[-3x-5] > 0]$$

* (4.1 NO 23) * Use substitution to determine whether 4,5 and -2 are zeros of

>function P(x) &= (x³-9*x²+14*x+24); \$&P(x)

$$x^3 - 9x^2 + 14x + 24$$

>P(4), P(5), P(-2)

0.00
-6.00
-48.00

Jadi hasil substitusi yang menghasilkan persamaan mempunyai nilai nol adalah dengan mensubstitusikan angka 4

- (4.1 NO 24)
- Use substitution to determine whether 2,3 and -1 are zeros of

>function P(x) &= (2*x³-3*x²+x+6); \$&P(x)

$$2x^3 - 3x^2 + x + 6$$

>P(2), P(3), P(-1)

12.00
36.00
0.00

Jadi hasil substitusi yang menghasilkan persamaan mempunyai nilai nol adalah dengan mensubstitusikan angka (-1)

- (4.1 NO 25)
- Use substitution to determine whether 2,3 and -1 are zeros of

>function P(x) &= (x⁴-6*x³+8*x²+6*x-9); \$&P(x)

$$x^4 - 6x^3 + 8x^2 + 6x - 9$$

>P(2), P(3), P(-1)

3.00
0.00
0.00

Jadi hasil substitusi yang menghasilkan persamaan mempunyai nilai nol adalah dengan mensubstitusikan angka 3 dan (-1)

- (4.1 NO 26)
- Use substitution to determine whether 1,-2 and 3 are zeros of

>function P(x) &= (x⁴-x³+3*x²+5*x-2); \$&P(x)

$$x^4 - x^3 + 3x^2 + 5x - 2$$

>P(1), P(-2), P(3)

6.00
24.00
94.00

Jadi hasil substitusi yang menghasilkan persamaan mempunyai nilai nol adalah dengan mensubstitusikan angka 3 dan 1 dan 3

- (4.1 NO 37)
- Find the zeros of the polynomial function and state the multiplicity of each

>\$&solve(x⁴-4*x²+3,x)

$$[x = -1, x = 1, x = -\sqrt{3}, x = \sqrt{3}]$$

* (4.3 NO 1) * For the function * f(x)= x⁴-6x³+x²+24x-20 * use long division to determine whether each of the following is a * factor of f(x)

- x+1
- x-2
- x + 5

>function f(x) &= (x^{4-6*x}3+x^2+24*x-20);\$&f(x)

$$x^4 - 6x^3 + x^2 + 24x - 20$$

>\$&f(x+1), \$&expand(%)

$$(x + 1)^4 - 6(x + 1)^3 + (x + 1)^2 + 24(x + 1) - 20$$

$$x^4 - 2x^3 - 11x^2 + 12x$$

>\$&f(x-2), \$&expand(%)

$$24(x - 2) + (x - 2)^4 - 6(x - 2)^3 + (x - 2)^2 - 20$$

$$x^4 - 14x^3 + 61x^2 - 84x$$

>\$&f(x+5), \$&expand(%)

$$(x + 5)^4 - 6(x + 5)^3 + (x + 5)^2 + 24(x + 5) - 20$$

$$x^4 + 14x^3 + 61x^2 + 84x$$

- (4.3 NO 23)
- Use synthetic division to find the function values.
- $f(x) = x^3 - 6x^2 + 11x - 6$

$$f(x) = x^3 - 6x^2 + 11x - 6$$

$$f \text{ indf}(1), f(-2), \text{danf}(3)$$

>function f(x) &= (x^{3-6*x}2+11*x-6);\$&f(x)

$$x^3 - 6x^2 + 11x - 6$$

>f(1), f(-2) , f(3)

$$0.00$$

$$-60.00$$

$$0.00$$

- (4.3 NO 25)
- Use synthetic division to find the function values.
- $f(x) = x^4 - 3x^3 + 2x + 8$

$$f(x) = x^4 - 3x^3 + 2x + 8$$

$$f \text{ indf}(-1), f(4), \text{danf}(-5)$$

>function f(x) &= (x^{4-3*x}3+2*x+8);\$&f(x)

$$x^4 - 3x^3 + 2x + 8$$

>f(-1), f(4), f(3)

$$10.00$$

$$80.00$$

$$14.00$$

- (4.3 NO 42)
- Factor the polynomial function f(x).
- $f(x) = x^3 + 2x^2 - 13x + 10$

$$f(x) = x^3 + 2x^2 - 13x + 10$$

>fx &= (x^{3+2*x}2+13*x-10); \$&fx

$$x^3 + 2x^2 + 13x - 10$$

>\$&factor((fx,x^{3+4*x}2+x-6=0))

$$(x - 1)(x + 2)(x + 3) = 0$$

>\$&solve(x^{3+4*x}2+x-6=0,x)

$$[x = -3, x = -2, x = 1]$$

-(Mid-Chapter Mixed Review NO 18)

Use synthetic division to find the function values

$$g(x) = x^3 - 9x^2 + 4x - 10$$

find g(-5)

>function g(x) &= (x^{3-9*x}2+4*x-10);\$&g(x)

$$x^3 - 9x^2 + 4x - 10$$

>g(-5)

-380.00

-(Mid-Chapter Mixed Review NO 19)

Use synthetic division to find the function values

$$f(x) = 20x^2 - 40x$$

find $f(1/2)$

>function f(x) &= (20*x^2-40*x);\$&f(x)

$$20x^2 - 40x$$

>f(1/2)

-15.00

- (Mid-Chapter Mixed Review NO 21)
- Using synthetic division, determine whether the numbers are zeros of the polynomial function.
- -3i,3;
- $f(x)=x^3-4x^2+9x-36$

$$f(x) = x^3 - 4x^2 + 9x - 36$$

>function f(x) &= (x^3-4*x^2+9*x-36);\$&f(x)

$$x^3 - 4x^2 + 9x - 36$$

>f(-3i.3)

288.00+648.00i

- (Mid-Chapter Mixed Review NO 22)
- Using synthetic division, determine whether the numbers are zeros of the polynomial function.
- -1,5;
- $f(x)=x^6-35x^4+259x^2-225$

$$f(x) = x^6 - 35x^4 + 259x^2 - 225$$

>function f(x) &= (x^6-35*x^4+259*x^2-225);\$&f(x)

$$x^6 - 35x^4 + 259x^2 - 225$$

>f(-1.5)

191.95

- (Mid-Chapter Mixed Review NO 23)
- Factor the polynomial function $f(x)$. Then solve the equation $f(x)=0$.
- $h(x) = x^3-2x^2-55x+56$

$$h(x) = x^3 - 2x^2 - 55x + 56$$

>hx &= (x^3-2*x^2-55*x+56=0);\$&hx

$$x^3 - 2x^2 - 55x + 56 = 0$$

>\$&factor((hx,x^3-2*x^2-55*x+56=0))

$$(x - 8) (x - 1) (x + 7) = 0$$

>\$&solve(x^3-2*x^2-55*x+56=0,x)

$$[x = -7, x = 8, x = 1]$$

EMT PLOT 2D_INDIAH SARI WIJAYANTI_23030630014_MAT B # Tugas Plot 2D

Menggambar Grafik 2D dengan EMT

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

Plot Dasar

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

Dalam contoh, kita hanya menggambar beberapa garis acak dalam berbagai warna. Untuk detail tentang fungsi ini, pelajari fungsi inti EMT.

```
>clg; // clear screen

>window(0,0,1024,1024); // use all of the window

>setplot(0,1,0,1); // set plot coordinates

>hold on; // start overwrite mode

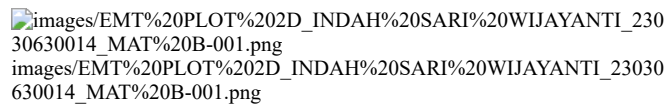
>n=100; X=random(n,2); Y=random(n,2); // get random points

>colors=rgb(random(n),random(n),random(n)); // get random colors

>loop 1 to n; color(colors[#]); plot(X[#],Y[#]); end; // plot

>hold off; // end overwrite mode

>insimg; // insert to notebook
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-001.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-001.png

```
>reset;
```

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

Untuk menghapus semua yang kami lakukan, kami 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.

Untuk contoh lain, kami menggambar plot sebagai sisipan di plot lain. Ini dilakukan dengan mendefinisikan jendela plot yang lebih kecil. Perhatikan bahwa jendela ini tidak menyediakan ruang untuk label sumbu di luar jendela plot. Kita harus menambahkan beberapa margin untuk ini sesuai kebutuhan. Perhatikan bahwa kami menyimpan dan memulihkan jendela penuh, dan menahan plot saat ini saat kami memplot inset.

```
>plot2d("x^3-x");

>xw=200; yw=100; ww=300; hw=300;

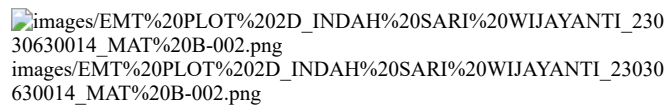
>ow=window();

>window(xw,yw,xw+ww,yw+hw);

>hold on;

>barclear(xw-50,yw-10,ww+60,ww+60);

>plot2d("x^4-x",grid=6):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-002.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-002.png

```
>hold off;
```

```
>window(ow);
```

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

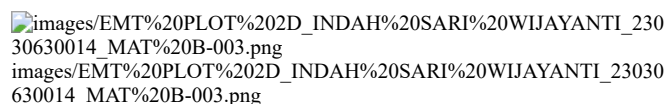
Aspek Plot

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

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

```
>aspect(2); // rasio panjang dan lebar 2:1
```

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-003.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-003.png

```
>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 memplot plot 2D dari

- ekspresi
- fungsi, variabel, atau kurva parameter,
- 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.

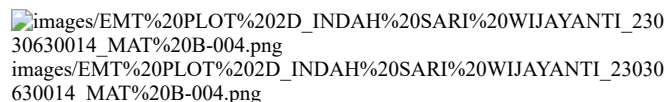
Plot Ekspresi atau Variabel

Ekspresi tunggal dalam “x” (mis. “4*x^2”) atau nama fungsi (mis. “f”) menghasilkan grafik fungsi.

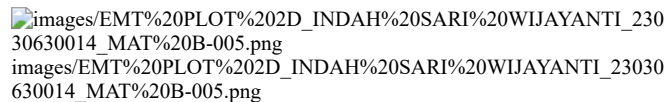
Berikut adalah contoh paling dasar, yang menggunakan rentang default dan menetapkan rentang y yang tepat agar sesuai dengan plot fungsi.

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

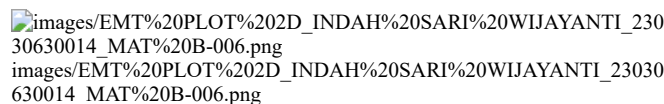
```
>plot2d(“x^2”):
```



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



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

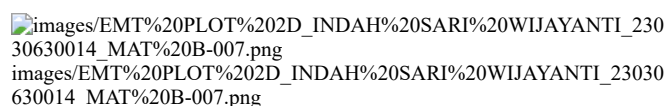


Dari beberapa contoh sebelumnya Anda dapat melihat bahwa aslinya gambar plot menggunakan sumbu X dengan rentang nilai dari -2 sampai dengan 2. Untuk mengubah rentang nilai X dan Y, Anda dapat menambahkan nilai-nilai batas X (dan Y) di belakang ekspresi yang digambar.

The plot range is set with the following assigned parameters

- a,b: x-range (default -2,2)
- c,d: y-range (default: scale with values)
- r: alternatively a radius around the plot center
- cx,cy: the coordinates of the plot center (default 0,0)

```
>plot2d(“x^3-x”,-1,2):
```



```
>plot2d(“sin(x)”,-2*pi,2*pi); // plot sin(x) pada interval [-2pi, 2pi]
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-008.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-009.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-009.png

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

Dalam opsi, plot dapat diatur untuk muncul

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

Lebih banyak gaya dapat dicapai dengan perintah plot tertentu.

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

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

```
>reset;
```

```
>figure(2,2); ...
```

```
> for n=1 to 4; figure(n); plot2d("x^n"+n); end; ...
```

```
> figure(0):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-010.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-010.png

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

```
>figure(3,3); ...
```

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

```
> figure(0):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-011.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-011.png

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

Atau, a, b, c, d dapat ditentukan sebagai parameter yang ditetapkan sebagai a=... dll.

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-012.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-012.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-013.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-013.png

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

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

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-014.png

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-014.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-015.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-015.png

Perhatikan bahwa x^x tidak didefinisikan untuk $x \leq 0$. Fungsi `plot2d` menangkap kesalahan ini, dan mulai merencanakan segera setelah fungsi didefinisikan. Ini berfungsi untuk semua fungsi yang mengembalikan NAN keluar dari jangkauan definisinya.

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-016.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-016.png

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-017.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-017.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-018.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-018.png

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-019.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-019.png

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-020.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-020.png

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

```
>plot2d(expr,-2,2): // plot from -2 to 2
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-021.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-021.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-022.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-022.png


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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-023.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-023.png


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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-024.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-024.png


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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-025.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-025.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-026.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-026.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-027.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-027.png


Fungsi dalam satu Parameter

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


Berikut adalah beberapa contoh menggunakan fungsi. Seperti biasa di EMT, fungsi yang berfungsi untuk fungsi atau ekspresi lain, Anda dapat meneruskan parameter tambahan (selain x) yang bukan variabel global ke fungsi dengan parameter titik koma atau dengan koleksi 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
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-028.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-028.png


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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-029.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-029.png

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


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-030.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-030.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-031.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-031.png

```
>function f(x) := x^3-x; ...
```

```
> plot2d("f",r=1):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-032.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-032.png

Berikut adalah ringkasan dari fungsi yang diterima


- ekspresi atau ekspresi simbolik dalam x
- fungsi atau fungsi simbolis dengan nama sebagai "f"
- fungsi simbolis hanya dengan nama f

Fungsi plot2d() juga menerima fungsi simbolis. Untuk fungsi simbolis, nama saja yang berfungsi.

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

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

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


 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-033.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-033.png

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):
```

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-034.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-034.png

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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-035.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-035.png


Untuk gaya garis ada berbagai pilihan.

- gaya="...". Pilih dari "-", "--", "-.", ":", ".-", "-.-".
- warna: Lihat di bawah untuk warna.
- ketebalan: Default 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 terang, kuning
- rgb(merah, hijau, biru): parameter adalah real dalam [0,1].

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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-036.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-036.png


Berikut adalah tampilan warna EMT yang telah ditentukan sebelumnya.

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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-037.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-037.png

Tapi Anda bisa menggunakan warna apa saja.

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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-038.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-038.png

Menggambar Beberapa Kurva pada bidang koordinat yang sama

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

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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-039.png

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-039.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-040.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-040.png

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-041.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-041.png

Kami menambahkan titik persimpangan dengan label (pada posisi "cl" untuk kiri tengah), dan memasukkan hasilnya ke dalam notebook. Kami juga menambahkan judul ke plot.

```
>plot2d(["cos(x)", "x"],r=1.1,cx=0.5,cy=0.5, ...
> color=[black,blue],style=["-", "."], ...
> grid=1);

>x0=solve("cos(x)-x",1); ...
> plot2d(x0,x0,>points,>add,title="Intersection Demo"); ...
> label("cos(x) = x",x0,x0,pos="cl",offset=20):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-042.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-042.png

Dalam demo berikut, kami memplot fungsi $\text{sinc}(x)=\sin(x)/x$ dan ekspansi Taylor ke-8 dan ke-16. Kami menghitung ekspansi ini menggunakan Maxima melalui ekspresi simbolis.

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

Kami menambahkan kotak label yang menjelaskan fungsi.

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

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-044.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-044.png

Dalam contoh berikut, kami menghasilkan Bernstein-Polinomial.

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

```
>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;
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-046.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-046.png

Metode kedua menggunakan pasangan matriks nilai-x dan matriks nilai-y yang berukuran sama.

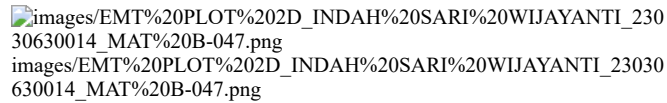
Kami menghasilkan matriks nilai dengan satu Polinomial Bernstein di setiap baris. Untuk ini, kita cukup menggunakan vektor kolom i. Lihat pengantar tentang bahasa matriks untuk mempelajari lebih detail.

```
>x=linspace(0,1,500);
```

```
>n=10; k=(0:n)'; // n is row vector, k is column vector
```

```
>y=bin(n,k)*x.^k*(1-x).^(n-k); // y is a matrix then
```

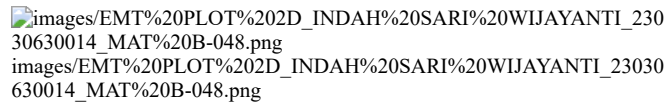
>plot2d(x,y):



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-047.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-047.png

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

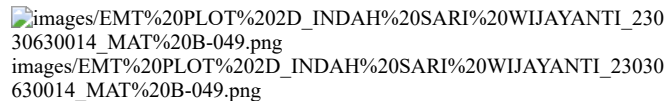
>x=linspace(0,1,200); y=x^(1:10)'; plot2d(x,y,color=1:10):



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-048.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-048.png

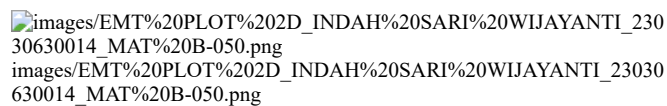
Metode lain adalah menggunakan vektor ekspresi (string). Anda kemudian dapat menggunakan larik warna, larik gaya, dan larik ketebalan dengan panjang yang sama.

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-049.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-049.png

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-050.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-050.png

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

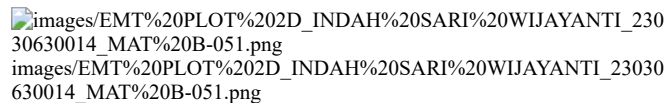
>v &= makelist(binomial(10,i)*x^i*(1-x)^(10-i), i, 0, 10) // make list

$$\begin{bmatrix} 10 & 9 & 8 & 2 & 7 & 3 \\ (1-x)^{10} & 10(1-x)^9x & 45(1-x)^8x^2 & 120(1-x)^7x^3 & 210(1-x)^6x^4 & 252(1-x)^5x^5 \\ 210(1-x)^4x^6 & 120(1-x)^3x^7 & 45(1-x)^2x^8 & 10(1-x)x^9 & x^{10} \end{bmatrix}$$

>mxm2str(v) // get a vector of strings from the symbolic vector

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

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



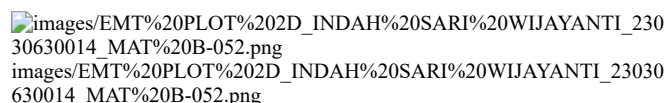
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-051.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-051.png

Alternatif lain adalah dengan menggunakan bahasa matriks Euler.

Jika ekspresi menghasilkan 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 array warna ditambahkan, itu akan digunakan untuk setiap baris plot.

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



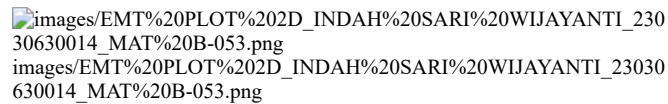
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-052.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-052.png

Ekspresi dan fungsi satu baris dapat melihat variabel global.

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

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

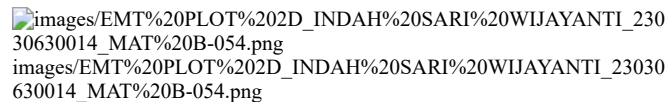
```
>function f(x,a) := 1/a*exp(-x^2/a); ...
> plot2d({"f",-10,10;5,thickness=2,title="a=5"}):
```



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

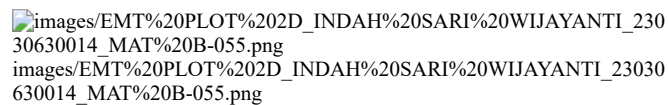
Dalam contoh berikut, kami menggunakan loop untuk memplot beberapa fungsi (lihat tutorial tentang pemrograman untuk loop).

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



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

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



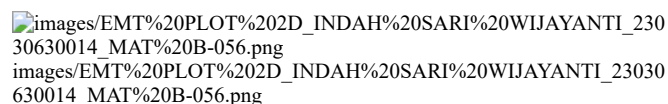
Label Teks

Dekorasi sederhana bisa

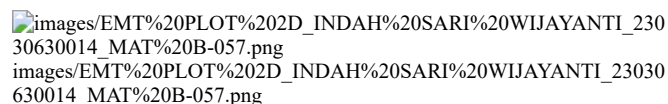
- judul dengan judul="..."
- x- dan y-label dengan xl="...", yl="..."
- label teks lain dengan label("...",x,y)

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

```
>plot2d("x^3-x",-1.2,title="y=x^3-x",yl="y",xl="x"):
```

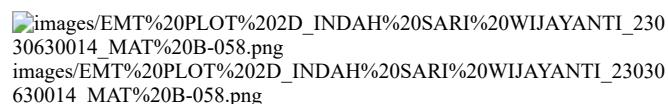


```
>expr := "log(x)/x"; ...
> plot2d(expr,0.5,5,title="y="+expr,xl="x",yl="y"); ...
> label("(1,0)",1,0); label("Max",E,expr(E),pos="lc"):
```



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

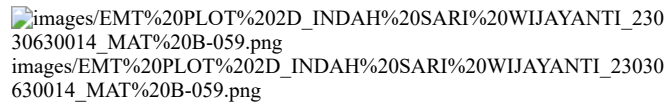


Kotak ditambatkan di kanan atas secara default, tetapi > kiri menambatkannya di kiri atas. Anda dapat memindahkannya ke tempat yang Anda suka. Posisi jangkar adalah sudut kanan atas kotak, dan angkanya adalah pecahan dari ukuran jendela grafik. Lebar nya otomatis.

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

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

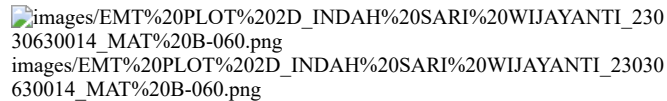
```
>n=10; plot2d(0:n,bin(n,0:n),>addpoints); ...
> labelbox("Binomials",styles="[]",>points,x=0.1,y=0.1, ...
> tcolor=black,>left):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-059.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-059.png

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

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

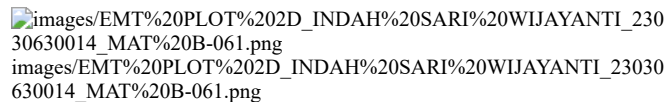


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-060.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-060.png

Fitur serupa adalah fungsi `textbox()`.

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

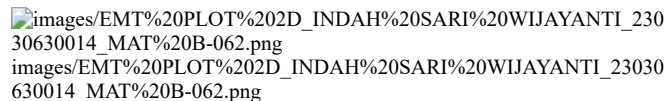
```
>function f(x) &= exp(-x)*sin(2*pi*x); ...
> plot2d("f(x)",0,2pi); ...
> textbox(latex("text{Example of a damped oscillation}\ f(x)=e^{-x}\sin(2\pi x)"),w=0.85):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-061.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-061.png

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

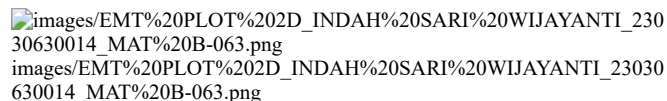
```
>plot2d("x^3-x",title="x → x³ - x"):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-062.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-062.png

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

```
>plot2d("sinc(x)",0,2pi,xl="x",yl="u" → sinc(x)",>vertical):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-063.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-063.png

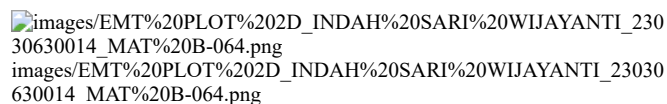
LaTeX

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

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

Dalam 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):
```

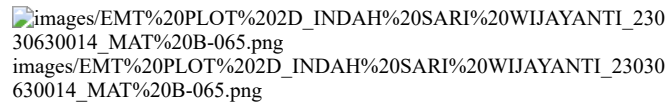


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-064.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-064.png

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

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-065.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-065.png

Tentu saja, fungsi juga dapat digunakan.

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

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

Parameter “peta” membantu menggunakan fungsi untuk vektor. Untuk

plot, itu tidak perlu. Tetapi untuk mendemonstrasikan vektorisasi itu

berguna, kami menambahkan beberapa poin kunci 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 akan dapat menggunakan

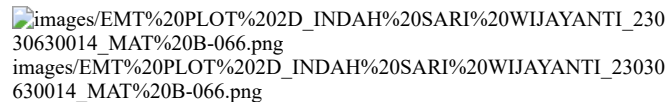
LaTeX jika Anda telah menginstal LaTeX dengan benar.

```
>plot2d(“f”,-1,1,xl=“x”,yl=“f(x)”,grid=6); ...
> plot2d([-1,0,1],f([-1,0,1]),>points,>add); ...
> label(latex(“x^3”),0.72,f(0.72)); ...
> label(latex(“x^2”),-0.52,f(-0.52),pos=“ll”); ...
> textbox( ...
> latex(“f(x)=
```

$$\begin{cases} x^3 & x > 0 \\ x^2 & x \leq 0 \end{cases}$$

```
”), ...
```

```
> x=0.7,y=0.2):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-066.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-066.png

Interaksi pengguna

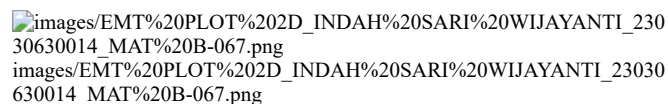
Saat memplot fungsi atau ekspresi, parameter >user memungkinkan pengguna untuk memperbesar dan menggeser plot dengan tombol kursor atau mouse. Pengguna dapat

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

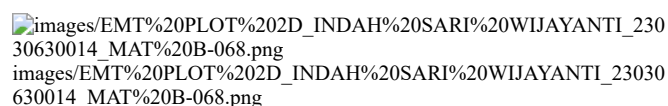
Tombol spasi akan mengatur ulang plot ke jendela plot asli.

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-067.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-067.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-068.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-068.png

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

Fungsi bawaan `mousedrag()` menunggu event mouse atau keyboard. Ini melaporkan mouse ke bawah, mouse dipindahkan 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. Sebagai contoh, kita interpolasi dalam 5 titik dengan polinomial. Fungsi harus diplot ke area plot tetap.

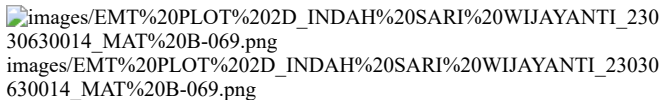
```
>function plotf(xp,yp,select) ...

    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 nilai secara global.

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

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


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-069.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-069.png
```

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

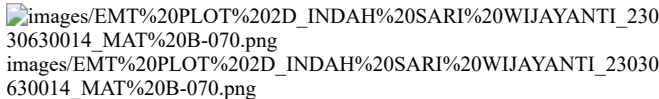
Pertama kita membutuhkan fungsi plot.

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

Kemudian kita membutuhkan nama untuk parameter, nilai awal dan matriks rentang $n \times 2$, opsional baris judul.

Ada slider interaktif, yang dapat mengatur nilai oleh pengguna. Fungsi `dragvalues()` menyediakan ini.

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


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-070.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-070.png
```

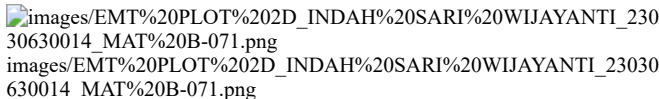
Dimungkinkan untuk membatasi nilai yang diseret ke bilangan bulat. Sebagai contoh, kita menulis fungsi plot, yang memplot polinomial Taylor derajat n ke fungsi kosinus.

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

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

Sekarang kami mengizinkan derajat n bervariasi dari 0 hingga 20 dalam 20 pemberhentian. 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):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-071.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-071.png
```

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

```
>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;
    endfor;
```

```
end
endfunction
```

>dragtest // lihat hasilnya dan cobalah lakukan!

Gaya Plot 2D

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

```
>aspect();

>figure(3,4); ...
> figure(1); plot2d("x^3-x",grid=0); ... // no grid, frame or axis

> figure(2); plot2d("x^3-x",grid=1); ... // x-y-axis

> figure(3); plot2d("x^3-x",grid=2); ... // default ticks

> figure(4); plot2d("x^3-x",grid=3); ... // x-y- axis with labels inside

> figure(5); plot2d("x^3-x",grid=4); ... // no ticks, only labels

> figure(6); plot2d("x^3-x",grid=5); ... // default, but no margin

> figure(7); plot2d("x^3-x",grid=6); ... // axes only

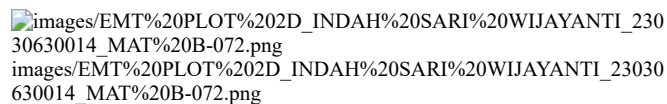
> figure(8); plot2d("x^3-x",grid=7); ... // axes only, ticks at axis

> figure(9); plot2d("x^3-x",grid=8); ... // axes only, finer ticks at axis

> figure(10); plot2d("x^3-x",grid=9); ... // default, small ticks inside

> figure(11); plot2d("x^3-x",grid=10); ...// no ticks, axes only

> figure(0):
```



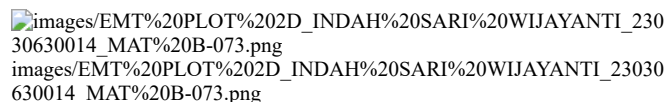
Parameter <frame mematikan frame, dan framecolor=blue mengatur frame ke warna biru.

Jika Anda ingin centang sendiri, Anda dapat menggunakan style=0, dan menambahkan semuanya nanti.

```
>aspect(1.5);

>plot2d("x^3-x",grid=0); // plot

>frame; xgrid([-1,0,1]); ygrid(0); // add frame and grid


```

Untuk judul plot dan label sumbu, lihat contoh berikut.

```
>plot2d("exp(x)",-1,1);

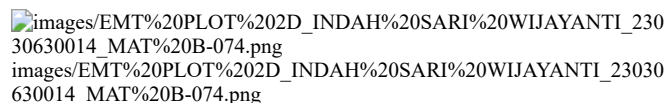
>textcolor(black); // set the text color to black

>title(latex("y=e^x")); // title above the plot

>xlabel(latex("x")); // "x" for x-axis

>ylabel(latex("y"),>vertical); // vertical "y" for y-axis

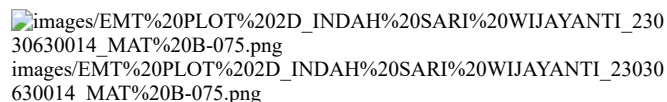
>label(latex("(0,1)"),0,1,color=blue); // label a point


```

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

```
>plot2d("x^3-x",<grid,<frame);

>xaxis(0,xx=-2:1,style="-->"); yaxis(0,yy=-5:5,style="-->");


```

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

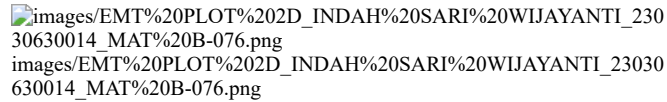
```
>function f(x) &= x^3-x
```

$$x^3 - x$$

```
>plot2d(f,-1,1,>square);
```

```
>x0=fmin(f,0,1); // compute point of minimum
```

```
>label("Rel. Min.",x0,f(x0),pos="lc"); // add a label there
```

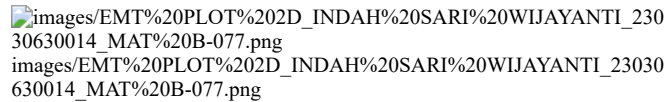


Ada juga kotak teks.

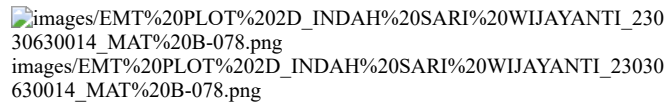
```
>plot2d(&f(x),-1,1,-2,2); // function
```

```
>plot2d(&diff(f(x),x),>add,style="--",color=red); // derivative
```

```
>labelbox(["f","f'"],["-","-"],[black,red]); // label box
```



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



```
>gridstyle(">",color=gray,textcolor=gray,framecolor=gray); ...
```

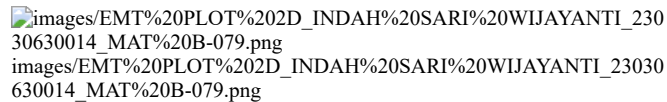
```
> plot2d("x^3-x",grid=1); ...
```

```
> settitle("y=x^3-x",color=black); ...
```

```
> label("x",2,0,pos="bc",color=gray); ...
```

```
> label("y",0,6,pos="cl",color=gray); ...
```

```
> reset();
```



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

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

```
>fullwindow; ...
```

```
> gridstyle(color=darkgray,textcolor=darkgray); ...
```

```
> plot2d(["2^x","1","2(-x)"],a=-2,b=2,c=0,d=4,<grid,color=4:6,<frame); ...
```

```
> xaxis(0,-2:1,style=">"); xaxis(0,2,"x",<axis); ...
```

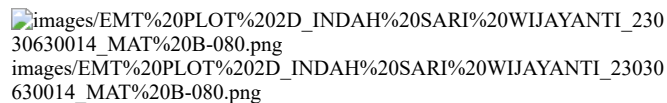
```
> yaxis(0,4,"y",style=">"); ...
```

```
> yaxis(-2,1:4,>left); ...
```

```
> yaxis(2,2^(-2:2),style=".",<left); ...
```

```
> labelbox(["2^x","1","2-x"],colors=4:6,x=0.8,y=0.2); ...
```

```
> reset;
```



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

```
>aspect(1.5);
```

```
>plot2d(["sin(x)","cos(x)"],0,2pi,color=[red,green],<grid,<frame); ...
```

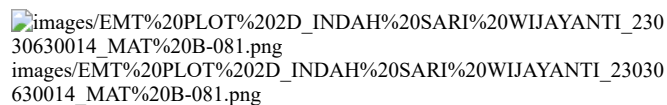
```
> xaxis(-1.1,(0:2)*pi,xt=["0","uπ","u2π"],style="--",>ticks,>zero); ...
```

```
> 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"φ"); ylabel(u"f(φ)");
```



Merencanakan Data 2D

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

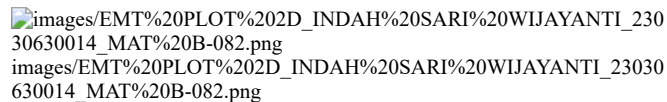
Memplot ekspresi hanyalah singkatan untuk plot data. Untuk plot data, Anda memerlukan satu atau beberapa baris nilai x , dan satu atau beberapa baris nilai y . Dari rentang dan nilai- x , fungsi `plot2d` akan menghitung data yang akan diplot, secara default dengan evaluasi fungsi yang adaptif. Untuk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

Tapi Anda bisa memasukkan data secara langsung.

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

Berikut adalah contoh dengan satu baris untuk x dan y .

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



Data juga dapat diplot sebagai titik. Gunakan `poin=true` untuk ini. Plotnya bekerja seperti poligon, tetapi hanya menggambar sudut-sudutnya.

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

Untuk memplot set poin gunakan >points. Jika warna adalah vektor warna, setiap titik

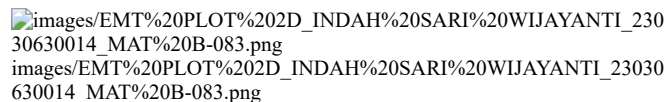
mendapat warna yang berbeda. Untuk matriks koordinat dan vektor kolom, warna berlaku untuk baris matriks.

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

```
>xdata=[1,1.5,2.5,3,4]; ydata=[3,3.1,2.8,2.9,2.7]; // data
```

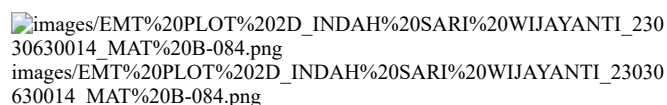
```
>plot2d(xdata,ydata,a=0.5,b=4.5,c=2.5,d=3.5,style="."); // lines
```

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



```
>p=polyfit(xdata,ydata,1); // get regression line
```

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



Menggambar Daerah Yang Dibatasi Kurva

Plot data benar-benar poligon. Kita juga dapat memplot kurva atau kurva terisi.

- `terisi=benar` mengisi plot.
- `style="..."`: Pilih dari "#", "/", " ", "/".
- `fillcolor`: Lihat di atas untuk warna yang tersedia.

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

```
>t=linspace(0,2pi,1000); // parameter for curve
```

```
>x=sin(t)*exp(t/pi); y=cos(t)*exp(t/pi); // x(t) and y(t)
```

```
>figure(1,2); aspect(16/9)
```

```
>figure(1); plot2d(x,y,r=10); // plot curve
```

```
>figure(2); plot2d(x,y,r=10,>filled,style="/",fillcolor=red); // fill curve
```

```
>figure(0):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-085.png

Dalam contoh berikut kami 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="/");
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-086.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-086.png

```
>t=linspace(0,2pi,6); ...
```

```
> plot2d(cos(t),sin(t),>filled,style="/",fillcolor=red,r=1.2):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-087.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-087.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-088.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-088.png

Contoh lainnya adalah segi empat, 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):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-089.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-089.png

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

```
>A=[2,1;1,2;-1,0;0,-1];
```

```
>function f(x,y) := max([x,y].A');
```

```
>plot2d("f",r=4,level=[0;3],color=green,n=111):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-090.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-090.png

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

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

Kami sekarang memiliki vektor x dan y nilai. plot2d() dapat memplot nilai-nilai ini sebagai kurva yang menghubungkan titik-titik. Plotnya bisa diisi. Pada kasus ini ini menghasilkan hasil yang bagus karena aturan lilitan, yang digunakan untuk isi.

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-091.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-091.png

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

Hal ini dapat berguna untuk memplot kesalahan perhitungan. Tapi itu bisa juga 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):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-092.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-092.png

Jika x adalah vektor yang diurutkan, dan y adalah vektor interval, maka plot2d akan memplot rentang interval yang terisi dalam 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):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-093.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-093.png

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


>expr := “2*x²+x*y+3*y⁴+y”;; // define an expression f(x,y)

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


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-094.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-094.png

Kami juga dapat mengisi rentang nilai seperti

>plot2d(“(x²+y²)²-x²+y²”,r=1.2,level=[-1;0],style=“/”):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-095.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-095.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-096.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-096.png


Grafik Fungsi Parametrik

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

Dalam contoh berikut, kami memplot spiral


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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-097.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-097.png


Atau, 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):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-098.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-098.png

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


>plot2d(x,y,r=1):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-099.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-099.png

Dalam contoh berikutnya, kami memplot kurva

dengan

>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):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-100.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-100.png

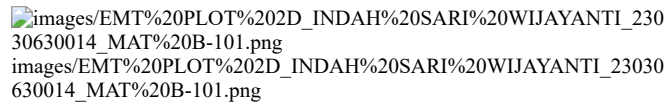
Menggambar Grafik Bilangan Kompleks

Array bilangan kompleks juga dapat diplot. Kemudian titik-titik grid akan terhubung. Jika sejumlah garis kisi ditentukan (atau vektor garis kisi 1x2) dalam argumen cgrid, hanya garis kisi tersebut yang terlihat.

Matriks bilangan kompleks akan secara otomatis diplot sebagai kisi di bidang kompleks.

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

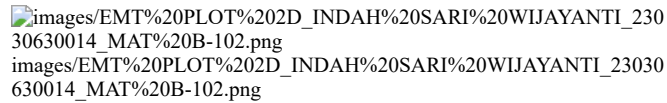
```
>aspect(); r=linspace(0,1,50); a=linspace(0,2pi,80)'; z=r*exp(I*a);...
> plot2d(z,a=-1.25,b=1.25,c=-1.25,d=1.25,cgrid=10):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-101.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-101.png

```
>aspect(1.25); r=linspace(0,1,50); a=linspace(0,2pi,200)'; z=r*exp(I*a);
```

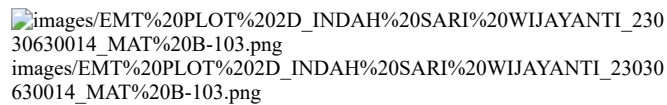
```
>plot2d(exp(z),cgrid=[40,10]):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-102.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-102.png

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

```
>plot2d(exp(z),>points,>add):
```

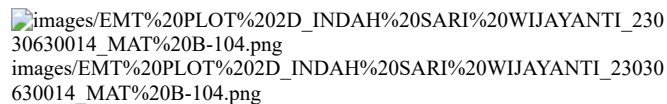


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-103.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-103.png

Sebuah vektor bilangan kompleks secara otomatis diplot sebagai kurva pada bidang kompleks dengan bagian real dan bagian imajiner.

Dalam contoh, kami memplot lingkaran satuan dengan

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



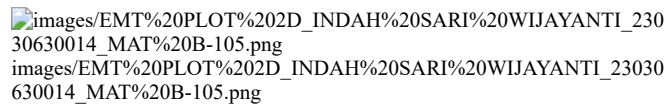
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-104.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-104.png

Plot Statistik

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

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

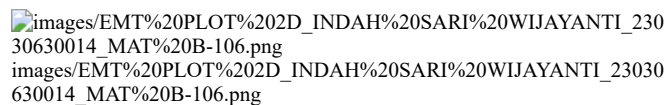
```
>plot2d(cumsum(randnormal(1,1000))):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-105.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-105.png

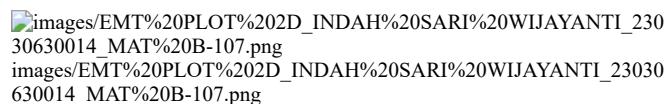
Menggunakan dua baris menunjukkan jalan dalam dua dimensi.

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-106.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-106.png

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-107.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-107.png


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");
```


 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-108.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-108.png

>k=0:10;


>plot2d(k,bin(10,k),>bar):

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-109.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-109.png


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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-110.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-110.png


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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-111.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-111.png

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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-112.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-112.png


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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-113.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-113.png

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


 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-114.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-114.png

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):

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-115.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-115.png

Fungsi statplot() menyetel gaya dengan string sederhana.


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

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-116.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-116.png

>n=10; i=0:n; ...

> plot2d(i,bin(n,i)/2^n,a=0,b=10,c=0,d=0.3); ...

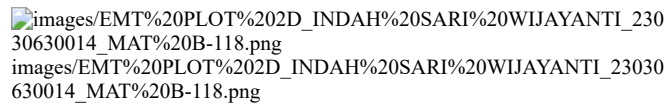
> plot2d(i,bin(n,i)/2^n,points=true,style="ow",add=true,color=blue):

 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-117.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-117.png

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

Gaya isian dapat digunakan seperti di atas.

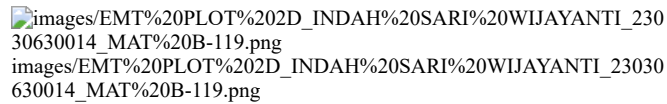
```
>n=10; k=bin(n,0:n); ...  
> plot2d(-0.5:n+0.5,k,bar=true,fillcolor=lightgray):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-118.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-118.png

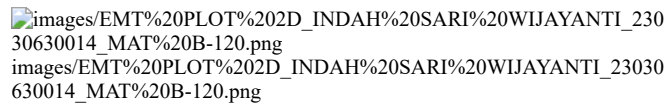
Data untuk plot batang (bar=1) dan histogram (histogram=1) dapat dinyatakan secara eksplisit dalam xv dan yv, atau dapat dihitung dari distribusi empiris dalam xv dengan >distribusi (atau distribusi=n). Histogram nilai xv akan dihitung secara otomatis dengan >histogram. Jika >genap ditentukan, nilai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

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



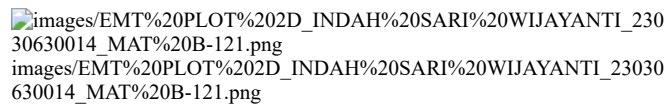
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-119.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-119.png

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



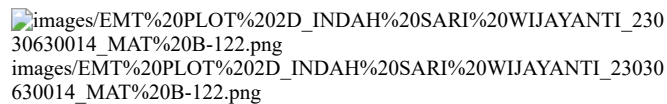
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-120.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-120.png

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-121.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-121.png

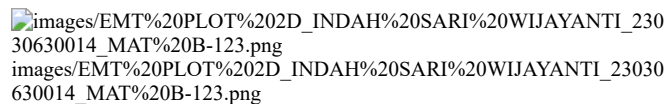
```
>plot2d(random(600)*6,histogram=6):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-122.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-122.png

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

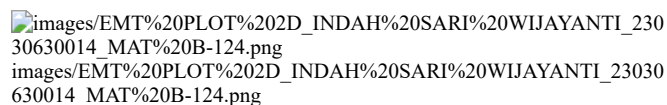
```
>plot2d(normal(1,1000),distribution=10,style="v"):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-123.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-123.png

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

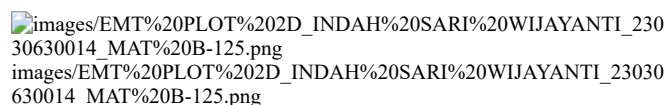
```
>plot2d(intrandom(1,1000,10),distribution=10,even=true):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-124.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-124.png

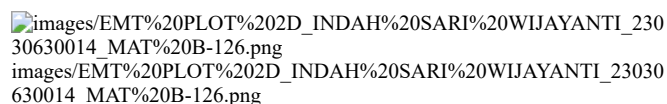
Perhatikan bahwa ada banyak plot statistik, yang mungkin berguna. Silahkan lihat tutorial tentang statistik.

```
>columnsplot(getmultiplicities(1:6,intrandom(1,6000,6))):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-125.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-125.png

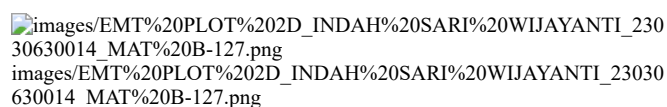
```
>plot2d(normal(1,1000),>distribution); ...  
> plot2d("qnormal(x)",color=red,thickness=2,>add):
```



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-126.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-126.png

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

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-127.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-127.png

Fungsi Implisit

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

Euler dapat menandai garis level

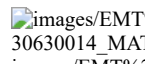
$$f(x, y) = c$$

dari fungsi apapun.

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

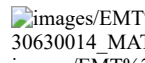
```
>aspect(1.5);
```

```
>plot2d(“x2+y2-x*y-x”,r=1.5,level=0,contourcolor=red):
```

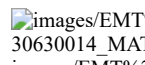
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-129.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-129.png

```
>expr := “2*x2+x*y+3*y4+y”; // define an expression f(x,y)
```

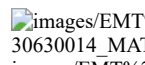
```
>plot2d(expr,level=0): // Solutions of f(x,y)=0
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-130.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-130.png

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-131.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-131.png

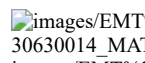
```
>plot2d(expr,level=0:0.5:20,>hue,>spectral,n=200,grid=4): // nicer
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-132.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-132.png


Ini berfungsi untuk plot data juga. Tetapi 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):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-133.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-133.png

```
>plot2d(“x3-y2”,>contour,>hue,>spectral):
```


images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-134.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-134.png

```
>plot2d(“x3-y2”,level=0,contourwidth=3,>add,contourcolor=red):
```


images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-135.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-135.png

```
>z=z+normal(size(z))*0.2;
```


```
>plot2d(z,level=0.5,a=-1,b=2,c=-2,d=1):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-136.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-136.png


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


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-137.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-137.png

>plot2d("x²+y³+x*y",level=1,r=4,n=100):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-138.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-138.png

>plot2d("x²+2*y²-x*y",level=0:0.1:10,n=100,contourcolor=white,>hue):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-139.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-139.png


Juga dimungkinkan untuk mengisi set

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

dengan rentang tingkat.


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

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



images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-141.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-141.png

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


>plot2d("x⁴+y⁴",r=1.5,level=[0;1],color=blue,style="/"):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-142.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-142.png


>plot2d("x²+y³+x*y",level=[0,2,4;1,3,5],style="/",r=2,n=100):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-143.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-143.png

>plot2d("x²+y³+x*y",level=-10:20,r=2,style="-",dl=0.1,n=100):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-144.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-144.png


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


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-145.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-145.png

Dimungkinkan juga untuk menandai suatu wilayah

Ini dilakukan dengan menambahkan level dengan dua baris.

>plot2d("(x²+y²-1)³-x²*y³",r=1.3, ...
> style="#",color=red,<outline, ...
> level=[-2;0],n=100):


images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_230
30630014_MAT%20B-146.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030
630014_MAT%20B-146.png

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

>plot2d("x³-x*y+x²*y²",r=6,level=1,n=100):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-147.png
 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-147.png

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

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

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

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-148.png
 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-148.png

Terkadang, Anda mungkin ingin merencanakan sesuatu yang tidak dapat dilakukan plot2d, tetapi hampir.

Dalam fungsi berikut, kami melakukan 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):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-149.png
 images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-149.png

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

Fungsi wait(0) memaksa plot untuk muncul di jendela grafik. Jika tidak, menggambar ulang terjadi 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 sembarang tombol untuk menghentikan animasi ini.

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

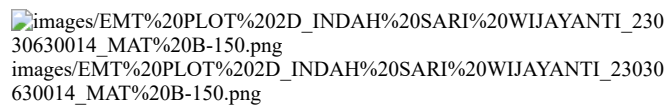
Plot Logaritmik

EMT menggunakan parameter “logplot” untuk skala logaritmik.

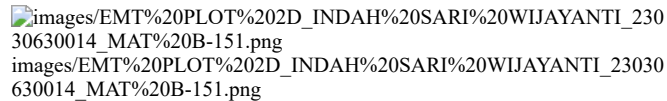
Plot logaritma dapat diplot baik menggunakan skala logaritma dalam y dengan logplot=1, atau menggunakan skala logaritma dalam x dan y dengan logplot=2, atau dalam x dengan logplot=3.

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

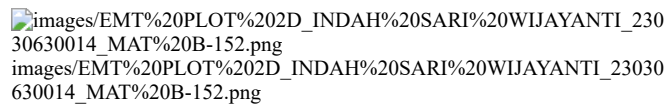
>plot2d(“exp(x^{3-x})*x²”,1,5,logplot=1):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-150.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-150.png

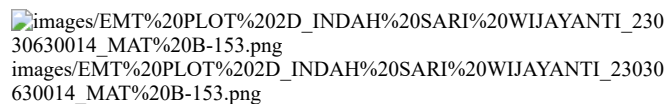
>plot2d(“exp(x+sin(x))”,0,100,logplot=1):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-151.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-151.png

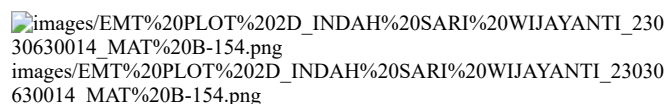
>plot2d(“exp(x+sin(x))”,10,100,logplot=2):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-152.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-152.png

>plot2d(“gamma(x)”,1,10,logplot=1):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-153.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-153.png

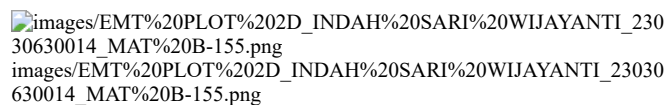
>plot2d(“log(x*(2+sin(x/100)))”,10,1000,logplot=3):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-154.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-154.png

Ini juga berfungsi dengan plot data.

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

>plot2d(x,y,logplot=2):

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-155.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-155.png

Rujukan Lengkap Fungsi

plot2d() function plot2d (xv, yv, btest, a, b, c, d, xmin, xmax, r, n, ..

logplot, kisi, bingkai, warna bingkai, kotak, warna, ketebalan, gaya, ..

otomatis, tambahkan, pengguna, delta, poin, titik tambahan, gaya titik, bilah, histogram, ..

distribusi, genap, langkah, sendiri, adaptif, rona, level, kontur, ..

nc, terisi, fillcolor, outline, title, xl, yl, maps, contourcolor, ..

contourwidth, ticks, margin, clipping, cx, cy, insimg, spectral, ..

cgrid, vertikal, lebih kecil, dl, niveau, level)

Fungsi plot serbaguna untuk plot di pesawat (plot 2D). Fungsi ini dapat melakukan

plot fungsi satu variabel, plot data, kurva bidang, plot batang, kisi-kisi bilangan kompleks, dan plot implisit fungsi dua variabel.

Parameter

x,y : persamaan, fungsi atau vektor data

a,b,c,d : Area plot (default a=-2,b=2)

r : jika r diset, maka $a=cx-r$, $b=cx+r$, $c=cy-r$, $d=cy+r$

r dapat berupa vektor [rx,ry] atau vektor

[rx1,rx2,ry1,ry2].

xmin,xmax : rentang parameter untuk kurva

auto : Menentukan y-range secara otomatis (default)

kuadrat : jika benar, coba pertahankan rentang x-y persegi

n : jumlah interval (default adaptif)

kisi : 0 = tidak ada kisi dan label,

1 = sumbu saja,

2 = grid normal (lihat di bawah untuk jumlah garis

grid)

3 = sumbu dalam

4 = tidak ada kisi-kisi

5 = kisi penuh termasuk margin

6 = kutu di bingkai

7 = sumbu saja

8 = sumbu saja, sub-centang

bingkai : 0 = tanpa bingkai

framecolor : warna bingkai dan kisi

margin : angka antara 0 dan 0,4 untuk margin di sekitar plot

warna : Warna kurva. Jika ini adalah vektor warna,

itu akan digunakan untuk setiap baris matriks plot. Dalam

kasus plot titik, itu harus berupa vektor kolom. Jika vektor baris atau matriks penuh warna digunakan untuk plot titik, itu akan digunakan untuk setiap titik data.

ketebalan: ketebalan garis untuk kurva

Nilai ini bisa lebih kecil dari 1 untuk garis yang sangat

tipis.

style : Plot style untuk garis, spidol, dan isian.

Untuk poin gunakan

"[]", "<>", ".", "..", "...",

"*, "+", "|", "-", "o"

"[#]", "<>#", "o#" (bentuk terisi)

"[w]", "<>w", "ow" (tidak transparan)

Untuk penggunaan garis

"-", "--", "-.", ".", "-.", "-.-", "->"

Untuk poligon terisi atau plot batang gunakan

"#", "#0", "0", "/", "\", "\/",

+", "|", "-", "t"

poin : plot titik tunggal alih-alih segmen garis

addpoints : jika benar, plot segmen garis dan titik

add : menambahkan plot ke plot yang ada

pengguna : aktifkan interaksi pengguna untuk fungsi

delta : ukuran langkah untuk interaksi pengguna

bar : plot batang (x adalah batas interval, y nilai interval)

histogram : memplot frekuensi x dalam n subinterval

distribusi=n : memplot distribusi x dengan n subinterval

even : gunakan nilai antar untuk histogram otomatis.

langkah : memplot fungsi sebagai fungsi langkah (langkah=1,2)

adaptif : gunakan plot adaptif (n adalah jumlah langkah minimal)

level : plot garis level dari fungsi implisit dua variabel

outline : menggambar batas rentang level.

Jika nilai level adalah matriks 2xn, rentang level akan ditarik

dalam warna menggunakan gaya isian yang diberikan. Jika garis besar benar, itu

akan digambar dalam warna kontur. Dengan menggunakan fitur ini, wilayah

$f(x,y)$ antara batas dapat ditandai.

hue : tambahkan warna hue ke plot level untuk menunjukkan fungsinya

nilai

kontur : Gunakan plot level dengan level otomatis

nc : jumlah garis level otomatis

judul : judul plot (default "")

xl, yl : label untuk sumbu x dan y

lebih kecil : jika >0, akan ada lebih banyak ruang di sebelah kiri untuk label.

vertikal :

Mengaktifkan atau menonaktifkan label vertikal. Ini mengubah variabel global

verticallabels secara lokal untuk satu plot. Nilai 1 hanya set vertikal

teks, nilai 2 menggunakan label numerik vertikal pada sumbu y.

terisi : mengisi plot kurva

fillcolor : mengisi warna untuk bar dan kurva yang terisi

outline : batas poligon yang terisi

logplot : mengatur plot logaritma

1 = logplot di y,

2 = plot log di xy,

3 = logplot dalam x

memiliki :

Sebuah string, yang menunjuk ke rutinitas plot sendiri. Dengan > pengguna, Anda mendapatkan

interaksi pengguna yang sama seperti di plot2d. Rentang akan diatur

sebelum setiap panggilan ke fungsi Anda.

peta : ekspresi peta (0 lebih cepat), fungsi selalu dipetakan.

contourcolor : warna garis kontur

contourwidth : lebar garis kontur

clipping : mengaktifkan clipping (default adalah true)

judul :

Ini dapat digunakan untuk menggambarkan plot. Judul akan muncul di atas

jalan cerita. Selain itu, label untuk sumbu x dan y dapat ditambahkan dengan

xl="string" atau yl="string". Label lain dapat ditambahkan dengan

fungsi label() atau labelbox(). Judulnya bisa unicode

string atau gambar rumus Lateks.

jaringan :

Menentukan jumlah garis grid untuk plot grid yang kompleks.

Harus merupakan pembagi dari ukuran matriks dikurangi 1 (jumlah

subinterval). cgrid dapat berupa vektor [cx,cy].

Ringkasan

Fungsi dapat merencanakan

- ekspresi, koleksi panggilan atau fungsi dari satu variabel,
- kurva parametrik,
- data x terhadap data y,
- fungsi implisit,
- petak batang,
- jaringan kompleks,
- poligon.

Jika fungsi atau ekspresi untuk xv diberikan, plot2d() akan

menghitung

nilai dalam rentang yang diberikan menggunakan fungsi atau ekspresi. Itu ekspresi harus berupa ekspresi dalam variabel x. Rentang harus didefinisikan dalam parameter a dan b kecuali rentang default

[-2,2] harus digunakan. Rentang y akan dihitung secara otomatis, kecuali c dan d ditentukan, atau radius r, yang menghasilkan kisaran [-r,r] untuk x dan y. Untuk plot fungsi, plot2d akan menggunakan evaluasi adaptif fungsi secara default. Untuk mempercepat plot untuk fungsi yang rumit, matikan ini dengan <adaptif, dan opsional mengurangi jumlah interval n. Selain itu, plot2d() akan secara default menggunakan pemetaan. Yaitu, itu akan menghitung elemen plot untuk elemen. Jika ekspresi atau fungsi Anda dapat menangani a vector x, Anda dapat menonaktifkannya dengan <maps untuk evaluasi yang lebih cepat.

Perhatikan bahwa plot adaptif selalu dihitung elemen untuk elemen.

Jika fungsi atau ekspresi untuk xv dan untuk yv ditentukan, plot2d() akan menghitung kurva dengan nilai xv sebagai koordinat x dan nilai yv sebagai koordinat y. Dalam hal ini, rentang harus didefinisikan untuk parameter menggunakan xmin, xmax. Ekspresi yang terkandung dalam string harus selalu ekspresi dalam variabel parameter x.

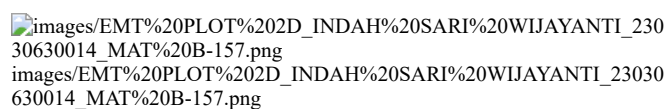
Latihan Soal

1. Buatlah plot 2 dimensi dari fungsi

$$f(x) = \log(x)$$

dengan interval dari $2 < x < 5$!

>plot2d("log(x)",2,5):



2. Gambarlah grafik fungsi

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

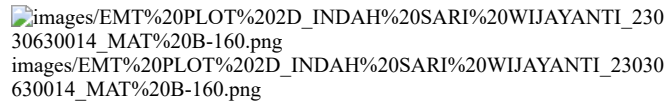
pada interval

$$-2 \leq x \leq 2$$

berikan grid untuk nilai $x = -1, 0, 1$ dan $y = 0$, tentukan titik potong grafik dengan sumbu-x dan sumbu-y, serta daerah di mana fungsi ini naik dan turun.

```
>plot2d("x^3-x",grid=0); // plot
```

```
>frame; xgrid([-1,0,1]); ygrid(0): // add frame and grid
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-160.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-160.png

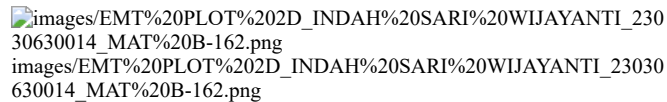
3. Buatlah plot 2 dimensi dari fungsi

$$y = 2 * a(x^2/a)$$

dengan $a=4$ dan interval dari $x=0$ sampai $x=3$. Lalu buatlah plot tersebut dengan grid 3 dan ketebalan 3!

```
> a:=4; expr &= exp(2*a*(x^2)/a);
```

```
>plot2d(expr,0,3,grid=3,thickness=3):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-162.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-162.png

Sehingga plot2d untuk fungsi tersebut adalah sebagai mana gambar diatas.

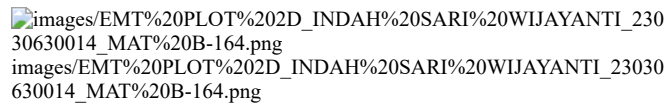
4. Buatlah plot2d dari fungsi

$$y(x, a) = 2 * x - ax$$

dengan nilai parameter nya adalah 3, dengan interval x nya dari 1 sampai 2

```
>a=3; expr &=(2*-a*x);
```

```
>plot2d(expr,1,2):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-164.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-164.png

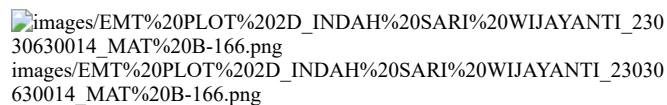
Sehingga plot2d dari fungsi tersebut seperti yang ditunjukkan diatas.

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

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

```
>expr &=((1/3)*x^3-x^2-3*x+4);
```

```
>plot2d(expr,-4,5):
```

images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-166.png
images/EMT%20PLOT%202D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-166.png

EMT PLOT 3D_INDAH SARI WIJAYANTI_23030630014_MAT B # PLOT 3D

Menggambar Plot 3D dengan EMT Ini adalah pengenalan plot 3D di

Euler. Kami membutuhkan plot 3D untuk memvisualisasikan fungsi dari dua variabel.

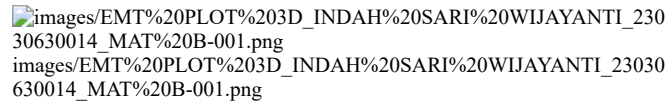
Euler menggambar fungsi seperti itu menggunakan algoritma pengurutan untuk menyembunyikan bagian di latar belakang. Secara umum, Euler menggunakan proyeksi pusat. Defaultnya adalah dari kuadran x - y positif ke arah asal $x = y = z = 0$, tetapi sudut = 0 ? melihat dari arah sumbu y . Sudut pandang dan ketinggian dapat diubah.

Euler bisa merencanakan

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

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

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-001.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-001.png

Fungsi Dua Variabel

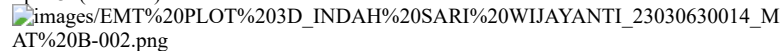
Untuk grafik suatu fungsi, gunakan

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

Defaultnya adalah kisi kawat yang diisi dengan warna berbeda di kedua sisi. Perhatikan bahwa jumlah default interval kisi adalah 10, tetapi plot menggunakan jumlah default persegi panjang 40x40 untuk membuat permukaan. Ini bisa diubah.

- $n = 40$, $n = [40, 40]$: jumlah garis grid di setiap arah
- $grid = 10$, $grid = [10, 10]$: jumlah garis kisi di setiap arah.

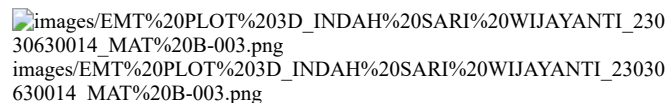
Kami menggunakan default $n = 40$ dan $grid = 10$.

```
>plot3d("x^2+y^2"):  
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-002.png
```

Interaksi pengguna dimungkinkan dengan > user parameter. 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: reset ke default
- return: interaksi akhir

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-003.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-003.png

Rentang plot untuk fungsi dapat ditentukan dengan

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

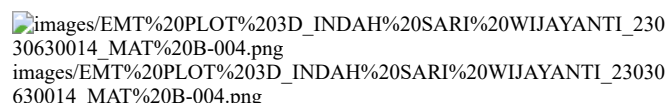
Ada beberapa parameter untuk menskalakan fungsi atau mengubah tampilan grafik.

fscale: menskalakan ke nilai fungsi (defaultnya adalah <fscale).

scale: angka atau vektor 1x2 untuk skala 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):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-004.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-004.png

Tampilan dapat diubah dengan berbagai cara.

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

Nilai default bisa 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.


Dalam 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=2,angle=0,height=0):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-005.png

Plot selalu terlihat ke tengah plot kubus. Anda dapat memindahkan pusat 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):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-006.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-006.png

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


Jika Anda mematakannya dengan `scale = false`, Anda harus berhati-hati, bahwa plot masih pas dengan jendela plotting, dengan mengubah jarak pandang atau zoom, dan memindahkan pusat.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-007.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-007.png


Plot kutub juga tersedia. The parameter `polar = true` menggambarkan plot kutub. Fungsi tersebut harus tetap merupakan fungsi dari x dan y. Parameter "`fscale`" menskalakan fungsi dengan skala sendiri. Jika tidak, fungsi diskalakan agar sesuai dengan kubus.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-008.png

```
>function f(r) := exp(-r/2)*cos(r); ...
```


```
> plot3d("f(x^2+y^2)",>polar,scale=[1,1,0.4],r=2pi,frame=3,zoom=4):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-009.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-009.png

Parameter memutar 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):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-010.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-010.png

Berikut adalah plot dengan tiga fungsi.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-011.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-011.png

Plot Kontur

Untuk plot, Euler menambahkan garis kisi. Alih-alih, dimungkinkan untuk menggunakan garis level dan corak satu warna atau corak warna spektral. Euler dapat menggambar ketinggian fungsi pada plot dengan shading. Di semua plot 3D, Euler dapat menghasilkan

anaglyph merah / cyan.

-> hue: Mengaktifkan bayangan terang, bukan kabel.


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

- level = ... (atau level): Vektor nilai untuk garis kontur.


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

Gaya default dapat diubah. Untuk plot kontur berikut, kami menggunakan kisi yang lebih halus untuk 100x100 titik, 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°):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-012.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-012.png

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


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-013.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-013.png

Bayangan default menggunakan warna abu-abu. Tetapi berbagai spektrum warna 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 poin untuk mendapatkan tampilan yang sangat mulus.

```
>plot3d("x^2+y^2",>spectral,>contour,n=100):  
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-014.png
```


Alih-alih garis level otomatis, kami juga dapat mengatur nilai garis level. Ini akan menghasilkan garis level tipis, bukan rentang level.

```
>plot3d("x^2-y^2",0,1,0,1,angle=220°,level=-1:0.2:1,color=redgreen):  
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-015.png
```

Dalam plot berikut, 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 level sebagai kolom.

Selain itu, kami melapisi kisi 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):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-016.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-016.png

Dalam contoh berikut, kami memplot set, di mana


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):
```


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-017.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-017.png

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

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-018.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-018.png


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):
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-019.png
```

Ada beberapa skema spektral lain, diberi nomor dari 1 hingga 9. Tetapi Anda juga dapat menggunakan color=value, di mana nilai

- spectral: untuk rentang dari biru hingga 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):
```


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-020.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-020.png

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


- light : arah cahaya
- amb: cahaya ambient antara 0 dan 1

Perhatikan bahwa program tidak membuat perbedaan antara sisi-sisi plot. Tidak ada bayangan. Untuk ini, Anda 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)");
```


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-021.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-021.png

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,dl=0.01):
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-022.png
```


Warna 0 memberikan efek pelangi khusus.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-023.png

Permukaannya juga bisa transparan.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-024.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-024.png

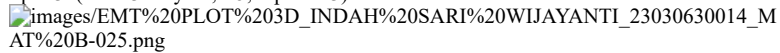
Plot Implisit

Ada juga plot implisit dalam tiga dimensi. Euler menghasilkan pemotongan melalui objek. Fitur plot3d termasuk plot implisit. Plot ini menunjukkan himpunan nol fungsi dalam tiga variabel.

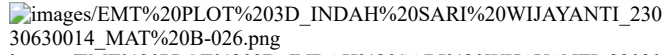
Solusi dari dapat divisualisasikan dalam potongan sejajar dengan bidang x-y-, x-z-, dan y-z.

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

Tambahkan nilai-nilai ini, jika Anda suka. Dalam contoh yang kami plot

```
>plot3d("x^2+y^3+z*y-1",r=5,implicit=3):
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-025.png
```

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

```
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-026.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-026.png
```

Plotting 3D Data

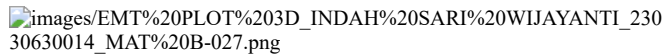
Sama seperti plot2d, plot3d menerima data. Untuk objek 3D, Anda perlu memberikan matriks nilai x, y dan z, atau tiga fungsi atau ekspresi fx (x, y), fy (x, y), fz (x, y).

Karena x, y, z adalah matriks, kita asumsikan bahwa (t, s) berjalan melalui kotak persegi. Hasilnya, Anda dapat memplot gambar persegi panjang di luar angkasa.

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

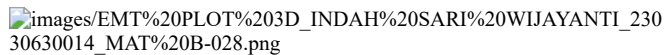
Dalam contoh berikut, kami menggunakan vektor nilai t dan vektor kolom nilai s untuk membuat parameter permukaan bola. Dalam gambar kita bisa menandai daerah, dalam kasus kita daerah kutub.

```
>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°):
```

```
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-027.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-027.png
```


Berikut adalah contoh grafik dari suatu fungsi.

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

```
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-028.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-028.png
```

Namun, kita bisa membuat semua jenis permukaan. Ini adalah permukaan yang sama sebagai suatu fungsi

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

```
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-029.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-029.png
```


Dengan lebih banyak usaha, kami dapat menghasilkan banyak permukaan.

Dalam contoh berikut, kami membuat tampilan berbayang dari bola yang terdistorsi. Koordinat biasa untuk bola adalah

dengan

Kami menyimpangkan ini dengan sebuah faktor

```
>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):
```


```
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-030.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-030.png
```

Tentu saja, point cloud juga dimungkinkan. Untuk memplot data titik dalam ruang, kita membutuhkan tiga vektor sebagai koordinat titik.

Gayanya sama seperti di plot2d dengan points = true;

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


```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-031.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-031.png

Juga dimungkinkan untuk memplot kurva dalam 3D. Dalam kasus ini, lebih mudah untuk menghitung sebelumnya titik-titik kurva. Untuk kurva di bidang kita menggunakan urutan koordinat dan parameter wire = true.


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

```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-032.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-032.png


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

```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-033.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-033.png

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


```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-034.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-034.png

EMT juga dapat memplot dalam mode anaglyph. Untuk melihat plot seperti itu, Anda membutuhkan red/cyan glasses.

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


```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-035.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-035.png

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

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

```


 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-036.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-036.png

Euler juga dapat memplot permukaan berparameter, jika parameternya adalah nilai x, y, dan z dari gambar kisi persegi panjang di dalam ruang.

Untuk demo berikut, kami menyiapkan parameter u- dan v-, dan menghasilkan koordinat ruang dari 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):


```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-037.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-037.png

Berikut adalah contoh yang lebih rumit, yang megah dengan red/cyan glasses.

```
>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):

```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-038.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-038.png

- Plot Statistik

Plot batang juga dimungkinkan. Untuk ini, kami harus menyediakan

- x: vektor baris dengan n + 1 elemen

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

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

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

```
>x=-1:0.1:1; y=x'; z=x2+y2; ...
> xa=(x|1.1)-0.05; ya=(y_1.1)-0.05; ...
> plot3d(xa,ya,z,bar=true):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-039.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-039.png

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):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-040.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-040.png

Jika memuat atau membuat 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. Ini dapat dikombinasikan dengan faktor penskalaan individu 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):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-041.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-041.png

```
>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]):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-042.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-042.png

Permukaan Benda Putar

```
>plot2d("(x2+y2-1)3-x2*y^3",r=1.3, ...
> style="#",color=blue,<outline, ...
> level=[-2:0],n=100):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-043.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-043.png

```
>ekspresi &= (x2+y2-1)3-x2*y^3; $ekspresi
```

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

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

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

Selanjutnya kita atur

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

```
>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 menentukan fungsi numerik, yang menyelesaikan r, jika a diberikan. Dengan fungsi itu kita dapat memplot jantung yang berubah 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°):
```


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-048.png

Berikut ini adalah plot 3D dari gambar di atas yang diputar di sekitar 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=[10,60,60],>anaglyph):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-049.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-049.png

Special 3D Plots

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


Meskipun Euler bukan program 3D, Euler dapat menggabungkan beberapa objek dasar. Kami mencoba untuk memvisualisasikan paraboloid dan garis singgung-nya.

```
>function myplot ...

y=0:0.01:1; x=(0.1:0.01:1)';
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 bingkai, dan menyetel tampilan.

```
>framedplot("myplot",[0.1,1,0,1,0,1],angle=-45°, ...
> center=[0,0,-0.7],zoom=6):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-050.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-050.png


Dengan cara yang sama, Anda dapat memplot bidang kontur secara manual. Perhatikan bahwa plot3d () menyetel jendela ke fullwindow () secara default, tetapi 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",hue,add,color=white);
window(wi);
reset();
endfunction
```

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


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-051.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-051.png

Animasi

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

Harap pelajari sumber rotasi untuk melihat lebih detail.

```
>function testplot () := plot3d("x2+y3"); ...
> rotate("testplot"); testplot();
```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-052.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-052.png

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 dalam jalur lingkungan, atau menyetel 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 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 pemandangan ke dalam notebook Euler.

Selain pov3d (), ada banyak fungsi yang menghasilkan objek Povray. Fungsi-fungsi ini mengembalikan string, 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 mulai, dan PNG akan dimasukkan ke dalam notebook Euler.

Fungsi objek memiliki parameter yang disebut "look", yang membutuhkan 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 ke atas secara vertikal, sumbu x, y, z di tangan kanan.

Anda perlu memuat file povray.

```
>load povray;
```


Pastikan, direktori bin Povray ada di jalurnya. Jika tidak, edit variabel berikut sehingga berisi path 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 pertamakali, kami memplot fungsi sederhana. Perintah berikut menghasilkan file povray di direktori pengguna Anda, dan menjalankan Povray untuk menelusuri 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 mengetahui dialog start-up Povray.

```
>pov3d("x2+y2",zoom=3);
 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-053.png
```

Kita bisa membuat fungsinya transparan dan menambahkan hasil akhir lainnya. Kita juga bisa menambahkan garis level ke plot fungsi.


```
>pov3d("x2+y3",axiscolor=red,angle=20°, ...
> look=povlook(blue,0.2),level=-1:0.5:1,zoom=3.8);
```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-054.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-054.png

Terkadang perlu untuk mencegah penskalaan fungsi, dan menskalakan fungsi dengan tangan.

Kami memplot himpunan titik di 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=1.5, ...
> angle=-120°,level=1/40,dlevel=0.005,light=[-1,1,1],height=45°,n=50, ...
> <fscale,zoom=3.8);
```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-055.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-055.png

Merencanakan dengan Koordinat

Alih-alih fungsi, kita bisa memplot dengan koordinat. Seperti pada plot3d, kita membutuhkan tiga matriks untuk mendefinisikan objeknya.


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

```
>function f(x) := x^3-x+1; ...
> x=-1:0.01:1; t=linspace(0,2pi,8)'; ...
> Z=x; X=cos(t)*f(x); Y=sin(t)*f(x); ...
> pov3d(X,Y,Z,angle=40°,height=20°,axis=0,zoom=4,light=[10,-5,5]);
 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_M
AT%20B-056.png
```

Dalam contoh berikut, kami 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 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=5,axis=0,add=povsphere([0,0,0.5],0.1,povlook(green)), ...
> w=500,h=300);
```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-057.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-057.png

Dengan metode naungan lanjutan Povray, sangat sedikit titik yang dapat menghasilkan permukaan yang sangat halus. Hanya di perbatasan dan dalam bayangan, triknya mungkin menjadi jelas.

Untuk ini, 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 $[x, y, Z]$. Kami menghitung dua turunan menjadi x dan y dari ini dan mengambil produk silang 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,
```

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

We use only 25 points.

```
>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);
```

 images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-058.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-058.png

Berikut ini adalah simpul Trefoil yang dilakukan oleh A. Busser di Povray. Ada versi perbaikannya dalam contoh.

Trefoil Knot

Untuk tampilan yang bagus dengan tidak terlalu banyak titik, kami menambahkan vektor normal di sini. Kami menggunakan Maxima untuk menghitung normal bagi kami. Pertama, tiga fungsi 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 turunannya menjadi x dan y .

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

Sekarang normal, yang merupakan produk persilangan dari dua turunannya.

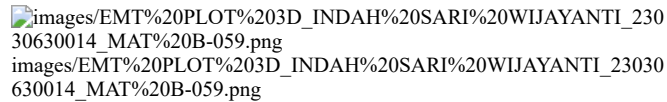
```
>dn &= crossproduct(dx,dy);
```

Kami sekarang mengevaluasi semua ini secara numerik.

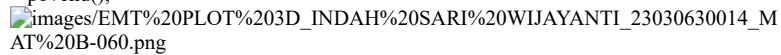
```
>x:=linspace(-%pi,%pi,40); y:=linspace(-%pi,%pi,100)';
```

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

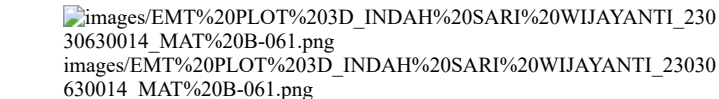
```
>pov3d(X(x,y),Y(x,y),Z(x,y),axis=0,zoom=5,w=450,h=350, ...  
><shadow,look=povlook(gray), ...  
>xv=&“dn[1]”(x,y), yv=&“dn[2]”(x,y), zv=&“dn[3]”(x,y));
```



Kami juga dapat membuat grid dalam 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 dimungkinkan.

```
>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-objek ini disimpan sebagai string di Euler, dan perlu ditulis ke file `Povray`.

Kami memulai output dengan `povstart()`.

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

Pertama kita tentukan tiga silinder, dan simpan dalam string di Euler.

Fungsi `povx()` dll. Hanya mengembalikan vektor $[1,0,0]$, yang bisa digunakan sebagai gantinya.

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

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

```
>c1
```

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

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

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

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


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

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

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

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

```
>povend;
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-062.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-062.png

Fungsi berikut menghasilkan fraktal secara rekursif.

Fungsi pertama menunjukkan, bagaimana Euler menangani objek Povray sederhana. Fungsi povbox () mengembalikan string, 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();
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-063.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-063.png

Perbedaan memungkinkan pemotongan satu objek dari yang lain. Seperti persimpangan, ada bagian dari objek CSG Povray.

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

Untuk demonstrasi ini, kami mendefinisikan sebuah objek di Povray, daripada menggunakan string di Euler. Definisi segera ditulis ke file.

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

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

Kita bisa menggunakan objek ini di povobject (), yang mengembalikan 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 perbedaan 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();
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-064.png

Fungsi Implisit

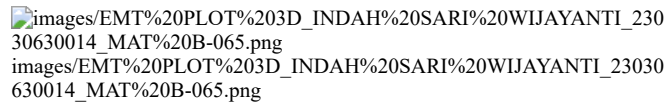
Povray dapat memplot himpunan di mana $f(x, y, z) = 0$, seperti parameter implisit di plot3d. Namun, hasilnya terlihat jauh lebih baik.

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

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

Buat permukaan implisit. Perhatikan sintaks yang berbeda dalam ekspresi tersebut.

```
>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.

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);
```

Kami tidak dapat menyimpan objek dalam string seperti sebelumnya, karena terlalu besar. Jadi kami mendefinisikan objek dalam file Povray menggunakan #declare. Fungsi povtriangle () melakukan ini secara otomatis. Ia dapat menerima vektor normal seperti pov3d ().

Yang 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 kami mendefinisikan dua disk, 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);
```

Tulis permukaan dikurangi dua cakram.

```
>writeln(povdifference(mesh,povunion([cl,ll]),povlook(green)));
```

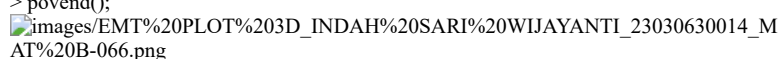
Tuliskan dua persimpangan tersebut.

```
>writeln(povintersection([mesh,cl],povlook(red))); ...
> writeln(povintersection([mesh,ll],povlook(gray)));
```

Tulis titik maksimal.

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

Tambahkan sumbu dan selesai.

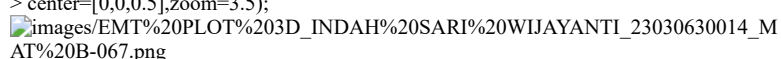
```
>writeAxes(0,1,0,1,0,1,d=0.015); ...
> povend();

```

Anaglyph di 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 memerlukan kaca mata merah / cyan untuk melihat contoh berikut dengan benar.

Fungsi pov3d () memiliki 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);

```

Jika Anda membuat adegan dengan objek, Anda perlu memasukkan pembuatan adegan 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. Parameternya seperti di povstart () dan povend () digabungkan.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-068.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-068.png

Mendefinisikan Objek Sendiri

Antarmuka povray Euler berisi banyak objek. Tetapi Anda tidak dibatasi untuk ini. Anda dapat membuat objek sendiri, yang menggabungkan objek lain, atau merupakan objek yang sama sekali baru.

Kami mendemonstrasikan torus. Perintah Povray untuk ini adalah "torus". Jadi kami mengembalikan string dengan perintah ini dan parameternya. Perhatikan bahwa torus selalu berpusat pada asalnya.

```

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

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

```

Here is our first torus.

```
>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>;
}

```

```


>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()

```


images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-069.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-069.png

memanggil program Povray. Namun, jika terjadi kesalahan, itu tidak menampilkan kesalahan. Karena itu Anda harus menggunakan jika ada yang tidak berhasil. Ini akan membuat jendela Povray terbuka.

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-070.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-070.png

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

images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-071.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-071.png

Berikut adalah contoh yang lebih lengkap. Kami menyelesaikannya dan menunjukkan poin 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.

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

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

Yes, it has.

Next we define two objects. The first is the plane

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

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

Kemudian kami mendefinisikan perpotongan dari semua setengah spasi dan sebuah 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
```

We can now plot the scene.

```
>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); ...
>
```

The following is a circle around the optimum.

–Terjemahan

Berikut ini adalah lingkaran di sekitar optimal.


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

Dan ada kesalahan di arah optimal.

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

Kami menambahkan teks ke layar. Teks hanyalah objek 3D. Kita perlu menempatkan dan memutarinya sesuai dengan pandangan kita.

```
>writeln(povtext(“Linear Problem”,[0,0.2,1.3],size=0.05,rotate=125°)); ...
> povend();
```


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-072.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-072.png

Latihan Soal

1. Buatlah grafik 3D

$$f(x) = 2x^3 - 5y^2$$

```
>plot3d(“2*x^3-5*y^2”);
```


images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-074.png

2. Buatlah plot 3D dari fungsi

$$f(x,y) = x^3 + 3 * y^2$$


dengan zoom 3 dan angle 55 derajat

```
>plot3d(“exp(x^3+3*y^2)”,zoom = 3, angle = 55°);
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-076.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-076.png

3. Cobalah soal nomer 2 menggunakan povray


```
>pov3d(“x^3+3*y^2”,zoom = 3, angle = 55°);
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-077.png

4. Buat grafik plot implisit

$$x^2 + y^2 + 5xz + 3z^3$$


```
>plot3d("x^2+y^2+5*x*z+3*z^3",>implicit,r=2,zoom=2.2):
```

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-079.png
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-079.png

5. Buatlah gabungan 2 silinder dengan fungsi povx() berwarna biru dan povz() berwarna kuning dengan zoom 4


```
>povstart(zoom=4)

>c1 = povcylinder(-povx,povx,1,povlook(blue));

>c2=povcylinder(-povz,povz,1,povlook(yellow));

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

>povend()

images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-080.png  
images/EMT%20PLOT%203D_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-080.png
```

Kalkulus dengan EMT Materi Kalkulus mencakup di antaranya:

- Fungsi (fungsi aljabar, trigonometri, eksponensial, logaritma, komposisi fungsi)
- Limit Fungsi,
- Turunan Fungsi,
- Integral Tak Tentu,
- Integral Tentu dan Aplikasinya,
- Barisan dan Deret (kekonvergenan barisan dan deret).

EMT (bersama Maxima) dapat digunakan untuk melakukan semua perhitungan di dalam kalkulus, baik secara numerik maupun analitik (eksak).

Mendefinisikan Fungsi

Terdapat beberapa cara mendefinisikan fungsi pada EMT, yakni:

- Menggunakan format nama_fungsi := rumus fungsi (untuk fungsi numerik),
- Menggunakan format nama_fungsi &= rumus fungsi (untuk fungsi simbolik, namun dapat dihitung secara numerik),
- Menggunakan format nama_fungsi &&= rumus fungsi (untuk fungsi simbolik murni, tidak dapat dihitung langsung),
- Fungsi sebagai program EMT.

Setiap format harus diawali dengan perintah function (bukan sebagai ekspresi).

Berikut adalah beberapa contoh cara mendefinisikan fungsi:

```
f(x) = 2x^2 + e^sin(x).

>function f(x) := 2*x^2+exp(sin(x)) // fungsi numerik

>f(0), f(1), f(pi)

1
4.31977682472
20.7392088022

>f(a) // tidak dapat dihitung nilainya

Variable or function a not found.
Error in:
f(a) // tidak dapat dihitung nilainya ...
^
```

Silakan Anda plot kurva fungsi di atas!

Berikutnya kita definisikan fungsi:

```
g(x) = \frac{\sqrt{x^2 - 3x}}{x + 1}.

>function g(x) := sqrt(x^2-3*x)/(x+1)
```

```

>g(3)
0
>g(0)
0
>g(1) // kompleks, tidak dapat dihitung oleh fungsi numerik

Floating point error!
Error in sqrt
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
g:
  useglobal; return sqrt(x^2-3*x)/(x+1)
Error in:
g(1) // kompleks, tidak dapat dihitung oleh fungsi numerik ...
^

```

Silakan Anda plot kurva fungsi di atas!

```

>f(g(5)) // komposisi fungsi
3.38784307305
>g(f(5))
0.991593055358
>function h(x) := f(g(x)) // definisi komposisi fungsi
>h(5) // sama dengan f(g(5))
2.20920171961

```

Silakan Anda plot kurva fungsi komposisi fungsi f dan g:

$$h(x) = f(g(x))$$

dan

$$u(x) = g(f(x))$$

bersama-sama kurva fungsi f dan g dalam satu bidang koordinat.

```

>f(0:10) // nilai-nilai f(0), f(1), f(2), ..., f(10)
[2, 5.43656, 14.7781, 40.1711, 109.196, 296.826, 806.858,
2193.27, 5961.92, 16206.2, 44052.9]
>fmap(0:10) // sama dengan f(0:10), berlaku untuk semua fungsi
[2, 5.43656, 14.7781, 40.1711, 109.196, 296.826, 806.858,
2193.27, 5961.92, 16206.2, 44052.9]
>gmap(200:210)
[0.987534, 0.987596, 0.987657, 0.987718, 0.987778, 0.987837,
0.987896, 0.987954, 0.988012, 0.988069, 0.988126]

```

Misalkan kita akan mendefinisikan fungsi

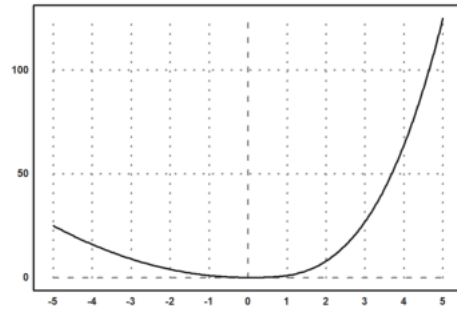
$$f(x) = \begin{cases} x^3 & x > 0 \\ x^2 & x \leq 0. \end{cases}$$

Fungsi tersebut tidak dapat didefinisikan sebagai fungsi numerik secara “inline” menggunakan format :=, melainkan didefinisikan sebagai program. Perhatikan, kata “map” digunakan agar fungsi dapat menerima vektor sebagai input, dan hasilnya berupa vektor. Jika tanpa kata “map” fungsinya hanya dapat menerima input satu nilai.

```

>function map f(x) ...
  if x>0 then return x^3
  else return x^2
endif;
endfunction
>f(1)
1
>f(-2)
4
>f(-5:5)
[25, 16, 9, 4, 1, 0, 1, 8, 27, 64, 125]
>aspect(1.5); plot2d("f(x)",-5,5):

```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-006.png

>function f(x) &= 2 * E^x // fungsi simbolik

$$2 e^x$$

>\$f(a) // nilai fungsi secara simbolik

$$2 e^a$$

>f(E) // nilai fungsi berupa bilangan desimal

30.308524483

>\$f(E), \$float(%)

30.30852448295852

30.30852448295852

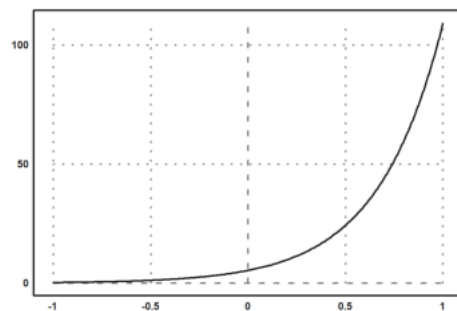
>function g(x) &= 3 * x + 1

$$3 x + 1$$

>function h(x) &= f(g(x)) // komposisi fungsi

$$2 e^{3 x + 1}$$

>plot2d("h(x)",-1,1):



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-010.png

Latihan

Bukalah buku Kalkulus. Cari dan pilih beberapa (paling sedikit 5 fungsi berbeda tipe/bentuk/jenis) fungsi dari buku tersebut, kemudian definisikan fungsi-fungsi tersebut dan komposisinya di EMT pada baris-baris perintah berikut (jika perlu tambahkan lagi). Untuk setiap fungsi, hitung beberapa nilainya, baik untuk satu nilai maupun vektor. Gambar grafik fungsi-fungsi tersebut dan komposisi-komposisi 2 fungsi.

Juga, carilah fungsi beberapa (dua) variabel. Lakukan hal sama seperti di atas.

$$a(x) = x + 5$$

>function a(x):= x+5;

terdapat fungsi

$$b(x) = x^3$$

>function b(x) := x^3;

terdapat fungsi

$$c(x) = \frac{1}{4^x}$$

```
>function c(x) := 1/(4^x)
```

terdapat fungsi

$$d(x) = \sqrt{9x}$$

```
>function d(x) := sqrt(9x)
```

terdapat fungsi

$$e(x) = \sin(2x)$$

```
>function e(x):= sin(2x)
```

```
>function n(x):= c(b(x)) //mendefinisikan komposisi fungsi
```

```
>function m(x):= d(a(x)) //mendefinisikan komposisi fungsi
```

```
>function o(x):= e(b(x)) //mendefinisikan komposisi fungsi
```

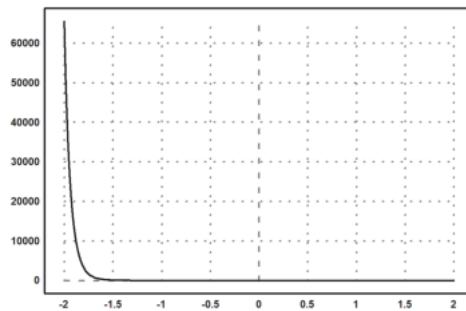
```
>n(1)//fungsi komposisi terhadap satu nilai
```

0.25

```
>n(1:5)//fungsi komposisi terhadap vektor
```

[0.25, 1.52588e-05, 0, 0, 0]

```
>plot2d("n(x)"): //Menggambar grafik fungsinya
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-016.png

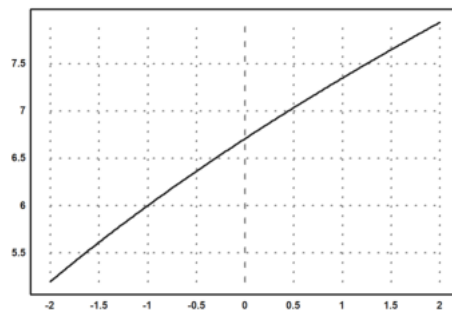
```
>m(2)
```

7.93725393319

```
>m(3:7)
```

[8.48528, 9, 9.48683, 9.94987, 10.3923]

```
>plot2d("m(x)"): 
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-017.png

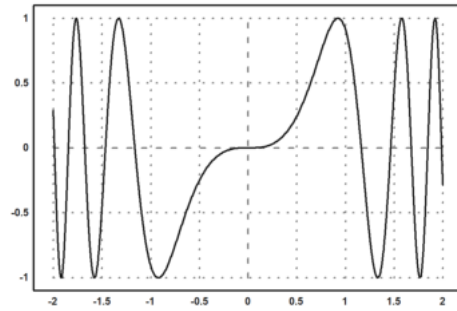
```
>o(5)
```

-0.970528019542

```
>o(5:10)
```

[-0.970528, -0.999519, 0.905604, -0.158533, 0.296484, 0.930004]

```
>plot2d("o(x)"): 
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-018.png

Menghitung Limit

Perhitungan limit pada EMT dapat dilakukan dengan menggunakan fungsi Maxima, yakni “limit”. Fungsi “limit” dapat digunakan untuk menghitung limit fungsi dalam bentuk ekspresi maupun fungsi yang sudah didefinisikan sebelumnya. Nilai limit dapat dihitung pada sebarang nilai atau pada tak hingga (-inf, minf, dan inf). Limit kiri dan limit kanan juga dapat dihitung, dengan cara memberi opsi “plus” atau “minus”. Hasil limit dapat berupa nilai, “und” (tak definisi), “ind” (tak tentu namun terbatas), “infinity” (kompleks tak hingga).

Perhatikan beberapa contoh berikut. Perhatikan cara menampilkan perhitungan secara lengkap, tidak hanya menampilkan hasilnya saja.

```
>$showev('limit(sqrt(x^2-3*x)/(x+1),x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{x^2 - 3x}}{x + 1} = 1$$

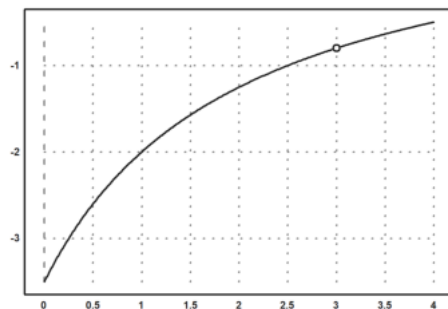
```
>$limit((x^3-13*x^2+51*x-63)/(x^3-4*x^2-3*x+18),x,3)
```

$$-\frac{4}{5}$$

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^3 - 13x^2 + 51x - 63}{x^3 - 4x^2 - 3x + 18} = -\frac{4}{5}$$

Fungsi tersebut diskontinu di titik x=3. Berikut adalah grafik fungsinya.

```
>aspect(1.5); plot2d("(x^3-13*x^2+51*x-63)/(x^3-4*x^2-3*x+18)",0,4);
plot2d(3,-4/5,>points,style="ow",>add):
```



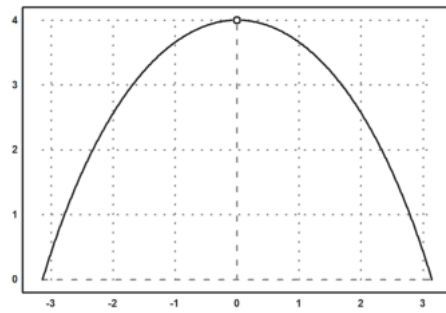
images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-022.png

```
>$limit(2*x*sin(x)/(1-cos(x)),x,0)
```

$$2 \left(\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x \sin x}{1 - \cos x} \right) = 4$$

Fungsi tersebut diskontinu di titik x=0. Berikut adalah grafik fungsinya.

```
>plot2d("2*x*sin(x)/(1-cos(x))",-pi,pi); plot2d(0,4,>points,style="ow",>add):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-025.png

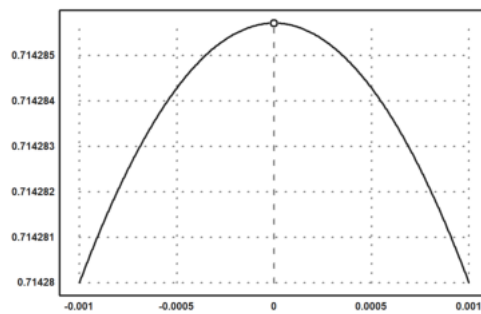
>\$limit(cot(7*h)/cot(5*h),h,0)

$$\frac{5}{7}$$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\cot(7h)}{\cot(5h)} = \frac{5}{7}$$

Fungsi tersebut juga diskontinu (karena tidak terdefinisi) di $x=0$. Berikut adalah grafiknya.

>plot2d("cot(7*x)/cot(5*x)",-0.001,0.001); plot2d(0,5/7,>points,style="ow",>add):



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-028.png

>\$showev('limit(((x/8)^(1/3)-1)/(x-8),x,8))

$$\lim_{x \rightarrow 8} \frac{\frac{x^{\frac{1}{3}}}{2} - 1}{x - 8} = \frac{1}{24}$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit(1/(2*x-1),x,0))

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1}{2x - 1} = -1$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit((x^2-3*x-10)/(x-5),x,5))

$$\lim_{x \rightarrow 5} \frac{x^2 - 3x - 10}{x - 5} = 7$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit(sqrt(x^2+x)-x,x,inf))

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \sqrt{x^2 + x} - x = \frac{1}{2}$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit(abs(x-1)/(x-1),x,1,minus))

$$\lim_{x \uparrow 1} \frac{|x - 1|}{x - 1} = -1$$

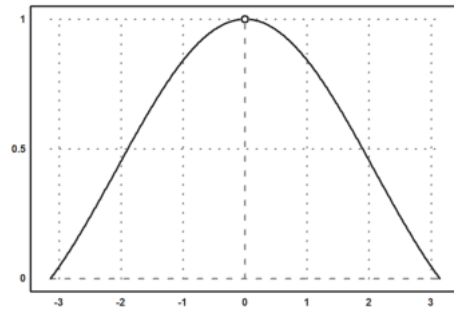
Hitung limit di atas untuk x menuju 1 dari kanan.

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit(sin(x)/x,x,0))

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x}{x} = 1$$

>plot2d("sin(x)/x",-pi,pi); plot2d(0,1,>points,style="ow",>add):



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-035.png

>\$showev('limit(sin(x^3)/x,x,0))

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin x^3}{x} = 0$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit(log(x), x, minf))

$$\lim_{x \rightarrow -\infty} \log x = \text{infinity}$$

>\$showev('limit((-2)^x,x, inf))

$$\lim_{x \rightarrow \infty} (-2)^x = \text{infinity}$$

>\$showev('limit(t-sqrt(2-t),t,2,minu))

$$\lim_{t \uparrow 2} t - \sqrt{2-t} = 2$$

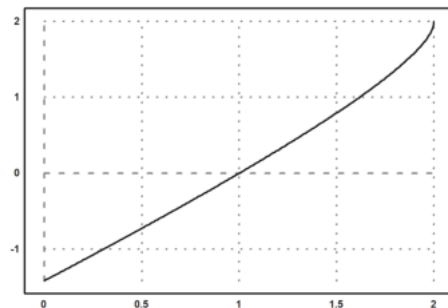
>\$showev('limit(t-sqrt(2-t),t,2,plus))

$$\lim_{t \downarrow 2} t - \sqrt{2-t} = 2$$

>\$showev('limit(t-sqrt(2-t),t,5,plus)) // Perhatikan hasilnya

$$\lim_{t \downarrow 5} t - \sqrt{2-t} = 5 - \sqrt{3}i$$

>plot2d("x-sqrt(2-x)",0,2):



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-042.png

>\$showev('limit((x^2-9)/(2*x^2-5*x-3),x,3))

$$\lim_{x \rightarrow 3} \frac{x^2 - 9}{2x^2 - 5x - 3} = \frac{6}{7}$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit((1-cos(x))/x,x,0))

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos x}{x} = 0$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

>\$showev('limit((x^(2+abs(x)))/(x^2-abs(x)),x,0))

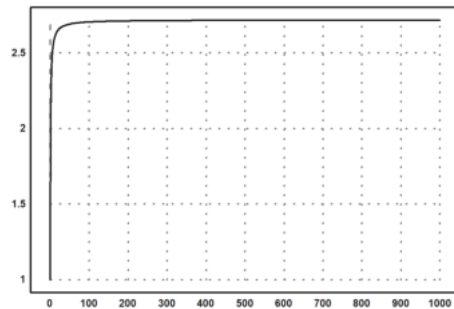
$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{|x| + x^2}{x^2 - |x|} = -1$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

```
>$showev('limit((1+1/x)^x,x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{x} + 1 \right)^x = e$$

```
>plot2d("(1+1/x)^x",0,1000):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-047.png

```
>$showev('limit((1+k/x)^x,x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{k}{x} + 1 \right)^x = e^k$$

```
>$showev('limit((1+x)^(1/x),x,0))
```

$$\lim_{x \rightarrow 0} (x + 1)^{\frac{1}{x}} = e$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

```
>$showev('limit((x/(x+k))^x,x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \left(\frac{x}{x+k} \right)^x = e^{-k}$$

```
>$showev('limit((E^x-E^2)/(x-2),x,2))
```

$$\lim_{x \rightarrow 2} \frac{e^x - e^2}{x - 2} = e^2$$

Tunjukkan limit tersebut dengan grafik, seperti contoh-contoh sebelumnya.

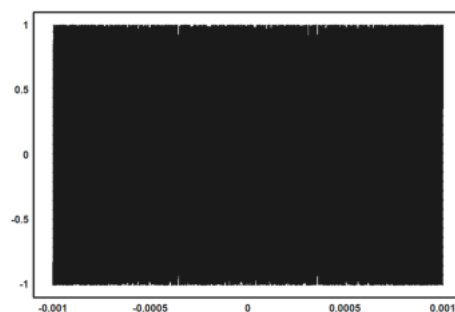
```
>$showev('limit(sin(1/x),x,0))
```

$$\lim_{x \rightarrow 0} \sin \left(\frac{1}{x} \right) = \text{ind}$$

```
>$showev('limit(sin(1/x),x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \sin \left(\frac{1}{x} \right) = 0$$

```
>plot2d("sin(1/x)",-0.001,0.001):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-054.png

Latihan

Bukalah buku Kalkulus. Cari dan pilih beberapa (paling sedikit 5 fungsi berbeda tipe/bentuk/jenis) fungsi dari buku tersebut, kemudian definisikan di EMT pada baris-baris perintah berikut (jika perlu tambahkan lagi). Untuk setiap fungsi, hitung nilai limit fungsi tersebut di beberapa nilai dan di tak hingga. Gambar grafik fungsi tersebut untuk mengkonfirmasi nilai-nilai limit tersebut.

>\$showev('limit((4*x-2),x,a)) // untuk setiap a adalah bilangan riil

$$\lim_{x \rightarrow a} 4x - 2 = 4a - 2$$

>\$showev('limit((4*x-2),x,0)) // untuk a = 0

$$\lim_{x \rightarrow 0} 4x - 2 = -2$$

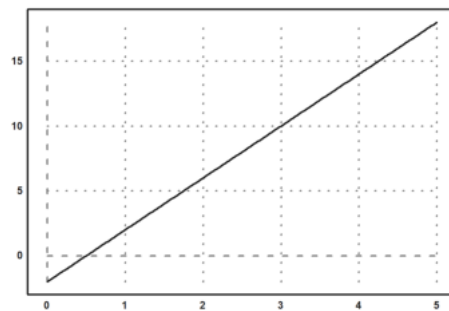
>\$showev('limit((4*x-2),x,3)) // untuk a = 3

$$\lim_{x \rightarrow 3} 4x - 2 = 10$$

>\$showev('limit((4*x-2),x,inf)) // untuk a = tak hingga

$$\lim_{x \rightarrow \infty} 4x - 2 = \infty$$

>plot2d("(4*x-2)",0,5):



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-059.png

>\$showev('limit(((x^4-1)/(x^2-1)),x,a)) // untuk semua a bilangan riil

$$\lim_{x \rightarrow a} \frac{x^4 - 1}{x^2 - 1} = a^2 + 1$$

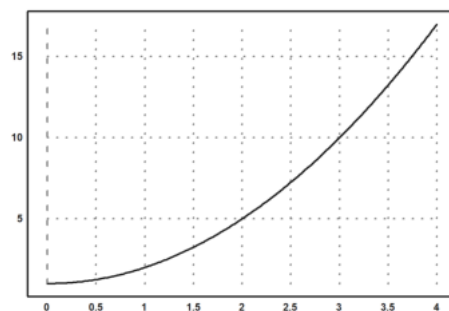
>\$showev('limit(((x^4-1)/(x^2-1)),x,0))

$$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{x^4 - 1}{x^2 - 1} = 1$$

>\$showev('limit(((x^4-1)/(x^2-1)),x,5))

$$\lim_{x \rightarrow 5} \frac{x^4 - 1}{x^2 - 1} = 26$$

>showev('limit(((x^4 - 1)/(x^2 - 1)), x, inf))lim_{x→∞} $\frac{x^4-1}{x^2-1} = \infty$ >plot2d("(x^4-1)/(x^2-1)",0,4):



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-064.png

>\$showev('limit((tan(x)),x,a))

$$\lim_{x \rightarrow a} \tan x = \tan a$$

>\$showev('limit((tan(x)),x,0))

$$\lim_{x \rightarrow 0} \tan x = 0$$

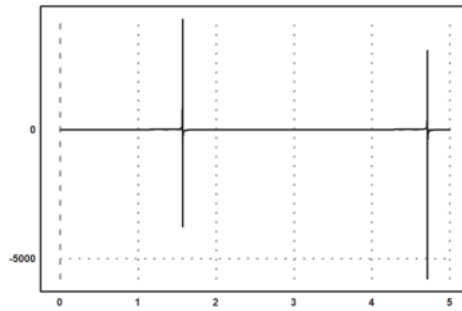
```
>$showev('limit((tan(x)),x,pi))
```

$$\lim_{x \rightarrow \pi} \tan x = 0$$

```
>$showev('limit((tan(x)),x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \tan x = \text{und}$$

```
>plot2d("(tan(x))",0,5):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-069.png

```
>$showev('limit(((abs(x))),x,a))
```

$$\lim_{x \rightarrow a} |x| = |a|$$

```
>$showev('limit(((abs(x))),x,0))
```

$$\lim_{x \rightarrow 0} |x| = 0$$

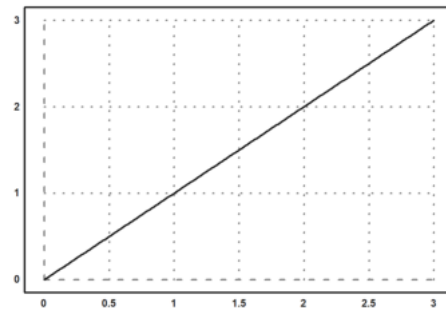
```
>$showev('limit(((abs(x))),x,2))
```

$$\lim_{x \rightarrow 2} |x| = 2$$

```
>$showev('limit(((abs(x))),x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} |x| = \infty$$

```
>plot2d("(abs(x))",0,3):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-074.png

```
>$showev('limit(((sqrt(x))),x,a))
```

$$\lim_{x \rightarrow a} \sqrt{x} = \sqrt{a}$$

```
>$showev('limit(((sqrt(x))),x,4))
```

$$\lim_{x \rightarrow 4} \sqrt{x} = 2$$

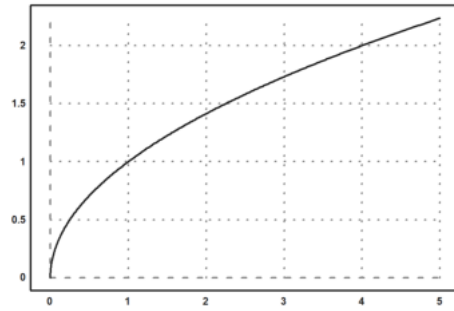
```
>$showev('limit(((sqrt(x))),x,9))
```

$$\lim_{x \rightarrow 9} \sqrt{x} = 3$$

```
>$showev('limit(((sqrt(x))),x,inf))
```

$$\lim_{x \rightarrow \infty} \sqrt{x} = \infty$$

```
>plot2d("(sqrt(x))",0,5):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-079.png

Turunan Fungsi

Definisi turunan:

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}$$

Berikut adalah contoh-contoh menentukan turunan fungsi dengan menggunakan definisi turunan (limit).

> \$showev('limit(((x+h)^2-x^2)/h,h,0)) // turunan x^2

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^2 - x^2}{h} = 2x$$

> p &= expand((x+h)^2-x^2)|simplify; \$p // pembilang dijabarkan dan disederhanakan

$$2hx + h^2$$

> q &= ratsimp(p/h); \$q // ekspresi yang akan dihitung limitnya disederhanakan

$$2x + h$$

> \$limit(q,h,0) // nilai limit sebagai turunan

$$2x$$

> \$showev('limit(((x+h)^n-x^n)/h,h,0)) // turunan x^n

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^n - x^n}{h} = nx^{n-1}$$

Mengapa hasilnya seperti itu? Tuliskan atau tunjukkan bahwa hasil limit tersebut benar, sehingga benar turunan fungsinya benar. Tulis penjelasan Anda di komentar ini.

Sebagai petunjuk, ekspansikan $(x+h)^n$ dengan menggunakan teorema binomial.

> \$showev('limit((sin(x+h)-sin(x))/h,h,0)) // turunan sin(x)

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\sin(x+h) - \sin x}{h} = \cos x$$

Mengapa hasilnya seperti itu? Tuliskan atau tunjukkan bahwa hasil limit tersebut benar, sehingga benar turunan fungsinya benar. Tulis penjelasan Anda di komentar ini. Sebagai petunjuk, ekspansikan $\sin(x+h)$ dengan menggunakan rumus jumlah dua sudut.

> \$showev('limit((log(x+h)-log(x))/h,h,0)) // turunan log(x)

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log(x+h) - \log x}{h} = \frac{1}{x}$$

Mengapa hasilnya seperti itu? Tuliskan atau tunjukkan bahwa hasil limit tersebut benar, sehingga benar turunan fungsinya benar. Tulis penjelasan Anda di komentar ini.

Sebagai petunjuk, gunakan sifat-sifat logaritma dan hasil limit pada bagian sebelumnya di atas.

> showev('limit((1/(x+h) - 1/x)/h, h, 0)) // turunan 1/x

showev('limit((E^(x+h)-E^x)/h,h,0)) // turunan f(x)=e^x

Answering "Is x an integer?" with "integer"

Answering "Is x an integer?" with "integer"

Answering "Is x an integer?" with "integer"

Answering "Is x an integer?" with "integer"

Answering "Is x an integer?" with "integer"

Maxima is asking

Acceptable answers are: yes, y, Y, no, n, N, unknown, uk
Is x an integer?

Use assume!

Error in:

```
$showev('limit((E^(x+h)-E^x)/h,h,0)) // turunan f(x)=e^x ...
```

Maxima bermasalah dengan limit:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{e^{x+h} - e^x}{h}.$$

Oleh karena itu diperlukan trik khusus agar hasilnya benar.

```
>showev('limit((E^h - 1)/h,h,0))lim_{h \rightarrow 0} \frac{e^h-1}{h} = 1 showev('factor(E^{(x+h)}-E^x))
```

$$\text{factor}(e^{x+h} - e^x) = (e^h - 1) e^x$$

```
>$showev('limit(factor((E^{(x+h)}-E^x)/h),h,0)) // turunan f(x)=e^x
```

$$\left(\lim_{h \rightarrow 0} \frac{e^h - 1}{h} \right) e^x = e^x$$

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

$$x^x$$

```
>$showev('limit(f(x),x,0))
```

$$\lim_{x \rightarrow 0} x^x = 1$$

Silakan Anda gambar kurva

```
>$showev('limit((f(x+h)-f(x))/h,h,0)) // turunan f(x)=x^x
```

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^{x+h} - x^x}{h} = \text{infinity}$$

Di sini Maxima juga bermasalah terkait limit:

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^{x+h} - x^x}{h}.$$

Dalam hal ini diperlukan asumsi nilai x.

```
>&assume(x>0); $showev('limit((f(x+h)-f(x))/h,h,0)) // turunan f(x)=x^x
```

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^{x+h} - x^x}{h} = x^x (\log x + 1)$$

Mengapa hasilnya seperti itu? Tuliskan atau tunjukkan bahwa hasil limit tersebut benar, sehingga benar turunan fungsinya benar. Tulis penjelasan Anda di komentar ini.

```
>&forget(x>0) // jangan lupa, lupakan asumsi untuk kembali ke semula
```

$$[x \geq 0]$$

```
>&forget(x<0)
```

$$[x \leq 0]$$

```
>&facts()
```

$$[]$$

```
>$showev('limit((asin(x+h)-asin(x))/h,h,0)) // turunan arcsin(x)
```

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\arcsin(x+h) - \arcsin x}{h} = \frac{1}{\sqrt{1-x^2}}$$

Mengapa hasilnya seperti itu? Tuliskan atau tunjukkan bahwa hasil limit tersebut benar, sehingga benar turunan fungsinya benar. Tulis penjelasan Anda di komentar ini.

```
>$showev('limit((tan(x+h)-tan(x))/h,h,0)) // turunan tan(x)
```

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\tan(x+h) - \tan x}{h} = \frac{1}{\cos^2 x}$$

Mengapa hasilnya seperti itu? Tuliskan atau tunjukkan bahwa hasil limit tersebut benar, sehingga benar turunan fungsinya benar. Tulis penjelasan Anda di komentar ini.

```
>function f(x) &= sinh(x) // definisikan f(x)=sinh(x)
```

$$\sinh(x)$$

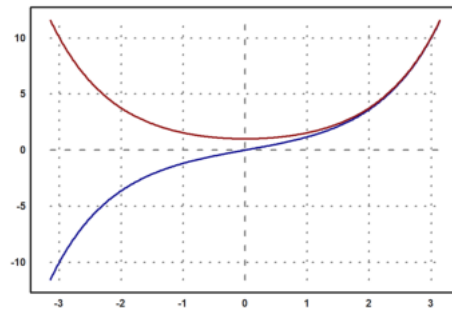
```
>function df(x) &= limit((f(x+h)-f(x))/h,h,0); $df(x) // df(x) = f'(x)
```

$$\frac{e^{-x} (e^{2x} + 1)}{2}$$

Hasilnya adalah cosh(x), karena

$$\frac{e^x + e^{-x}}{2} = \cosh(x).$$

```
>plot2d(["f(x)","df(x)"],-pi,pi,color=[blue,red]):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-101.png

```
>function f(x) &= sin(3*x^5+7)/2
```

$$\sin(3x^5 + 7)$$

```
>diff(f,3), diffc(f,3)
```

```
1198.32948904
1198.72863721
```

Apakah perbedaan diff dan diffc?

```
>$showev('diff(f(x),x))
```

$$\frac{d}{dx} \sin^2(3x^5 + 7) = 30x^4 \cos(3x^5 + 7) \sin(3x^5 + 7)$$

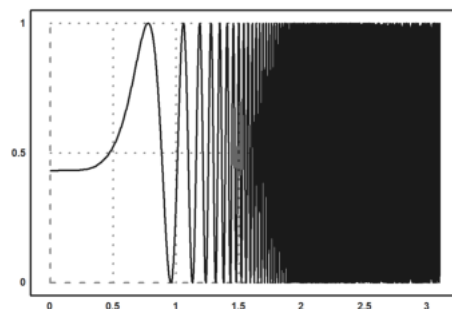
```
>$% with x=3
```

$$\%at \left(\frac{d}{dx} \sin^2(3x^5 + 7), x = 3 \right) = 2430 \cos 736 \sin 736$$

```
>$float(%)
```

$$\%at \left(\frac{d^{1.0}}{dx^{1.0}} \sin^2(3.0x^5 + 7.0), x = 3.0 \right) = 1198.728637211748$$

```
>plot2d(f,0,3.1):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-105.png

```
>function f(x) &= 5*cos(2*x)-2*x*sin(2*x) // mendefinisikan fungsi f
```

$$5 \cos(2x) - 2x \sin(2x)$$

```
>function df(x) &=diff(f(x),x) // fd(x) = f'(x)
```

$$-12 \sin(2x) - 4x \cos(2x)$$

```
>$'f(1)=f(1), $float(f(1)), $'f(2)=f(2), $float(f(2)) // nilai f(1) dan f(2)
```

$$-0.2410081230863468$$

$$-3.899329036387075$$

$$f'(2) = 5 \cos 4 - 4 \sin 4$$

images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-108.png

$$-0.2410081230863468$$

images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-109.png

>xp=solve("df(x)",1,2,0) // solusi f'(x)=0 pada interval [1, 2]

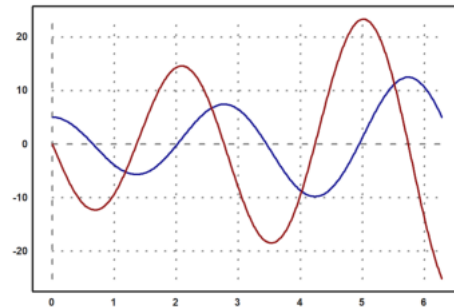
1.35822987384

>df(xp), f(xp) // cek bahwa f'(xp)=0 dan nilai ekstrim di titik tersebut

0

-5.67530133759

>plot2d(["f(x)", "df(x)"], 0, 2*pi, color=[blue, red]): // grafik fungsi dan turunannya



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-110.png

Perhatikan titik-titik “puncak” grafik $y=f(x)$ dan nilai turunan pada saat grafik fungsinya mencapai titik “puncak” tersebut.

Latihan

Bukalah buku Kalkulus. Cari dan pilih beberapa (paling sedikit 5 fungsi berbeda tipe/bentuk/jenis) fungsi dari buku tersebut, kemudian definisikan di EMT pada baris-baris perintah berikut (jika perlu tambahkan lagi). Untuk setiap fungsi, tentukan turunannya dengan menggunakan definisi turunan (limit), menggunakan perintah diff, dan secara manual (langkah demi langkah yang dihitung dengan Maxima) seperti contoh-contoh di atas. Gambar grafik fungsi asli dan fungsi turunannya pada sumbu koordinat yang sama.

SOAL 1

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

Turunkan dengan menggunakan definisi limit

>showev('limit((((x + h)^2 - 8) - (x^2 - 8))/h, h, 0)) // turunan fungsi $x^2 - 8$

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^2 - x^2}{h} = 2x$$

>function f(x) &=x^2-8 // mendefinisikan fungsi f

$$x^2 - 8$$

>function df(x) &=diff(f(x),x) // fd(x) = f'(x)

$$2x$$

SOAL 2

$$g(x) = x^5$$

Turunkan dengan menggunakan definisi limit

>\$showev('limit((((x+h)^5)-(x^5))/h,h,0))

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{(x+h)^5 - x^5}{h} = 5x^4$$

Turunkan dengan menggunakan fungsi diff

```
>function g(x)&=x^5
```

$$x^5$$

```
>function df(x) &=diff(g(x),x) // fd(x) = f'(x)
```

$$5x^4$$

SOAL 3

$$\log(x)$$

Turunkan dengan menggunakan definisi limit

```
>$showev('limit(((log(x+h))-log(x))/h,h,0))
```

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\log(x+h) - \log x}{h} = \frac{1}{x}$$

Turunkan dengan menggunakan perintah diff

```
>function f(x)&=log(x)
```

$$\log(x)$$

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

$$\frac{1}{x}$$

SOAL 4

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

Turunkan dengan menggunakan definisi limit

```
>showev('limit((sin(x+h)-sin(x))/h,h,0))lim_{h \rightarrow 0} \frac{\sin(x+h)-\sin x}{h} = \cos x
```

Turunkan dengan menggunakan perintah diff

```
>function f(x) &=sin(x)
```

$$\sin(x)$$

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

$$\cos(x)$$

SOAL 5

$$f(x) = \frac{1}{x^3}$$

```
>$showev('limit((1/(x+h)^3-1/x^3)/h,h,0))
```

$$\lim_{h \rightarrow 0} \frac{\frac{1}{(x+h)^3} - \frac{1}{x^3}}{h} = -\frac{3}{x^4}$$

```
>function f(x) &=(1/(x^3))
```

$$\frac{1}{x^3}$$

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

$$-\frac{3}{x^4}$$

Integral

EMT dapat digunakan untuk menghitung integral, baik integral tak tentu maupun integral tentu. Untuk integral tak tentu (simbolik) sudah tentu EMT menggunakan Maxima, sedangkan untuk perhitungan integral tentu EMT sudah menyediakan beberapa fungsi yang mengimplementasikan algoritma kuadratur (perhitungan integral tentu menggunakan metode numerik).

Pada notebook ini akan ditunjukkan perhitungan integral tentu dengan menggunakan Teorema Dasar Kalkulus:

$$\int_a^b f(x) dx = F(b) - F(a), \quad \text{dengan } F'(x) = f(x).$$

Fungsi untuk menentukan integral adalah integrate. Fungsi ini dapat digunakan untuk menentukan, baik integral tentu maupun tak tentu (jika fungsinya memiliki antiderivatif). Untuk perhitungan integral tentu fungsi integrate menggunakan metode numerik (kecuali fungsinya tidak integrabel, kita tidak akan menggunakan metode ini).

```
>$showev('integrate(x^n,x))
```

Answering "Is n equal to -1?" with "no"

$$\int x^n dx = \frac{x^{n+1}}{n+1}$$

```
>$showev('integrate(1/(1+x),x))
```

$$\int \frac{1}{x+1} dx = \log(x+1)$$

```
>showev('integrate(1/(1+x^2),x))
```

$$\int \frac{1}{x^2+1} dx = \arctan x$$

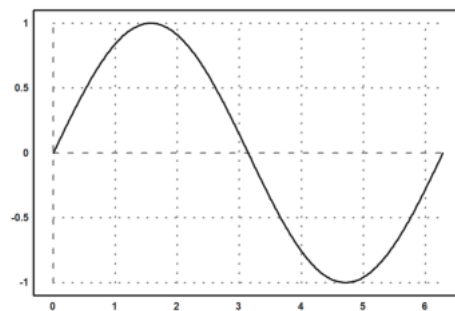
```
showev('integrate(1/sqrt(1-x^2),x))
```

$$\int \frac{1}{\sqrt{1-x^2}} dx = \arcsin x$$

```
>showev('integrate(sin(x),x,0,pi))
```

$$\int_0^\pi \sin x dx = 2$$

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



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-127.png

```
>$showev('integrate(sin(x),x,a,b))
```

$$\int_a^b \sin x dx = \cos a - \cos b$$

```
>$showev('integrate(x^n,x,a,b))
```

Answering "Is n positive, negative or zero?" with "positive"

$$\int_a^b x^n dx = \frac{b^{n+1}}{n+1} - \frac{a^{n+1}}{n+1}$$

```
>$showev('integrate(x^2*sqrt(2*x+1),x))
```

$$\int x^2 \sqrt{2x+1} dx = \frac{(2x+1)^{\frac{7}{2}}}{28} - \frac{(2x+1)^{\frac{5}{2}}}{10} + \frac{(2x+1)^{\frac{3}{2}}}{12}$$

```
>$showev('integrate(x^2*sqrt(2*x+1),x,0,2))
```

$$\int_0^2 x^2 \sqrt{2x+1} dx = \frac{25^{\frac{5}{2}}}{21} - \frac{2}{105}$$

```
>$ratsimp(%)
```

$$\int_0^2 x^2 \sqrt{2x+1} dx = \frac{25^{\frac{5}{2}} - 2}{105}$$

```
>$showev('integrate((sin(sqrt(x)+a)*E^sqrt(x))/sqrt(x),x,0,pi/2))
```

$$\int_0^{\pi/2} \frac{\sin(\sqrt{x}+a) e^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} dx = (-e^\pi - 1) \sin a + (e^\pi + 1) \cos a$$

```
>$factor(%)
```


$$\int_0^{\pi^2} \frac{\sin(\sqrt{x} + a) e^{\sqrt{x}}}{\sqrt{x}} dx = (-e^{\pi} - 1) (\sin a - \cos a)$$

>function map f(x) &:= E^(-x^2)

$$E^{-x^2}$$

>\$showev('integrate(f(x),x))

$$\int e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi} \operatorname{erf}(x)}{2}$$

Fungsi f tidak memiliki antiturunan, integralnya masih memuat integral lain.

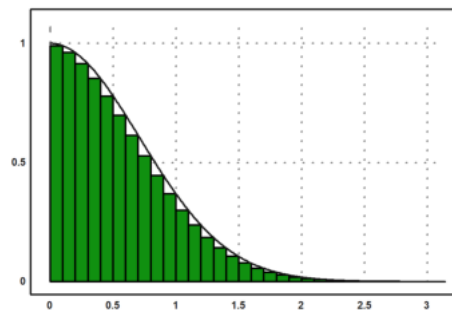
$$\operatorname{erf}(x) = \int \frac{e^{-x^2}}{\sqrt{\pi}} dx.$$

Kita tidak dapat menggunakan teorema Dasar kalkulus untuk menghitung integral tentu fungsi tersebut jika semua batasnya berhingga. Dalam hal ini dapat digunakan metode numerik (rumus kuadratur).

Misalkan kita akan menghitung:

$$\int_0^{\pi} e^{-x^2} dx$$

>x:=0:0.1:pi-0.1; plot2d(x,f(x+0.1),>bar); plot2d("f(x)",0,pi,>add):



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-138.png

Integral tentu

$$\int_0^{\pi} e^{-x^2} dx$$

dapat dihampiri dengan jumlah luas persegi-persegi panjang di bawah kurva $y=f(x)$ tersebut. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut.

>t &:= makelist(a,a,0,pi-0.1,0.1); // t sebagai list untuk menyimpan nilai-nilai x

>fx &:= makelist(f(t[i]+0.1),i,1,length(t)); // simpan nilai-nilai f(x)

>// jangan menggunakan x sebagai list, kecuali Anda pakar Maxima!

Hasilnya adalah:

$$\int_0^{\pi} e^{-x^2} dx = 0.8362196102528469$$

Jumlah tersebut diperoleh dari hasil kali lebar sub-subinterval ($=0.1$) dan jumlah nilai-nilai $f(x)$ untuk $x = 0.1, 0.2, 0.3, \dots, 3.2$.

>0.1*sum(f(x+0.1)) // cek langsung dengan perhitungan numerik EMT

0.836219610253

Untuk mendapatkan nilai integral tentu yang mendekati nilai sebenarnya, lebar sub-intervalnya dapat diperkecil lagi, sehingga daerah di bawah kurva tertutup semuanya, misalnya dapat digunakan lebar subinterval 0.001. (Silakan dicoba!)

Meskipun Maxima tidak dapat menghitung integral tentu fungsi tersebut untuk batas-batas yang berhingga, namun integral tersebut dapat dihitung secara eksak jika batas-batasnya tak hingga. Ini adalah salah satu keajaiban di dalam matematika, yang terbatas tidak dapat dihitung secara eksak, namun yang tak hingga malah dapat dihitung secara eksak.

>\$showev('integrate(f(x),x,0,inf))

$$\int_0^{\infty} e^{-x^2} dx = \frac{\sqrt{\pi}}{2}$$

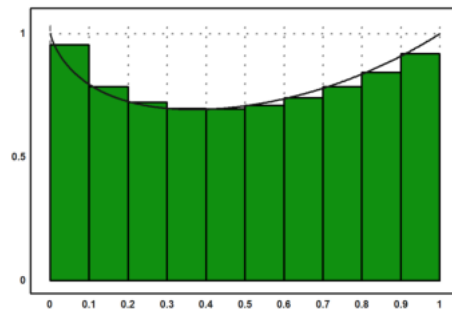
Tunjukkan kebenaran hasil di atas!

Berikut adalah contoh lain fungsi yang tidak memiliki antiderivatif, sehingga integral tentunya hanya dapat dihitung dengan metode numerik.

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

$$x^x$$

```
>showev('integrate(f(x),x,0,1))\int_0^1 x^x dx = \int_0^1 x^x dx $>x=0:0.1:1-0.01;
plot2d(x,f(x+0.01),>bar); plot2d("f(x)",0,1,>add):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-143.png

Maxima gagal menghitung integral tentu tersebut secara langsung menggunakan perintah integrate. Berikut kita lakukan seperti contoh sebelumnya untuk mendapat hasil atau pendekatan nilai integral tentu tersebut.

```
>t &= makelist(a,a,0,1-0.01,0.01);
```

```
>fx &= makelist(f(t[i]+0.01),i,1,length(t));
```

$$\int_0^1 \sin^2(3x^5 + 7) dx = 0.7834935879025506$$

Apakah hasil tersebut cukup baik? perhatikan gambarnya.

```
>function f(x) &= sin(3*x5+7)2
```

$$\sin(3x^5 + 7)$$

```
>integrate(f,0,1)
```

```
0.542581176074
```

```
>&showev('integrate(f(x),x,0,1))
```

$$\int_0^1 \sin^2(3x^5 + 7) dx = \frac{\frac{1}{10} \gamma(-\frac{1}{5}) \sin(14) \sin(\frac{\pi}{10})}{\frac{1}{10} \gamma(-\frac{1}{5})} - \frac{((\frac{6}{5} \gamma_{\text{incomplete}}(-\frac{1}{6}, 6I) + \frac{6}{5} \gamma_{\text{incomplete}}(-\frac{1}{6}, -6I)) \sin(14) + (\frac{6}{5} \gamma_{\text{incomplete}}(-\frac{1}{6}, 6I) \cos(14) \sin(\frac{\pi}{10}) - 60)/10)}{\frac{1}{10} \gamma_{\text{incomplete}}(-\frac{1}{6}, -6I)}$$

```
>&float(%)
```

$$\int_0^1 \sin^2(3.0x^5 + 7.0) dx = 0.7834935879025506$$

```
+ 0.9906073556948704 (4.192962712629476 gamma_incomplete(0.2, 6.0 I)
+ 4.192962712629476 gamma_incomplete(0.2, - 6.0 I))) - 60.0)
```

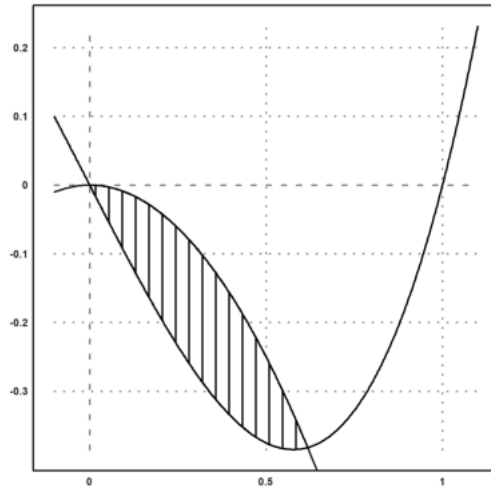
```
>showev('integrate(x\*exp(-x),x,0,1))//Integral tentu(eksak)
```

```
 $\int_0^1 x e^{-x} dx = 1 - 2e^{-1}$  $# Aplikasi Integral Tentu
```

```
>plot2d("x^3-x",-0.1,1.1); plot2d("-x^2",>add); ...
```

```
>b=solve("x^3-x+x^2",0.5); x=linspace(0,b,200); xi=flipx(x); ...
```

```
> plot2d(x|xi,x^3-x|xi^2,>filled,style="|",fillcolor=1,>add): // Plot daerah antara 2 kurva
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-146.png

```
>a=solve("x^3-x+x^2",0), b=solve("x^3-x+x^2",1) // absis titik-titik potong kedua kurva
```

```
0
```

```
0.61803398875
```

```
>integrate("(-x^2)-(x^3-x)",a,b) // luas daerah yang diarsir
```

```
0.0758191713542
```

Hasil tersebut akan kita bandingkan dengan perhitungan secara analitik.

```
>a &= solve((-x^2)-(x^3-x),x); $a // menentukan absis titik potong kedua kurva secara eksak
```

$$\left[x = \frac{-\sqrt{5}-1}{2}, x = \frac{\sqrt{5}-1}{2}, x = 0 \right]$$

```
>$showev('integrate(-x^2-x^3+x,x,0,(sqrt(5)-1)/2)) // Nilai integral secara eksak
```

$$\int_0^{\frac{\sqrt{5}-1}{2}} -x^3 - x^2 + x dx = \frac{13-5^{\frac{3}{2}}}{24}$$

```
>$float(%)
```

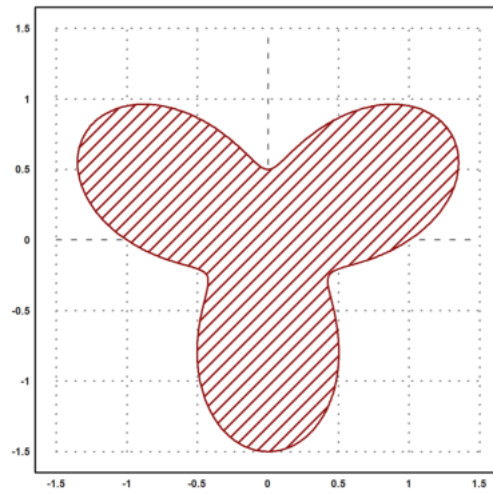
$$\int_{0.0}^{0.6180339887498949} -1.0 x^3 - 1.0 x^2 + x dx = 0.07581917135421037$$

```
## Panjang Kurva
```

Hitunglah panjang kurva berikut ini dan luas daerah di dalam kurva tersebut. dengan

```
>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",r=1.5): // Kita gambar kurvanya terlebih dahulu
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-150.png

```
>function r(t) &= 1+sin(3*t)/2; 'r(t) = r(t)r (t) =  $\frac{\sin(3t)}{2} + 1$ >function fx(t) &= r(t)*cos(t); $'fx(t)=fx(t)
```

$$f_x(t) = \cos t \left(\frac{\sin(3t)}{2} + 1 \right)$$

```
>function fy(t) &= r(t)*sin(t); $'fy(t)=fy(t)
```

$$f_y(t) = \sin t \left(\frac{\sin(3t)}{2} + 1 \right)$$

```
>function ds(t) &= trigreduce(radcan(sqrt(diff(fx(t),t)^2+diff(fy(t),t)^2))); $'ds(t)=ds(t)
```

$$ds(t) = \frac{\sqrt{4 \cos(6t) + 4 \sin(3t) + 9}}{2}$$

```
>$integrate(ds(x),x,0,2*pi) //panjang (keliling) kurva
```

$$\int_0^{2\pi} \frac{\sqrt{4 \cos(6x) + 4 \sin(3x) + 9}}{2} dx$$

Maxima gagal melakukan perhitungan eksak integral tersebut.

Berikut kita hitung integralnya secara numerik dengan perintah EMT.

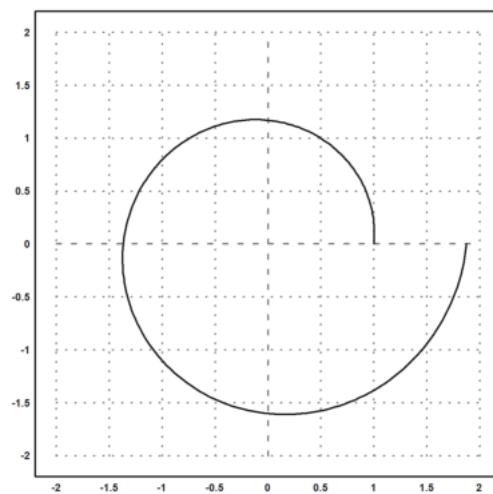
```
>integrate("ds(x)",0,2*pi)
```

9.0749467823

Spiral Logaritmik

$$x = e^{ax} \cos x, y = e^{ax} \sin x.$$

```
>a=0.1; plot2d("exp(a*x)*cos(x)","exp(a*x)*sin(x)",r=2,xmin=0,xmax=2*pi):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-157.png

```
>&kill(a) // hapus ekspresi a
```

done

```
>function fx(t) &= exp(a*t)*cos(t); $'fx(t)=fx(t)
```

$$f_x(t) = e^{a \cdot t} \cos t$$

```
>function fy(t) &= exp(a*t)*sin(t); $'fy(t)=fy(t)
```

$$f_y(t) = e^{a \cdot t} \sin t$$

```
>function df(t) &= trigreduce(radcan(sqrt(diff(fx(t),t)^2+diff(fy(t),t)^2))); $'df(t)=df(t)
```

$$df(t) = \sqrt{a^2 + 1} e^{a \cdot t}$$

```
>S &=integrate(df(t),t,0,2*pi); $S // panjang kurva (spiral)
```

$$\sqrt{a^2 + 1} \left(\frac{e^{2\pi a}}{a} - \frac{1}{a} \right)$$

```
>S(a=0.1) // Panjang kurva untuk a=0.1
```

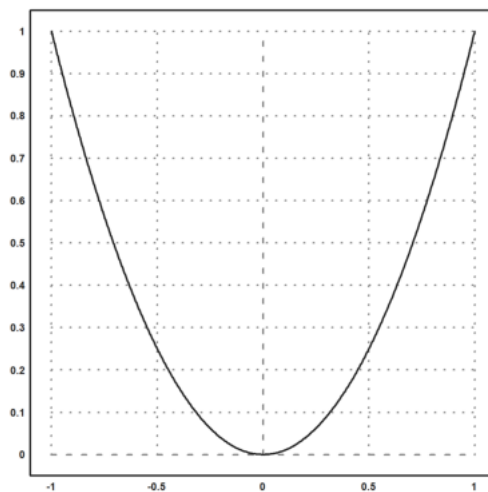
8.78817491636

Soal:

Tunjukkan bahwa keliling lingkaran dengan jari-jari r adalah $K=2\pi r$.

Berikut adalah contoh menghitung panjang parabola.

```
>plot2d("x^2",xmin=-1,xmax=1):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-162.png

```
>$showev('integrate(sqrt(1+diff(x^2,x)),x,-1,1))
```

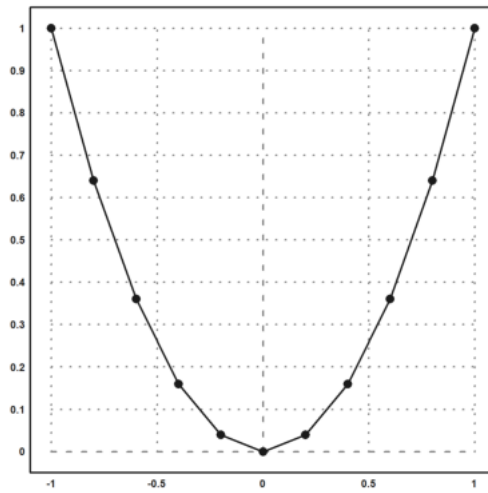
$$\int_{-1}^1 \sqrt{4x^2 + 1} \, dx = \frac{\operatorname{asinh} 2 + 2\sqrt{5}}{2}$$

```
>$float(%)
```

$$\int_{-1.0}^{1.0} \sqrt{4.0x^2 + 1.0} \, dx = 2.957885715089195$$

```
>x=-1:0.2:1; y=x^2; plot2d(x,y); ...
```

```
> plot2d(x,y,points=1,style="o#",add=1):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-165.png

Panjang tersebut dapat dihamperi dengan menggunakan jumlah panjang ruas-ruas garis yang menghubungkan titik-titik pada parabola tersebut.

```
>i=1:cols(x)-1; sum(sqrt((x[i+1]-x[i])^2+(y[i+1]-y[i])^2))
```

2.95191957027

Hasilnya mendekati panjang yang dihitung secara eksak. Untuk mendapatkan hampiran yang cukup akurat, jarak antar titik dapat diperkecil, misalnya 0.1, 0.05, 0.01, dan seterusnya. Cobalah Anda ulangi perhitungannya dengan nilai-nilai tersebut.

Koordinat Kartesius

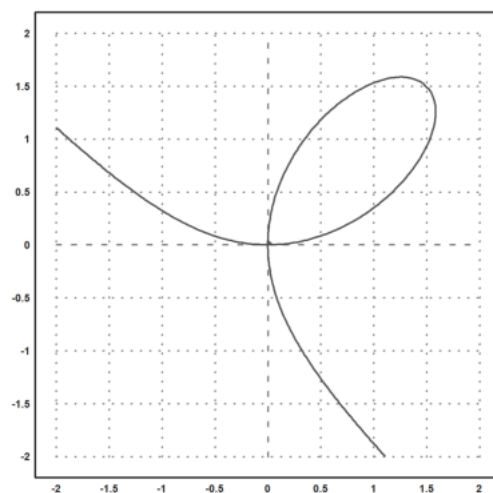
Berikut diberikan contoh perhitungan panjang kurva menggunakan koordinat Kartesius. Kita akan hitung panjang kurva dengan persamaan implisit:

$$x^3 + y^3 - 3xy = 0.$$

```
>z &= x^3+y^3-3*x*y; $z
```

$$y^3 - 3xy + x^3$$

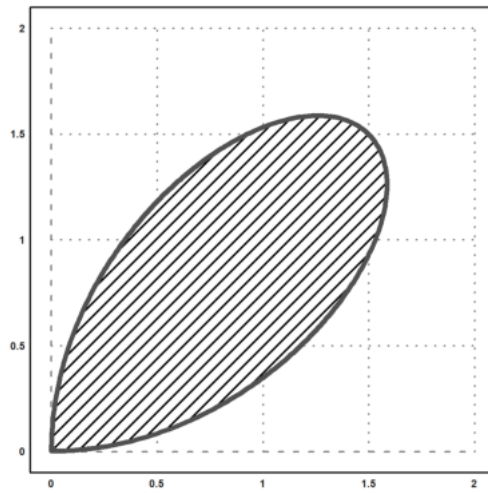
```
>plot2d(z,r=2,level=0,n=100):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-168.png

Kita tertarik pada kurva di kuadran pertama.

```
>plot2d(z,a=0,b=2,c=0,d=2,level=[-10;0],n=100,contourwidth=3,style="v"):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-169.png

Kita selesaikan persamaannya untuk x.

>\$z with y=l*x, sol &= solve(%,x); \$sol

$$\left[x = \frac{3l}{l^3 + 1}, x = 0 \right]$$

$$\left[x = \frac{3l}{l^3 + 1}, x = 0 \right]$$

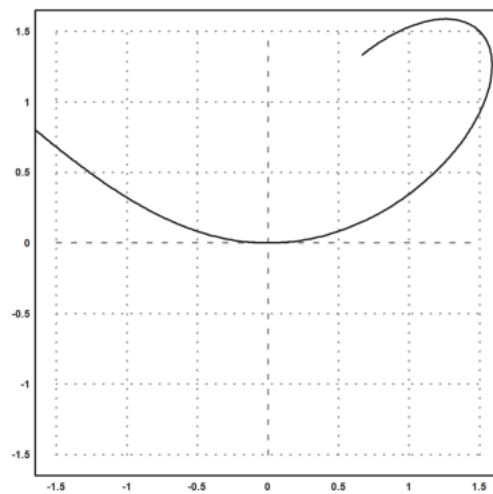
Kita gunakan solusi tersebut untuk mendefinisikan fungsi dengan Maxima.

>function f(l) &= rhs(sol[1]); \$f(l)=f(l)

$$f(l) = \frac{3l}{l^3 + 1}$$

Fungsi tersebut juga dapat digunaka untuk menggambar kurvanya. Ingat, bahwa fungsi tersebut adalah nilai x dan nilai y=lx, yakni $x=f(l)$ dan $y=lf(l)$.

>plot2d(&f(x),&x*f(x),xmin=-0.5,xmax=2,a=0,b=2,c=0,d=2,r=1.5):



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-173.png

Elemen panjang kurva adalah:

$$ds = \sqrt{f'(l)^2 + (lf'(l) + f(l))^2}.$$

>function ds(l) &= ratsimp(sqrt(diff(f(l),l)^2+diff(l*f(l),l)^2)); \$ds(l)=ds(l)

$$ds(l) = \frac{\sqrt{9l^8 + 36l^6 - 36l^5 - 36l^3 + 36l^2 + 9}}{\sqrt{l^{12} + 4l^9 + 6l^6 + 4l^3 + 1}}$$

>\$integrate(ds(l),l,0,1)

$$\int_0^1 \frac{\sqrt{9l^8 + 36l^6 - 36l^5 - 36l^3 + 36l^2 + 9}}{\sqrt{l^{12} + 4l^9 + 6l^6 + 4l^3 + 1}} dl$$

Integral tersebut tidak dapat dihitung secara eksak menggunakan Maxima. Kita hitung integral tersebut secara numerik dengan Euler. Karena kurva simetris, kita hitung untuk nilai variabel integrasi dari 0 sampai 1, kemudian hasilnya dikalikan 2.

```
>2*integrate("ds(x)",0,1)
```

```
4.91748872168
```

```
>2*romberg(&ds(x),0,1)// perintah Euler lain untuk menghitung nilai hampiran integral yang sama
```

```
4.91748872168
```

Perhitungan di atas dapat dilakukan untuk sebarang fungsi x dan y dengan mendefinisikan fungsi EMT, misalnya kita beri nama panjangkurva. Fungsi ini selalu memanggil Maxima untuk menurunkan fungsi yang diberikan.

```
>function panjangkurva(fx,fy,a,b) ...
```

```
ds=mxm("sqrt(diff(@fx,x)^2+diff(@fy,x)^2)");
return romberg(ds,a,b);
endfunction
```

```
>panjangkurva("x","x^2",-1,1) // cek untuk menghitung panjang kurva parabola sebelumnya
```

```
2.95788571509
```

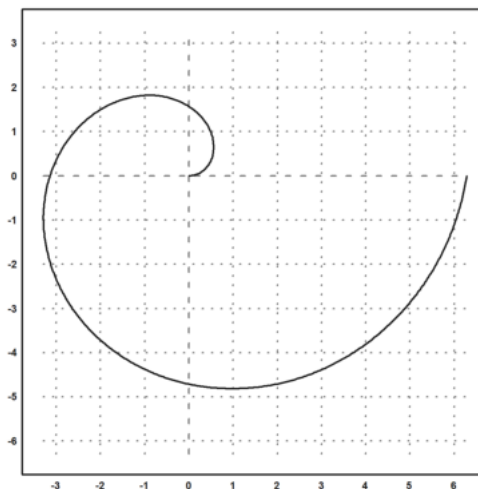
Bandingkan dengan nilai eksak di atas.

```
>2*panjangkurva(mxm("f(x)"),mxm("x*f(x)"),0,1) // cek contoh terakhir, bandingkan hasilnya!
```

```
4.91748872168
```

Kita hitung panjang spiral Archimides berikut ini dengan fungsi tersebut.

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



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-177.png

```
>panjangkurva("x*cos(x)","x*sin(x)",0,2*pi)
```

```
21.2562941482
```

Berikut kita definisikan fungsi yang sama namun dengan Maxima, untuk perhitungan eksak.

```
>&kill(ds,x,fx,fy)
```

```
done
```

```
>function ds(fx,fy) &&= sqrt(diff(fx,x)^2+diff(fy,x)^2)
```

```
sqrt(diff (fy, x) + diff (fx, x))
```

```
>sol &= ds(x*cos(x),x*sin(x)); $sol // Kita gunakan untuk menghitung panjang kurva terakhir di atas
```


$$\sqrt{(\cos x - x \sin x)^2 + (\sin x + x \cos x)^2}$$

```
>$sol | trigreduce | expand, $integrate(%x,0,2*pi), %()
```

$$\frac{\operatorname{asinh}(2\pi) + 2\pi\sqrt{4\pi^2 + 1}}{2}$$

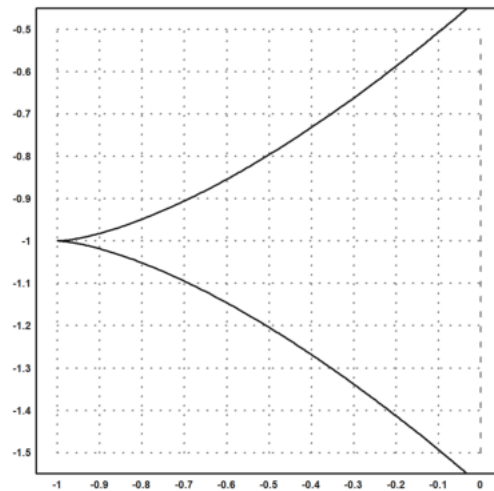
$$\frac{\operatorname{asinh}(2\pi) + 2\pi\sqrt{4\pi^2 + 1}}{2}$$

21.2562941482

Hasilnya sama dengan perhitungan menggunakan fungsi EMT.

Berikut adalah contoh lain penggunaan fungsi Maxima tersebut.

```
>plot2d("3*x^2-1","3*x^3-1",xmin=-1/sqrt(3),xmax=1/sqrt(3),square=1):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-181.png

```
>sol &= radcan(ds(3*x^2-1,3*x^3-1)); $sol
```

$$3x\sqrt{9x^2 + 4}$$

```
>$showev('integrate(sol,x,0,1/sqrt(3))), $2*float(%) // panjang kurva di atas
```

$$6.0 \int_{0.0}^{0.5773502691896258} x \sqrt{9.0x^2 + 4.0} dx = 2.337835372767141$$

$$6.0 \int_{0.0}^{0.5773502691896258} x \sqrt{9.0x^2 + 4.0} dx = 2.337835372767141$$

Sikloid

Berikut kita akan menghitung panjang kurva lintasan (sikloid) suatu titik pada lingkaran yang berputar ke kanan pada permukaan datar. Misalkan jari-jari lingkaran tersebut adalah r . Posisi titik pusat lingkaran pada saat t adalah:

$$(rt, r).$$

Misalkan posisi titik pada lingkaran tersebut mula-mula $(0,0)$ dan posisinya pada saat t adalah:

$$(r(t - \sin(t)), r(1 - \cos(t))).$$

Berikut kita plot lintasan tersebut dan beberapa posisi lingkaran ketika $t=0$, $t=\pi/2$, $t=r*\pi$.

```
>x &= r*(t-sin(t))
```

$$r(t - \sin(t))$$

```
>y &= r*(1-cos(t))
```

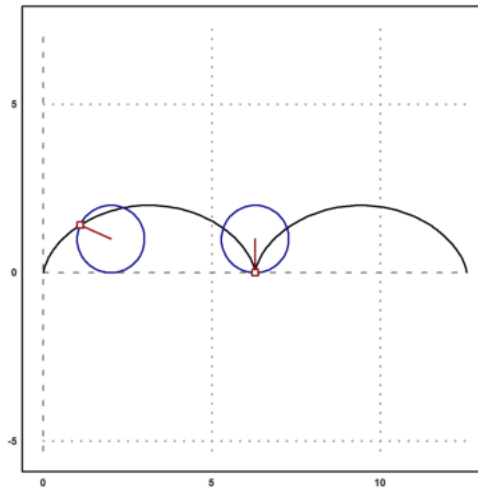
$$r(1 - \cos(t))$$

Berikut kita gambar sikloid untuk $r=1$.

```
>ex &= x-sin(x); ey &= 1-cos(x); aspect(1);
```

```
>plot2d(ex,ey,xmin=0,xmax=4pi,square=1); ...
>plot2d("2+cos(x)","1+sin(x)",xmin=0,xmax=2pi,>add,color=blue); ...
>plot2d([2,ex(2)],[1,ey(2)],color=red,>add); ...
>plot2d(ex(2),ey(2),>points,>add,color=red); ...
```

```
> plot2d("2pi+cos(x)","1+sin(x)",xmin=0,xmax=2pi,>add,color=blue); ...
> plot2d([2pi,ex(2pi)],[1,ey(2pi)],color=red,>add); ...
> plot2d(ex(2pi),ey(2pi),>points,>add,color=red):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-187.png

Berikut dihitung panjang lintasan untuk 1 putaran penuh. (Jangan salah menduga bahwa panjang lintasan 1 putaran penuh sama dengan keliling lingkaran!)

```
> ds &= radcan(sqrt(diff(ex,x)^2+diff(ey,x)^2)); $ds=trigsimp(ds) // elemen panjang kurva sikloid
```

$$\sqrt{\sin^2 x + \cos^2 x - 2 \cos x + 1} = \sqrt{2 - 2 \cos x}$$

```
> ds &= trigsimp(ds); $ds
```

$$\sqrt{2 - 2 \cos x}$$

```
> $showev('integrate(ds,x,0,2*pi)') // hitung panjang sikloid satu putaran penuh
```

$$\int_0^{2\pi} \sqrt{2 - 2 \cos x} \, dx = 8$$

```
> integrate(mxm("ds"),0,2*pi) // hitung secara numerik
```

8

```
> romberg(mxm("ds"),0,2*pi) // cara lain hitung secara numerik
```

8

Perhatikan, seperti terlihat pada gambar, panjang sikloid lebih besar daripada keliling lingkarannya, yakni:

Kurvatur (Kelengkungan) Kurva

image: Osculating.png

Aslinya, kelengkungan kurva diferensiabel (yakni, kurva mulus yang tidak lancip) di titik P didefinisikan melalui lingkaran oskulasi (yaitu, lingkaran yang melalui titik P dan terbaik memperkirakan, paling banyak menyinggung kurva di sekitar P). Pusat dan radius kelengkungan kurva di P adalah pusat dan radius lingkaran oskulasi. Kelengkungan adalah kebalikan dari radius kelengkungan:

$$\kappa = \frac{1}{R}$$

dengan R adalah radius kelengkungan. (Setiap lingkaran memiliki kelengkungan ini pada setiap titiknya, dapat diartikan, setiap lingkaran berputar 2π sejauh $2\pi R$.)

Definisi ini sulit dimanipulasi dan dinyatakan ke dalam rumus untuk kurva umum. Oleh karena itu digunakan definisi lain yang ekuivalen.

Definisi Kurvatur dengan Fungsi Parametrik Panjang Kurva

Setiap kurva diferensiabel dapat dinyatakan dengan persamaan parametrik terhadap panjang kurva s:

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

dengan x dan y adalah fungsi riil yang diferensiabel, yang memenuhi:

$$\|\gamma'(s)\| = \sqrt{x'(s)^2 + y'(s)^2} = 1.$$

Ini berarti bahwa vektor singgung

$$T(s) = (x'(s), y'(s))$$

memiliki norm 1 dan merupakan vektor singgung satuan.

Apabila kurvanya memiliki turunan kedua, artinya turunan kedua x dan y ada, maka $T'(s)$ ada. Vektor ini merupakan normal kurva yang arahnya menuju pusat kurvatur, norm-nya merupakan nilai kurvatur (kelengkungan):

$$\begin{aligned} T(s) &= \gamma'(s), \\ T^2(s) &= 1 \text{ (konstanta)} \Rightarrow T'(s) \cdot T(s) = 0 \\ \kappa(s) &= \|T'(s)\| = \|\gamma''(s)\| = \sqrt{x''(s)^2 + y''(s)^2}. \end{aligned}$$

Nilai

$$R(s) = \frac{1}{\kappa(s)}$$

disebut jari-jari (radius) kelengkungan kurva.

Bilangan riil

$$k(s) = \pm \kappa(s)$$

disebut nilai kelengkungan bertanda.

Contoh:

Akan ditentukan kurvatur lingkaran

$$x = r \cos t, \quad y = r \sin t.$$

>fx &= r*cos(t); fy &=r*sin(t);

>&assume(t>0,r>0); s &=integrate(sqrt(diff(fx,t)^2+diff(fy,t)^2),t,0,t); s // elemen panjang kurva, panjang busur lingkaran (s)

$$r \quad t$$

>&kill(s); fx &= r*cos(s/r); fy &=r*sin(s/r); // definisi ulang persamaan parametrik terhadap s dengan substitusi t=s/r

>k &= trigsimp(sqrt(diff(fx,s,2)^2+diff(fy,s,2)^2)); \$k // nilai kurvatur lingkaran dengan menggunakan definisi di atas

$$\frac{1}{r}$$

Untuk representasi parametrik umum, misalkan

$$x = x(t), \quad y = y(t)$$

merupakan persamaan parametrik untuk kurva bidang yang terdiferensialkan dua kali. Kurvatur untuk kurva tersebut didefinisikan sebagai

$$\begin{aligned} \kappa &= \frac{d\phi}{ds} = \frac{\frac{d\phi}{dt}}{\frac{ds}{dt}} \quad (\phi \text{ adalah sudut kemiringan garis singgung dan } s \text{ adalah panjang kurva}) \\ &= \frac{\frac{d\phi}{dt}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} = \frac{\frac{d\phi}{dt}}{\sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2}}. \end{aligned}$$

Selanjutnya, pembilang pada persamaan di atas dapat dicari sebagai berikut.

$$\sec^2 \phi \frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt}(\tan \phi) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dy}{dx} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{dy/dt}{dx/dt} \right) = \frac{d}{dt} \left(\frac{y'(t)}{x'(t)} \right) = \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{x'(t)^2}.$$

$$\begin{aligned} \frac{d\phi}{dt} &= \frac{1}{\sec^2 \phi} \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{x'(t)^2} \\ &= \frac{1}{1 + \tan^2 \phi} \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{x'(t)^2} \\ &= \frac{1}{1 + \left(\frac{y'(t)}{x'(t)} \right)^2} \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{x'(t)^2} \\ &= \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{x'(t)^2 + y'(t)^2}. \end{aligned}$$

Jadi, rumus kurvatur untuk kurva parametrik

$$x = x(t), y = y(t)$$

adalah

$$\kappa(t) = \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{(x'(t)^2 + y'(t)^2)^{3/2}}.$$

Jika kurvanya dinyatakan dengan persamaan parametrik pada koordinat kutub

$$x = r(\theta) \cos \theta, y = r(\theta) \sin \theta,$$

maka rumus kurvturnya adalah

$$\kappa(\theta) = \frac{r(\theta)^2 + 2r'(\theta)^2 - r(\theta)r''(\theta)}{(r'(\theta)^2 + r(\theta)^2)^{3/2}}.$$

(Silakan Anda turunkan rumus tersebut!)

Contoh:

Lingkaran dengan pusat (0,0) dan jari-jari r dapat dinyatakan dengan persamaan parametrik

$$x = r \cos t, y = r \sin t.$$

Nilai kelengkungan lingkaran tersebut adalah

$$\kappa(t) = \frac{x'(t)y''(t) - x''(t)y'(t)}{(x'(t)^2 + y'(t)^2)^{3/2}} = \frac{r^2}{r^3} = \frac{1}{r}.$$

Hasil cocok dengan definisi kurvatur suatu kelengkungan.

Kurva

$$y = f(x)$$

dapat dinyatakan ke dalam persamaan parametrik

$$x = t, y = f(t), \text{ dengan } x'(t) = 1, x''(t) = 0,$$

sehingga kurvturnya adalah

$$\kappa(t) = \frac{y''(t)}{(1 + y'(t)^2)^{3/2}}.$$

Contoh:

Akan ditentukan kurvatur parabola

$$y = ax^2 + bx + c.$$

>function f(x) &= a*x^2+b*x+c; \$y=f(x)

$$y = ax^2 + bx + c$$

>function k(x) &= (diff(f(x),x,2))/(1+diff(f(x),x)^2(3/2); \$'k(x)=k(x) // kelengkungan parabola

$$k(x) = \frac{2a}{((2ax + b)^2 + 1)^{\frac{3}{2}}}$$

>function f(x) &= x^2+x+1; \$y=f(x) // akan kita plot kelengkungan parabola untuk a=b=c=1

$$y = x^2 + x + 1$$

>function k(x) &= (diff(f(x),x,2))/(1+diff(f(x),x)^2(3/2); \$'k(x)=k(x) // kelengkungan parabola

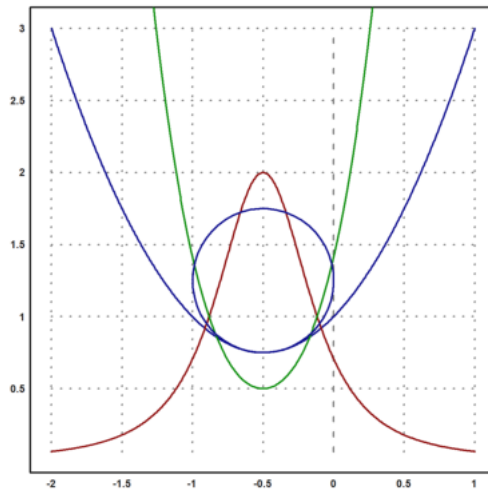
$$k(x) = \frac{2}{((2x+1)^2 + 1)^{\frac{3}{2}}}$$

Berikut kita gambar parabola tersebut beserta kurva kelengkungan, kurva jari-jari kelengkungan dan salah satu lingkaran oskulasi di titik puncak parabola. Perhatikan, puncak parabola dan jari-jari lingkaran oskulasi di puncak parabola adalah

$$(-1/2, 3/4), 1/k(2) = 1/2,$$

sehingga pusat lingkaran oskulasi adalah $(-1/2, 5/4)$.

```
>plot2d(["f(x)", "k(x)"],-2,1, color=[blue,red]);
plot2d("1/k(x)",-1.5,1,color=green,>add); ...
>
plot2d("(-1/2+1/k(-1/2)*cos(x))","5/4+1/k(-1/2)*sin(x)",xmin=0,xmax=2pi,>add,color=blue):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-218.png

Untuk kurva yang dinyatakan dengan fungsi implisit

$$F(x, y) = 0$$

dengan turunan-turunan parsial

$$F_x = \frac{\partial F}{\partial x}, F_y = \frac{\partial F}{\partial y}, F_{xy} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial F}{\partial x} \right), F_{xx} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial F}{\partial x} \right), F_{yy} = \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{\partial F}{\partial y} \right),$$

berlaku

$$F_x dx + F_y dy = 0 \text{ atau } \frac{dy}{dx} = -\frac{F_x}{F_y},$$

sehingga kurvturnya adalah

$$\kappa = \frac{F_y^2 F_{xx} - 2 F_x F_y F_{xy} + F_x^2 F_{yy}}{(F_x^2 + F_y^2)^{3/2}}.$$

(Silakan Anda turunkan sendiri!)

Contoh 1:

Parabola

$$y = ax^2 + bx + c$$

dapat dinyatakan ke dalam persamaan implisit

$$ax^2 + bx + c - y = 0.$$

```
>function F(x,y) &=a*x^2+b*x+c-y; $F(x,y)
```

$$-y + ax^2 + bx + c$$

```
>Fx &= diff(F(x,y),x), Fxx &=diff(F(x,y),x,2), Fy &=diff(F(x,y),y), Fxy
&=diff(diff(F(x,y),x),y), Fyy &=diff(F(x,y),y,2)
```

$$2ax + b$$

$$2a$$

0

0

>function k(x) &= (Fy²*Fxx-2*Fx*Fy*Fxy+Fx²*Fyy)/(Fx²+Fy²)^(3/2); \$'k(x)=k(x) //
 kurvatur parabola tersebut

$$k(x) = \frac{2a}{((2ax + b)^2 + 1)^{\frac{3}{2}}}$$

Hasilnya sama dengan sebelumnya yang menggunakan persamaan parabola biasa.

Latihan

- Bukalah buku Kalkulus.
- Cari dan pilih beberapa (paling sedikit 5 fungsi berbeda
- tipe/bentuk/jenis) fungsi dari buku tersebut, kemudian definisikan di
- EMT pada baris-baris perintah berikut (jika perlu tambahkan lagi).
- Untuk setiap fungsi, tentukan anti turunannya (jika ada), hitunglah
- integral tentu dengan batas-batas yang menarik (Anda tentukan
- sendiri), seperti contoh-contoh tersebut.
- Lakukan hal yang sama untuk fungsi-fungsi yang tidak dapat
- diintegralkan (cari sedikitnya 3 fungsi).
- Gambar grafik fungsi dan daerah integrasinya pada sumbu koordinat
- yang sama.
- Gunakan integral tentu untuk mencari luas daerah yang dibatasi oleh
- dua kurva yang berpotongan di dua titik. (Cari dan gambar kedua kurva
- dan arsir (warnai) daerah yang dibatasi oleh keduanya.)
- Gunakan integral tentu untuk menghitung volume benda putar kurva y=
- f(x) yang diputar mengelilingi sumbu x dari x=a sampai x=b, yakni

$$V = \int_a^b \pi(f(x))^2 dx.$$

(Pilih fungsinya dan gambar kurva dan benda putar yang dihasilkan. Anda dapat mencari contoh-contoh bagaimana cara menggambar benda hasil perputaran suatu kurva.)

- Gunakan integral tentu untuk menghitung panjang kurva y=f(x) dari x=a sampai x=b dengan menggunakan rumus:

$$S = \int_a^b \sqrt{1 + (f'(x))^2} dx.$$

(Pilih fungsi dan gambar kurvanya.)

- Apabila fungsi dinyatakan dalam koordinat kutub x=f(r,t), y=g(r,t), r=h(t), x=a bersesuaian dengan t=t0 dan x=b bersesuaian dengan t=t1, maka rumus di atas akan menjadi:

$$S = \int_{t_0}^{t_1} \sqrt{x'(t)^2 + y'(t)^2} dt.$$

* Pilih beberapa kurva menarik (selain lingkaran dan parabola) dari * buku kalkulus. Nyatakan setiap kurva tersebut dalam bentuk: * a. koordinat Kartesius (persamaan y=f(x)) * b. koordinat kutub (r=r(theta)) * c. persamaan parametrik x=x(t), y=y(t) * d. persamaan implit F(x,y)=0

- Tentukan kurvatur masing-masing kurva dengan menggunakan keempat
- representasi tersebut (hasilnya harus sama).
- Gambarkan kurva asli, kurva kurvatur, kurva jari-jari lingkaran
- oskulasi, dan salah satu lingkaran oskulasinya.

Fungsi

1. Tentukan panjang kurva dan volume benda putar kurva $y=f(x)$ yang diputar mengelilingi sumbu x dari $x=0$ sampai $x=4$

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

>function f(x)&=x^3; \$f(x) // Mendefinisikan fungsi

$$x^3$$

>\$showev('integrate(pi*(f(x))^2,x,0,4)// Menentukan antiturunan

$$\pi \int_0^4 x^6 dx = \frac{16384\pi}{7}$$

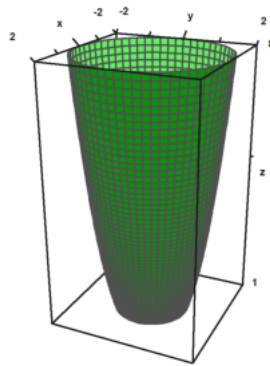
>function df(x) &= limit((f(x+h)-f(x))/h,h,0); \$df(x) // df(x) = f'(x) // menentukan turunan fungsi

$$3x^2$$

>\$showev('integrate(sqrt((1+df(x)^2)),x,0,4) // panjang kurva

$$\int_0^4 \sqrt{9x^4 + 1} dx = \int_0^4 \sqrt{9x^4 + 1} dx$$

>plot3d("x^3",2,0,2,rotate=2): // grafik benda putar mengelilingi sumbu x



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-235.png

2. Tentukan panjang kurva dan volume benda putar kurva $y=f(x)$ yang diputar mengelilingi sumbu x dari $x=-1$ sampai $x=2$

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

>function f(x)&=3*x^2+2*x+1; \$f(x) // volume benda putar

$$3x^2 + 2x + 1$$

>\$showev('integrate(pi*(f(x))^2,x,-1,2))

$$\pi \int_{-1}^2 (3x^2 + 2x + 1)^2 dx = \frac{717\pi}{5}$$

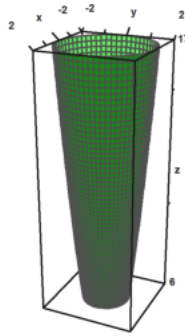
>function df(x) &= limit((f(x+h)-f(x))/h,h,0); \$df(x) // df(x) = f'(x) // menentukan turunan fungsinya

$$6x + 2$$

>\$showev('integrate(sqrt((1+df(x)^2)),x,-1,2)) // menentukan panjang kurva

$$\int_{-1}^2 \sqrt{(6x + 2)^2 + 1} dx = \frac{\operatorname{asinh} 14 + 14\sqrt{197}}{12} + \frac{\operatorname{asinh} 4 + 4\sqrt{17}}{12}$$

>plot3d("3x^2+2x+1",2,-1,2,rotate=2): // menggambar plot benda putar mengelilingi sumbu x



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_230306
30014_MAT%20B-241.png

3. Integral tentu dengan batas $[-1,1]$ dari fungsi berikut

$$f(x) = x^2 + 8x - 9$$

>function map f(x) &= (x^2+8*x-9); \$f(x)

$$x^2 + 8x - 9$$

>\$showev('integrate(f(x), x, -1, 1)// mencari nilai dari integral tentu fungsi f(x) dengan batas $[-1,1]$

$$\int_{-1}^1 x^2 + 8x - 9 \, dx = -\frac{52}{3}$$

4. Tentukan panjang kurva dan volume benda putar kurva $y=f(x)$ yang diputar mengelilingi sumbu x dari $x=0$ sampai $x=2$

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

>\$showev('integrate(pi*(f(x))^2,x,0,2))

$$\pi \int_0^2 (x^2 + 8x - 9)^2 \, dx = \frac{1006\pi}{15}$$

>function df(x) &= limit((f(x+h)-f(x))/h,h,0); \$df(x) // df(x) = f'(x)

$$2x + 8$$

>\$showev('integrate (k(x),x,0,2))// tidak dapat diintegalkan

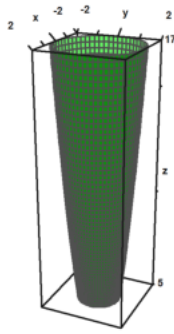
Answering "Is a zero or nonzero?" with "nonzero"

$$2a \int_0^2 \frac{1}{((2ax+b)^2+1)^{\frac{3}{2}}} \, dx = 2a \left(\frac{(b+4a)\sqrt{b^2+8ab+16a^2+1}}{2ab^2+16a^2b+32a^3+2a} - \frac{b}{2a\sqrt{b^2+1}} \right)$$

>\$showev('integrate(sqrt((1+df(x)^2)),x,0,2))// menentukan panjang kurva

$$\int_0^2 \sqrt{(2x+8)^2+1} \, dx = \frac{\operatorname{asinh} 12 + 12\sqrt{145}}{4} - \frac{\operatorname{asinh} 8 + 8\sqrt{65}}{4}$$

>plot3d("4x^2+1",2,0,2,rotate=2): // menentukan panjang kurva



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-250.png

5. Tentukan integral fungsi berikut.

$$f(x) = \frac{\sqrt{2x}}{x} + \frac{3}{x^5}$$

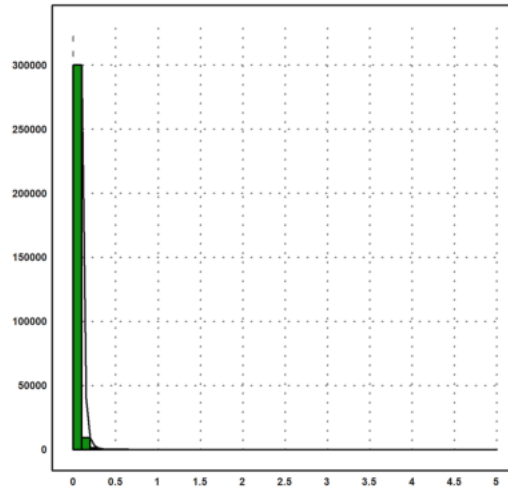
```
>function f(x) &= (sqrt(2*x))/x + 3/x^5 ; $f(x)
```

$$\frac{\sqrt{2}}{\sqrt{x}} + \frac{3}{x^5}$$

```
>$showev('integrate((((sqrt(2*x))/x) +(3/x^5)),x))
```

$$\int \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{x}} + \frac{3}{x^5} dx = 2^{\frac{1}{2}} \sqrt{x} - \frac{3}{4x^4}$$

```
>x=0:0.1:5-0.1; plot2d(x,f(x+0.1),>bar); plot2d("f(x)",0,5,>add):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-254.png

>

Barisan dan Deret

(Catatan: bagian ini belum lengkap. Anda dapat membaca contoh-contoh penggunaan EMT dan Maxima untuk menghitung limit barisan, rumus jumlah parsial suatu deret, jumlah tak hingga suatu deret konvergen, dan sebagainya. Anda dapat mengeksplor contoh-contoh di EMT atau berbagai panduan penggunaan Maxima di software Maxima atau dari Internet.)

Barisan dapat didefinisikan dengan beberapa cara di dalam EMT, di antaranya:

- dengan cara yang sama seperti mendefinisikan vektor dengan elemen-elemen beraturan
- (menggunakan titik dua “:”);
- menggunakan perintah “sequence” dan rumus barisan (suku ke -n);

- menggunakan perintah “iterate” atau “niterate”;
- menggunakan fungsi Maxima “create_list” atau “makelist” untuk menghasilkan barisan
- simbolik;
- menggunakan fungsi biasa yang inputnya vektor atau barisan;
- menggunakan fungsi rekursif.

EMT menyediakan beberapa perintah (fungsi) terkait barisan, yakni:

- sum: menghitung jumlah semua elemen suatu barisan
- cumsum: jumlah kumulatif suatu barisan
- differences: selisih antar elemen-elemen berturutan

EMT juga dapat digunakan untuk menghitung jumlah deret berhingga maupun deret tak hingga, dengan menggunakan perintah (fungsi) “sum”. Perhitungan dapat dilakukan secara numerik maupun simbolik dan eksak.

Berikut adalah beberapa contoh perhitungan barisan dan deret menggunakan EMT.

```
>1:10 // barisan sederhana
[1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]

>1:2:30
[1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25, 27, 29]
```

Iterasi dan Barisan

EMT menyediakan fungsi iterate(“g(x)”, x0, n) untuk melakukan iterasi

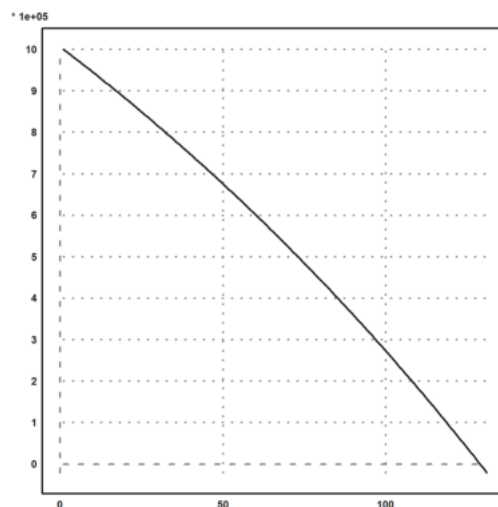
$$x_{k+1} = g(x_k), x_0 = x_0, k = 1, 2, 3, \dots, n.$$

Berikut ini disajikan contoh-contoh penggunaan iterasi dan rekursi dengan EMT. Contoh pertama menunjukkan pertumbuhan dari nilai awal 1000 dengan laju pertumbuhan 5%, selama 10 periode.

```
>q=1.05; iterate(“x*q”,1000,n=10)’
1000
1050
1102.5
1157.63
1215.51
1276.28
1340.1
1407.1
1477.46
1551.33
1628.89
```

Contoh berikutnya memperlihatkan bahaya menabung di bank pada masa sekarang! Dengan bunga tabungan sebesar 6% per tahun atau 0.5% per bulan dipotong pajak 20%, dan biaya administrasi 10000 per bulan, tabungan sebesar 1 juta tanpa diambil selama sekitar 10 tahunan akan habis diambil oleh bank!

```
>r=0.005; plot2d(iterate(“(1+0.8*r)*x-10000”,1000000,n=130)):
```



Silakan Anda coba-coba, dengan tabungan minimal berapa agar tidak akan habis diambil oleh bank dengan ketentuan bunga dan biaya administrasi seperti di atas.

Berikut adalah perhitungan minimal tabungan agar aman di bank dengan bunga sebesar r dan biaya administrasi a , pajak bunga 20%.

```
>$solve(0.8*r*A-a,A), $% with [r=0.005, a=10]
```

$$[A = \frac{5a}{4r}]$$

$$[A = 2500.0]$$

Berikut didefinisikan fungsi untuk menghitung saldo tabungan, kemudian dilakukan iterasi.

```
>function saldo(x,r,a) := round((1+0.8*r)*x-a,2);
```

```
>iterate({{"saldo",0.005,10}},1000,n=6)
```

```
[1000, 994, 987.98, 981.93, 975.86, 969.76, 963.64]
```

```
>iterate({{"saldo",0.005,10}},2000,n=6)
```

```
[2000, 1998, 1995.99, 1993.97, 1991.95, 1989.92, 1987.88]
```

```
>iterate({{"saldo",0.005,10}},2500,n=6)
```

```
[2500, 2500, 2500, 2500, 2500, 2500, 2500]
```

Tabungan senilai 2,5 juta akan aman dan tidak akan berubah nilai (jika tidak ada penarikan), sedangkan jika tabungan awal kurang dari 2,5 juta, lama kelamaan akan berkurang meskipun tidak pernah dilakukan penarikan uang tabungan.

```
>iterate({{"saldo",0.005,10}},3000,n=6)
```

```
[3000, 3002, 3004.01, 3006.03, 3008.05, 3010.08, 3012.12]
```

Tabungan yang lebih dari 2,5 juta baru akan bertambah jika tidak ada penarikan.

Untuk barisan yang lebih kompleks dapat digunakan fungsi "sequence()". Fungsi ini menghitung nilai-nilai $x[n]$ dari semua nilai sebelumnya, $x[1], \dots, x[n-1]$ yang diketahui.

Berikut adalah contoh barisan Fibonacci.

$$x_n = x_{n-1} + x_{n-2}, \quad x_1 = 1, \quad x_2 = 1$$

```
>sequence("x[n-1]+x[n-2]",[1,1],15)
```

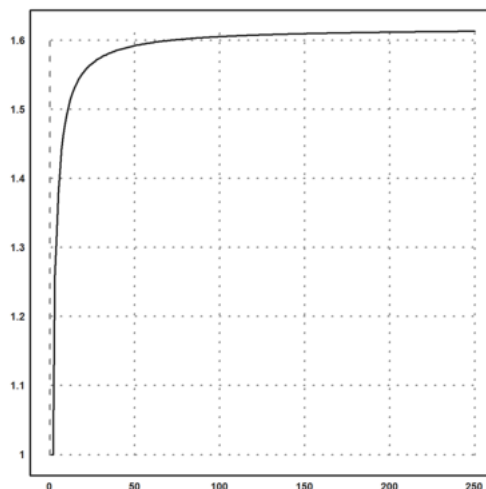
```
[1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610]
```

Barisan Fibonacci memiliki banyak sifat menarik, salah satunya adalah akar pangkat ke- n suku ke- n akan konvergen ke pecahan emas:

```
>$'(1+sqrt(5))/2=float((1+sqrt(5))/2)
```

$$\frac{\sqrt{5} + 1}{2} = 1.618033988749895$$

```
>plot2d(sequence("x[n-1]+x[n-2]",[1,1],250)^(1/(1:250))):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-261.png

Barisan yang sama juga dapat dihasilkan dengan menggunakan loop.

```
>x=ones(500); for k=3 to 500; x[k]=x[k-1]+x[k-2]; end;
```

Rekursi dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang tergantung pada semua elemen sebelumnya. Pada contoh berikut, elemen ke-n merupakan jumlah (n-1) elemen sebelumnya, dimulai dengan 1 (elemen ke-1). Jelas, nilai elemen ke-n adalah $2^{(n-2)}$, untuk $n=2, 4, 5, \dots$

```
>sequence("sum(x)",1,10)
```

```
[1, 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256]
```

Selain menggunakan ekspresi dalam x dan n, kita juga dapat menggunakan fungsi.

Pada contoh berikut, digunakan iterasi

$$x_n = A \cdot x_{n-1},$$

dengan A suatu matriks 2x2, dan setiap $x[n]$ merupakan matriks/vektor 2x1.

```
>A=[1,1;1,2]; function suku(x,n) := A.x[n-1]
```

```
>sequence("suku",[1;1],6)
```

Real 2 x 6 matrix

1	2	5	13	...
1	3	8	21	...

Hasil yang sama juga dapat diperoleh dengan menggunakan fungsi perpangkatan matriks "matrixpower()". Cara ini lebih cepat, karena hanya menggunakan perkalian matriks sebanyak $\log_2(n)$.

$$x_n = A \cdot x_{n-1} = A^2 \cdot x_{n-2} = A^3 \cdot x_{n-3} = \dots = A^{n-1} \cdot x_1.$$

```
>sequence("matrixpower(A,n),[1;1]",1,6)
```

Real 2 x 6 matrix

1	5	13	34	...
1	8	21	55	...

Spiral Theodorus

image: Spiral_of_Theodorus.png

Spiral Theodorus (spiral segitiga siku-siku) dapat digambar secara rekursif. Rumus rekursifnya adalah:

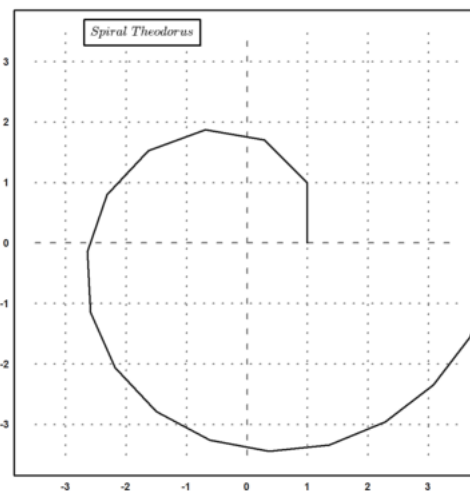
$$x_n = \left(1 + \frac{i}{\sqrt{n-1}}\right) x_{n-1}, \quad x_1 = 1,$$

yang menghasilkan barisan bilangan kompleks.

```
>function g(n) := 1+I/sqrt(n)
```

Rekursinya dapat dijalankan sebanyak 17 untuk menghasilkan barisan 17 bilangan kompleks, kemudian digambar bilangan-bilangan kompleksnya.

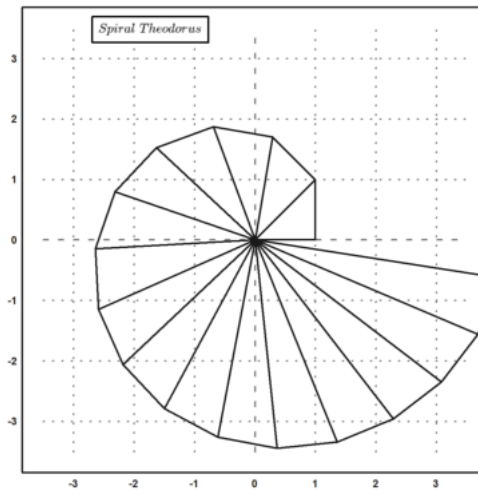
```
>x=sequence("g(n-1)*x[n-1]",1,17); plot2d(x,r=3.5); textbox(latex("Spiral\Theodorus"),0.4):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-265.png

Selanjutnya dihubungkan titik 0 dengan titik-titik kompleks tersebut menggunakan loop.

```
>for i=1:cols(x); plot2d([0,x[i]],>add); end:
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-266.png

>

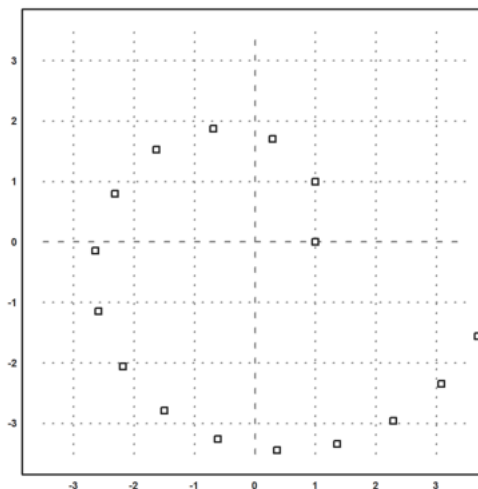
Spiral tersebut juga dapat didefinisikan menggunakan fungsi rekursif, yang tidak memerlukan indeks dan bilangan kompleks. Dalam hal ini digunakan vektor kolom pada bidang.

```
>function gstep (v) ...
```

```
w=[-v[2];v[1]];
return v+w/norm(w);
endfunction
```

Jika dilakukan iterasi 16 kali dimulai dari [1;0] akan didapatkan matriks yang memuat vektor-vektor dari setiap iterasi.

```
>x=iterate("gstep",[1;0],16); plot2d(x[1],x[2],r=3.5,>points):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-267.png

Kekonvergenan

Terkadang kita ingin melakukan iterasi sampai konvergen. Apabila iterasinya tidak konvergen setelah ditunggu lama, Anda dapat menghentikannya dengan menekan tombol [ESC].

```
>iterate("cos(x)",1) // iterasi x(n+1)=cos(x(n)), dengan x(0)=1.
```

```
0.739085133216
```

Iterasi tersebut konvergen ke penyelesaian persamaan

$$x = \cos(x).$$

Iterasi ini juga dapat dilakukan pada interval, hasilnya adalah barisan interval yang memuat akar tersebut.

```
>hasil := iterate("cos(x)",1,2) //iterasi x(n+1)=cos(x(n)), dengan interval awal (1, 2)
```

```
~0.739085133211,0.739085133213~
```

Jika interval hasil tersebut sedikit diperlebar, akan terlihat bahwa interval tersebut memuat akar persamaan $x=\cos(x)$.

```
>h=expand(hasil,100), cos(h) << h
```

```
~0.73908513309,0.73908513333~
1
```

Iterasi juga dapat digunakan pada fungsi yang didefinisikan.

```
>function f(x) := (x+2/x)/2
```

Iterasi $x(n+1)=f(x(n))$ akan konvergen ke akar kuadrat 2.

```
>iterate("f",2), sqrt(2)
```

```
1.41421356237
1.41421356237
```

Jika pada perintah iterate diberikan tambahan parameter n, maka hasil iterasinya akan ditampilkan mulai dari iterasi pertama sampai ke-n.

```
>iterate("f",2,5)
```

```
[2, 1.5, 1.41667, 1.41422, 1.41421, 1.41421]
```

Untuk iterasi ini tidak dapat dilakukan terhadap interval.

```
>niterate("f",1,2,5)
```

```
[ ~1,2~, ~1,2~, ~1,2~, ~1,2~, ~1,2~, ~1,2~ ]
```

Perhatikan, hasil iterasinya sama dengan interval awal. Alasannya adalah perhitungan dengan interval bersifat terlalu longgar. Untuk meningkatkan perhitungan pada ekspresi dapat digunakan pembagian intervalnya, menggunakan fungsi ival().

```
>function s(x) := ival("(x+2/x)/2",x,10)
```

Selanjutnya dapat dilakukan iterasi hingga diperoleh hasil optimal, dan intervalnya tidak semakin mengecil. Hasilnya berupa interval yang memuat akar persamaan:

$$x = \frac{1}{2} \left(x + \frac{2}{x} \right).$$

Satu-satunya solusi adalah

$$x = \sqrt{2}.$$

```
>iterate("s",1,2)
```

```
~1.41421356236,1.41421356239~
```

Fungsi "iterate()" juga dapat bekerja pada vektor. Berikut adalah contoh fungsi vektor, yang menghasilkan rata-rata aritmetika dan rata-rata geometri.

$$(a_{n+1}, b_{n+1}) = \left(\frac{a_n + b_n}{2}, \sqrt{a_n b_n} \right)$$

Iterasi ke-n disimpan pada vektor kolom x[n].

```
>function g(x) := [(x[1]+x[2])/2;sqrt(x[1]*x[2])]
```

Iterasi dengan menggunakan fungsi tersebut akan konvergen ke rata-rata aritmetika dan geometri dari nilai-nilai awal.

```
>iterate("g",[1;5])
```

```
2.60401
2.60401
```

Hasil tersebut konvergen agak cepat, seperti kita cek sebagai berikut.

```
>iterate("g",[1;5],4)
```

1	3	2.61803	2.60403	2.60401
5	2.23607	2.59002	2.60399	2.60401

Iterasi pada interval dapat dilakukan dan stabil, namun tidak menunjukkan bahwa limitnya pada batas-batas yang dihitung.

```
>iterate("g",[1;5],4)
```

```
Interval 2 x 5 matrix
```

```
~0.9999999999999999778,1.000000000000000022~ ...
~4.999999999999999911,5.000000000000000089~ ...
```

Iterasi berikut konvergen sangat lambat.

$$x_{n+1} = \sqrt{x_n}.$$

```
>iterate("sqrt(x)",2,10)
```

```
[2, 1.41421, 1.18921, 1.09051, 1.04427, 1.0219, 1.01089,
1.00543, 1.00271, 1.00135, 1.00068]
```

Kekonvergenan iterasi tersebut dapat dipercepat dengan percepatan Steffenson:

```
>steffenson("sqrt(x)",2,10)
```

```
[1.04888, 1.00028, 1, 1]
```

Iterasi menggunakan Loop yang ditulis Langsung

Berikut adalah beberapa contoh penggunaan loop untuk melakukan iterasi yang ditulis langsung pada baris perintah.

```
>x=2; repeat x=(x+2/x)/2; until x^2~2; end; x,
```

```
1.41421356237
```

Penggabungan matriks menggunakan tanda "+" dapat digunakan untuk menyimpan semua hasil iterasi.

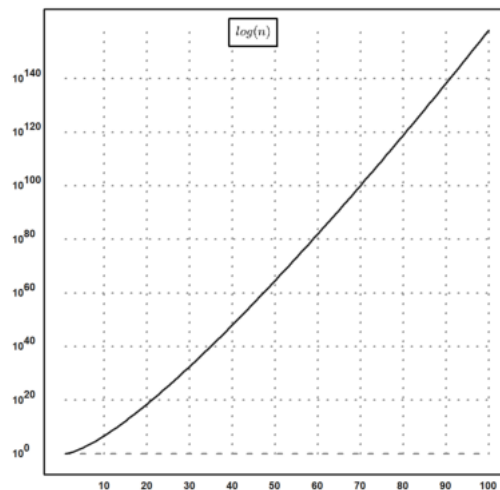
```
>v=[1]; for i=2 to 8; v=v|(v[i-1]*i); end; v,
```

```
[1, 2, 6, 24, 120, 720, 5040, 40320]
```

hasil iterasi juga dapat disimpan pada vektor yang sudah ada.

```
>v=ones(1,100); for i=2 to cols(v); v[i]=v[i-1]*i; end; ...
```

```
> plot2d(v,logplot=1); textbox(latex(&log(n)),x=0.5):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-273.png

```
>A=[0.5,0.2;0.7,0.1]; b=[2;2]; ...
```

```
> x=[1;1]; repeat xnew=A.x-b; until all(xnew~=x); x=xnew; end; ...
```

```
> x,
```

```
-7.09677
```

```
-7.74194
```

Iterasi di dalam Fungsi

Fungsi atau program juga dapat menggunakan iterasi dan dapat digunakan untuk melakukan iterasi. Berikut adalah beberapa contoh iterasi di dalam fungsi.

Contoh berikut adalah suatu fungsi untuk menghitung berapa lama suatu iterasi konvergen. Nilai fungsi tersebut adalah hasil akhir iterasi dan banyak iterasi sampai konvergen.

```
>function map hiter(f$,x0) ...
```

```
x=x0;
maxiter=0;
repeat
  xnew=f$(x);
  maxiter=maxiter+1;
  until xnew~=x;
  x=xnew;
end;
```

```
return maxiter;
endfunction
```

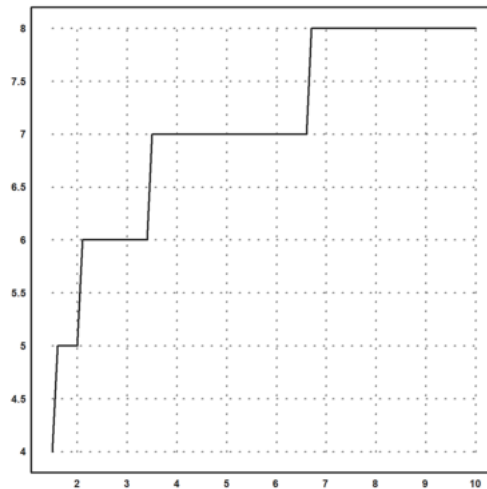
Misalnya, berikut adalah iterasi untuk mendapatkan hampiran akar kuadrat 2, cukup cepat, konvergen pada iterasi ke-5, jika dimulai dari hampiran awal 2.

```
>hiter("(x+2/x)/2",2)
```

```
5
```

Karena fungsinya didefinisikan menggunakan "map". maka nilai awalnya dapat berupa vektor.

```
>x=1.5:0.1:10; hasil=hiter("(x+2/x)/2",x); ...
>plot2d(x,hasil):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-274.png

Dari gambar di atas terlihat bahwa kekonvergenan iterasinya semakin lambat, untuk nilai awal semakin besar, namun penambahannya tidak kontinu. Kita dapat menemukan kapan maksimum iterasinya bertambah.

```
>hasil[1:10]
```

```
[4, 5, 5, 5, 5, 5, 6, 6, 6, 6]
```

```
>x[nonzeros(differences(hasil))]
```

```
[1.5, 2, 3.4, 6.6]
```

maksimum iterasi sampai konvergen meningkat pada saat nilai awalnya 1.5, 2, 3.4, dan 6.6.

Contoh berikutnya adalah metode Newton pada polinomial kompleks berderajat 3.

```
>p = x^3-1; newton = x-p/diff(p,x); $newton
```

$$x - \frac{x^3 - 1}{3x^2}$$

Selanjutnya didefinisikan fungsi untuk melakukan iterasi (aslinya 10 kali).

```
>function iterasi(f$,x,n=10) ...
```

```
loop 1 to n; x=f$(x); end;
return x;
endfunction
```

Kita mulai dengan menentukan titik-titik grid pada bidang kompleksnya.

```
>r=1.5; x=linspace(-r,r,501); Z=x+I*x'; W=iterasi(newton,Z);
```

Berikut adalah akar-akar polinomial di atas.

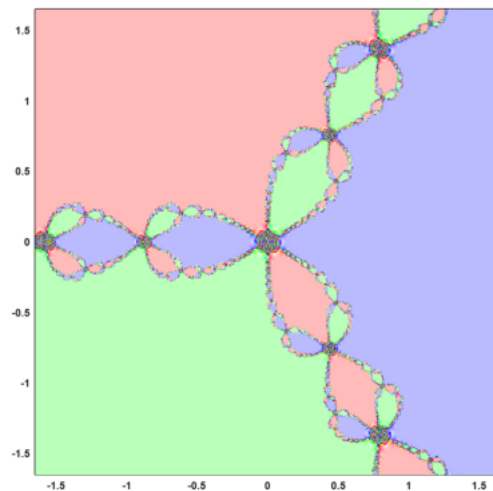
```
>z=&solve(p)()
```

```
[ -0.5+0.866025i, -0.5-0.866025i, 1+0i ]
```

Untuk menggambar hasil iterasinya, dihitung jarak dari hasil iterasi ke-10 ke masing-masing akar, kemudian digunakan untuk menghitung warna yang akan digambar, yang menunjukkan limit untuk masing-masing nilai awal.

Fungsi plotrgb() menggunakan jendela gambar terkini untuk menggambar warna RGB sebagai matriks.


```
>C=rgb(max(abs(W-z[1]),1),max(abs(W-z[2]),1),max(abs(W-z[3]),1)); ...
> plot2d(none,-r,r,-r,r); plotrgb(C):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_230306
30014_MAT%20B-276.png

Iterasi Simbolik

Seperti sudah dibahas sebelumnya, untuk menghasilkan barisan ekspresi simbolik dengan Maxima dapat digunakan fungsi makelist().

```
>&powerdisp:true // untuk menampilkan deret pangkat mulai dari suku berpangkat terkecil
```

```
true
```

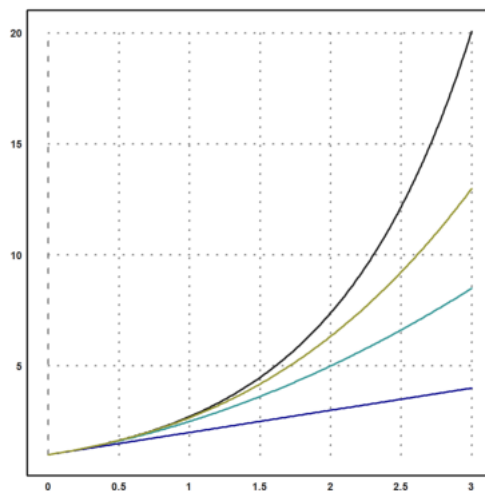
```
>deret &= makelist(taylor(exp(x),x,0,k),k,1,3); $deret // barisan deret Taylor untuk e^x
```

$$[1 + x, 1 + x + \frac{x^2}{2}, 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6}]$$

Untuk mengubah barisan deret tersebut menjadi vektor string di EMT digunakan fungsi mxm2str(). Selanjutnya, vektor string/ekspresi hasilnya dapat digambar seperti menggambar vektor ekspresi pada EMT.

```
>plot2d("exp(x)",0,3); // plot fungsi aslinya, e^x
```

```
>plot2d(mxm2str("$deret"),>add,color=4:6): // plot ketiga deret taylor hampiran fungsi tersebut
```



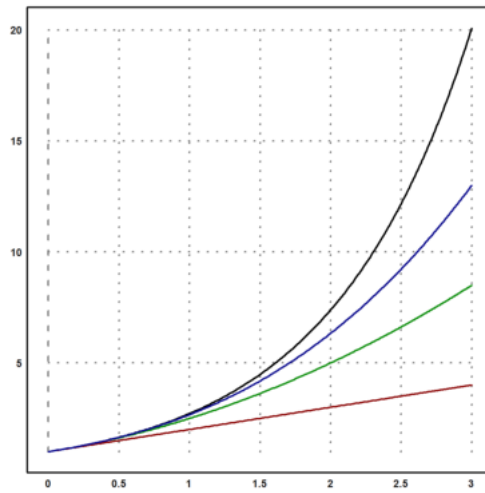
images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_230306
30014_MAT%20B-278.png

Selain cara di atas dapat juga dengan cara menggunakan indeks pada vektor/list yang dihasilkan.

```
>$deret[3]
```

$$1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6}$$

```
>plot2d(["exp(x)",&deret[1],&deret[2],&deret[3]],0,3,color=1:4):
```



images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-280.png

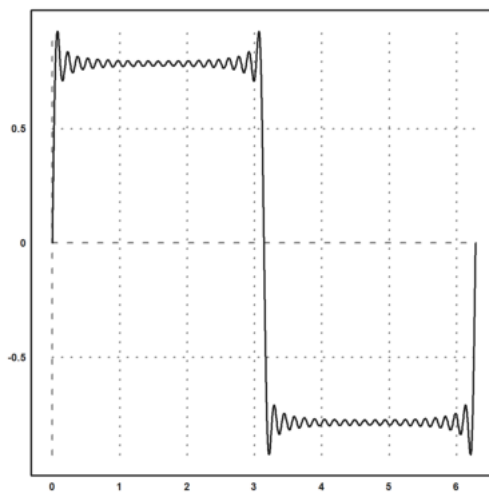
>\$sum(sin(k*x)/k,k,1,5)

$$\sin x + \frac{\sin (2 x)}{2} + \frac{\sin (3 x)}{3} + \frac{\sin (4 x)}{4} + \frac{\sin (5 x)}{5}$$

Berikut adalah cara menggambar kurva

$$y = \sin(x) + \frac{\sin 3x}{3} + \frac{\sin 5x}{5} + \dots .$$

>plot2d(&sum(sin((2*k+1)*x)/(2*k+1),k,0,20),0,2pi):

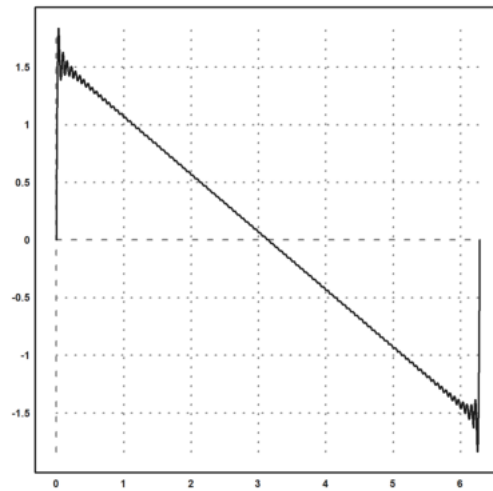


images/EMT%20KALKULUS_INDANH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-283.png

Hal serupa juga dapat dilakukan dengan menggunakan matriks, misalkan kita akan menggambar kurva

$$y = \sum_{k=1}^{100} \frac{\sin(kx)}{k}, \quad 0 \leq x \leq 2\pi.$$

>x=linspace(0,2pi,1000); k=1:100; y=sum(sin(k*x')/k)'; plot2d(x,y):



images/EMT%20KALKULUS_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-285.png

Tabel Fungsi

Terdapat cara menarik untuk menghasilkan barisan dengan ekspresi Maxima. Perintah `mxmtable()` berguna untuk menampilkan dan menggambar barisan dan menghasilkan barisan sebagai vektor kolom.

Sebagai contoh berikut adalah barisan turunan ke- n x^x di $x=1$.

```
>mxmtable("diffat(x^x,x=1,n)","n",1,8,frac=1);
```

Function `mxmtable` not found.
Try `list ...` to find functions!

```
Error in:
mxmtable("diffat(x^x,x=1,n)","n",1,8,frac=1); ...
```

```
>$'sum(k, k, 1, n) = factor(ev(sum(k, k, 1, n),simpsum=true)) // simpsum:menghitung
deret secara simbolik
```

$$\sum_{k=1}^n k = \frac{n(n+1)}{2}$$

```
>$'sum(1/(3^k+k), k, 0, inf) = factor(ev(sum(1/(3^k+k), k, 0, inf),simpsum=true))
```

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k+3^k} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{1}{k+3^k}$$

Di sini masih gagal, hasilnya tidak dihitung.

```
>$'sum(1/x^2, x, 1, inf) = ev(sum(1/x^2, x, 1, inf),simpsum=true) // ev: menghitung nilai
ekspresi
```

$$\sum_{x=1}^{\infty} \frac{1}{x^2} = \frac{\pi^2}{6}$$

```
>$'sum((-1)^(k-1)/k, k, 1, inf) = factor(ev(sum((-1)^(x-1)/x, x, 1, inf),simpsum=true))
```

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^{k-1}}{k} = - \sum_{x=1}^{\infty} \frac{(-1)^x}{x}$$

Di sini masih gagal, hasilnya tidak dihitung.

```
>$'sum((-1)^k/(2*k-1), k, 1, inf) = factor(ev(sum((-1)^k/(2*k-1), k, 1,
inf),simpsum=true))
```

$$\sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{-1+2k} = \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(-1)^k}{-1+2k}$$

```
>$ev(sum(1/n!, n, 0, inf),simpsum=true)
```

$$\sum_{n=0}^{\infty} \frac{1}{n!}$$

Di sini masih gagal, hasilnya tidak dihitung, harusnya hasilnya e .

```
>&assume(abs(x)<1); $'sum(a*x^k, k, 0, inf)=ev(sum(a*x^k, k, 0, inf),simpsum=true),
&forget(abs(x)<1);
```

$$a \sum_{k=0}^{\infty} x^k = \frac{a}{1-x}$$

Deret geometri tak hingga, dengan asumsi rasional antara -1 dan 1.

```
>$'sum(x^k/k!,k,0,inf)=ev(sum(x^k/k!,k,0,inf),simpsum=true)
```

$$\sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!} = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{x^k}{k!}$$

```
>$limit(sum(x^k/k!,k,0,n),n,inf)
```

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \sum_{k=0}^n \frac{x^k}{k!}$$

```
>function d(n) &= sum(1/(k^2-k),k,2,n); $'d(n)=d(n)
```

$$d(n) = \sum_{k=2}^n \frac{1}{-k + k^2}$$

```
>$d(10)=ev(d(10),simpsum=true)
```

$$\sum_{k=2}^{10} \frac{1}{-k + k^2} = \frac{9}{10}$$

```
>$d(100)=ev(d(100),simpsum=true)
```

$$\sum_{k=2}^{100} \frac{1}{-k + k^2} = \frac{99}{100}$$

Deret Taylor

Deret Taylor suatu fungsi f yang diferensiabel sampai tak hingga di sekitar x=a adalah:

$$f(x) = \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(x-a)^k f^{(k)}(a)}{k!}.$$

```
>$'e^x=taylor(exp(x),x,0,10) // deret Taylor e^x di sekitar x=0, sampai suku ke-11
```

$$e^x = 1 + x + \frac{x^2}{2} + \frac{x^3}{6} + \frac{x^4}{24} + \frac{x^5}{120} + \frac{x^6}{720} + \frac{x^7}{5040} + \frac{x^8}{40320} + \frac{x^9}{362880} + \frac{x^{10}}{3628800}$$

```
>$'log(x)=taylor(log(x),x,1,10)// deret log(x) di sekitar x=1
```

$$\log x = -1 - \frac{(-1+x)^2}{2} + \frac{(-1+x)^3}{3} - \frac{(-1+x)^4}{4} + \frac{(-1+x)^5}{5} - \frac{(-1+x)^6}{6} + \frac{(-1+x)^7}{7} - \frac{(-1+x)^8}{8} + \frac{(-1+x)^9}{9}$$

Aplikasi Komputer # Visualisasi dan Perhitungan Geometri dengan EMT

Euler menyediakan beberapa fungsi untuk melakukan visualisasi dan perhitungan geometri, baik secara numerik maupun analitik (seperti biasanya tentunya, menggunakan Maxima). Fungsi-fungsi untuk visualisasi dan perhitungan geometri tersebut disimpan di dalam file program “geometry.e”, sehingga file tersebut harus dipanggil sebelum menggunakan fungsi-fungsi atau perintah-perintah untuk geometri.

```
>load geometry
```

Numerical and symbolic geometry.

Fungsi-fungsi Geometri

Fungsi-fungsi untuk Menggambar Objek Geometri:

```
defaultd:=textheight()*1.5: nilai asli untuk parameter d
setPlotrange(x1,x2,y1,y2): menentukan rentang x dan y pada bidang koordinat
setPlotRange(r): pusat bidang koordinat (0,0) dan batas-batas sumbu-x dan y adalah -r sd
r
plotPoint (P, “P”): menggambar titik P dan diberi label “P”
plotSegment (A,B, “AB”, d): menggambar ruas garis AB, diberi label “AB” sejauh d
plotLine (g, “g”, d): menggambar garis g diberi label “g” sejauh d
plotCircle (c,“c”,v,d): Menggambar lingkaran c dan diberi label “c”
plotLabel (label, P, V, d): menuliskan label pada posisi P
```

Fungsi-fungsi Geometri Analitik (numerik maupun simbolik):

```
turn(v, phi): memutar vektor v sejauh phi
turnLeft(v): memutar vektor v ke kiri
turnRight(v): memutar vektor v ke kanan
normalize(v): normal vektor v
crossProduct(v, w): hasil kali silang vektorv dan w.
lineThrough(A, B): garis melalui A dan B, hasilnya [a,b,c] sdh. ax+by=c.
lineWithDirection(A,v): garis melalui A searah vektor v
getLineDirection(g): vektor arah (gradien) garis g
```

getNormal(g): vektor normal (tegak lurus) garis g
 getPointOnLine(g): titik pada garis g
 perpendicular(A, g): garis melalui A tegak lurus garis g
 parallel(A, g): garis melalui A sejajar garis g
 lineIntersection(g, h): titik potong garis g dan h
 projectToLine(A, g): proyeksi titik A pada garis g
 distance(A, B): jarak titik A dan B
 distanceSquared(A, B): kuadrat jarak A dan B
 quadrance(A, B): kuadrat jarak A dan B
 areaTriangle(A, B, C): luas segitiga ABC
 computeAngle(A, B, C): besar sudut $\angle ABC$
 angleBisector(A, B, C): garis bagi sudut $\angle ABC$
 circleWithCenter(A, r): lingkaran dengan pusat A dan jari-jari r
 getCircleCenter(c): pusat lingkaran c
 getCircleRadius(c): jari-jari lingkaran c
 circleThrough(A,B,C): lingkaran melalui A, B, C
 middlePerpendicular(A, B): titik tengah AB
 lineCircleIntersections(g, c): titik potong garis g dan lingkaran c
 circleCircleIntersections(c1, c2): titik potong lingkaran c1 dan c2
 planeThrough(A, B, C): bidang melalui titik A, B, C

Fungsi-fungsi Khusus Untuk Geometri Simbolik:

getLineEquation(g,x,y): persamaan garis g dinyatakan dalam x dan y
 getHesseForm(g,x,y,A): bentuk Hesse garis g dinyatakan dalam x dan y dengan titik A pada sisi positif (kanan/atas) garis
 quad(A,B): kuadrat jarak AB
 spread(a,b,c): Spread segitiga dengan panjang sisi-sisi a,b,c, yakni $\sin(\alpha)^2$ dengan α sudut yang menghadap sisi a.
 crosslaw(a,b,c,sa): persamaan 3 quads dan 1 spread pada segitiga dengan panjang sisi a, b, c.
 triplespread(sa,sb,sc): persamaan 3 spread sa,sb,sc yang membentuk suatu segitiga
 doublespread(sa): Spread sudut rangkap 2ϕ , dengan $sa=\sin(\phi)^2$ spread a.

Contoh 1: Luas, Lingkaran Luar, Lingkaran Dalam Segitiga

Untuk menggambar objek-objek geometri, langkah pertama adalah menentukan rentang sumbu-sumbu koordinat. Semua objek geometri akan digambar pada satu bidang koordinat, sampai didefinisikan bidang koordinat yang baru.

```
>setPlotRange(-0.5,2.5,-0.5,2.5); // mendefinisikan bidang koordinat baru
```

Sekarang, tetapkan tiga titik dan plotlah.

```
>A=[1,0]; plotPoint(A,"A"); // definisi dan gambar tiga titik
```

```
>B=[0,1]; plotPoint(B,"B");
```

```
>C=[2,2]; plotPoint(C,"C");
```

Kemudian tiga segmen.

```
>plotSegment(A,B,"c"); // c=AB
```

```
>plotSegment(B,C,"a"); // a=BC
```

```
>plotSegment(A,C,"b"); // b=AC
```

Fungsi geometri mencakup fungsi untuk membuat garis dan lingkaran. Format untuk garis adalah [a,b,c], yang merepresentasikan garis dengan persamaan $ax+by=c$.

```
>lineThrough(B,C) // garis yang melalui B dan C
```

```
[-1, 2, 2]
```

Hitung garis tegak lurus yang melalui A pada BC.

```
>h=perpendicular(A,lineThrough(B,C)); // garis h tegak lurus BC melalui A
```

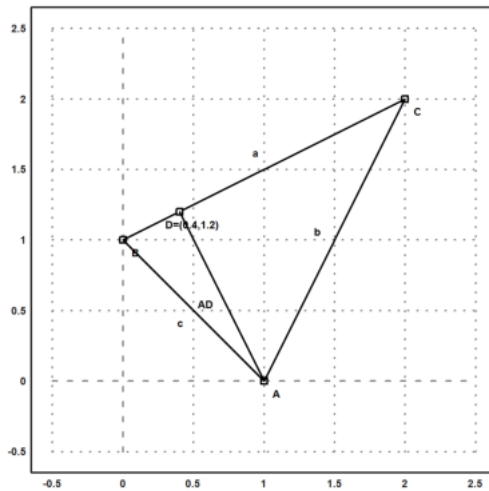
Dan persimpangannya dengan BC.

```
>D=lineIntersection(h,lineThrough(B,C)); // D adalah titik potong h dan BC
```

Plot itu.

```
>plotPoint(D,value=1); // koordinat D ditampilkan
```

```
>aspect(1); plotSegment(A,D); // tampilkan semua gambar hasil plot...()
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-001.png

Hitung luas ABC:

```
>norm(A-D)*norm(B-C)/2 // AD=norm(A-D), BC=norm(B-C)
```

1.5

Bandingkan dengan rumus determinan.

```
>areaTriangle(A,B,C) // hitung luas segitiga langsung dengan fungsi
```

1.5

Cara lain menghitung luas segitiga ABC:

```
>distance(A,D)*distance(B,C)/2
```

1.5

Sudut pada C.

```
>degprint(computeAngle(B,C,A))
```

36°52'11.63''

Sekarang, lingkariilah segitiga tersebut.

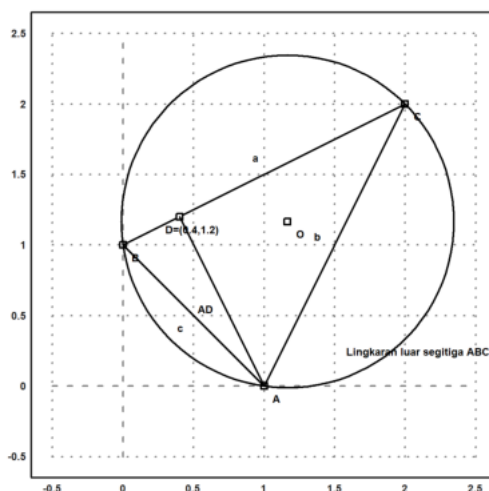
```
>c=circleThrough(A,B,C); // lingkaran luar segitiga ABC
```

```
>R=getCircleRadius(c); // jari2 lingkaran luar
```

```
>O=getCircleCenter(c); // titik pusat lingkaran c
```

```
>plotPoint(O,"O"); // gambar titik "O"
```

```
>plotCircle(c,"Lingkaran luar segitiga ABC");
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-002.png

Tampilkan koordinat titik pusat dan jari-jari lingkaran luar.

```
>O, R
```

```
[1.16667, 1.16667]
1.17851130198
```

Sekarang akan digambar lingkaran dalam segitiga ABC. Titik pusat lingkaran dalam adalah titik potong garis-garis bagi sudut.

```
>l=angleBisector(A,C,B); // garis bagi <ACB
```

```
>g=angleBisector(C,A,B); // garis bagi <CAB
```

```
>P=lineIntersection(l,g) // titik potong kedua garis bagi sudut
```

```
[0.86038, 0.86038]
```

Tambahkan semuanya ke plot.

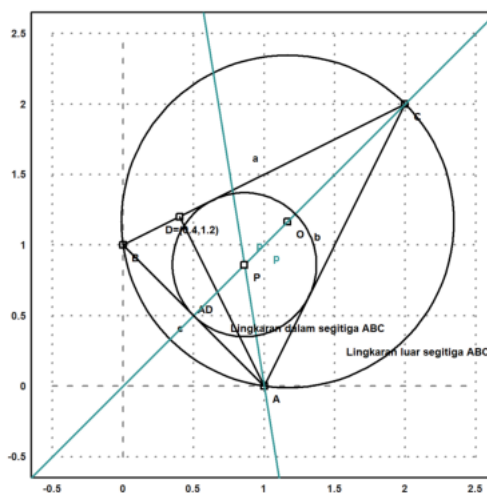
```
>color(5); plotLine(l); plotLine(g); color(1); // gambar kedua garis bagi sudut
```

```
>plotPoint(P,"P"); // gambar titik potongnya
```

```
>r=norm(P-projectToLine(P,lineThrough(A,B))) // jari-jari lingkaran dalam
```

```
0.509653732104
```

```
>plotCircle(circleWithCenter(P,r),"Lingkaran dalam segitiga ABC"); // gambar lingkaran dalam
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-003.png

Latihan

1. Tentukan ketiga titik singgung lingkaran dalam dengan sisi-sisi segitiga ABC.
2. Gambar segitiga dengan titik-titik sudut ketiga titik singgung tersebut. Merupakan segitiga apakah itu?
3. Hitung luas segitiga tersebut.
4. Tunjukkan bahwa garis bagi sudut yang ke tiga juga melalui titik pusat lingkaran dalam.
5. Gambar jari-jari lingkaran dalam.
6. Hitung luas lingkaran luar dan luas lingkaran dalam segitiga ABC. Adakah hubungan antara luas kedua lingkaran tersebut dengan luas segitiga ABC?

```
>setPlotRange(-2.5,4.5,-2.5,4.5);
```

```
>A=[-2,1]; plotPoint(A,"A");
```

```
>B=[1,-2]; plotPoint(B,"B");
```

```
>C=[4,4]; plotPoint(C,"C");
```

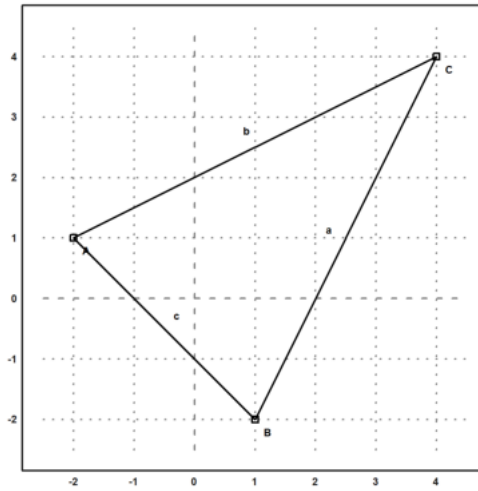
2. Gambar segitiga dengan titik-titik sudut ketiga titik singgung tersebut. Merupakan segitiga apakah itu?

```
>plotSegment(A,B,"c");
```

```
>plotSegment(B,C,"a");
```

```
>plotSegment(A,C,"b");
```

```
>aspect(1);
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-004.png

3. Hitung luas segitiga tersebut.

```
>distance(A,D)*distance(B,C)/2
```

8.0777472107

4. Tunjukkan bahwa garis bagi sudut yang ke tiga juga melalui titik pusat lingkaran dalam.

```
>l=angleBisector(A,C,B);
```

```
>g=angleBisector(C,A,B);
```

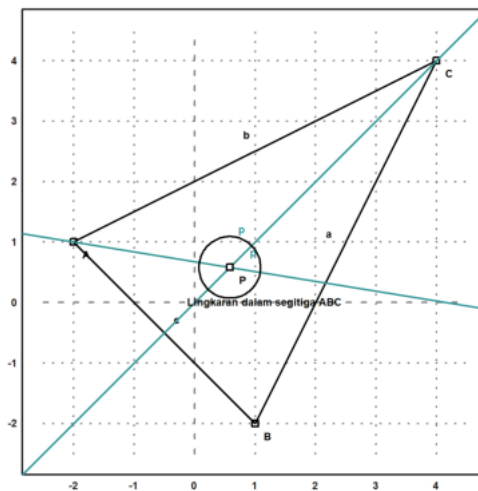
```
>P=lineIntersection(l,g)
```

[0.581139, 0.581139]

```
>color(5); plotLine(l); plotLine(g); color(1);
```

```
>plotPoint(P,"P");
```

```
>plotCircle(circleWithCenter(P,r),"Lingkaran dalam segitiga ABC");
```



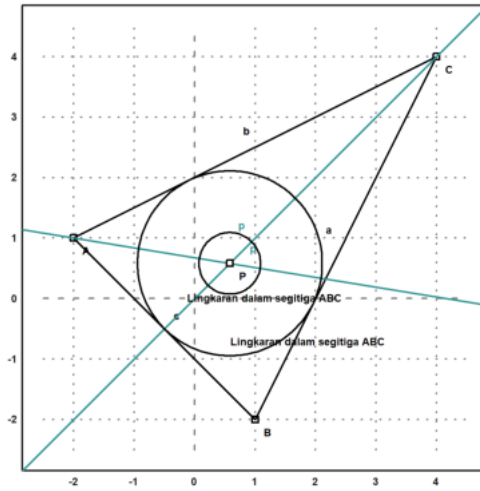
images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-005.png

5. Gambar jari-jari lingkaran dalam.

```
>r=norm(P-projectToLine(P,lineThrough(A,B)))
```

1.52896119631

```
>plotCircle(circleWithCenter(P,r),"Lingkaran dalam segitiga ABC");
```

images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-006.png

Contoh 2: Geometri Smbolik

Kita dapat menghitung geometri eksak dan simbolik menggunakan Maxima.

File geometri.e menyediakan fungsi-fungsi yang sama (dan lebih banyak lagi) di Maxima. Namun, kita dapat menggunakan komputasi simbolik sekarang.

```
>A &= [1,0]; B &= [0,1]; C &= [2,2]; // menentukan tiga titik A, B, C
```

Fungsi untuk garis dan lingkaran bekerja seperti fungsi Euler, tetapi menyediakan komputasi simbolis.

```
>c &= lineThrough(B,C) // c=BC
```

$$[-1, 2, 2]$$

Kita bisa mendapatkan persamaan untuk sebuah garis dengan mudah.

```
>$getLineEquation(c,x,y), $solve(%,y) | expand // persamaan garis c
```

$$\left[y = \frac{x}{2} + 1 \right]$$

$$\left[y = \frac{x}{2} + 1 \right]$$

```
>$getLineEquation(lineThrough([x1,y1],[x2,y2]),x,y), $solve(%,y) // persamaan garis melalui (x1, y1) dan (x2, y2)
```

$$\left[y = \frac{-(x_1 - x)y_2 - (x - x_2)y_1}{x_2 - x_1} \right]$$

$$\left[y = \frac{-(x_1 - x)y_2 - (x - x_2)y_1}{x_2 - x_1} \right]$$

```
>$getLineEquation(lineThrough(A,[x1,y1]),x,y) // persamaan garis melalui A dan (x1, y1)
```

$$(x_1 - 1)y - x y_1 = -y_1$$

```
>h &= perpendicular(A,lineThrough(B,C)) // h melalui A tegak lurus BC
```

$$[2, -1, 2]$$

```
>Q &= lineIntersection(c,h) // Q titik potong garis c=BC dan h
```

$$\begin{bmatrix} 2 & 6 \\ -1 & -1 \\ 5 & 5 \end{bmatrix}$$

```
>$projectToLine(A,lineThrough(B,C)) // proyeksi A pada BC
```

$$\left[\frac{2}{5}, \frac{6}{5} \right]$$

```
>$distance(A,Q) // jarak AQ
```

$$\frac{3}{\sqrt{5}}$$

```
>cc &= circleThrough(A,B,C); $cc // (titik pusat dan jari-jari) lingkaran melalui A, B, C
```

$$\left[\frac{7}{6}, \frac{7}{6}, \frac{5}{3\sqrt{2}} \right]$$

```
>r:=getCircleRadius(cc); $r , $float(r) // tampilkan nilai jari-jari
```

1.178511301977579

1.178511301977579

```
>$computeAngle(A,C,B) // nilai <ACB
```

$$\arccos\left(\frac{4}{5}\right)$$

```
>$solve(getLineEquation(angleBisector(A,C,B),x,y),y)[1] // persamaan garis bagi <ACB
```

$$y = x$$

```
>P &:= lineIntersection(angleBisector(A,C,B),angleBisector(C,B,A)); $P // titik potong 2 garis bagi sudut
```

$$\left[\frac{\sqrt{2}\sqrt{5}+2}{6}, \frac{\sqrt{2}\sqrt{5}+2}{6} \right]$$

```
>P() // hasilnya sama dengan perhitungan sebelumnya
```

[0.86038, 0.86038]

Garis dan Lingkaran yang Berpotongan

Tentu saja, kita juga bisa memotong garis dengan lingkaran, dan lingkaran dengan lingkaran.

```
>A &:= [1,0]; c:=circleWithCenter(A,4);
```

```
>B &:= [1,2]; C &:= [2,1]; l:=lineThrough(B,C);
```

```
>setPlotRange(5); plotCircle(c); plotLine(l);
```

Perpotongan garis dengan lingkaran menghasilkan dua titik dan jumlah titik perpotongan.

```
>{P1,P2,f}=lineCircleIntersections(l,c);
```

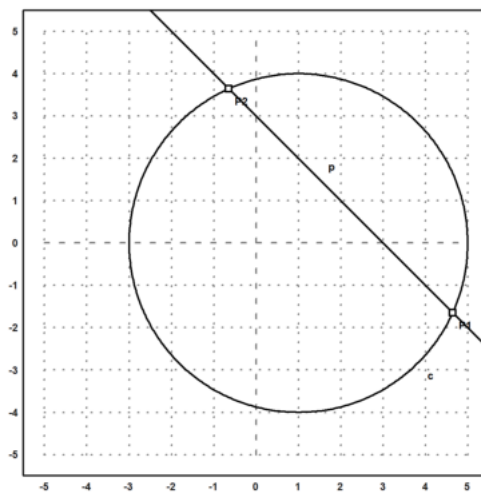
```
>P1, P2, f
```

[4.64575, -1.64575]

[-0.645751, 3.64575]

2

```
>plotPoint(P1); plotPoint(P2):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-020.png

Hal yang sama pada Maxima.

```
>c &:= circleWithCenter(A,4) // lingkaran dengan pusat A jari-jari 4
```

[1, 0, 4]

```
>l &:= lineThrough(B,C) // garis l melalui B dan C
```

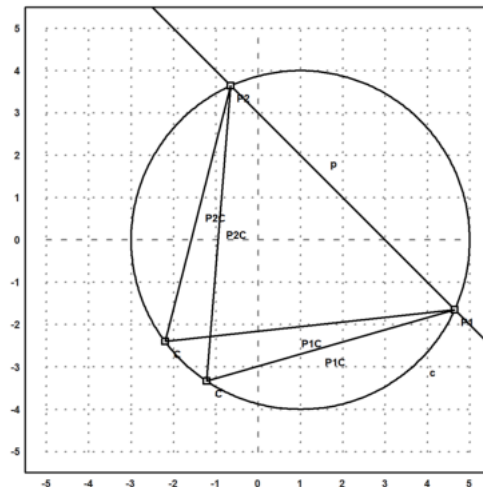
[1, 1, 3]

```
>$lineCircleIntersections(l,c) | radcan, // titik potong lingkaran c dan garis l
```

$$[[\sqrt{7} + 2, 1 - \sqrt{7}], [2 - \sqrt{7}, \sqrt{7} + 1]]$$

Akan ditunjukkan bahwa sudut-sudut yang menghadap busur yang sama adalah sama besar.

```
>C=A+normalize([-2,-3])*4; plotPoint(C); plotSegment(P1,C); plotSegment(P2,C);
>degprint(computeAngle(P1,C,P2))
69°17'42.68''
>C=A+normalize([-4,-3])*4; plotPoint(C); plotSegment(P1,C); plotSegment(P2,C);
>degprint(computeAngle(P1,C,P2))
69°17'42.68''
>insimg;
```



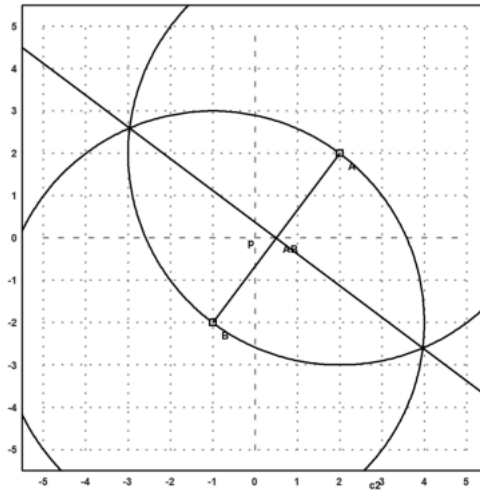
images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-022.png

Garis Sumbu

Berikut adalah langkah-langkah menggambar garis sumbu ruas garis AB:

1. Gambar lingkaran dengan pusat A melalui B.
2. Gambar lingkaran dengan pusat B melalui A.
3. Tarik garis melalui kedua titik potong kedua lingkaran tersebut. Garis ini merupakan garis sumbu (melalui titik tengah dan tegak lurus) AB.

```
>A=[2,2]; B=[-1,-2];
>c1=circleWithCenter(A,distance(A,B));
>c2=circleWithCenter(B,distance(A,B));
>{P1,P2,f}=circleCircleIntersections(c1,c2);
>l=lineThrough(P1,P2);
>setPlotRange(5); plotCircle(c1); plotCircle(c2);
>plotPoint(A); plotPoint(B); plotSegment(A,B); plotLine(l);
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-023.png

Selanjutnya, kami melakukan hal yang sama di Maxima dengan koordinat umum.

```
>A &= [a1,a2]; B &= [b1,b2];
```

```
>c1 &= circleWithCenter(A,distance(A,B));
```

```
>c2 &= circleWithCenter(B,distance(A,B));
```

```
>P &= circleCircleIntersections(c1,c2); P1 &= P[1]; P2 &= P[2];
```

Persamaan untuk persimpangan cukup rumit. Tetapi kita dapat menyederhanakannya, jika kita menyelesaikan untuk y.

```
>g &= getLineEquation(lineThrough(P1,P2),x,y);
```

```
>$solve(g,y)
```

$$\left[y = \frac{-(2b_1 - 2a_1)x + b_2^2 + b_1^2 - a_2^2 - a_1^2}{2b_2 - 2a_2} \right]$$

Ini memang sama dengan tegak lurus tengah, yang dihitung dengan cara yang sama sekali berbeda.

```
>$solve(getLineEquation(middlePerpendicular(A,B),x,y),y)
```

$$\left[y = \frac{-(2b_1 - 2a_1)x + b_2^2 + b_1^2 - a_2^2 - a_1^2}{2b_2 - 2a_2} \right]$$

```
>h &= getLineEquation(lineThrough(A,B),x,y);
```

```
>$solve(h,y)
```

$$\left[y = \frac{(b_2 - a_2)x - a_1b_2 + a_2b_1}{b_1 - a_1} \right]$$

Perhatikan hasil kali gradien garis g dan h adalah:

Artinya kedua garis tegak lurus.

Contoh 3: Rumus Heron

Rumus Heron menyatakan bahwa luas segitiga dengan panjang sisi-sisi a, b dan c adalah:

atau bisa ditulis dalam bentuk lain:

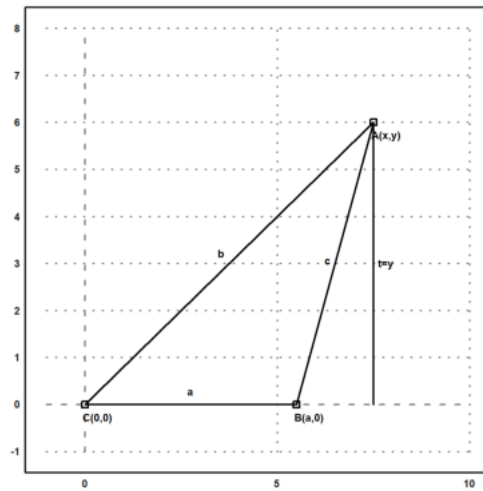
Untuk membuktikan hal ini kita misalkan C(0,0), B(a,0) dan A(x,y), b=AC, c=AB. Luas segitiga ABC adalah

Nilai y didapat dengan menyelesaikan sistem persamaan:

```
>setPlotRange(-1,10,-1,8); plotPoint([0,0], "C(0,0)"); plotPoint([5.5,0], "B(a,0)"); ...
>plotPoint([7.5,6], "A(x,y)");
```

```
>plotSegment([0,0],[5.5,0], "a",25); plotSegment([5.5,0],[7.5,6], "c",15); ...
>plotSegment([0,0],[7.5,6], "b",25);
```

```
>plotSegment([7.5,6],[7.5,0], "t=y",25);
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-027.png

```
> assume(a>0); sol:=solve([x^2+y^2=b^2,(x-a)^2+y^2=c^2],[x,y])
[]
```

Ekstrak solusi dari y.

```
> ysol:=y with sol[2][2]; $'y:=sqrt(factor(ysol^2))
```

Maxima said:
part: invalid index of list or matrix.
-- an error. To debug this try: debugmode(true);

Error in:
ysol:=y with sol[2][2]; \$'y:=sqrt(factor(ysol^2)) ...
^

Kami mendapatkan rumus Heron.

```
> function H(a,b,c) := sqrt(factor((ysol*a/2)^2)); $'H(a,b,c)=H(a,b,c)
```

$$H(a, b, c) = \frac{a |ysol|}{2}$$

```
> $'Luas=H(2,5,6) // luas segitiga dengan panjang sisi-sisi 2, 5, 6
```

$$\text{Luas} = |ysol|$$

Tentu saja, setiap segitiga persegi panjang adalah kasus yang terkenal.

```
> $'Luas=H(3,4,5) // luas segitiga siku-siku dengan panjang sisi 3, 4, 5
```

$$\text{Luas} = \frac{3 |ysol|}{2}$$

Dan juga jelas, bahwa ini adalah segitiga dengan luas maksimal dan kedua sisi 3 dan 4.

```
> aspect(1.5); plot2d(&H(3,4,x),1,7): // Kurva luas segitiga sengan panjang sisi 3, 4, x
(1<= x <=7)
```

Variable or function ysol not found.
Error in expression: 3*abs(ysol)/2
%ploteval:
y0=f\$(x[1],args());
adaptiveevalone:
s=%ploteval(g\$,t,args());
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
plot2d:
dw/n,dw/n^2,dw/n,auto,args());

Kasus umum juga bisa digunakan.

```
> $solve(diff(H(a,b,c)^2,c)=0,c)
```

all

Sekarang mari kita cari himpunan semua titik di mana $b+c=d$ untuk suatu konstanta d . Sudah diketahui bahwa ini adalah sebuah elips.

```
> s1:=subst(d-c,b,sol[2]); $s1
```

Maxima said:
part: invalid index of list or matrix.
-- an error. To debug this try: debugmode(true);

```
Error in:
s1 &= subst(d-c,b,sol[2]); $s1 ...
      ^
```

Dan membuat fungsi-fungsi ini.

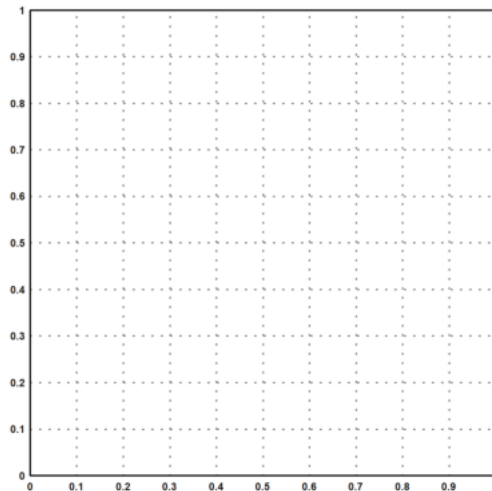
```
>function fx(a,c,d) &= rhs(s1[1]); $fx(a,c,d), function fy(a,c,d) &= rhs(s1[2]); $fy(a,c,d)
```

0

0

Sekarang kita dapat menggambar himpunan tersebut. Sisi b bervariasi dari 1 hingga 4. Sudah diketahui bahwa kita mendapatkan sebuah elips.

```
>aspect(1); plot2d(&fx(3,x,5),&fy(3,x,5),xmin=1,xmax=4,square=1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-034.png

Kita dapat memeriksa persamaan umum untuk elips ini, yaitu

$$\frac{(x - x_m)^2}{u^2} + \frac{(y - y_m)^2}{v^2} = 1,$$

di mana (x_m, y_m) adalah pusat, dan u serta v adalah setengah sumbu.

```
>$ratsimp((fx(a,c,d)-a/2)^2/u^2+fy(a,c,d)^2/v^2 with [u=d/2,v=sqrt(d^2-a^2)/2])
```

$$\frac{a^2}{d^2}$$

Kita melihat bahwa tinggi dan luas segitiga adalah maksimal untuk $x=0$. Dengan demikian, luas segitiga dengan $a+b+c=d$ adalah maksimal, jika segitiga tersebut sama sisi. Kita ingin membuktikannya secara analitis.

```
>eqns &= [diff(H(a,b,d-(a+b))^2,a)=0,diff(H(a,b,d-(a+b))^2,b)=0]; $eqns
```

$$\left[\frac{a^2}{2} = 0, 0 = 0 \right]$$

Kita mendapatkan beberapa minima, yang termasuk dalam segitiga dengan satu sisi 0, dan solusi $a = b = c = d / 3$.

```
>$solve(eqns,[a,b])
```

```
[[a = 0, b = %r1]]
```

Ada juga metode Lagrange, yang memaksimalkan $H(a,b,c)^2$ sehubungan dengan $a+b+c=d$.

```
>&solve([diff(H(a,b,c)^2,a)=la,diff(H(a,b,c)^2,b)=la, ...
> diff(H(a,b,c)^2,c)=la,a+b+c=d],[a,b,c,la])
```

Maxima said:

```
diff: second argument must be a variable; found [1,0,4]
-- an error. To debug this try: debugmode(true);
```

Error in:

```
... la, diff(H(a,b,c)^2,c)=la,a+b+c=d],[a,b,c,la]) ...
      ^
```

Kita dapat membuat plot situasi

Pertama-tama, tetapkan titik-titik di Maxima.

```
>A &= at([x,y],sol[2]); $A
```

```
Maxima said:
part: invalid index of list or matrix.
-- an error. To debug this try: debugmode(true);
```

```
Error in:
A &= at([x,y],sol[2]); $A ...
      ^
```

```
>B &= [0,0]; $B, C &= [a,0]; $C
```

```
[a, 0]
```

```
[a, 0]
```

Kemudian, tetapkan kisaran plot, dan plot titik-titiknya.

```
>setPlotRange(0,5,-2,3); ...
>a=4; b=3; c=2; ...
>plotPoint(mxmeval("B"),"B"); plotPoint(mxmeval("C"),"C"); ...
>plotPoint(mxmeval("A"),"A");
```

```
Variable a1 not found!
Use global variables or parameters for string evaluation.
Error in Evaluate, superfluous characters found.
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
mxmeval:
  return evaluate(mxm(s));
Error in:
... otPoint(mxmeval("C"),"C"); plotPoint(mxmeval("A"),"A"): ...
      ^
```

Plot segmen-segmen tersebut.

```
>plotSegment(mxmeval("A"),mxmeval("C")); ...
>plotSegment(mxmeval("B"),mxmeval("C")); ...
>plotSegment(mxmeval("B"),mxmeval("A"));
```

```
Variable a1 not found!
Use global variables or parameters for string evaluation.
Error in Evaluate, superfluous characters found.
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
mxmeval:
  return evaluate(mxm(s));
Error in:
plotSegment(mxmeval("A"),mxmeval("C")); plotSegment(mxmeval("B ...
      ^
```

Hitung garis tegak lurus tengah dalam Maxima.

```
>h &= middlePerpendicular(A,B); g &= middlePerpendicular(B,C);
```

Dan bagian tengah lingkaran.

```
>U &= lineIntersection(h,g);
```

Kita mendapatkan rumus untuk jari-jari lingkaran.

```
>&assume(a>0,b>0,c>0); $distance(U,B) | radcan
```

$$\frac{\sqrt{a_2^2 + a_1^2} \sqrt{a_2^2 + a_1^2 - 2 a_1 a_2}}{2 |a_2|}$$

Mari kita tambahkan ini ke dalam plot.

```
>plotPoint(U()); ...
>plotCircle(circleWithCenter(mxmeval("U"),mxmeval("distance(U,C)"))):
```

```
Variable a2 not found!
Use global variables or parameters for string evaluation.
Error in ^
Error in expression: [a/2, (a^2+a1^2-a*a1)/(2*a2)]
Error in:
plotPoint(U()); plotCircle(circleWithCenter(mxmeval("U"),mxmev ...
      ^
```

Dengan menggunakan geometri, kami memperoleh rumus sederhana

untuk radius. Kita bisa mengecek, apakah hal ini benar dengan Maxima. Maxima akan memperhitungkannya hanya jika kita mengkuadratkannya.

```
>$c^2/sin(computeAngle(A,B,C))^2 | factor
```

$$\left[\frac{a_2^2 + a_1^2}{a_2^2}, 0, \frac{16 (a_2^2 + a_1^2)}{a_2^2} \right]$$

Contoh 4: Garis Euler dan Parabola

Garis Euler adalah garis yang ditentukan dari segitiga apa pun yang tidak sama sisi. Garis ini merupakan garis tengah segitiga, dan melewati beberapa titik penting yang ditentukan dari segitiga, termasuk ortosentrum, circumcentrum, centroid, titik Exeter, dan pusat lingkaran sembilan titik segitiga.

Sebagai demonstrasi, kami menghitung dan memplot garis Euler dalam sebuah segitiga.

Pertama, kita mendefinisikan sudut-sudut segitiga dalam Euler. Kami menggunakan definisi, yang terlihat dalam ekspresi simbolis.

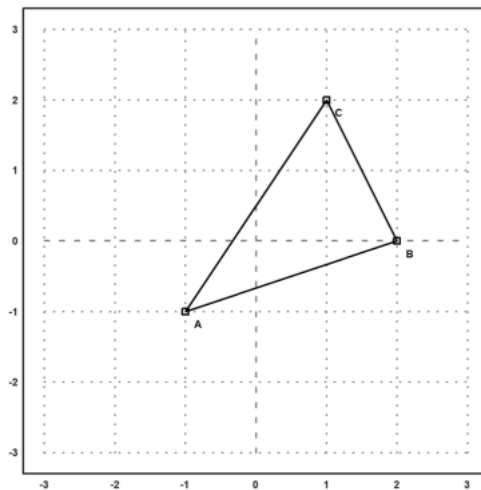
```
>A::=[-1,-1]; B::=[2,0]; C::=[1,2];
```

Untuk memplot objek geometris, kita menyiapkan area plot, dan menambahkan titik-titiknya. Semua plot objek geometris ditambahkan ke plot saat ini.

```
>setPlotRange(3); plotPoint(A,"A"); plotPoint(B,"B"); plotPoint(C,"C");
```

Kita juga bisa menambahkan sisi-sisi segitiga.

```
>plotSegment(A,B,""); plotSegment(B,C,""); plotSegment(C,A,"");
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-043.png

Berikut ini adalah luas area segitiga, dengan menggunakan rumus determinan. Tentu saja, kita harus mengambil nilai absolut dari hasil ini.

```
>$areaTriangle(A,B,C)
```

$$-\frac{7}{2}$$

Kita dapat menghitung koefisien dari sisi c.

```
>c &= lineThrough(A,B)
```

$$[-1, 3, -2]$$

Dan juga mendapatkan formula untuk baris ini.

```
>$getLineEquation(c,x,y)
```

$$3y - x = -2$$

Untuk bentuk Hesse, kita perlu menentukan sebuah titik, sehingga titik tersebut berada di sisi positif dari bentuk Hesse. Memasukkan titik tersebut akan menghasilkan jarak positif ke garis.

```
>$getHesseForm(c,x,y,C), $at(%, [x=C[1],y=C[2]])
```

$$\frac{7}{\sqrt{10}}$$

$$\frac{7}{\sqrt{10}}$$

Sekarang kita menghitung keliling ABC.

```
>LL &= circleThrough(A,B,C); $getCircleEquation(LL,x,y)
```

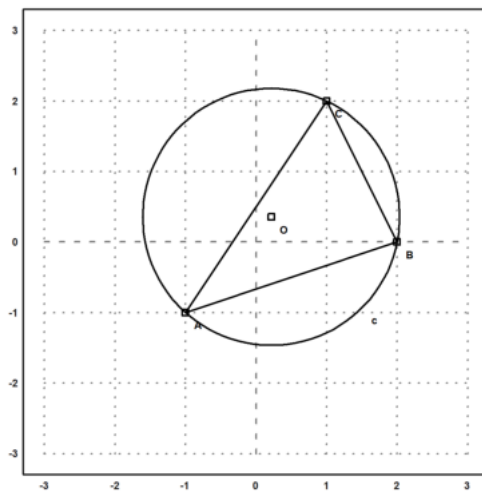
$$\left(y - \frac{5}{14}\right)^2 + \left(x - \frac{3}{14}\right)^2 = \frac{325}{98}$$

```
>O &= getCircleCenter(LL); $O
```


$$\left[\frac{3}{14}, \frac{5}{14} \right]$$

Plot lingkaran dan pusatnya. Cu dan U adalah simbolik. Kami mengevaluasi ekspresi ini untuk Euler.

>plotCircle(LL()); plotPoint(O(),"O"):



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-050.png

Kita dapat menghitung perpotongan ketinggian di ABC (pusat ortosentrum) secara numerik dengan perintah berikut ini.

>H &= lineIntersection(perpendicular(A,lineThrough(C,B)),...
> perpendicular(B,lineThrough(A,C))); \$H

$$\left[\frac{11}{7}, \frac{2}{7} \right]$$

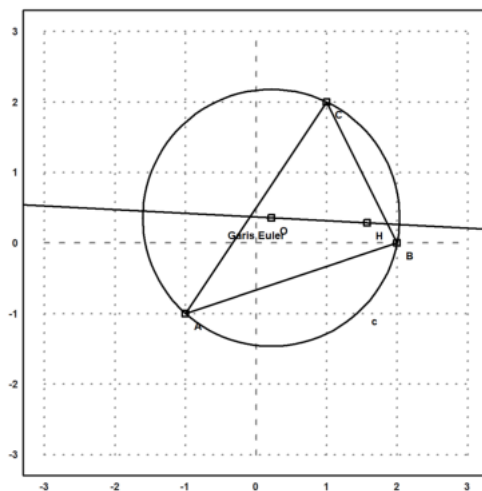
Sekarang kita dapat menghitung garis Euler dari segitiga tersebut.

>el &= lineThrough(H,O); \$getLineEquation(el,x,y)

$$-\frac{19}{14}y - \frac{x}{14} = -\frac{1}{2}$$

Tambahkan ke plot kami.

>plotPoint(H(),"H"); plotLine(el(),"Garis Euler"):



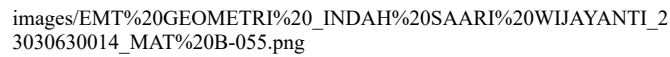
images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-053.png

Pusat gravitasi harus berada pada garis ini.

>M &= (A+B+C)/3; \$getLineEquation(el,x,y) with

$$-\frac{1}{2} = -\frac{1}{2}$$

>plotPoint(M(),"M"): // titik berat



2

$$\arccos\left(\frac{4}{\sqrt{5}\sqrt{13}}\right)$$
$$\left[\frac{(2^{\frac{3}{2}} + 1) \sqrt{5} \sqrt{13} - 15 \sqrt{2} + 3}{14}, \frac{(\sqrt{2} - 3) \sqrt{5} \sqrt{13} + 5 \cdot 2^{\frac{3}{2}} + 5}{14} \right]$$
$$\frac{\sqrt{(-41\sqrt{2}-31)\sqrt{5}\sqrt{13}+115\sqrt{2}+614}}{7\sqrt{2}}$$

images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014 MAT%20B-060.png

Parabola

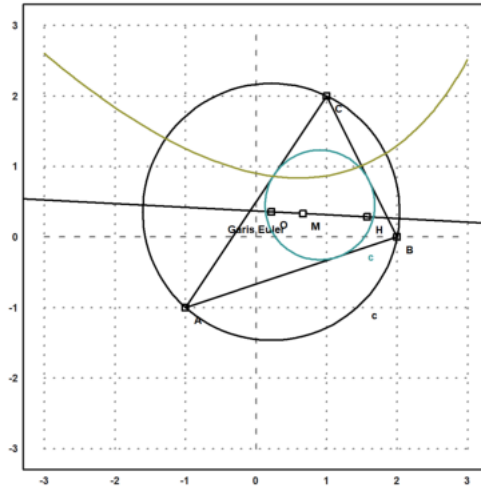
Selanjutnya akan dicari persamaan tempat kedudukan titik-titik yang berjarak sama ke titik C dan ke garis AB.

```
>p &= getHesseForm(lineThrough(A,B),x,y,C)-distance([x,y],C); $p='0
```

$$\frac{3y - x + 2}{\sqrt{10}} - \sqrt{(2-y)^2 + (1-x)^2} = 0$$

Persamaan tersebut dapat digambar menjadi satu dengan gambar sebelumnya.

```
>plot2d(p,level=0,add=1,contourcolor=6):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-062.png

Ini seharusnya merupakan suatu fungsi, tetapi solver default Maxima hanya bisa menemukan solusinya jika kita mengkuadratkan persamaannya. Akibatnya, kita mendapatkan solusi palsu.

```
>akar &= solve(getHesseForm(lineThrough(A,B),x,y,C)^2-distance([x,y],C)^2,y)
```

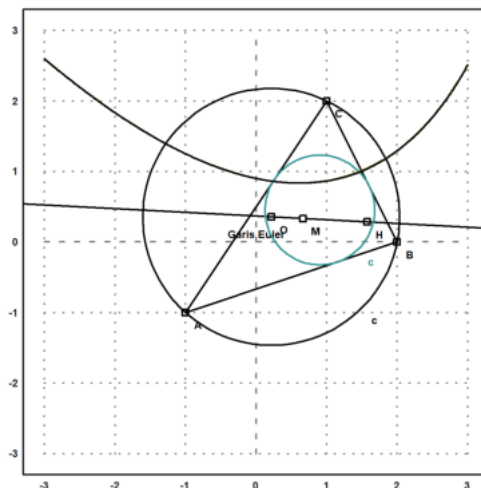
$$\begin{aligned} [y &= -3x - \sqrt{70} \sqrt{9-2x} + 26, \\ y &= -3x + \sqrt{70} \sqrt{9-2x} + 26] \end{aligned}$$

Solusi pertama adalah

```
maxima: akar[1]
```

Dengan menambahkan solusi pertama ke dalam plot, maka akan terlihat bahwa ini adalah jalur yang kita cari. Teori mengatakan bahwa ini adalah sebuah parabola yang diputar.

```
>plot2d(&rhs(akar[1]),add=1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-063.png

```
>function g(x) &= rhs(akar[1]); $'g(x)= g(x)// fungsi yang mendefinisikan kurva di atas
```

$$g(x) = -3x - \sqrt{70} \sqrt{9-2x} + 26$$

```
>T &= [-1, g(-1)]; // ambil sebarang titik pada kurva tersebut
```

```
>dTC &= distance(T,C); $fullratsimp(dTC), $float(%) // jarak T ke C
```

```
2.135605779339061
```

```
2.135605779339061
```

```
>U &= projectToLine(T,lineThrough(A,B)); $U // proyeksi T pada garis AB
```

$$\left[\frac{80 - 3\sqrt{11}\sqrt{70}}{10}, \frac{20 - \sqrt{11}\sqrt{70}}{10} \right]$$

```
>dU2AB &= distance(T,U); $fullratsimp(dU2AB), $float(%) // jarak T ke AB
```

```
2.135605779339061
```

```
2.135605779339061
```

Ternyata jarak T ke C sama dengan jarak T ke AB. Coba Anda pilih titik T yang lain dan ulangi perhitungan-perhitungan di atas untuk menunjukkan bahwa hasilnya juga sama.

Contoh 5: Trigonometri Rasional

Ini terinspirasi dari sebuah ceramah N.J. Wildberger. Dalam bukunya “Proporsi Ilahi”, Wildberger mengusulkan untuk mengganti gagasan klasik tentang jarak dan sudut dengan kuadransi dan penyebaran. Dengan menggunakan ini, memang memungkinkan untuk menghindari fungsi trigonometri dalam banyak contoh, dan tetap “rasional”.

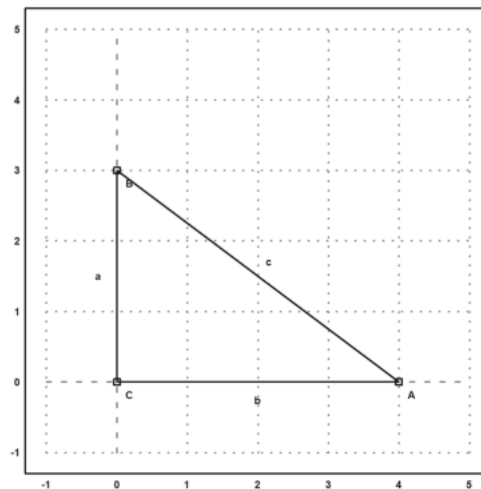
Berikut ini, saya akan memperkenalkan konsep-konsep tersebut, dan memecahkan beberapa masalah. Saya menggunakan komputasi simbolik Maxima di sini, yang menyembunyikan keuntungan utama dari trigonometri rasional yaitu komputasi dapat dilakukan dengan kertas dan pensil saja. Anda dipersilakan untuk memeriksa hasilnya tanpa komputer.

Intinya adalah bahwa komputasi rasional simbolik sering kali memberikan hasil yang sederhana. Sebaliknya, trigonometri klasik menghasilkan hasil trigonometri yang rumit, yang dievaluasi dengan pendekatan numerik saja.

```
>load geometry;
```

Untuk pengenalan pertama, kita menggunakan segitiga persegi panjang dengan proporsi Mesir yang terkenal 3, 4, dan 5. Perintah berikut ini adalah perintah Euler untuk memplot geometri bidang yang terdapat pada file Euler “geometry.e”.

```
>C&:=[0,0]; A&:=[4,0]; B&:=[0,3]; ...
>setPlotRange(-1,5,-1,5); ...
>plotPoint(A,“A”); plotPoint(B,“B”); plotPoint(C,“C”); ...
>plotSegment(B,A,“c”); plotSegment(A,C,“b”); plotSegment(C,B,“a”); ...
>insimg(30);
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-070.png

Tentunya,

di mana w adalah sudut di A. Cara biasa untuk menghitung sudut ini, adalah dengan mengambil kebalikan dari fungsi sinus. Hasilnya adalah sudut yang tidak dapat dicerna, yang hanya dapat dicetak kira-kira.

```
>wa := arcsin(3/5); degprint(wa)
```

```
36°52'11.63''
```

Trigonometri rasional mencoba menghindari hal ini.

Gagasan pertama trigonometri rasional adalah kuadrat, yang menggantikan jarak. Sebenarnya, ini hanyalah jarak yang dikuadratkan. Berikut ini, a, b, dan c menunjukkan kuadran sisi-sisinya.

Teorema Pythagoras menjadi $a + b = c$.

$a = 3^2$; $b = 4^2$; $c = 5^2$; $a+b=c$

$$25 = 25$$

Gagasan kedua dari trigonometri rasional adalah penyebaran. Penyebaran mengukur bukaan di antara garis-garis. Ini adalah 0, jika garis-garisnya sejajar, dan 1, jika garis-garisnya persegi panjang. Ini adalah kuadrat dari sinus sudut antara dua garis.

Penyebaran garis AB dan AC pada gambar di atas didefinisikan sebagai

di mana a dan c adalah kuadran dari segitiga persegi panjang dengan satu sudut di A.

$s_a = a/c$; s_a

$$\frac{9}{25}$$

Tentu saja, hal ini lebih mudah dihitung daripada sudut. Tetapi Anda kehilangan sifat bahwa sudut dapat ditambahkan dengan mudah.

Tentu saja, kita bisa mengonversi nilai perkiraan kita untuk sudut ke radian, dan mencetaknya sebagai pecahan.

$\text{fracprint}(\sin(wa)^2)$

$$9/25$$

Hukum kosinus trigonometri klasik diterjemahkan ke dalam “hukum silang” berikut ini.

Di sini a, b, dan c adalah kuadran dari sisi-sisi segitiga, dan s_a adalah penyebaran di sudut A. Sisi a, seperti biasa, berlawanan dengan sudut A.

Hukum-hukum ini diimplementasikan dalam file `geometry.e` yang kita masukkan ke dalam Euler.

$\text{crosslaw}(aa,bb,cc,saa)$

$$\left[\left(bb - aa + \frac{7}{6} \right)^2, \left(bb - aa + \frac{7}{6} \right)^2, \left(bb - aa + \frac{5}{3\sqrt{2}} \right)^2 \right] = \left[\frac{14bb(1-saa)}{3}, \frac{14bb(1-saa)}{3}, \frac{5\frac{1}{2}bb(1-saa)}{3} \right]$$

Dalam kasus kami, kami mendapatkan

$\text{crosslaw}(a,b,c,s_a)$

$$1024 = 1024$$

Mari kita gunakan `crosslaw` ini untuk mencari sebaran di A. Untuk melakukannya, kita buat `crosslaw` untuk kuadran a, b, dan c, dan selesaikan untuk sebaran s_a yang tidak diketahui.

Anda bisa melakukan ini dengan tangan dengan mudah, tapi saya menggunakan Maxima. Tentu saja, kita mendapatkan hasil yang sudah kita dapatkan.

$\text{crosslaw}(a,b,c,x), \text{solve}(\%,x)$

$$\left[x = \frac{9}{25} \right]$$

$$\left[x = \frac{9}{25} \right]$$

Kita sudah mengetahui hal ini. Definisi penyebaran adalah kasus khusus dari `crosslaw`.

Kita juga dapat menyelesaikannya untuk a, b, c secara umum. Hasilnya adalah sebuah rumus yang menghitung penyebaran sudut sebuah segitiga dengan kuadran ketiga sisinya.

$\text{solve}(\text{crosslaw}(aa,bb,cc,x),x)$

$$\left[\frac{168bbx + 36bb^2 + (-72aa - 84)bb + 36aa^2 - 84aa + 49}{36}, \frac{168bbx + 36bb^2 + (-72aa - 84)bb + 36aa^2 - 84aa + 49}{36} \right]$$

Kita dapat membuat sebuah fungsi dari hasil tersebut. Fungsi seperti itu sudah didefinisikan dalam file `geometry.e` dari Euler.

$\text{spread}(a,b,c)$

$$\frac{9}{25}$$

Sebagai contoh, kita dapat menggunakannya untuk menghitung sudut segitiga dengan sisi

Hasilnya adalah rasional, yang tidak mudah didapat jika kita menggunakan trigonometri klasik.

```
>$spread(a,a,4*a/7)
```

$$\frac{6}{7}$$

Ini adalah sudut dalam derajat.

```
>degprint(arcsin(sqrt(6/7)))
```

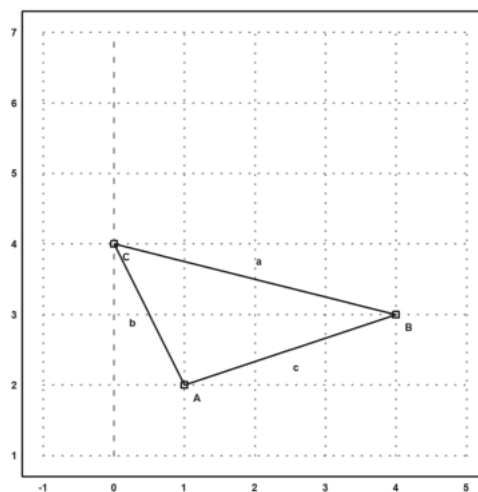
```
67°47'32.44''
```

Contoh Lain

Sekarang, mari kita coba contoh yang lebih lanjut.

Kita tentukan tiga sudut segitiga sebagai berikut.

```
>A&:=[1,2]; B&:=[4,3]; C&:=[0,4]; ...
>setPlotRange(-1,5,1,7); ...
>plotPoint(A,"A"); plotPoint(B,"B"); plotPoint(C,"C"); ...
>plotSegment(B,A,"c"); plotSegment(A,C,"b"); plotSegment(C,B,"a"); ...
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-079.png

Dengan menggunakan Pythagoras, mudah untuk menghitung jarak antara dua titik. Pertama-tama saya menggunakan jarak fungsi dari file Euler untuk geometri. Jarak fungsi menggunakan geometri klasik.

```
>$distance(A,B)
```

$$\sqrt{10}$$

Euler juga memiliki fungsi untuk kuadratan antara dua titik.

Pada contoh berikut, karena $c+b$ bukan a , maka segitiga tersebut tidak berbentuk persegi panjang.

```
>c &= quad(A,B); $c, b &= quad(A,C); $b, a &= quad(B,C); $a,
```

17

5

17
images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-083.png

Pertama, mari kita menghitung sudut tradisional. Fungsi computeAngle menggunakan metode yang biasa berdasarkan hasil kali titik dari dua vektor. Hasilnya adalah beberapa perkiraan titik mengambang.

```
>wb &= computeAngle(A,B,C); $wb, $(wb/pi*180)()
```

$$\arccos\left(\frac{11}{\sqrt{10}\sqrt{17}}\right)$$

32.4711922908

Dengan menggunakan pensil dan kertas, kita dapat melakukan hal yang sama dengan hukum silang. Kita masukkan kuadran a, b, dan c ke dalam hukum silang dan selesaikan untuk x.

```
>$crosslaw(a,b,c,x), $solve(%,x), //(b+c-a)^=4b.c(1-x)
```

$$\left[x = \frac{49}{50} \right]$$

$$\left[x = \frac{49}{50} \right]$$

Itulah yang dilakukan oleh fungsi spread yang didefinisikan dalam “geometry.e”.

```
>sb &= spread(b,a,c); $sb
```

$$\frac{49}{170}$$

Maxima mendapatkan hasil yang sama dengan menggunakan trigonometri biasa, jika kita memaksakannya. Ia menyelesaikan suku $\sin(\arccos(\dots))$ menjadi hasil pecahan. Sebagian besar siswa tidak dapat melakukan ini.

```
>$sin(computeAngle(A,B,C))^2
```

$$\frac{49}{170}$$

Setelah kita memiliki penyebaran di B, kita dapat menghitung tinggi ha di sisi a. Ingatlah bahwa

menurut definisi.

```
>ha &= c*sb; $ha
```

$$\frac{49}{17}$$

Gambar berikut ini dibuat dengan program geometri C.a.R., yang dapat menggambar kuadran dan penyebaran.

image: (20) Rational_Geometry_CaR.png

Menurut definisi, panjang ha adalah akar kuadrat dari kuadrannya.

```
>$sqrt(ha)
```

$$\frac{7}{\sqrt{17}}$$

Sekarang kita dapat menghitung luas segitiga. Jangan lupa, bahwa kita berurusan dengan kuadran!

```
>$sqrt(ha)*sqrt(a)/2
```

$$\frac{7}{2}$$

Rumus penentu yang biasa menghasilkan hasil yang sama.

```
>$areaTriangle(B,A,C)
```

$$\frac{7}{2}$$

The Heron Formula

Sekarang, mari kita selesaikan masalah ini secara umum!

```
>&remvalue(a,b,c,sb,ha);
```

Pertama-tama kita menghitung penyebaran di B untuk segitiga dengan sisi a, b, dan c. Kemudian kita menghitung luas kuadrat (“quadrea”?), memfaktorkannya dengan Maxima, dan kita mendapatkan rumus Heron yang terkenal.

Memang, hal ini sulit dilakukan dengan pensil dan kertas.

```
>$spread(b^2,c^2,a^2), $factor(%%*c^2*a^2/4)
```

$$\frac{(-c + b + a) (c - b + a) (c + b - a) (c + b + a)}{16}$$

$$\frac{(-c + b + a) (c - b + a) (c + b - a) (c + b + a)}{16}$$

The Triple Spread Rule

Kerugian dari spread adalah bahwa mereka tidak lagi hanya menambahkan sudut seperti.

Namun, tiga spread dari sebuah segitiga memenuhi aturan “triple spread” berikut ini.

```
>&remvalue(sa,sb,sc); $triplespread(sa,sb,sc)
```

$$(sc + sb + sa)^2 = 2 (sc^2 + sb^2 + sa^2) + 4 sa sb sc$$

Aturan ini berlaku untuk tiga sudut yang berjumlah 180°.

$$\alpha + \beta + \gamma = \pi$$

Karena spread dari

$$\alpha, \pi - \alpha$$

sama, aturan triple spread juga benar, jika

$$\alpha + \beta = \gamma$$

Karena penyebaran sudut negatifnya sama, aturan penyebaran tiga kali lipat juga berlaku, jika

$$\alpha + \beta + \gamma = 0$$

Contohnya, kita bisa menghitung penyebaran sudut 60°. Hasilnya adalah 3/4. Namun, persamaan ini memiliki solusi kedua, di mana semua penyebarannya adalah 0.

```
>$solve(triplespread(x,x,x),x)
```

$$[x = \frac{3}{4}, x = 0]$$

Penyebaran 90° jelas adalah 1. Jika dua sudut ditambahkan ke 90°, penyebarannya akan menyelesaikan persamaan penyebaran tiga dengan a, b, 1. Dengan perhitungan berikut, kita mendapatkan a + b = 1.

```
>$triplespread(x,y,1), $solve(%x)
```

$$[x = 1 - y]$$

$$[x = 1 - y]$$

Karena penyebaran 180°-t sama dengan penyebaran t, rumus penyebaran tiga kali lipat juga berlaku, jika satu sudut adalah jumlah atau selisih dari dua sudut lainnya.

Jadi kita dapat menemukan penyebaran sudut dua kali lipat. Perhatikan bahwa ada dua solusi lagi. Kita jadikan ini sebuah fungsi.

```
>$solve(triplespread(a,a,x),x), function doublespread(a) &= factor(rhs(%[1]))
```

$$[x = 4a - 4a^2, x = 0]$$

$$-4(a - 1)a$$

Angle Bisectors

Ini adalah situasi yang sudah kita ketahui.

```
> 8C&:=[0,0]; A&:=[4,0]; B&:=[0,3]; ...
> setPlotRange(-1,5,-1,5); ...
> plotPoint(A,"A"); plotPoint(B,"B"); plotPoint(C,"C"); ...
> plotSegment(B,A,"c"); plotSegment(A,C,"b"); plotSegment(C,B,"a"); ...
> insimg;
```

Commands must be separated by semicolon or comma!

```
Found: &:= [0,0]; A&:= [4,0]; B&:= [0,3]; setPlotRange(-1,5,-1,5);
plotPoint(A,"A"); plotPoint(B,"B"); plotPoint(C,"C"); plotSegment(B,A,"c");
plotSegment(A,C,"b"); plotSegment(C,B,"a"); insimg; (character 38)
You can disable this in the Options menu.
```

```
Error in:
  8C&:= [0,0]; A&:= [4,0]; B&:= [0,3]; setPlotRange(-1,5,-1,5); p1
...
^
```

Mari kita hitung panjang garis bagi sudut di A. Tetapi kita ingin menyelesaikannya untuk a, b, c secara umum.

```
>&remvalue(a,b,c);
```

Jadi, pertama-tama kita menghitung penyebaran sudut yang dibelah dua di A, menggunakan rumus penyebaran tiga.

Masalah dengan rumus ini muncul lagi. Rumus ini memiliki dua solusi. Kita harus memilih salah satu yang benar. Solusi lainnya mengacu pada sudut terbagi dua 180°-wa.

>\$stripespread(x,x,a/(a+b)), \$solve(%,x), sa2 &= rhs(%[1]); \$sa2

$$\frac{-\sqrt{b}\sqrt{b+a}+b+a}{2b+2a}$$

$$\left[x = \frac{-\sqrt{b}\sqrt{b+a}+b+a}{2b+2a}, x = \frac{\sqrt{b}\sqrt{b+a}+b+a}{2b+2a} \right]$$

$$\frac{-\sqrt{b}\sqrt{b+a}+b+a}{2b+2a}$$

images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-106.png

Mari kita periksa persegi panjang Mesir.

>\$sa2 with [a=3²,b=4²]

$$\frac{1}{10}$$

Kita bisa mencetak sudut dalam Euler, setelah mentransfer penyebaran ke radian.

>wa2 := arcsin(sqrt(1/10)); degprint(wa2)

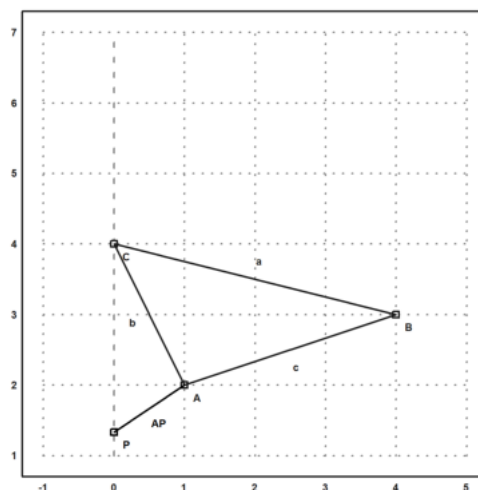
18°26'5.82''

Titik P adalah perpotongan garis bagi sudut dengan sumbu y.

>P := [0,tan(wa2)*4]

[0, 1.33333]

>plotPoint(P,"P"); plotSegment(A,P):



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-108.png

Mari kita periksa sudut-sudutnya dalam contoh spesifik kita.

>computeAngle(C,A,P), computeAngle(P,A,B)

1.69515132134

2.87534060444

Sekarang kita hitung panjang garis bagi AP.

Kita menggunakan teorema sinus dalam segitiga APC. Teorema ini menyatakan bahwa

berlaku dalam segitiga apa pun. Kuadratkan, ini diterjemahkan ke dalam apa yang disebut “hukum penyebaran”

where a,b,c denote qudrances.

di mana a, b, c menunjukkan kuadrannya.

Karena spread CPA adalah 1-sa2, kita mendapatkan bisa/1=b/(1-sa2) dan bisa menghitung bisa (kuadran dari pembagi sudut).

>&factor(ratsimp(b/(1-sa2))); bisa &= %; \$bisa

$$\frac{2b(b+a)}{\sqrt{b}\sqrt{b+a}+b+a}$$

Mari kita periksa rumus ini untuk nilai-nilai Mesir kita.

```
>sqrt(mxmeval("at(bisa,[a=3^2,b=4^2])"), distance(A,P)
```

```
4.21637021356
1.20185042515
```

Kita juga dapat menghitung P dengan menggunakan rumus penyebaran.

```
>py:=factor(ratsimp(sa2*bisa)); $py
```

$$-\frac{b(\sqrt{b}\sqrt{b+a}-b-a)}{\sqrt{b}\sqrt{b+a}+b+a}$$

Nilainya sama dengan yang kita dapatkan dengan rumus trigonometri.

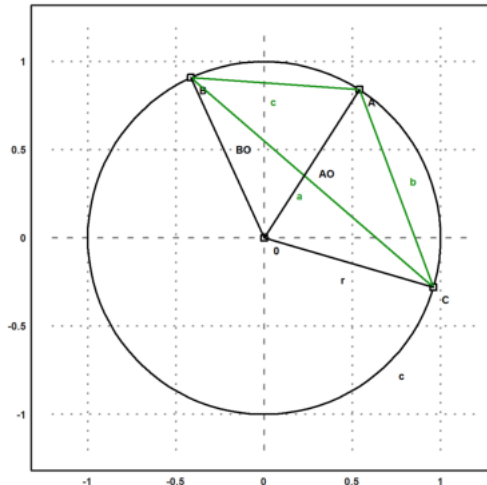
```
>sqrt(mxmeval("at(py,[a=3^2,b=4^2])"))
```

```
1.33333333333
```

The Chord Angle

Lihatlah situasi berikut ini.

```
>setPlotRange(1.2); ...
>color(1); plotCircle(circleWithCenter([0,0],1)); ...
>A:=[cos(1),sin(1)]; B:=[cos(2),sin(2)]; C:=[cos(6),sin(6)]; ...
>plotPoint(A,"A"); plotPoint(B,"B"); plotPoint(C,"C"); ...
>color(3); plotSegment(A,B,"c"); plotSegment(A,C,"b"); plotSegment(C,B,"a"); ...
>color(1); O:=[0,0]; plotPoint(O,"O"); ...
>plotSegment(A,O); plotSegment(B,O); plotSegment(C,O,"r"); ...
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-111.png

Kita dapat menggunakan Maxima untuk menyelesaikan rumus penyebaran tiga untuk sudut-sudut di pusat O untuk r. Dengan demikian kita mendapatkan rumus untuk jari-jari kuadrat dari pericircle dalam hal kuadran sisi-sisinya.

Kali ini, Maxima menghasilkan beberapa angka nol yang rumit, yang kita abaikan.

```
>&remvalue(a,b,c,r); // hapus nilai-nilai sebelumnya untuk perhitungan baru
```

```
>rabc &= rhs(solve(triplespread(spread(b,r,r),spread(a,r,r),spread(c,r,r)),r)[4]); $rabc
```

$$-\frac{a \, b \, c}{c^2 - 2 \, b \, c + a \, (-2 \, c - 2 \, b) + b^2 + a^2}$$

Kita dapat menjadikannya sebuah fungsi Euler.

```
>function periradius(a,b,c) &= rabc;
```

Mari kita periksa hasilnya untuk poin A, B, C.

```
>a:=quadrance(B,C); b:=quadrance(A,C); c:=quadrance(A,B);
```

Radiusnya memang 1.

```
>periradius(a,b,c)
```

```
1
```

Faktanya adalah, bahwa penyebaran CBA hanya bergantung pada b dan c. Ini adalah teorema sudut akor.

```
>$spread(b,a,c)*rabc | ratsimp
```

$$\frac{b}{4}$$

Faktanya, penyebarannya adalah $b/(4r)$, dan kita melihat bahwa sudut chord b adalah setengah dari sudut tengah.

```
>$doublespread(b/(4*r))-spread(b,r,r) | ratsimp
```

0

Contoh 6: Jarak Minimal pada Bidang

Preliminary remark

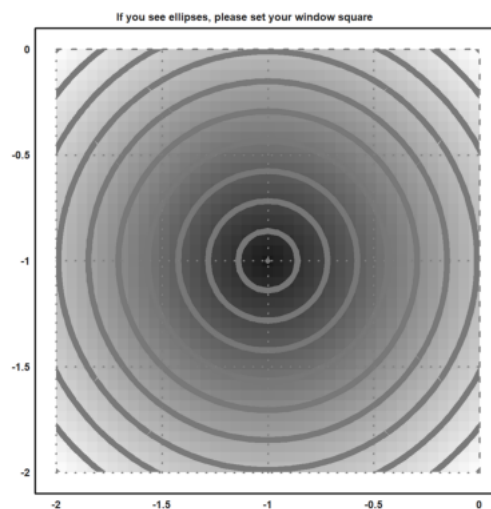
Fungsi yang, pada sebuah titik M pada bidang, menetapkan jarak AM antara titik tetap A dan M , memiliki garis-garis tingkat yang cukup sederhana: lingkaran yang berpusat di A .

```
>&remvalue();
```

```
>A=[-1,-1];
```

```
>function d1(x,y):=sqrt((x-A[1])^2+(y-A[2])^2)
```

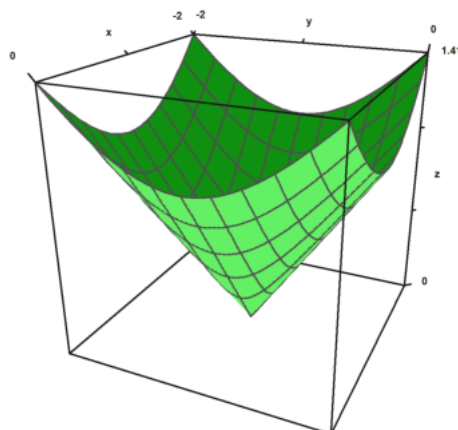
```
>fcontour("d1",xmin=-2,xmax=0,ymin=-2,ymax=0,hue=1, ...  
>title="If you see ellipses, please set your window square");
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-115.png

dan grafiknya juga cukup sederhana: bagian atas kerucut:

```
>plot3d("d1",xmin=-2,xmax=0,ymin=-2,ymax=0):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-116.png

Tentu saja nilai minimum 0 diperoleh dalam A .

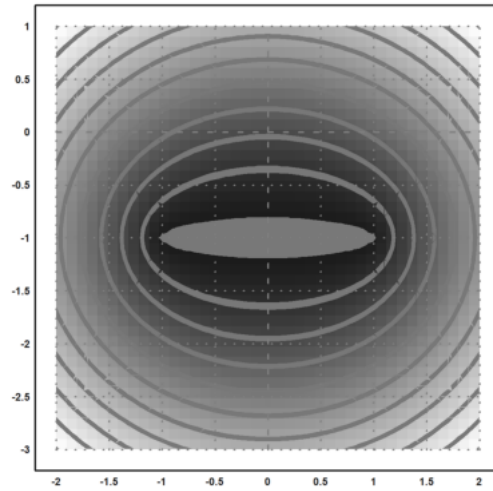
Dua titik

Sekarang kita lihat fungsi $MA+MB$ di mana A dan B adalah dua titik (tetap). Ini adalah “fakta yang terkenal” bahwa kurva level adalah elips, titik fokusnya adalah A dan B; kecuali AB minimum yang konstan pada segmen $[AB]$:

```
>B=[1,-1];
```

```
>function d2(x,y):=d1(x,y)+sqrt((x-B[1])2+(y-B[2])2)
```

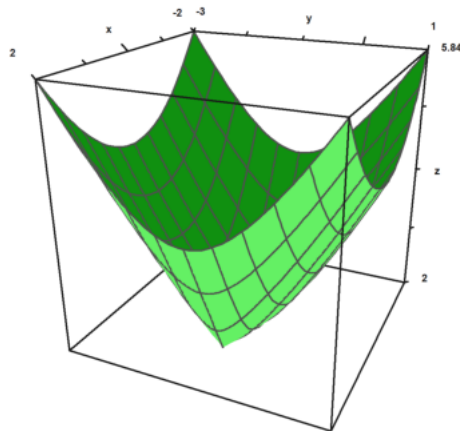
```
>fcontour(“d2”,xmin=-2,xmax=2,ymin=-3,ymax=1,hue=1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-117.png

Grafiknya lebih menarik:

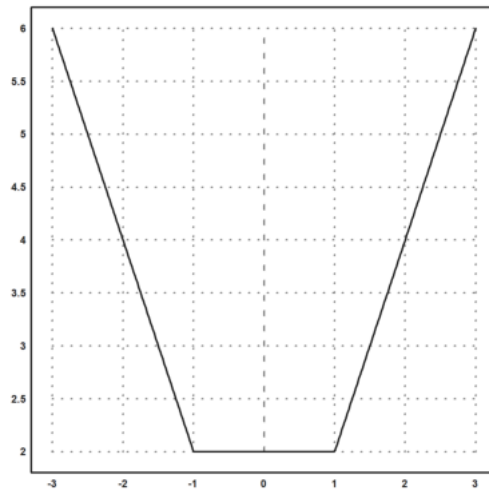
```
>plot3d(“d2”,xmin=-2,xmax=2,ymin=-3,ymax=1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-118.png

Pembatasan pada garis (AB) lebih terkenal:

```
>plot2d(“abs(x+1)+abs(x-1)”,xmin=-3,xmax=3):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-119.png

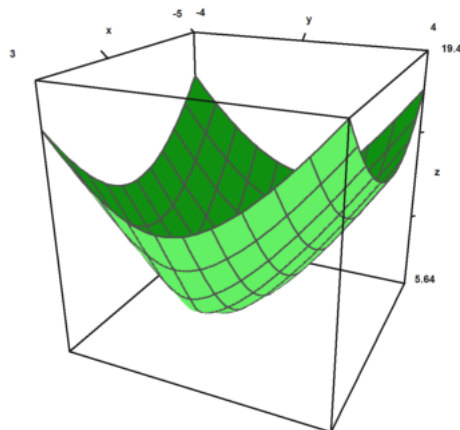
Three points

Sekarang, hal-hal menjadi kurang sederhana: Hal ini sedikit kurang dikenal bahwa $MA+MB+MC$ mencapai minimumnya pada satu titik di bidang, tetapi untuk menentukannya tidak sesederhana itu:

1. Jika salah satu sudut segitiga ABC lebih dari 120° (katakanlah di A), maka minimum dicapai pada titik ini (katakanlah AB+AC).

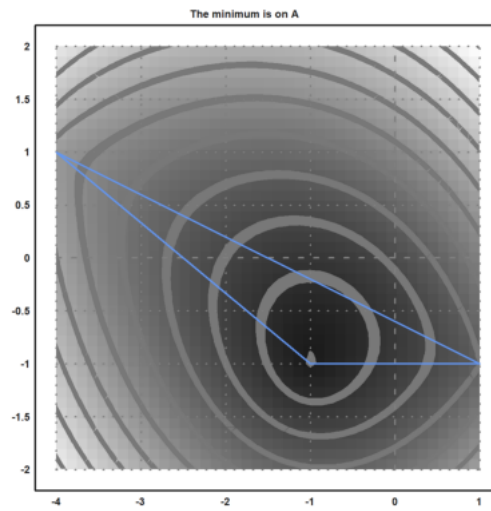
Contoh:

```
>C=[-4,1];
>function d3(x,y):=d2(x,y)+sqrt((x-C[1])^2+(y-C[2])^2);
>plot3d("d3",xmin=-5,xmax=3,ymin=-4,ymax=4);
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-120.png

```
>fcontour("d3",xmin=-4,xmax=1,ymin=-2,ymax=2,hue=1,title="The minimum is on A");
>P=(A_B_C_A)'; plot2d(P[1],P[2],add=1,color=12);
>insimg;
```

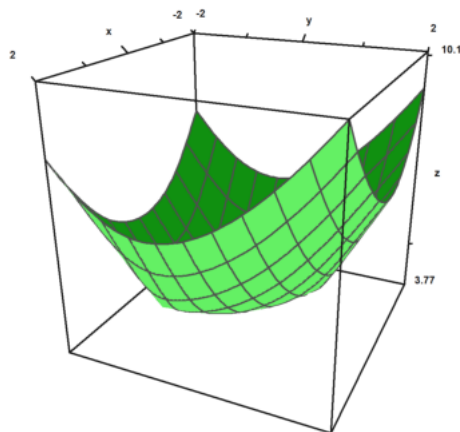


images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-121.png

2. Tetapi jika semua sudut segitiga ABC kurang dari 120° , minimumnya adalah pada titik F di bagian dalam segitiga, yang merupakan satu-satunya titik yang melihat sisi-sisi ABC dengan sudut yang sama (masing-masing 120°):

```
>C=[-0.5,1];
```

```
>plot3d("d3",xmin=-2,xmax=2,ymin=-2,ymax=2):
```

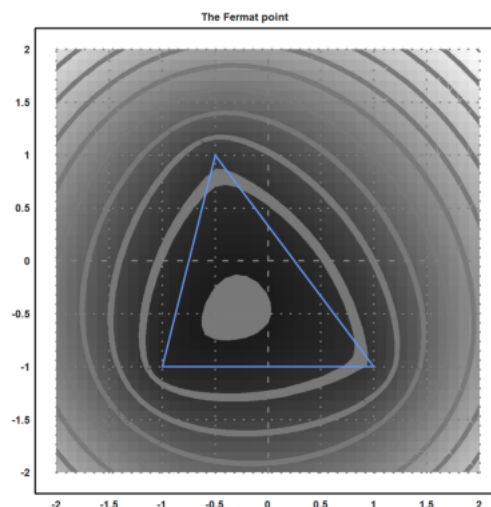


images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-122.png

```
>fcontour("d3",xmin=-2,xmax=2,ymin=-2,ymax=2,hue=1,title="The Fermat point");
```

```
>P=(A_B_C_A)'; plot2d(P[1],P[2],add=1,color=12);
```

```
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-123.png

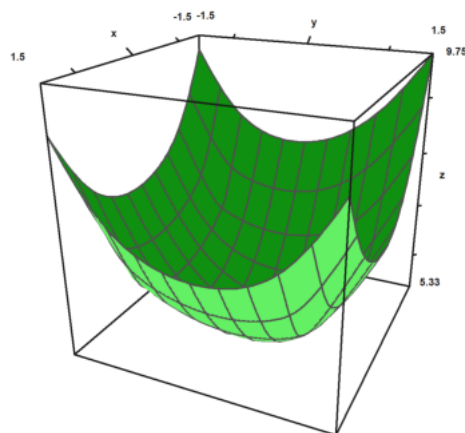
Merupakan kegiatan yang menarik untuk merealisasikan gambar di atas dengan perangkat lunak geometri; sebagai contoh, saya tahu sebuah perangkat lunak yang ditulis dalam bahasa Java yang memiliki instruksi “garis kontur”...

Semua hal di atas telah ditemukan oleh seorang hakim Perancis bernama Pierre de Fermat; dia menulis surat kepada para ahli lain seperti pendeta Marin Mersenne dan Blaise Pascal yang bekerja di bagian pajak penghasilan. Jadi titik unik F sedemikian rupa sehingga $FA+FB+FC$ minimal, disebut titik Fermat dari segitiga. Namun tampaknya beberapa tahun sebelumnya, Torricelli dari Italia telah menemukan titik ini sebelum Fermat menemukannya! Bagaimanapun juga, tradisinya adalah mencatat titik F ini...

Four points

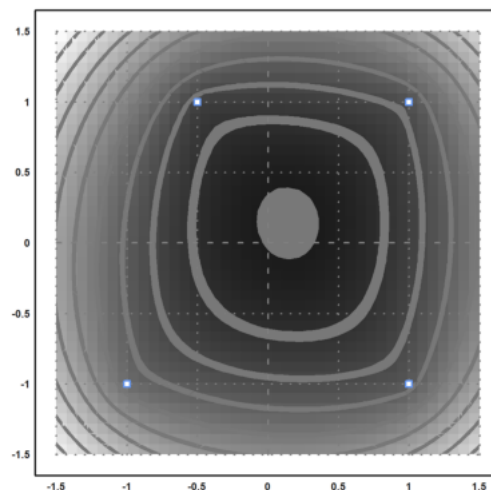
Langkah selanjutnya adalah menambahkan titik ke-4 D dan mencoba meminimumkan $MA+MB+MC+MD$; misalkan Anda adalah operator TV kabel dan ingin menemukan di bidang mana Anda harus meletakkan antena sehingga Anda dapat memberi makan empat desa dan menggunakan panjang kabel sesedikit mungkin!

```
>D=[1,1];
>function d4(x,y):=d3(x,y)+sqrt((x-D[1])^2+(y-D[2])^2)
>plot3d("d4",xmin=-1.5,xmax=1.5,ymin=-1.5,ymax=1.5):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-124.png

```
>fcontour("d4",xmin=-1.5,xmax=1.5,ymin=-1.5,ymax=1.5,hue=1);
>P=(A_B_C_D)'; plot2d(P[1],P[2],points=1,add=1,color=12);
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-125.png

Masih ada nilai minimum dan tidak ada simpul A, B, C, maupun D:

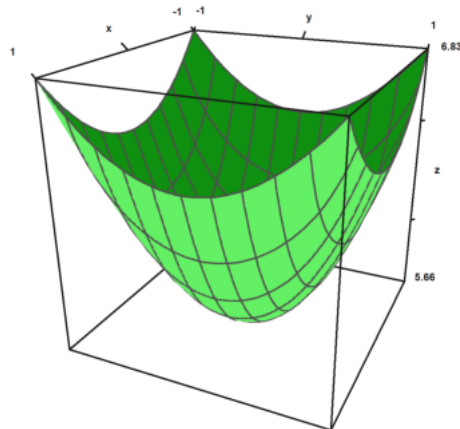
```
>function f(x):=d4(x[1],x[2])
>neldermin("f",[0.2,0.2])
[0.142858, 0.142857]
```

Tampaknya dalam kasus ini, koordinat titik optimal adalah rasional atau mendekati rasional...

Karena ABCD adalah sebuah bujur sangkar, kita berharap bahwa titik optimalnya adalah pusat dari ABCD:

```
>C=[-1,1];
```

```
>plot3d("d4",xmin=-1,xmax=1,ymin=-1,ymax=1):
```

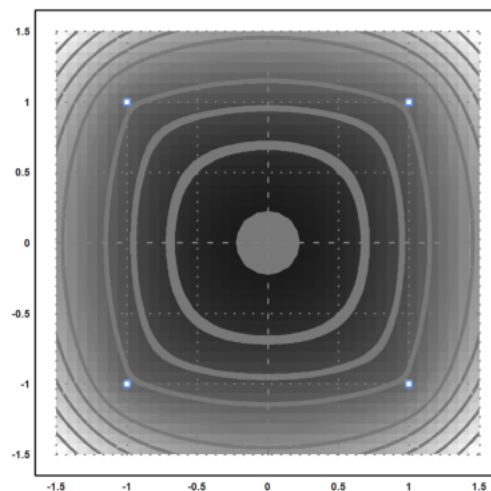


images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-126.png

```
>fcontour("d4",xmin=-1.5,xmax=1.5,ymin=-1.5,ymax=1.5,hue=1);
```

```
>P=(A_B_C_D)'; plot2d(P[1],P[2],add=1,color=12,points=1);
```

```
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-127.png

Contoh 7: Bola Dandelin dengan Povray

Anda dapat menjalankan demonstrasi ini, jika Anda telah menginstal Povray, dan pengine.exe pada jalur program.

Pertama, kita menghitung jari-jari bola.

Jika Anda melihat gambar di bawah ini, Anda dapat melihat bahwa kita membutuhkan dua lingkaran yang menyentuh dua garis yang membentuk kerucut, dan satu garis yang membentuk bidang yang memotong kerucut.

Kita menggunakan file geometri.e dari Euler untuk hal ini.

```
>load geometry;
```

Pertama, dua garis yang membentuk kerucut.

```
>g1 &= lineThrough([0,0],[1,a])
```

```
[ - a, 1, 0]
```



```
>g2 &= lineThrough([0,0],[-1,a])
```

```
[- a, - 1, 0]
```

Kemudian baris ketiga.

```
>g &= lineThrough([-1,0],[1,1])
```

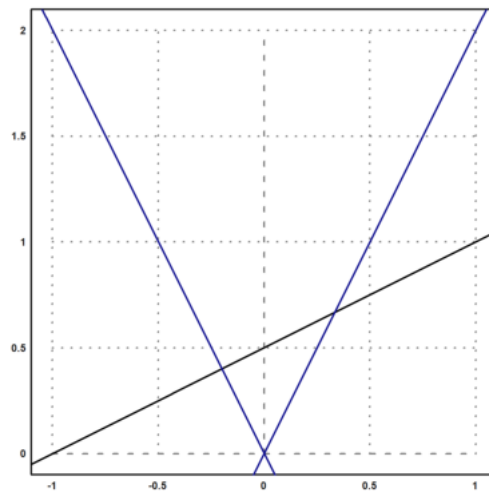
```
[- 1, 2, 1]
```

Kami merencanakan semuanya sejauh ini.

```
>setPlotRange(-1,1,0,2);
```

```
>color(black); plotLine(g(),"")
```

```
>a:=2; color(blue); plotLine(g1(),""), plotLine(g2(),""):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-128.png

Sekarang, kita ambil titik umum pada sumbu y.

```
>P &= [0,u]
```

```
[0, u]
```

Hitung jarak ke g1.

```
>d1 &= distance(P,projectToLine(P,g1)); $d1
```

$$\sqrt{\left(\frac{a^2 u}{a^2 + 1} - u\right)^2 + \frac{a^2 u^2}{(a^2 + 1)^2}}$$

Hitung jarak ke g.

```
>d &= distance(P,projectToLine(P,g)); $d
```

$$\sqrt{\left(\frac{u + 2}{5} - u\right)^2 + \frac{(2u - 1)^2}{25}}$$

Dan temukan pusat kedua lingkaran, yang jaraknya sama.

```
>sol &= solve(d1^2=d2,u); $sol
```

$$\left[u = \frac{-\sqrt{5}\sqrt{a^2 + 1} + 2a^2 + 2}{4a^2 - 1}, u = \frac{\sqrt{5}\sqrt{a^2 + 1} + 2a^2 + 2}{4a^2 - 1} \right]$$

Ada dua solusi.

Kami mengevaluasi solusi simbolis, dan menemukan kedua pusat, dan kedua jarak.

```
>u := sol()
```

```
[0.333333, 1]
```

```
>dd := d()
```

```
[0.149071, 0.447214]
```

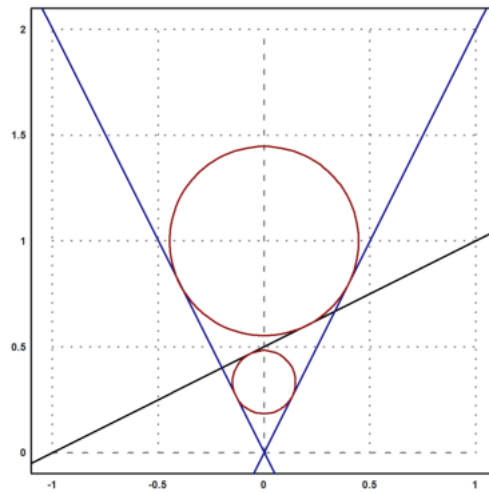
Plot lingkaran-lingkaran tersebut ke dalam gambar.

```
>color(red);
```

```
>plotCircle(circleWithCenter([0,u[1]],dd[1]),"");
```

```
>plotCircle(circleWithCenter([0,u[2]],dd[2]),"");
```

```
>insimg;
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-132.png

Plot with Povray

Selanjutnya kita plot semuanya dengan Povray. Perhatikan bahwa Anda mengubah perintah apapun pada urutan perintah Povray berikut ini, dan jalankan kembali semua perintah dengan Shift-Return.

Pertama kita memuat fungsi povray.

```
>load povray;
```

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

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

Kami menyiapkan pemandangan dengan tepat.

```
>povstart(zoom=11,center=[0,0,0.5],height=10°,angle=140°);
```

Selanjutnya kita tulis kedua bola tersebut ke file Povray.

```
>writeln(povsphere([0,0,u[1]],dd[1],povlook(red)));
```

```
>writeln(povsphere([0,0,u[2]],dd[2],povlook(red)));
```

Dan kerucutnya, transparan.

```
>writeln(povcone([0,0,0],0,[0,0,a],1,povlook(lightgray,1)));
```

Kami menghasilkan bidang yang terbatas pada kerucut.

```
>gp=g();
```

```
>pc=povcone([0,0,0],0,[0,0,a],1,"");
```

```
>vp=[gp[1],0,gp[2]]; dp=gp[3];
```

```
>writeln(povplane(vp,dp,povlook(blue,0.5),pc));
```

Sekarang kita menghasilkan dua titik pada lingkaran, di mana bola menyentuh kerucut.

```
>function turnz(v) := return
```

```
>P1=projectToLine([0,u[1]],g1()); P1=turnz([P1[1],0,P1[2]]);
```

```
>writeln(povpoint(P1,povlook(yellow)));
```

```
>P2=projectToLine([0,u[2]],g1()); P2=turnz([P2[1],0,P2[2]]);
```

```
>writeln(povpoint(P2,povlook(yellow)));
```

Kemudian, kita menghasilkan dua titik di mana bola-bola tersebut menyentuh bidang. Ini adalah fokus elips.

```
>P3=projectToLine([0,u[1]],g()); P3=[P3[1],0,P3[2]];
```

```
>writeln(povpoint(P3,povlook(yellow)));
```

```
>P4=projectToLine([0,u[2]],g()); P4=[P4[1],0,P4[2]];
```

```
>writeln(povpoint(P4,povlook(yellow)));
```

Selanjutnya kita menghitung perpotongan P1P2 dengan bidang.

```
>t1=scalp(vp,P1)-dp; t2=scalp(vp,P2)-dp; P5=P1+t1/(t1-t2)*(P2-P1);
```

```
>writeln(povpoint(P5,povlook(yellow)));
```

Kami menghubungkan titik-titik dengan segmen garis.

```
>writeln(povsegment(P1,P2,povlook(yellow)));
```

```
>writeln(povsegment(P5,P3,povlook(yellow)));
```

```
>writeln(povsegment(P5,P4,povlook(yellow)));
```

Sekarang, kita menghasilkan pita abu-abu, di mana bola-bola menyentuh kerucut.

```
>pcw=povcone([0,0,0],0,[0,0,a],1.01);
```

```
>pc1=povcylinder([0,0,P1[3]-defaultpointsize/2],[0,0,P1[3]+defaultpointsize/2],1);
```

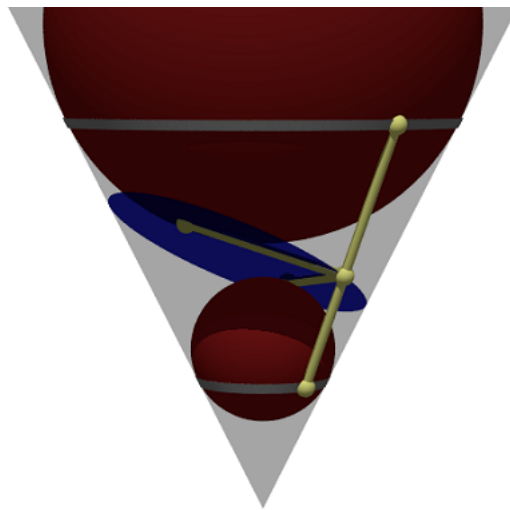
```
>writeln(povintersection([pcw,pc1],povlook(gray)));
```

```
>pc2=povcylinder([0,0,P2[3]-defaultpointsize/2],[0,0,P2[3]+defaultpointsize/2],1);
```

```
>writeln(povintersection([pcw,pc2],povlook(gray)));
```

Mulai program Povray.

```
>povend();
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-133.png

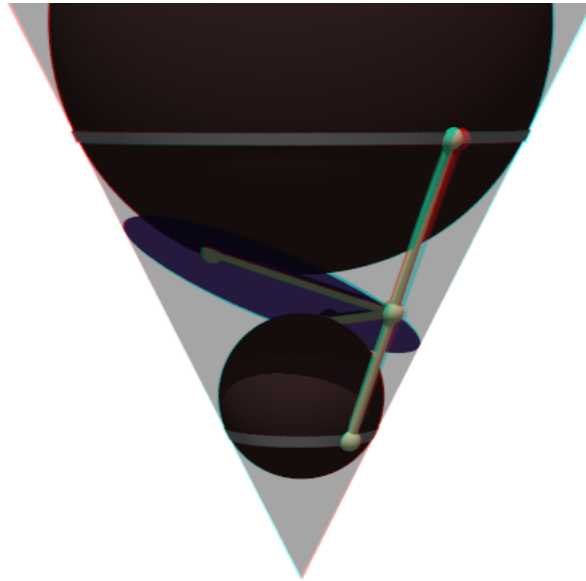
Untuk mendapatkan Anaglyph ini, kita harus memasukkan semuanya ke dalam fungsi scene. Fungsi ini akan digunakan dua kali nanti.

```
>function scene () ...
```

```
global a,u,dd,g,g1,defaultpointsize;  
writeln(povsphere([0,0,u[1]],dd[1],povlook(red)));  
writeln(povsphere([0,0,u[2]],dd[2],povlook(red)));  
writeln(povcone([0,0,0],0,[0,0,a],1,povlook(lightgray,1)));  
gp=g();  
pc=povcone([0,0,0],0,[0,0,a],1,"");  
vp=[gp[1],0,gp[2]]; dp=gp[3];  
writeln(povplane(vp,dp,povlook(blue,0.5),pc));  
P1=projectToLine([0,u[1]],g1()); P1=turnz([P1[1],0,P1[2]]);  
writeln(povpoint(P1,povlook(yellow)));  
P2=projectToLine([0,u[2]],g1()); P2=turnz([P2[1],0,P2[2]]);  
writeln(povpoint(P2,povlook(yellow)));  
P3=projectToLine([0,u[1]],g()); P3=[P3[1],0,P3[2]];  
writeln(povpoint(P3,povlook(yellow)));  
P4=projectToLine([0,u[2]],g()); P4=[P4[1],0,P4[2]];  
writeln(povpoint(P4,povlook(yellow)));  
t1=scalp(vp,P1)-dp; t2=scalp(vp,P2)-dp; P5=P1+t1/(t1-t2)*(P2-P1);  
writeln(povpoint(P5,povlook(yellow)));  
writeln(povsegment(P1,P2,povlook(yellow)));  
writeln(povsegment(P5,P3,povlook(yellow)));  
writeln(povsegment(P5,P4,povlook(yellow)));  
pcw=povcone([0,0,0],0,[0,0,a],1.01);  
pc1=povcylinder([0,0,P1[3]-defaultpointsize/2],  
[0,0,P1[3]+defaultpointsize/2],1);  
writeln(povintersection([pcw,pc1],povlook(gray)));  
pc2=povcylinder([0,0,P2[3]-defaultpointsize/2],  
[0,0,P2[3]+defaultpointsize/2],1);  
writeln(povintersection([pcw,pc2],povlook(gray)));  
endfunction
```

Anda memerlukan kacamata merah/sian untuk mengapresiasi efek berikut ini.

```
>povnanaglyph("scene",zoom=11,center=[0,0,0.5],height=10°,angle=140°);
```



images/EMT%20GEOMETRI%20INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-134.png

Contoh 8: Geometri Bumi

Pada buku catatan ini, kita ingin melakukan beberapa komputasi bola. Fungsi-fungsi tersebut terdapat pada file “spherical.e” pada folder contoh. Kita perlu memuat file tersebut terlebih dahulu.

```
>load "spherical.e";
```

Untuk memasukkan posisi geografis, kita menggunakan vektor dengan dua koordinat dalam radian (utara dan timur, nilai negatif untuk selatan dan barat). Berikut ini adalah koordinat untuk Kampus FMIPA UNY.

```
>FMIPA=[rad(-7,-46.467),rad(110,23.05)]  
[-0.13569, 1.92657]
```

Anda dapat mencetak posisi ini dengan sposprint (cetak posisi bola).

```
>sposprint(FMIPA) // posisi garis lintang dan garis bujur FMIPA UNY
```

```
S 7°46.467' E 110°23.050'
```

Mari kita tambahkan dua kota lagi, Solo dan Semarang.

```
>Solo=[rad(-7,-34.333),rad(110,49.683)]; Semarang=[rad(-6,-59.05),rad(110,24.533)];  
>sposprint(Solo), sposprint(Semarang),  
S 7°34.333' E 110°49.683'  
S 6°59.050' E 110°24.533'
```

Pertama, kita menghitung vektor dari satu titik ke titik lainnya pada bola ideal. Vektor ini adalah [heading, jarak] dalam radian. Untuk menghitung jarak di bumi, kita kalikan dengan jari-jari bumi pada garis lintang 7°.

```
>br=svector(FMIPA,Solo); degprint(br[1], br[2]*rearth(7°)->km // perkiraan jarak FMIPA-Solo
```

```
65°20'26.60''  
53.8945384608
```

Ini adalah perkiraan yang baik. Rutinitas berikut ini menggunakan perkiraan yang lebih baik lagi. Pada jarak yang begitu pendek, hasilnya hampir sama.

```
>esdist(FMIPA,Semarang)->" km" // perkiraan jarak FMIPA-Semarang
```

```
Commands must be separated by semicolon or comma!  
Found: // perkiraan jarak FMIPA-Semarang (character 32)  
You can disable this in the Options menu.  
Error in:  
esdist(FMIPA,Semarang)->" km" // perkiraan jarak FMIPA-Semarang ...  
^
```

Ada fungsi untuk judul, dengan mempertimbangkan bentuk elips bumi. Sekali lagi, kami mencetak dengan cara yang canggih.

```
>sdegprint(esdir(FMIPA,Solo))
```

```
65.34°
```

Sudut segitiga melebihi 180° pada bola.

```
>asum=sangle(Solo,FMIPA,Semarang)+sangle(FMIPA,Solo,Semarang)+sangle(FMIPA,
Semarang,Solo); degprint(asum)
```

```
180°0'10.77''
```

Ini bisa digunakan untuk menghitung luas segitiga. Catatan: Untuk segitiga kecil, cara ini tidak akurat karena kesalahan pengurangan dalam asum-pi.

```
>(asum-pi)*rearth(48°)^2->" km^2" // perkiraan luas segitiga FMIPA-Solo-Semarang
```

Commands must be separated by semicolon or comma!

Found: // perkiraan luas segitiga FMIPA-Solo-Semarang (character 32)

You can disable this in the Options menu.

Error in:

```
(asum-pi)*rearth(48°)^2->" km^2" // perkiraan luas segitiga FM ...
      ^
```

Ada sebuah fungsi untuk hal ini, yang menggunakan garis lintang rata-rata segitiga untuk menghitung radius bumi, dan menangani kesalahan pembulatan untuk segitiga yang sangat kecil.

```
>esarea(Solo,FMIPA,Semarang)->" km^2", //perkiraan yang sama dengan fungsi esarea()
```

```
2123.64310526 km^2
```

Kita juga dapat menambahkan vektor ke posisi. Sebuah vektor berisi arah dan jarak, keduanya dalam radian. Untuk mendapatkan sebuah vektor, kita menggunakan svector. Untuk menambahkan sebuah vektor ke sebuah posisi, kita menggunakan saddvector.

```
>v=svector(FMIPA,Solo); sposprint(saddvector(FMIPA,v)), sposprint(Solo),
```

```
S 7°34.333' E 110°49.683'
```

```
S 7°34.333' E 110°49.683'
```

Fungsi-fungsi ini mengasumsikan bola yang ideal. Hal yang sama di bumi.

```
>sposprint(esadd(FMIPA,esdir(FMIPA,Solo),esdist(FMIPA,Solo))), sposprint(Solo),
```

```
S 7°34.333' E 110°49.683'
```

```
S 7°34.333' E 110°49.683'
```

Mari kita beralih ke contoh yang lebih besar, Tugu Jogja dan Monas Jakarta (menggunakan Google Earth untuk menemukan koordinatnya).

```
>Tugu=[-7.7833°,110.3661°]; Monas=[-6.175°,106.811944°];
```

```
>sposprint(Tugu), sposprint(Monas)
```

```
S 7°46.998' E 110°21.966'
```

```
S 6°10.500' E 106°48.717'
```

Menurut Google Earth, jaraknya adalah 429,66 km. Kami mendapatkan perkiraan yang bagus.

```
>esdist(Tugu,Monas)->" km" // perkiraan jarak Tugu Jogja - Monas Jakarta
```

Commands must be separated by semicolon or comma!

Found: // perkiraan jarak Tugu Jogja - Monas Jakarta (character 32)

You can disable this in the Options menu.

Error in:

```
esdist(Tugu,Monas)->" km" // perkiraan jarak Tugu Jogja - Mona ...
      ^
```

Judulnya sama dengan yang dihitung di Google Earth.

```
>degprint(esdir(Tugu,Monas))
```

```
294°17'2.85''
```

Namun demikian, kita tidak lagi mendapatkan posisi target yang tepat, jika kita menambahkan arah dan jarak ke posisi semula. Hal ini terjadi, karena kita tidak menghitung fungsi inversi secara tepat, tetapi mengambil perkiraan radius bumi di sepanjang jalur.

```
>sposprint(esadd(Tugu,esdir(Tugu,Monas),esdist(Tugu,Monas)))
```

```
S 6°10.500' E 106°48.717'
```

Namun demikian, kesalahannya tidak besar.

```
>sposprint(Monas),
```

```
S 6°10.500' E 106°48.717'
```

Tentu saja, kita tidak bisa berlayar dengan arah yang sama dari satu tujuan ke tujuan lainnya, jika kita ingin mengambil jalur terpendek. Bayangkan, Anda terbang ke arah NE mulai dari titik mana pun di bumi. Kemudian Anda akan berputar ke kutub utara. Lingkaran besar tidak mengikuti arah yang konstan!

Perhitungan berikut ini menunjukkan bahwa kita akan melenceng dari tujuan yang benar, jika kita menggunakan arah yang sama selama perjalanan.

```
>dist=esdist(Tugu,Monas); hd=esdir(Tugu,Monas);
```

Sekarang kita tambahkan 10 kali sepersepuluh dari jarak tersebut, dengan menggunakan arah menuju Monas, kita akan sampai di Tugu.

```
>p=Tugu; loop 1 to 10; p=esadd(p,hd,dist/10); end;
```

Hasilnya jauh berbeda.

```
>sposprint(p), skmprint(esdist(p,Monas))
```

```
S 6°11.250' E 106°48.372'
1.529km
```

Sebagai contoh lain, mari kita ambil dua titik di bumi pada garis lintang yang sama.

```
>P1=[30°,10°]; P2=[30°,50°];
```

Jalur terpendek dari P1 ke P2 bukanlah lingkaran lintang 30°, tetapi jalur yang lebih pendek yang dimulai 10° lebih jauh ke utara di P1.

```
>sdegprint(esdir(P1,P2))
```

```
79.69°
```

Namun, jika kita mengikuti pembacaan kompas ini, kita akan berputar ke kutub utara! Jadi, kita harus menyesuaikan arah kita di sepanjang jalan. Untuk tujuan kasar, kita menyesuaikannya pada 1/10 dari jarak total.

```
>p=P1; dist=esdist(P1,P2); ...
> loop 1 to 10; dir=esdir(p,P2); sdegprint(dir), p=esadd(p,dir,dist/10); end;
```

```
79.69°
81.67°
83.71°
85.78°
87.89°
90.00°
92.12°
94.22°
96.29°
98.33°
```

Jaraknya tidak tepat, karena kita akan menambahkan sedikit kesalahan, jika kita mengikuti judul yang sama terlalu lama.

```
>skmprint(esdist(p,P2))
```

```
0.203km
```

Kita akan mendapatkan perkiraan yang baik, jika kita menyesuaikan arah setiap 1/100 dari total jarak dari Tugu ke Monas.

```
>p=Tugu; dist=esdist(Tugu,Monas); ...
> loop 1 to 100; p=esadd(p,esdir(p,Monas),dist/100); end;
```

```
>skmprint(esdist(p,Monas))
```

```
0.000km
```

Untuk keperluan navigasi, kita bisa mendapatkan urutan posisi GPS di sepanjang Bundaran Hotel Indonesia menuju Monas dengan fungsi navigate.

```
>load spherical; v=navigate(Tugu,Monas,10); ...
> loop 1 to rows(v); sposprint(v[#]), end;
```

```
S 7°46.998' E 110°21.966'
S 7°37.422' E 110°0.573'
S 7°27.829' E 109°39.196'
S 7°18.219' E 109°17.834'
S 7°8.592' E 108°56.488'
S 6°58.948' E 108°35.157'
S 6°49.289' E 108°13.841'
S 6°39.614' E 107°52.539'
S 6°29.924' E 107°31.251'
S 6°20.219' E 107°9.977'
S 6°10.500' E 106°48.717'
```

Kami menulis sebuah fungsi, yang memplot bumi, dua posisi, dan posisi di antaranya.

```
>function testplot ...
```

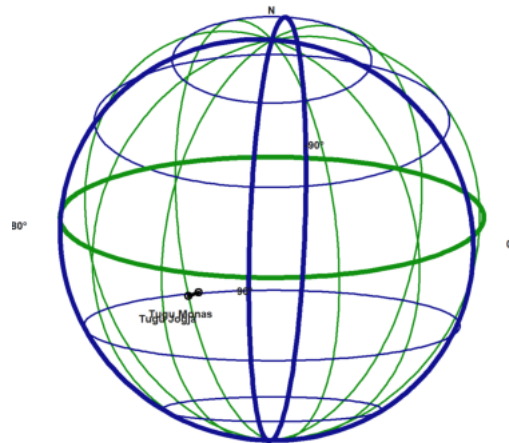
```

useglobal;
plotearth;
plotpos(Tugu,"Tugu Jogja"); plotpos(Monas,"Tugu Monas");
plotposline(v);
endfunction

```

Sekarang rencanakan semuanya.

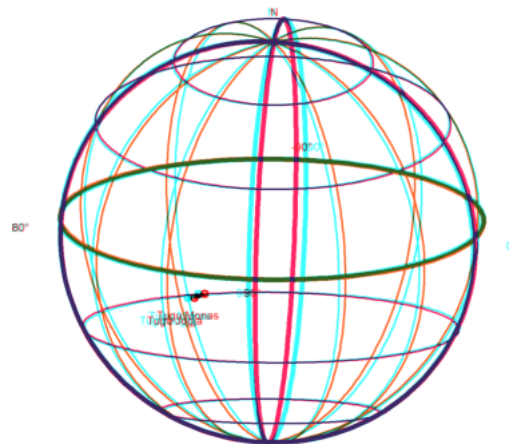
```
>plot3d("testplot",angle=25,height=6,>own,>user,zoom=4):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-135.png

Atau gunakan plot3d untuk mendapatkan tampilan anaglyph. Ini terlihat sangat bagus dengan kacamata merah/cyan.

```
>plot3d("testplot",angle=25,height=6,distance=5,own=1,anaglyph=1,zoom=4):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_2
3030630014_MAT%20B-136.png

Latihan

1. Gambarkan segi-n beraturan jika diketahui titik pusat O, n, dan jarak titik pusat ke titik-titik sudut segi-n tersebut (jari-jari lingkaran luar segi-n), r.

Petunjuk:

- Besar sudut pusat yang menghadap masing-masing sisi segi-n adalah
- $(360/n)$.
- Titik-titik sudut segi-n merupakan perpotongan lingkaran luar segi-n
- dan garis-garis yang melalui pusat dan saling membentuk sudut sebesar
- kelipatan $(360/n)$.
- Untuk n ganjil, pilih salah satu titik sudut adalah di atas.
- Untuk n genap, pilih 2 titik di kanan dan kiri lurus dengan titik
- pusat.

- Anda dapat menggambar segi-3, 4, 5, 6, 7, dst beraturan.

Penyelesaian :

```
>load geometry
```

Numerical and symbolic geometry.

```
>setPlotRange(-3.5,3.5,-3.5,3.5);
```

```
>A=[-2,-2]; plotPoint(A,"A");
```

```
>B=[2,-2]; plotPoint(B,"B");
```

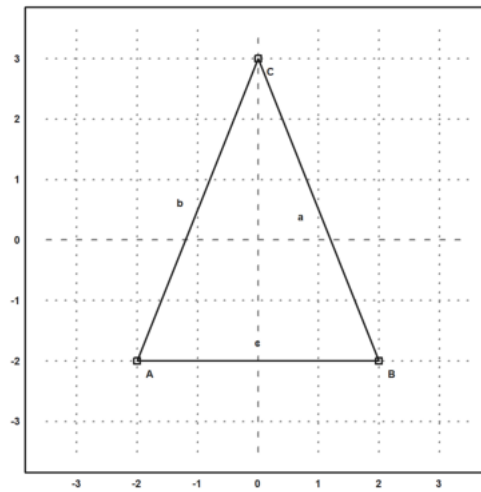
```
>C=[0,3]; plotPoint(C,"C");
```

```
>plotSegment(A,B,"c");
```

```
>plotSegment(B,C,"a");
```

```
>plotSegment(A,C,"b");
```

```
>aspect(1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-137.png

```
>c=circleThrough(A,B,C);
```

```
>R=getCircleRadius(c);
```

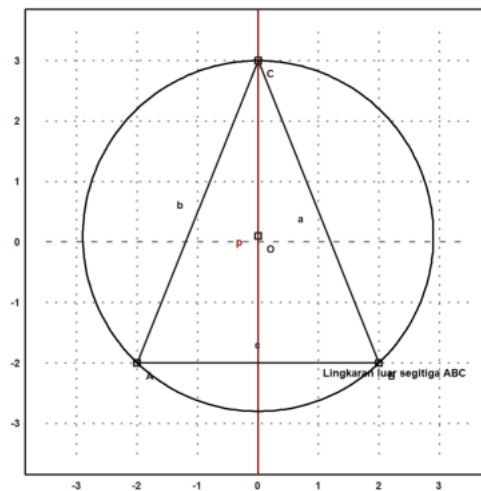
```
>O=getCircleCenter(c);
```

```
>plotPoint(O,"O");
```

```
>I=angleBisector(A,C,B);
```

```
>color(2); plotLine(I); color(1);
```

```
>plotCircle(c,"Lingkaran luar segitiga ABC");
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-138.png

2. Gambarkan suatu parabola yang melalui 3 titik yang diketahui.

Petunjuk:

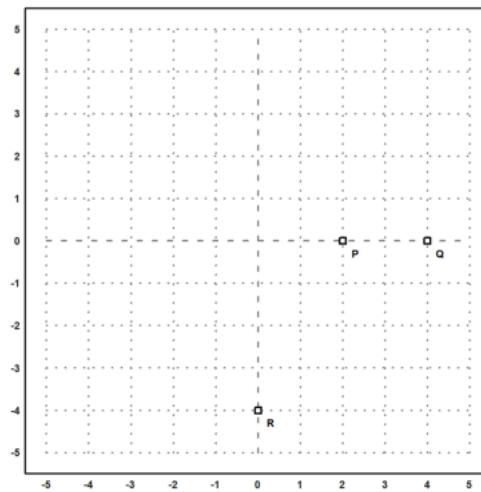
- Misalkan persamaan parabolanya $y = ax^2 + bx + c$.
- Substitusikan koordinat titik-titik yang diketahui ke persamaan tersebut.
- Selesaikan SPL yang terbentuk untuk mendapatkan nilai-nilai a , b , c .

Penyelesaian :

```
>load geometry;
```

```
>setPlotRange(5); P=[2,0]; Q=[4,0]; R=[0,-4];
```

```
>plotPoint(P,"P"); plotPoint(Q,"Q"); plotPoint(R,"R");
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-139.png

```
>sol &= solve([a+b=-c,16*a+4*b=-c,c=-4],[a,b,c])
```

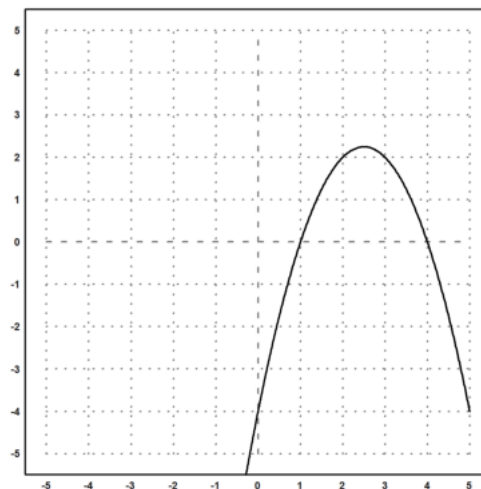
```
[[a = - 1, b = 5, c = - 4]]
```

Sehingga didapat nilai $a = -1$, $b = 5$ dan $c = -4$

```
>function y&=-x^2+5*x-4
```

$$-x^2 + 5x - 4$$

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



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-140.png

3. Gambarkanlah suatu segi-4 yang diketahui keempat titik sudutnya, misalnya A, B, C, D.

- o Tentukan apakah segi-4 tersebut merupakan segi-4 garis singgung (sisinya-sisinya merupakan garis singgung lingkaran yang sama yakni lingkaran dalam segi-4 tersebut).
- o Suatu segi-4 merupakan segi-4 garis singgung apabila keempat garis bagi sudutnya bertemu di satu titik.

- o Jika segi-4 tersebut merupakan segi-4 garis singgung, gambar lingkaran dalamnya.
- o Tunjukkan bahwa syarat suatu segi-4 merupakan segi-4 garis singgung apabila hasil kali panjang sisi-sisi yang berhadapan sama.

Penyelesaian :

>load geometry

Numerical and symbolic geometry.

>setPlotRange(-4.5,4.5,-4.5,4.5);

>A=[-3,-3]; plotPoint(A,"A");

>B=[3,-3]; plotPoint(B,"B");

>C=[3,3]; plotPoint(C,"C");

>D=[-3,3]; plotPoint(D,"D");

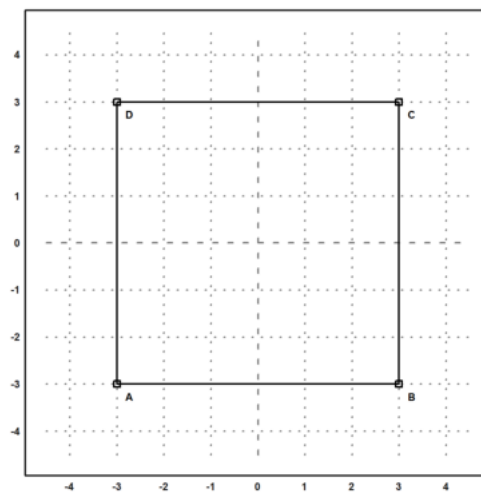
>plotSegment(A,B,"");

>plotSegment(B,C,"");

>plotSegment(C,D,"");

>plotSegment(A,D,"");

>aspect(1):



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-141.png

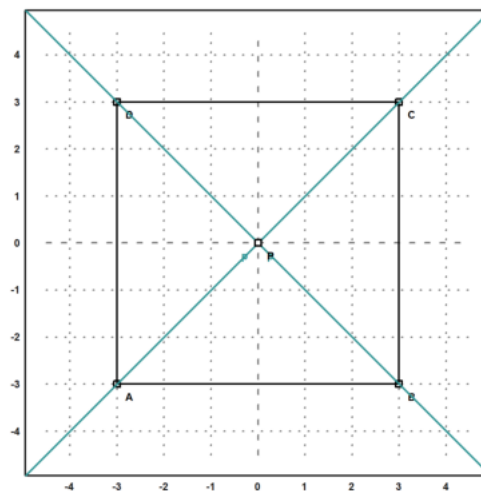
>l=angleBisector(A,B,C);

>m=angleBisector(B,C,D);

>P=lineIntersection(l,m);

>color(5); plotLine(l); plotLine(m); color(1);

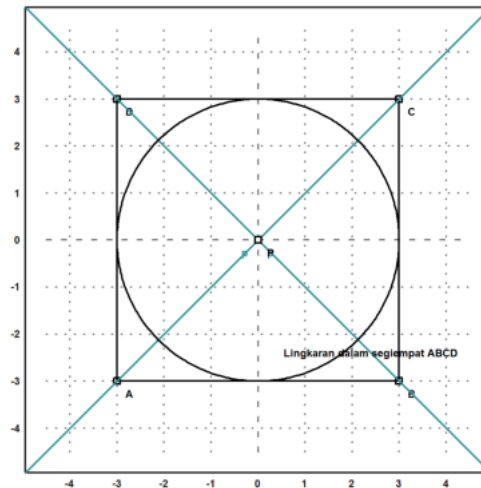
>plotPoint(P,"P");



Dari gambar diatas terlihat bahwa keempat garis bagi sudutnya bertemu di satu titik yaitu titik P.

```
>r=norm(P-projectToLine(P,lineThrough(A,B)));
```

```
>plotCircle(circleWithCenter(P,r),"Lingkaran dalam segiempat ABCD");
```



Dari gambar diatas, terlihat bahwa sisi-sisinya merupakan garis singgung lingkaran yang sama yaitu lingkaran dalam segiempat.

Akan ditunjukkan bahwa hasil kali panjang sisi-sisi yang berhadapan sama.

```
>AB=norm(A-B) //panjang sisi AB
```

```
6
```

```
>CD=norm(C-D) //panjang sisi CD
```

```
6
```

```
>AD=norm(A-D) //panjang sisi AD
```

```
6
```

```
>BC=norm(B-C) //panjang sisi BC
```

```
6
```

```
>AB.CD
```

```
36
```

```
>AD.BC
```

```
36
```

4. Gambarkanlah suatu ellips jika diketahui kedua titik fokusnya, misalnya P dan Q. Ingat ellips dengan fokus P dan Q adalah tempat kedudukan titik-titik yang jumlah jarak ke P dan ke Q selalu sama (konstan).

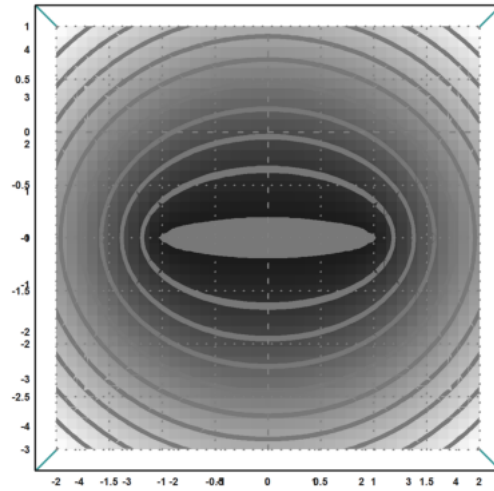
Penyelesaian :

```
>P=[-1,-1]; Q=[1,-1];
```

```
>function d1(x,y):=sqrt((x-P[1])^2+(y-P[2])^2)
```

```
>Q=[1,-1]; function d2(x,y):=sqrt((x-P[1])^2+(y-P[2])^2)+sqrt((x-Q[1])^2+(y-Q[2])^2)
```

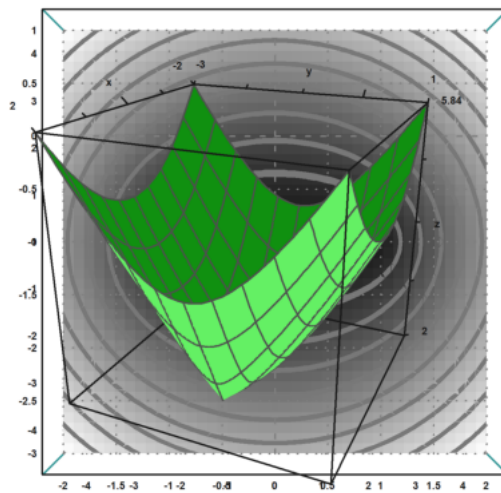
```
>fcontour("d2",xmin=-2,xmax=2,ymin=-3,ymax=1,hue=1);
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-144.png

Grafik menjadi lebih menarik

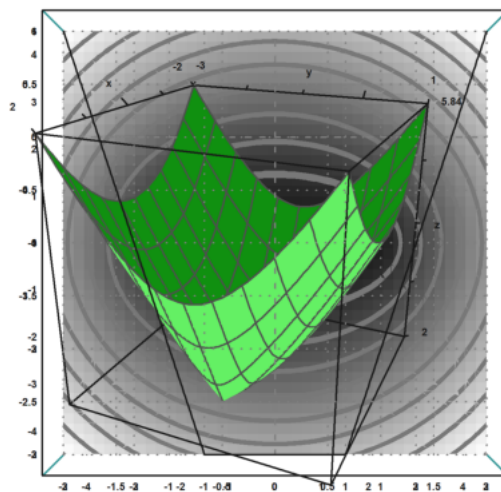
>plot3d("d2",xmin=-2,xmax=2,ymin=-3,ymax=1):



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-145.png

Batasan ke garis PQ

>plot2d("abs(x+1)+abs(x-1)",xmin=-3,xmax=3):



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-146.png

5. Gambarkan suatu hiperbola jika diketahui kedua titik fokusnya, misalnya P dan Q. Ingat ellips dengan fokus P dan Q adalah tempat kedudukan titik-titik yang selisih jarak ke P dan ke Q selalu sama (konstan).

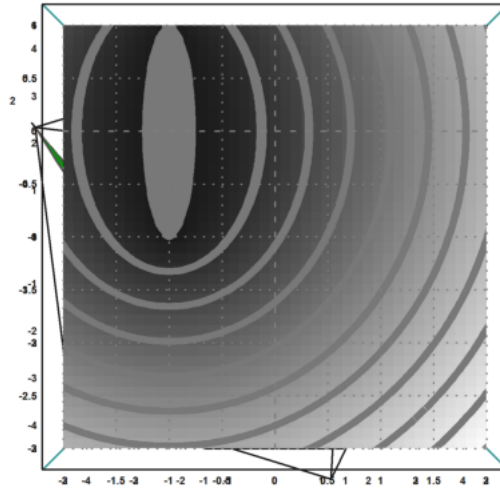
Penyelesaian :

```
>P=[-1,-1]; Q=[1,-1];
```

```
>function d1(x,y):=sqrt((x-p[1])2+(y-p[2])2)
```

```
>Q=[1,-1]; function d2(x,y):=sqrt((x-P[1])2+(y-P[2])2)+sqrt((x+Q[1])2+(y+Q[2])2)
```

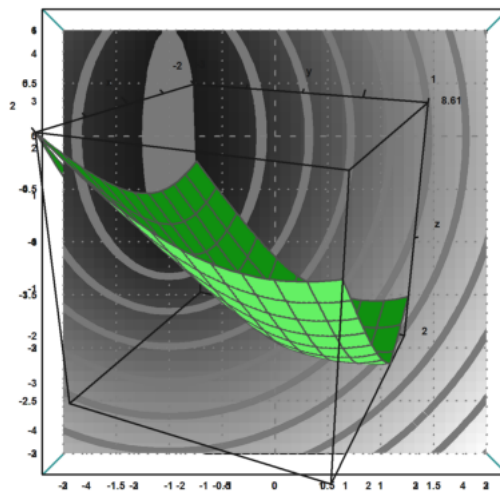
```
>fcontour("d2",xmin=-2,xmax=2,ymin=-3,ymax=1,hue=1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-147.png

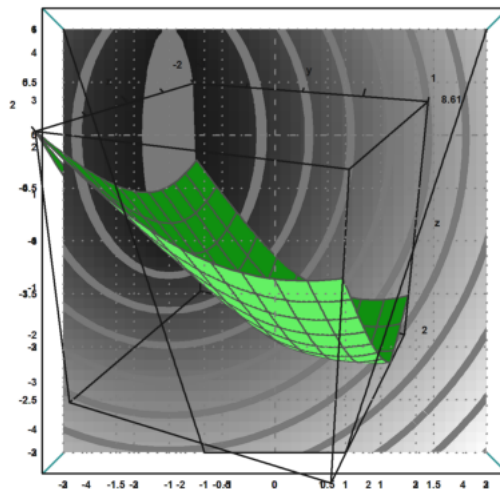
Grafik yang lebih menarik

```
>plot3d("d2",xmin=-2,xmax=2,ymin=-3,ymax=1):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-148.png

```
>plot2d("abs(x+1)+abs(x-1)",xmin=-3,xmax=3):
```



images/EMT%20GEOMETRI%20_INDAH%20SAARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-149.png

EMT untuk Statistika

Dalam buku catatan ini, kami mendemonstrasikan plot statistik utama, tes dan distribusi dalam Euler.

Mari kita mulai dengan beberapa statistik deskriptif. Ini bukanlah sebuah pengantar statistik. Jadi, Anda mungkin memerlukan beberapa latar belakang untuk memahami detailnya.

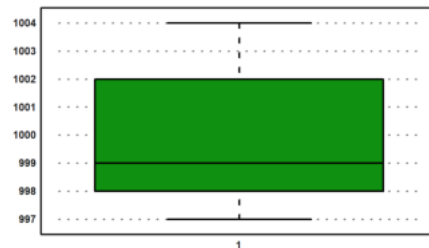
Asumsikan pengukuran berikut ini. Kita ingin menghitung nilai rata-rata dan deviasi standar yang diukur.

```
>M=[1000,1004,998,997,1002,1001,998,1004,998,997]; ...  
> median(M), mean(M), dev(M),
```

```
999  
999,9  
2.72641400622
```

Kita dapat memplot plot kotak dan kumis untuk data tersebut. Dalam kasus kami, tidak ada pencilan.

```
>aspect(1.75); boxplot(M):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-001.png

Kami menghitung probabilitas bahwa suatu nilai lebih besar dari 1005, dengan mengasumsikan nilai yang diukur dari distribusi normal.

Semua fungsi untuk distribusi dalam Euler diakhiri dengan ...dis dan menghitung distribusi probabilitas kumulatif (CPF).

Kami mencetak hasilnya dalam % dengan akurasi 2 digit menggunakan fungsi cetak.

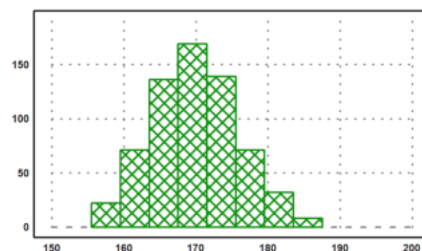
```
>print((1-normaldis(1005,mean(M),dev(M)))*100,2,unit=" %")  
  
3.07 %
```

Untuk contoh berikutnya, kami mengasumsikan jumlah pria berikut ini dalam rentang ukuran tertentu.

```
>r=155.5:4:187.5; v=[22,71,136,169,139,71,32,8];
```

Berikut ini adalah plot distribusinya.

```
>plot2d(r,v,a=150,b=200,c=0,d=190,bar=1,style="v"):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-002.png

Kita dapat memasukkan data mentah tersebut ke dalam tabel.

Tabel adalah sebuah metode untuk menyimpan data statistik. Tabel kita harus berisi tiga kolom: Awal rentang, akhir rentang, jumlah orang dalam rentang.

Tabel dapat dicetak dengan header. Kami menggunakan vektor string untuk mengatur header.

```
>T:=r[1:8]' | r[2:9]' | v'; writetable(T,labc=["BB","BA","Frek"])
```

BB	BA	Frek
155.5	159.5	22
159.5	163.5	71
163.5	167.5	136

167.5	171.5	169
171.5	175.5	139
175.5	179.5	71
179.5	183.5	32
183.5	187.5	8

Jika kita membutuhkan nilai rata-rata dan statistik lain dari ukuran, kita perlu menghitung titik tengah rentang. Kita dapat menggunakan dua kolom pertama dari tabel kita untuk hal ini.

Symbol “[]” digunakan untuk memisahkan kolom, fungsi “writetable” digunakan untuk menulis tabel, dengan opsi “labc” untuk menentukan judul kolom.

```
>(T[,1]+T[,2])/2 // the midpoint of each interval
```

```
157.5
161.5
165.5
169.5
173.5
177.5
181.5
185.5
```

Tetapi akan lebih mudah, untuk melipat rentang dengan vektor [1/2,1/2].

```
>M=fold(r,[0.5,0.5])
```

```
[157.5, 161.5, 165.5, 169.5, 173.5, 177.5, 181.5, 185.5]
```

Sekarang kita dapat menghitung rata-rata dan deviasi sampel dengan frekuensi yang diberikan.

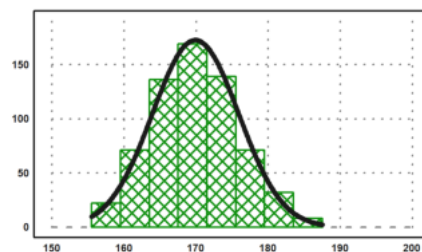
```
>{m,d}=meandev(M,v); m, d,
```

```
169.901234568
5.98912964449
```

Mari kita tambahkan distribusi normal dari nilai-nilai tersebut ke dalam diagram batang di atas. Rumus untuk distribusi normal dengan rata-rata m dan deviasi standar d adalah:

Karena nilainya antara 0 dan 1, untuk memplotnya pada diagram batang, nilai tersebut harus dikalikan dengan 4 kali jumlah data.

```
>plot2d("qnormal(x,m,d)*sum(v)*4", ...
> xmin=min(r),xmax=max(r),thickness=3,add=1):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-003.png

Tables

Dalam direktori buku catatan ini, Anda dapat menemukan file dengan tabel. Data tersebut mewakili hasil survei. Berikut adalah empat baris pertama dari file tersebut. Data berasal dari buku online berbahasa Jerman “Einführung in die Statistik mit R” oleh A. Handl.

```
>printfile("table.dat",4);
```

```
Could not open the file
table.dat
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
printfile:
  open(filename,"r");
```

Tabel berisi 7 kolom angka atau token (string). Kita ingin membaca tabel tersebut dari file. Pertama, kita menggunakan terjemahan kita sendiri untuk token-token tersebut.

Untuk itu, kita mendefinisikan set token. Fungsi strtokens() mendapatkan vektor string token dari string yang diberikan.

```
>mf=["m","F"]; yn=["y","n"]; ev:=strtokens("g vg m b vb");
```

Sekarang kita membaca tabel dengan terjemahan ini.

Argumen tok2, tok4, dan lain-lain adalah terjemahan dari kolom-kolom tabel. Argumen-argumen ini tidak ada dalam daftar parameter readtable(), jadi Anda harus menyediakannya dengan “:=”.

```
>{MT,hd}=readtable("table.dat",tok2:=mf,tok4:=yn,tok5:=ev,tok7:=yn);
```

```
Could not open the file
table.dat
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
readtable:
  if filename!=none then open(filename,"r"); endif;
```

```
>load over statistics;
```

Untuk mencetak, kita perlu menentukan set token yang sama. Kami mencetak empat baris pertama saja.

```
>writetable(MT[1:10],labc=hd,wc=5,tok2:=mf,tok4:=yn,tok5:=ev,tok7:=yn);
```

```
MT is not a variable!
Error in:
writetable(MT[1:10],labc=hd,wc=5,tok2:=mf,tok4:=yn,tok5:=ev,to ...
      ^
```

Tanda titik “.” mewakili nilai yang tidak tersedia.

Jika kita tidak ingin menentukan token untuk terjemahan sebelumnya, kita hanya perlu menentukan kolom mana yang berisi token dan bukan angka.

```
>ctok=[2,4,5,7]; {MT,hd,tok}=readtable("table.dat",ctok=ctok);
```

```
Could not open the file
table.dat
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
readtable:
  if filename!=none then open(filename,"r"); endif;
```

Fungsi readtable() sekarang mengembalikan satu set token.

```
>tok
```

```
Variable tok not found!
Error in:
tok ...
      ^
```

Tabel berisi entri dari file dengan token yang diterjemahkan menjadi angka.

String khusus NA=“.” ditafsirkan sebagai “Tidak Tersedia”, dan mendapatkan NAN (bukan angka) dalam tabel. Terjemahan ini dapat diubah dengan parameter NA, dan NAval.

```
>MT[1]
```

```
MT is not a variable!
Error in:
MT[1] ...
      ^
```

Berikut ini adalah isi tabel dengan angka yang tidak diterjemahkan.

```
>writetable(MT,wc=5)
```

```
Variable or function MT not found.
Error in:
writetable(MT,wc=5) ...
      ^
```

Untuk kenyamanan, Anda dapat menaruh keluaran dari readtable() ke dalam sebuah daftar.

```
>Table={readtable("table.dat",ctok=ctok)};
```

```
Could not open the file
table.dat
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
readtable:
  if filename!=none then open(filename,"r"); endif;
```

Dengan menggunakan kolom token yang sama dan token yang dibaca dari file, kita dapat mencetak tabel. Kita dapat menentukan ctok, tok, dll. atau menggunakan daftar Tabel.

```
>writetable(Table,ctok=ctok,wc=5);
```

```
Variable or function Table not found.
Error in:
```



```
writetable(Table,ctok=ctok,wc=5); ...
^
```

Fungsi `tablecol()` mengembalikan nilai kolom dari tabel, melewati setiap baris dengan nilai NAN (“.” dalam file), dan indeks kolom, yang berisi nilai-nilai ini.

```
>{c,i}=tablecol(MT,[5,6]);
```

Variable or function MT not found.

```
Error in:
{c,i}=tablecol(MT,[5,6]); ...
^
```

Kita dapat menggunakan ini untuk mengekstrak kolom dari tabel untuk tabel baru.

```
>j=[1,5,6]; writetable(MT[i,j],labc=hd[j],ctok=[2],tok=tok)
```

Variable or function i not found.

```
Error in:
j=[1,5,6]; writetable(MT[i,j],labc=hd[j],ctok=[2],tok=tok) ...
^
```

Tentu saja, kita perlu mengekstrak tabel itu sendiri dari daftar Tabel dalam kasus ini.

```
>MT=Table[1];
```

Table is not a variable!

```
Error in:
MT=Table[1]; ...
^
```

Tentu saja, kita juga dapat menggunakannya untuk menentukan nilai rata-rata kolom atau nilai statistik lainnya.

```
>mean(tablecol(MT,6))
```

Variable or function MT not found.

```
Error in:
mean(tablecol(MT,6)) ...
^
```

Fungsi `getstatistics()` mengembalikan elemen-elemen dalam sebuah vektor, dan jumlahnya. Kita menerapkannya pada nilai “m” dan “f” pada kolom kedua tabel kita.

```
>{xu,count}=getstatistics(tablecol(MT,2)); xu, count,
```

Variable or function MT not found.

```
Error in:
{xu,count}=getstatistics(tablecol(MT,2)); xu, count, ...
^
```

Kita bisa mencetak hasilnya dalam tabel baru.

```
>writetable(count',labr=tok[xu])
```

Variable count not found!

```
Error in:
writetable(count',labr=tok[xu]) ...
^
```

Fungsi `selecttable()` mengembalikan sebuah tabel baru dengan nilai dalam satu kolom yang dipilih dari vektor indeks. Pertama, kita mencari indeks dari dua nilai kita dalam tabel token.

```
>v:=indexof(tok,["g","vg"])
```

Variable or function tok not found.

```
Error in:
v:=indexof(tok,["g","vg"]) ...
^
```

Sekarang kita dapat memilih baris-baris dari tabel, yang memiliki salah satu nilai dalam v di baris ke-5.

```
>MT1:=MT[selectrows(MT,5,v)]; i:=sortedrows(MT1,5);
```

Variable or function MT not found.

```
Error in:
MT1:=MT[selectrows(MT,5,v)]; i:=sortedrows(MT1,5); ...
^
```

Sekarang kita dapat mencetak tabel, dengan nilai yang diekstrak dan diurutkan di kolom ke-5.

```
>writetable(MT1[i],labc=hd,ctok=ctok,tok=tok,wc=7);
```

Variable or function i not found.

```
Error in:
writetable(MT1[i],labc=hd,ctok=ctok,tok=tok,wc=7); ...
^
```

Untuk statistik berikutnya, kita ingin menghubungkan dua kolom tabel. Jadi kita mengekstrak kolom 2 dan 4 dan mengurutkan tabel.

```
>i=sortedrows(MT,[2,4]); ...
> writetable(tablecol(MT[i],[2,4]),ctok=[1,2],tok=tok)
```

Variable or function MT not found.

Error in:

```
i=sortedrows(MT,[2,4]); writetable(tablecol(MT[i],[2,4]),c ...
^
```

Dengan `getstatistics()`, kita juga dapat menghubungkan hitungan dalam dua kolom tabel satu sama lain.

```
>MT24=tablecol(MT,[2,4]); ...
> {xu1,xu2,count}=getstatistics(MT24[1],MT24[2]); ...
> writetable(count,labr=tok[xu1],labc=tok[xu2])
```

Variable or function MT not found.

Error in:

```
MT24=tablecol(MT,[2,4]); {xu1,xu2,count}=getstatistics(MT24[1] ...
^
```

Tabel dapat ditulis ke sebuah file.

```
>filename="test.dat"; ...
> writetable(count,labr=tok[xu1],labc=tok[xu2],file=filename);
```

Variable or function count not found.

Error in:

```
filename="test.dat"; writetable(count,labr=tok[xu1],labc=tok[x ...
^
```

Kemudian kita dapat membaca tabel dari file tersebut.

```
>{MT2,hd,tok2,hdr}=readtable(filename,>clabs,>rlabs); ...
> writetable(MT2,labr=hdr,labc=hd)
```

Could not open the file

test.dat

for reading!

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

readtable:

```
if filename!=none then open(filename,"r"); endif;
```

Dan hapus file tersebut.

```
>fileremove(filename);
```

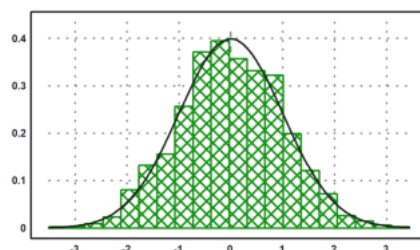
Distribusi

Dengan `plot2d`, ada metode yang sangat mudah untuk memplot distribusi data eksperimen.

```
>p=normal(1,1000); //1000 random normal-distributed sample p
```

```
>plot2d(p,distribution=20,style="v"); // plot the random sample p
```

```
>plot2d("qnormal(x,0,1)",add=1); // add the standard normal distribution plot
```

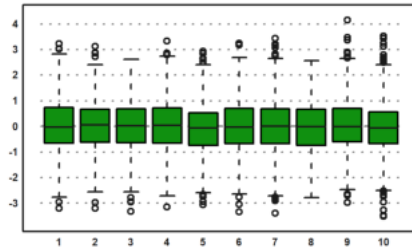


images/EMT%20STATISTIKA_INDIA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-004.png

Perhatikan perbedaan antara plot batang (sampel) dan kurva normal (distribusi sesungguhnya). Masukkan kembali ketiga perintah tersebut untuk melihat hasil pengambilan sampel yang lain.

Berikut ini adalah perbandingan 10 simulasi dari 1000 nilai terdistribusi normal dengan menggunakan apa yang disebut plot kotak. Plot ini menunjukkan median, kuartil 25% dan 75%, nilai minimal dan maksimal, serta pencilan.

```
>p=normal(10,1000); boxplot(p):
```

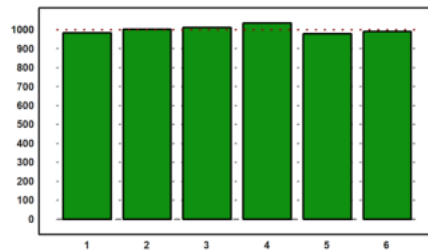


images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-005.png

Untuk menghasilkan bilangan bulat acak, Euler memiliki intrandom. Mari kita simulasikan pelemparan dadu dan memplot distribusinya.

Kita menggunakan fungsi `getmultiplicities(v,x)`, yang menghitung seberapa sering elemen-elemen dari `v` muncul di dalam `x`. Kemudian kita memplot hasilnya menggunakan `columnplot()`.

```
>k=intrandom(1,6000,6); ...
>columnplot(getmultiplicities(1:6,k)); ...
>ygrid(1000,color=red):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-006.png

Meskipun `intrandom(n,m,k)` menghasilkan bilangan bulat yang terdistribusi secara seragam dari 1 sampai `k`, adalah mungkin untuk menggunakan distribusi bilangan bulat yang lain dengan `randpint()`.

Pada contoh berikut, probabilitas untuk 1,2,3 adalah 0.4, 0.1, 0.5 secara berurutan.

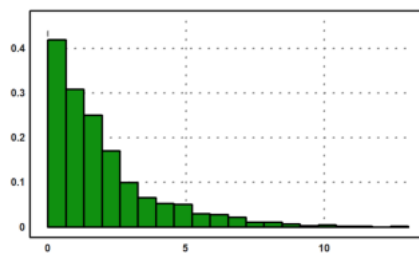
```
>randpint(1,1000,[0.4,0.1,0.5]); getmultiplicities(1:3,%)
[378, 102, 520]
```

Euler dapat menghasilkan nilai acak dari lebih banyak distribusi. Lihatlah ke dalam referensi.

Misalnya, kita mencoba distribusi eksponensial. Sebuah variabel acak kontinu `X` dikatakan memiliki distribusi eksponensial, jika PDF-nya diberikan oleh

with parameter

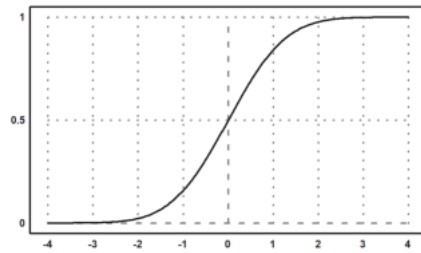
```
>plot2d(randexponential(1,1000,2),>distribution):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-007.png

Untuk banyak distribusi, Euler dapat menghitung fungsi distribusi dan kebalikannya.

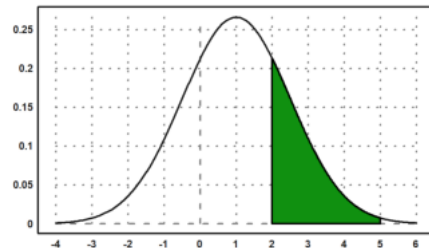
```
>plot2d("normaldis",-4,4):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-008.png

Berikut ini adalah salah satu cara untuk memplot kuantil.

```
>plot2d("qnormal(x,1,1.5)",-4,6); ...
>plot2d("qnormal(x,1,1.5)",a=2,b=5,>add,>filled):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-009.png

Probabilitas untuk berada di area hijau adalah sebagai berikut.

```
>normaldis(5,1,1.5)-normaldis(2,1,1.5)
```

0.248662156979

Hal ini dapat dihitung secara numerik dengan integral berikut ini.

```
>gauss("qnormal(x,1,1.5)",2,5)
```

0.248662156979

Mari kita bandingkan distribusi binomial dengan distribusi normal dengan rata-rata dan deviasi yang sama. Fungsi `invbindis()` menyelesaikan interpolasi linier antara nilai bilangan bulat.

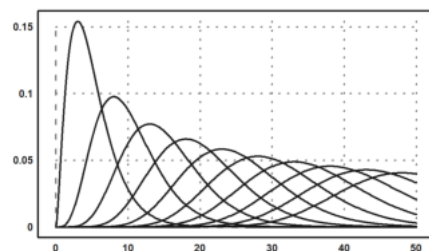
```
>invbindis(0.95,1000,0.5), invnormaldis(0.95,500,0.5*sqrt(1000))
```

525.516721219

526.007419394

Fungsi `qdis()` adalah densitas dari distribusi chi-square. Seperti biasa, Euler memetakan vektor ke fungsi ini. Dengan demikian kita mendapatkan plot semua distribusi chi-kuadrat dengan derajat 5 hingga 30 dengan mudah dengan cara berikut.

```
>plot2d("qchidis(x,(5:5:50))",0,50):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-010.png

Euler memiliki fungsi-fungsi yang akurat untuk mengevaluasi distribusi-distribusi. Mari kita periksa `chidis()` dengan sebuah integral.

Penamaannya diusahakan untuk konsisten. Sebagai contoh,

- distribusi chi-kuadrat adalah `chidis()`,
- fungsi kebalikannya adalah `invchidis()`,
- densitasnya adalah `qchidis()`.

Pelengkap dari distribusi (ekor atas) adalah `chicdis()`.

```
>chidis(1.5,2), integrate("qchidis(x,2)",0,1.5)
```

```
0.527633447259
0.527633447259
```

Distribusi Diskrit

Untuk menentukan distribusi diskrit Anda sendiri, Anda dapat menggunakan metode berikut.

Pertama, kita tetapkan fungsi distribusinya.

```
>wd = 0/((1:6)+[-0.01,0.01,0,0,0,0])/6
```

```
[0, 0.165, 0.335, 0.5, 0.666667, 0.833333, 1]
```

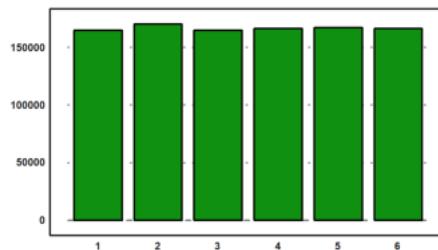
Artinya, dengan probabilitas $wd[i+1]-wd[i]$ kita menghasilkan nilai acak i .

Ini hampir merupakan distribusi yang seragam. Mari kita definisikan sebuah generator bilangan acak untuk ini. Fungsi `find(v,x)` menemukan nilai x dalam vektor v . Fungsi ini juga dapat digunakan untuk vektor x .

```
>function wrongdice (n,m) := find(wd,random(n,m))
```

Kesalahan ini sangat halus sehingga kita hanya bisa melihatnya setelah melakukan iterasi yang sangat banyak.

```
>columnsplot(getmultiplicities(1:6,wrongdice(1,1000000))):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-011.png

Berikut ini adalah fungsi sederhana untuk memeriksa distribusi seragam dari nilai $1 \dots K$ dalam v . Kami menerima hasilnya, jika untuk semua frekuensi

```
>function checkrandom (v, delta=1) ...
```

```
    K=max(v); n=cols(v);
    fr=getfrequencies(v,1:K);
    return max(fr/n-1/K)<delta/sqrt(n);
endfunction
```

Memang fungsi ini menolak distribusi seragam.

```
>checkrandom(wrongdice(1,1000000))
```

```
0
```

Dan ini menerima generator acak built-in.

```
>checkrandom(intrandom(1,1000000,6))
```

```
1
```

Kita dapat menghitung distribusi binomial. Pertama, ada `binomialsum()`, yang mengembalikan probabilitas i atau kurang dari n percobaan.

```
>bindis(410,1000,0.4)
```

```
0.751401349654
```

Fungsi Beta invers digunakan untuk menghitung interval kepercayaan Clopper-Pearson untuk parameter p . Tingkat defaultnya adalah α .

Arti dari interval ini adalah jika p berada di luar interval, hasil yang diamati sebesar 410 dalam 1000 jarang terjadi.

```
>clopperpearson(410,1000)
```

```
[0.37932, 0.441212]
```

Perintah berikut ini adalah cara langsung untuk mendapatkan hasil di atas. Tetapi untuk n yang besar, penjumlahan langsung tidak akurat dan lambat.

```
>p=0.4; i=0:410; n=1000; sum(bin(n,i)*pi*(1-p)(n-i))
```

```
0.751401349655
```

Omong-omong, `invbinsum()` menghitung kebalikan dari `binomialsum()`.

```
>invbindis(0.75,1000,0.4)
```

```
409.932733047
```

Dalam Bridge, kita mengasumsikan 5 kartu yang terbuka (dari 52 kartu) di dua tangan (26 kartu). Mari kita hitung probabilitas distribusi yang lebih buruk dari 3:2 (misalnya 0:5, 1:4, 4:1, atau 5:0).

```
>2*hypergeomsum(1,5,13,26)
```

```
0.321739130435
```

Ada juga simulasi distribusi multinomial.

```
>randmultinomial(10,1000,[0.4,0.1,0.5])
```

381	100	519
376	91	533
417	80	503
440	94	466
406	112	482
408	94	498
395	107	498
399	96	505
428	87	485
400	99	501

Memplot Data

Untuk memplot data, kami mencoba hasil pemilihan umum Jerman sejak tahun 1990, yang diukur dalam kursi.

```
>BW := [ ...  
> 1990,662,319,239,79,8,17; ...  
> 1994,672,294,252,47,49,30; ...  
> 1998,669,245,298,43,47,36; ...  
> 2002,603,248,251,47,55,2; ...  
> 2005,614,226,222,61,51,54; ...  
> 2009,622,239,146,93,68,76; ...  
> 2013,631,311,193,0,63,64];
```

Untuk pesta, kami menggunakan serangkaian nama.

```
>P:=[“CDU/CSU”, “SPD”, “FDP”, “Gr”, “Li”];
```

Mari kita cetak persentasenya dengan baik.

Pertama kita ekstrak kolom-kolom yang diperlukan. Kolom 3 sampai 7 adalah kursi masing-masing partai, dan kolom 2 adalah jumlah total kursi. kolom adalah tahun pemilihan.

```
>BT:=BW[,3:7]; BT:=BT/sum(BT); YT:=BW[,1]';
```

Kemudian kita mencetak statistik dalam bentuk tabel. Kita menggunakan nama sebagai judul kolom, dan tahun sebagai judul baris. Lebar default untuk kolom adalah `wc = 10`, tetapi kami lebih suka output yang lebih padat. Kolom-kolom akan diperluas untuk label-label kolom, jika perlu.

```
>writetable(BT*100,wc=6,dc=0,>fixed,labc=P,labr=YT)
```

	CDU/CSU	SPD	FDP	Gr	Li
1990	48	36	12	1	3
1994	44	38	7	7	4
1998	37	45	6	7	5
2002	41	42	8	9	0
2005	37	36	10	8	9
2009	38	23	15	11	12
2013	49	31	0	10	10

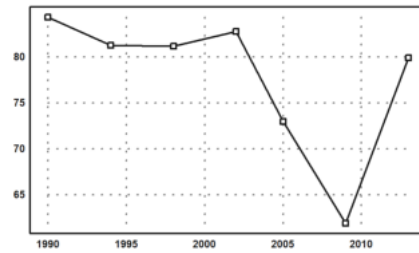
Perkalian matriks berikut ini mengekstrak jumlah persentase dua partai besar yang menunjukkan bahwa partai-partai kecil telah memperoleh suara di parlemen hingga tahun 2009.

```
>BT1:=(BT[,1;1;0;0;0])*100
```

```
[84.29, 81.1659, 82.7529, 72.9642, 61.8971, 79.8732]
```

Ada juga plot statistik sederhana. Kita menggunakannya untuk menampilkan garis dan titik secara bersamaan. Alternatif lainnya adalah memanggil `plot2d` dua kali dengan `>add`.

```
>statplot(YT,BT1,“b”):
```



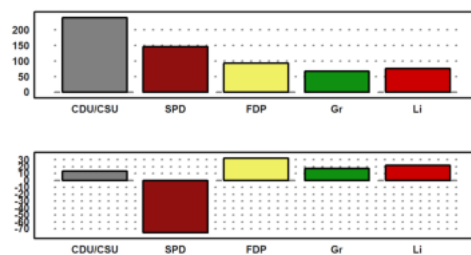
images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-012.png

Tentukan beberapa warna untuk masing-masing pihak.

```
>CP:= [rgb(0.5,0.5,0.5),red,yellow,green,rgb(0.8,0,0)];
```

Sekarang kita dapat memplot hasil pemilu 2009 dan perubahannya ke dalam satu plot menggunakan figure. Kita dapat menambahkan vektor kolom pada setiap plot.

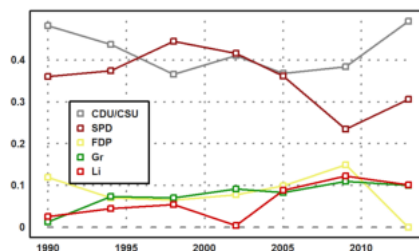
```
>figure(2,1); ...
> figure(1); columnsplot(BW[6,3:7],P,color=CP); ...
> figure(2); columnsplot(BW[6,3:7]-BW[5,3:7],P,color=CP); ...
> figure(0):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-013.png

Plot data menggabungkan baris data statistik dalam satu plot.

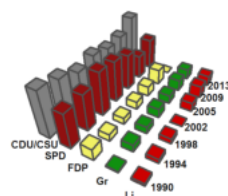
```
>J:=BW[,1]; DP:=BW[,3:7]; ...
> dataplot(YT,BT',color=CP); ...
> labelbox(P,color=CP,styles="[]",>points,w=0.2,x=0.3,y=0.4):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-014.png

Plot kolom 3D menunjukkan deretan data statistik dalam bentuk kolom. Kami menyediakan label untuk baris dan kolom. angle adalah sudut pandang.

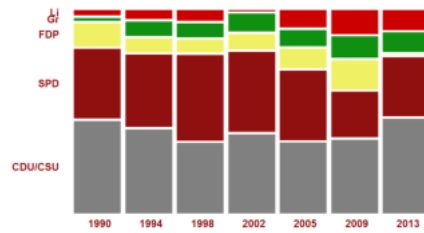
```
>columnsplot3d(BT,scols=P,srows=YT, ...
> angle=30°,ccols=CP):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-015.png

Representasi lainnya adalah plot mosaik. Perhatikan bahwa kolom-kolom pada plot mewakili kolom-kolom pada matriks di sini. Karena panjangnya label CDU/CSU, kita mengambil jendela yang lebih kecil dari biasanya.

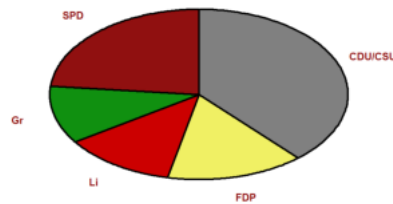
```
>shrinkwindow(>smaller); ...
> mosaicplot(BT',srows=YT,scols=P,color=CP,style="#"); ...
> shrinkwindow():
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-016.png

Kita juga bisa membuat diagram lingkaran. Karena warna hitam dan kuning membentuk koalisi, kita menyusun ulang elemen-elemennya.

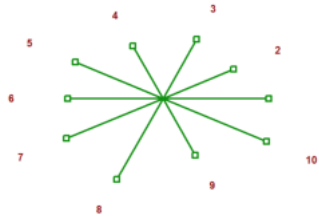
```
>i=[1,3,5,4,2]; piechart(BW[6,3:7][i],color=CP[i],lab=P[i]):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-017.png

Berikut ini jenis plot yang lain.

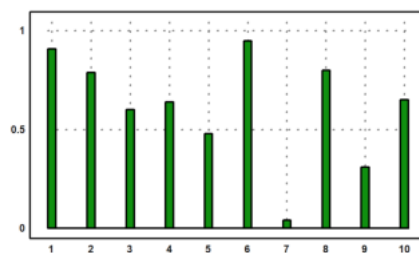
```
>starplot(normal(1,10)+4,lab=1:10,>rays):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-018.png

Beberapa plot dalam plot2d bagus untuk statika. Berikut ini adalah plot impuls dari data acak, yang terdistribusi secara seragam dalam [0,1].

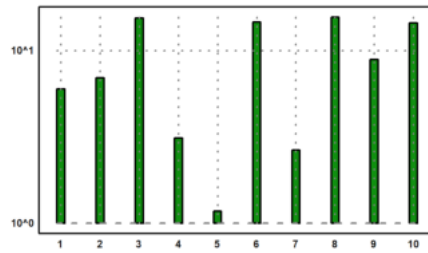
```
>plot2d(makeimpulse(1:10,random(1,10)),>bar):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-019.png

Tetapi untuk data yang terdistribusi secara eksponensial, kita mungkin memerlukan plot logaritmik.

```
>logimpulseplot(1:10,-log(random(1,10))*10):
```

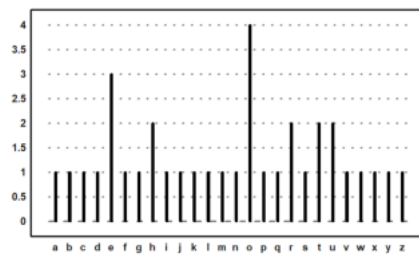



images/EMT%20STATISTIKA_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-020.png

Fungsi `columnplot()` lebih mudah digunakan, karena hanya membutuhkan sebuah vektor nilai. Selain itu, fungsi ini dapat mengatur labelnya menjadi apa pun yang kita inginkan, kita telah mendemonstrasikan hal ini dalam tutorial ini.

Berikut ini adalah aplikasi lain, di mana kita menghitung karakter dalam sebuah kalimat dan memplot statistik.

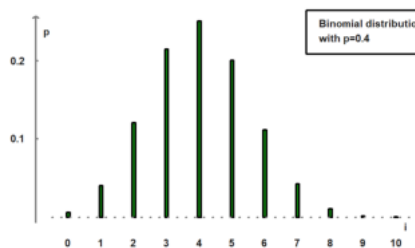
```
>v=strtochar("the quick brown fox jumps over the lazy dog"); ...
>w=ascii("a"):ascii("z"); x=getmultiplicities(w,v); ...
>cw=[]; for k=w; cw=cw|char(k); end; ...
>columnplot(x,lab=cw,width=0.05);
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-021.png

Anda juga dapat menetapkan sumbu secara manual.

```
>n=10; p=0.4; i=0:n; x=bin(n,i)*p^i*(1-p)^(n-i); ...
>columnplot(x,lab=i,width=0.05,<frame,<grid); ...
>yaxis(0,0:0.1:1,style=">",>left); xaxis(0,style=">"); ...
>label("p",0,0.25), label("i",11,0); ...
>textbox(["Binomial distribution","with p=0.4"]);
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDIAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-022.png

Berikut ini adalah cara untuk memplot frekuensi angka dalam vektor.

Kami membuat vektor angka acak bilangan bulat 1 hingga 6.

```
>v:=inrandom(1,10,10)
```

```
[8, 5, 8, 8, 6, 8, 8, 3, 5, 5]
```

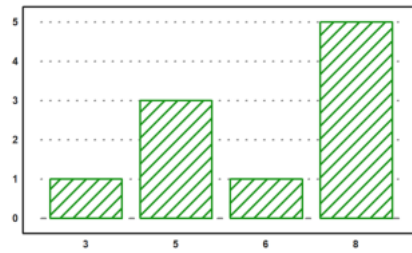
Kemudian ekstrak nomor unik dalam v.

```
>vu:=unique(v)
```

```
[3, 5, 6, 8]
```

Dan memplot frekuensi dalam plot kolom.

```
>columnplot(getmultiplicities(vu,v),lab=vu,style="/");
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-023.png

Kami ingin mendemonstrasikan fungsi untuk distribusi nilai empiris.

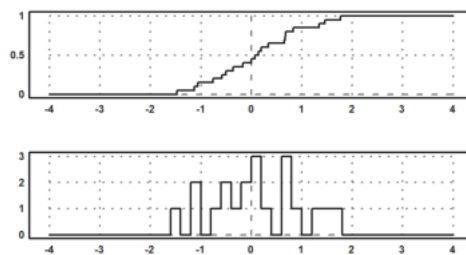
```
>x=normal(1,20);
```

Fungsi `empdist(x,vs)` membutuhkan larik nilai yang telah diurutkan. Jadi kita harus mengurutkan `x` sebelum dapat menggunakannya.

```
>xs=sort(x);
```

Kemudian kita memplot distribusi empiris dan beberapa batang kepadatan ke dalam satu plot. Alih-alih plot batang untuk distribusi, kali ini kami menggunakan plot gigi gergaji.

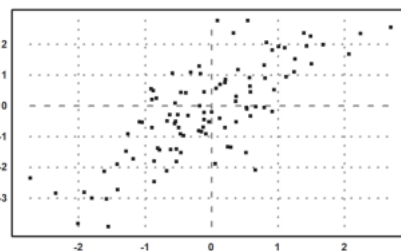
```
>figure(2,1); ...
> figure(1); plot2d("empdist",-4,4;xs); ...
> figure(2); plot2d(histo(x,v=-4:0.2:4,<bar)); ...
> figure(0);
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-024.png

Plot sebaran mudah dilakukan di Euler dengan plot titik biasa. Grafik berikut ini menunjukkan bahwa `X` dan `X+Y` berkorelasi positif secara jelas.

```
>x=normal(1,100); plot2d(x,x+rotright(x),>points,style=".."):
```

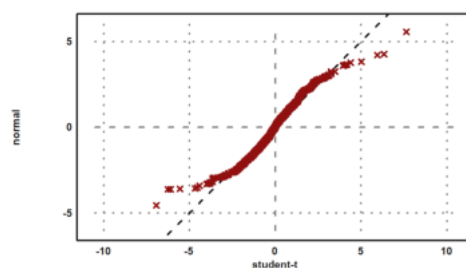


images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-025.png

Sering kali, kita ingin membandingkan dua sampel dari distribusi yang berbeda. Hal ini dapat dilakukan dengan plot kuantil-kuantil.

Untuk pengujian, kami mencoba distribusi student-t dan distribusi eksponensial.

```
>x=randt(1,1000,5); y=randnormal(1,1000,mean(x),dev(x)); ...
> plot2d("x",r=6,style="--",yl="normal",xl="student-t",>vertical); ...
> plot2d(sort(x),sort(y),>points,color=red,style="x",>add):
```



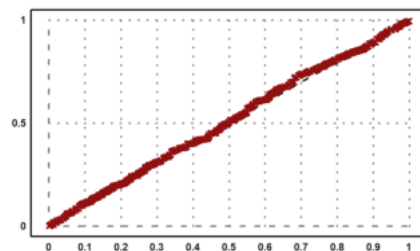
Plot tersebut dengan jelas menunjukkan bahwa nilai yang terdistribusi normal cenderung lebih kecil pada ujung yang ekstrim.

Jika kita memiliki dua distribusi dengan ukuran yang berbeda, kita dapat memperluas distribusi yang lebih kecil atau memperkecil distribusi yang lebih besar. Fungsi berikut ini bagus untuk keduanya. Fungsi ini mengambil nilai median dengan persentase antara 0 dan 1.

```
>function medianexpand (x,n) := median(x,p=linspace(0,1,n-1));
```

Mari kita bandingkan dua distribusi yang sama.

```
>x=random(1000); y=random(400); ...  
> plot2d("x",0,1,style="--"); ...  
> plot2d(sort(medianexpand(x,400)),sort(y),>points,color=red,style="x",>add):
```



Regresi dan Korelasi

Regresi linier dapat dilakukan dengan fungsi polyfit() atau berbagai fungsi kecocokan.

Sebagai permulaan, kita mencari garis regresi untuk data univariat dengan polyfit(x,y,1).

```
>x=1:10; y=[2,3,1,5,6,3,7,8,9,8]; writetable(x'|y',labc=["x","y"])
```

x	y
1	2
2	3
3	1
4	5
5	6
6	3
7	7
8	8
9	9
10	8

Kami ingin membandingkan kecocokan tanpa bobot dan dengan bobot. Pertama, koefisien dari kecocokan linier.

```
>p=polyfit(x,y,1)
```

```
[0.733333, 0.812121]
```

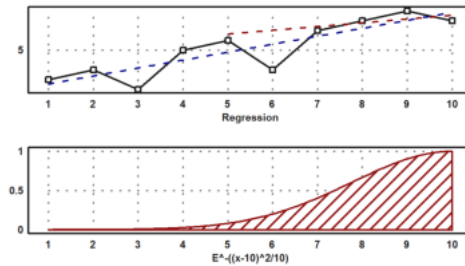
Sekarang, koefisien dengan bobot yang menekankan nilai terakhir.

```
>w &= "exp(-(x-10)^2/10)"; pw=polyfit(x,y,1,w=w(x))
```

```
[4.71566, 0.38319]
```

Kami menempatkan semuanya ke dalam satu plot untuk titik-titik dan garis regresi, dan untuk bobot yang digunakan.

```
>figure(2,1); ...  
> figure(1); statplot(x,y,"b",xl="Regression"); ...  
> plot2d("evalpoly(x,p)",>add,color=blue,style="--"); ...  
> plot2d("evalpoly(x,pw)",5,10,>add,color=red,style="--"); ...  
> figure(2); plot2d(w,1,10,>filled,style="/",fillcolor=red,xl=w); ...  
> figure(0);
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-028.png

Untuk contoh lain, kita membaca survei tentang siswa, usia mereka, usia orang tua mereka, dan jumlah saudara kandung dari sebuah file.

Tabel ini berisi “m” dan “f” pada kolom kedua. Kita menggunakan variabel tok2 untuk mengatur terjemahan yang tepat dan bukannya membiarkan readtable() mengumpulkan terjemahan.

```
>{MS,hd}:=readtable("table1.dat",tok2=["m","f"]); ...
> writetable(MS,labc=hd,tok2=["m","f"]);
```

```
Could not open the file
table1.dat
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
readtable:
  if filename!=none then open(filename,"r"); endif;
```

Bagaimana usia saling bergantung satu sama lain? Kesan pertama datang dari scatterplot berpasangan.

```
>scatterplots(tablecol(MS,3:5),hd[3:5]):
```

```
Variable or function MS not found.
Error in:
scatterplots(tablecol(MS,3:5),hd[3:5]): ...
^
```

Jelas bahwa usia ayah dan ibu saling bergantung satu sama lain. Mari kita tentukan dan plot garis regresinya.

```
>cs:=MS[,4:5]'; ps:=polyfit(cs[1],cs[2],1)

MS is not a variable!
Error in:
cs:=MS[,4:5]'; ps:=polyfit(cs[1],cs[2],1) ...
^
```

Ini jelas merupakan model yang salah. Garis regresinya adalah $s = 17 + 0,74t$, di mana t adalah usia ibu dan s adalah usia ayah. Perbedaan usia mungkin sedikit bergantung pada usia, tetapi tidak terlalu banyak.

Sebaliknya, kita menduga fungsi seperti $s = a + t$. Kemudian a adalah rata-rata dari $s-t$. Ini adalah perbedaan usia rata-rata antara ayah dan ibu.

```
>da:=mean(cs[2]-cs[1])

cs is not a variable!
Error in:
da:=mean(cs[2]-cs[1]) ...
^
```

Mari kita plotkan ini ke dalam satu scatter plot.

```
>plot2d(cs[1],cs[2],>points); ...
>plot2d("evalpoly(x,ps)",color=red,style=".",>add); ...
>plot2d("x+da",color=blue,>add):

cs is not a variable!
Error in:
plot2d(cs[1],cs[2],&gt;points); plot2d("evalpoly(x,ps)",color=re ...
^
```

Berikut ini adalah plot kotak dari kedua usia tersebut. Ini hanya menunjukkan, bahwa usia keduanya berbeda.

```
>boxplot(cs,["mothers","fathers"]):

Variable or function cs not found.
Error in:
boxplot(cs,["mothers","fathers"]): ...
^
```

Sangat menarik bahwa perbedaan dalam median tidak sebesar perbedaan dalam mean.

```
>median(cs[2])-median(cs[1])
```

```
cs is not a variable!
Error in:
median(cs[2])-median(cs[1]) ...
      ^
```

Koefisien korelasi menunjukkan korelasi positif.

```
>correl(cs[1],cs[2])
```

```
cs is not a variable!
Error in:
correl(cs[1],cs[2]) ...
      ^
```

Korelasi peringkat adalah ukuran untuk urutan yang sama dalam kedua vektor. Korelasi ini juga cukup positif.

```
>rankcorrel(cs[1],cs[2])
```

```
cs is not a variable!
Error in:
rankcorrel(cs[1],cs[2]) ...
      ^
```

Membuat Fungsi baru

Tentu saja, bahasa EMT dapat digunakan untuk memprogram fungsi baru. Misalnya, kita mendefinisikan fungsi kemiringan.

di mana m adalah rata-rata dari x.

```
>function skew (x:vector) ...
```

```
m=mean(x);
return sqrt(cols(x))*sum((x-m)^3)/(sum((x-m)^2))^(3/2);
endfunction
```

Seperti yang Anda lihat, kita dapat dengan mudah menggunakan bahasa matriks untuk mendapatkan implementasi yang sangat singkat dan efisien. Mari kita coba fungsi ini.

```
>data=normal(20); skew(normal(10))
```

```
-0.198710316203
```

Berikut ini adalah fungsi lain, yang disebut koefisien kemencengan Pearson.

```
>function skew1 (x) := 3*(mean(x)-median(x))/dev(x)
```

```
>skew1(data)
```

```
-0.0801873249135
```

Simulasi Monte Carlo

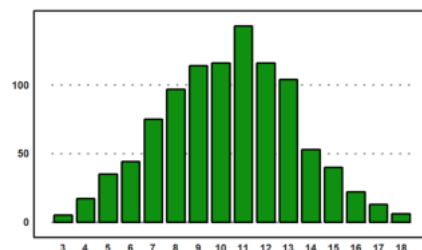
Euler dapat digunakan untuk mensimulasikan kejadian acak. Kita telah melihat contoh sederhana di atas. Berikut ini adalah contoh lainnya, yang mensimulasikan 1000 kali pelemparan 3 dadu, dan menanyakan distribusi dari jumlah tersebut.

```
>ds:=sum(intrandom(1000,3,6))^; fs=getmultiplicities(3:18,ds)
```

```
[5, 17, 35, 44, 75, 97, 114, 116, 143, 116, 104, 53, 40,
22, 13, 6]
```

Kita bisa merencanakan ini sekarang.

```
>columnplot(fs,lab=3:18):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-029.png

Untuk menentukan distribusi yang diharapkan tidaklah mudah. Kami menggunakan rekursi tingkat lanjut untuk hal ini.

Fungsi berikut ini menghitung jumlah cara angka k dapat direpresentasikan sebagai jumlah n angka dalam rentang 1 hingga m. Fungsi ini bekerja secara rekursif dengan cara yang jelas.

```
>function map countways (k; n, m) ...
    if n==1 then return k>=1 && k<=m
    else
        sum=0;
        loop 1 to m; sum=sum+countways(k-#,n-1,m); end;
        return sum;
    end;
endfunction
```

Berikut ini adalah hasil dari tiga lemparan dadu.

```
>countways(5:25,5,5)
```

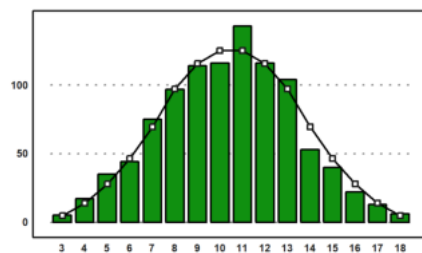
```
[1, 5, 15, 35, 70, 121, 185, 255, 320, 365, 381, 365, 320,
255, 185, 121, 70, 35, 15, 5, 1]
```

```
>cw=countways(3:18,3,6)
```

```
[1, 3, 6, 10, 15, 21, 25, 27, 27, 25, 21, 15, 10, 6, 3,
1]
```

Kami menambahkan nilai yang diharapkan ke plot.

```
>plot2d(cw/6^3*1000,>add); plot2d(cw/6^3*1000,>points,>add):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDRA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-030.png

Untuk simulasi lainnya, deviasi nilai rata-rata dari n variabel acak berdistribusi normal 0-1 adalah $1/\sqrt{n}$.

```
>longformat; 1/sqrt(10)
```

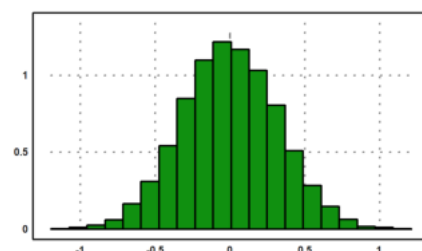
```
0.316227766017
```

Mari kita periksa hal ini dengan sebuah simulasi. Kami menghasilkan 10.000 kali 10 vektor acak.

```
>M=normal(10000,10); dev(mean(M)')
```

```
0.319493614817
```

```
>plot2d(mean(M)',>distribution):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDRA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-031.png

Median dari 10 bilangan acak berdistribusi normal 0-1 memiliki deviasi yang lebih besar.

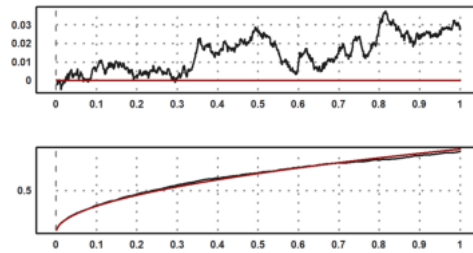
```
>dev(median(M)')
```

```
0.374460271535
```

Karena kita dapat dengan mudah menghasilkan jalan acak, kita dapat mensimulasikan proses Wiener. Kami mengambil 1000 langkah dari 1000 proses. Kami kemudian memplot deviasi standar dan rata-rata dari langkah ke-n dari proses-proses ini bersama dengan nilai yang diharapkan dalam warna merah.

```
>n=1000; m=1000; M=cumsum(normal(n,m)/sqrt(m)); ...
>t=(1:n)/n; figure(2,1); ...
>figure(1); plot2d(t,mean(M')'); plot2d(t,0,color=red,>add); ...
```

```
> figure(2); plot2d(t,dev(M'))'; plot2d(t,sqrt(t),color=red,>add); ...
> figure(0):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDRA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-032.png

Tes

Tes adalah alat yang penting dalam statistik. Dalam Euler, banyak tes yang diterapkan. Semua tes ini mengembalikan kesalahan yang kita terima jika kita menolak hipotesis nol.

Sebagai contoh, kita menguji lemparan dadu untuk distribusi yang seragam. Pada 600 lemparan, kita mendapatkan nilai berikut, yang kita masukkan ke dalam uji chi-kuadrat.

```
>chitest([90,103,114,101,103,89],dup(100,6)')
```

0.498830517952

Uji chi-square juga memiliki mode, yang menggunakan simulasi Monte Carlo untuk menguji statistik. Hasilnya seharusnya hampir sama. Parameter >p menginterpretasikan vektor y sebagai vektor probabilitas.

```
>chitest([90,103,114,101,103,89],dup(1/6,6)',>p,>montecarlo)
```

0.526

Kesalahan ini terlalu besar. Jadi kita tidak bisa menolak distribusi seragam. Ini tidak membuktikan bahwa dadu kita adil. Tetapi kita tidak dapat menolak hipotesis kita.

Selanjutnya kita buat 1000 lemparan dadu dengan menggunakan generator bilangan acak, dan lakukan pengujian yang sama.

```
>n=1000; t=random([1,n*6]); chitest(count(t*6,6),dup(n,6)')
```

0.528028118442

Mari kita uji nilai rata-rata 100 dengan uji-t.

```
>s=200+normal([1,100])*10; ...
> ttest(mean(s),dev(s),100,200)
```

0.0218365848476

Fungsi ttest() membutuhkan nilai rata-rata, deviasi, jumlah data, dan nilai rata-rata untuk diuji.

Sekarang mari kita periksa dua pengukuran untuk mean yang sama. Kita tolak hipotesis bahwa kedua pengukuran tersebut memiliki nilai rata-rata yang sama, jika hasilnya < 0,05.

```
>tcomparedata(normal(1,10),normal(1,10))
```

0.38722000942

Jika kita menambahkan bias pada satu distribusi, kita akan mendapatkan lebih banyak penolakan. Ulangi simulasi ini beberapa kali untuk melihat efeknya.

```
>tcomparedata(normal(1,10),normal(1,10)+2)
```

5.60009101758e-07

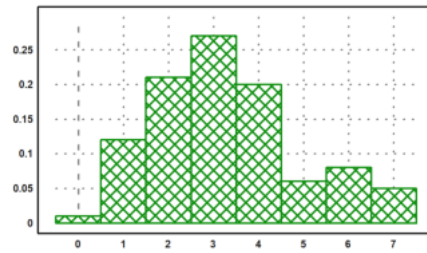
Pada contoh berikut, kita membuat 20 lemparan dadu secara acak sebanyak 100 kali dan menghitung jumlah dadu yang muncul. Rata-rata harus ada $20/6 = 3,3$ mata dadu.

```
>R=random(100,20); R=sum(R*6<=1)'; mean(R)
```

3.28

Sekarang kita bandingkan jumlah satu dengan distribusi binomial. Pertama, kita memplot distribusi angka satu.

```
>plot2d(R,distribution=max(R)+1,even=1,style="v"):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-033.png

```
>t=count(R,21);
```

Kemudian kami menghitung nilai yang diharapkan.

```
>n=0:20; b=bin(20,n)*(1/6)^n*(5/6)^(20-n)*100;
```

Kami harus mengumpulkan beberapa angka untuk mendapatkan kategori yang cukup besar.

```
>t1=sum(t[1:2])|t[3:7]|sum(t[8:21]); ...
>b1=sum(b[1:2])|b[3:7]|sum(b[8:21]);
```

Uji chi-square menolak hipotesis bahwa distribusi kita adalah distribusi binomial, jika hasilnya $< 0,05$.

```
>chitest(t1,b1)
```

```
0.53921579764
```

Contoh berikut ini berisi hasil dari dua kelompok orang (laki-laki dan perempuan, katakanlah) yang memberikan suara untuk satu dari enam partai.

```
>A=[23,37,43,52,64,74;27,39,41,49,63,76]; ...
>writetable(A,wc=6,labr=["m","f"],labc=1:6)
```

	1	2	3	4	5	6
m	23	37	43	52	64	74
f	27	39	41	49	63	76

Kami ingin menguji independensi suara dari jenis kelamin. Uji tabel χ^2 melakukan hal ini. Hasilnya terlalu besar untuk menolak independensi. Jadi kita tidak dapat mengatakan, jika pemungutan suara tergantung pada jenis kelamin dari data ini.

```
>tabletest(A)
```

```
0.990701632326
```

Berikut ini adalah tabel yang diharapkan, jika kita mengasumsikan frekuensi pemungutan suara yang diamati.

```
>writetable(expectedtable(A),wc=6,dc=1,labr=["m","f"],labc=1:6)
```

	1	2	3	4	5	6
m	24.9	37.9	41.9	50.3	63.3	74.7
f	25.1	38.1	42.1	50.7	63.7	75.3

Kita dapat menghitung koefisien kontingensi yang telah dikoreksi. Karena koefisien ini sangat dekat dengan 0, kami menyimpulkan bahwa pemungutan suara tidak bergantung pada jenis kelamin.

```
>contingency(A)
```

```
0.0427225484717
```

Beberapa Tes Lainnya

Selanjutnya kita menggunakan analisis varians (uji F) untuk menguji tiga sampel data yang terdistribusi secara normal dengan nilai rata-rata yang sama. Metode ini disebut ANOVA (analisis varians). Dalam Euler, fungsi `varanalysis()` digunakan.

```
>x1=[109,111,98,119,91,118,109,99,115,109,94]; mean(x1),
```

```
106.545454545
```

```
>x2=[120,124,115,139,114,110,113,120,117]; mean(x2),
```

```
119.111111111
```

```
>x3=[120,112,115,110,105,134,105,130,121,111]; mean(x3)
```

```
116.3
```

```
>varanalysis(x1,x2,x3)
```



```
0.0138048221371
```

Ini berarti, kami menolak hipotesis nilai rata-rata yang sama. Kami melakukan ini dengan probabilitas kesalahan sebesar 1,3%.

Ada juga uji median, yang menolak sampel data dengan distribusi rata-rata yang berbeda dengan menguji median dari sampel gabungan.

```
>a=[56,66,68,49,61,53,45,58,54];
```

```
>b=[72,81,51,73,69,78,59,67,65,71,68,71];
```

```
>mediantest(a,b)
```

```
0.0241724220052
```

Uji lain tentang kesetaraan adalah uji peringkat. Uji ini jauh lebih tajam daripada uji median.

```
>ranktest(a,b)
```

```
0.00199969612469
```

Dalam contoh berikut ini, kedua distribusi memiliki rata-rata yang sama.

```
>ranktest(random(1,100),random(1,50)*3-1)
```

```
0.129608141484
```

Sekarang mari kita coba mensimulasikan dua perawatan a dan b yang diterapkan pada orang yang berbeda.

```
>a=[8.0,7.4,5.9,9.4,8.6,8.2,7.6,8.1,6.2,8.9];
```

```
>b=[6.8,7.1,6.8,8.3,7.9,7.2,7.4,6.8,6.8,8.1];
```

Uji signum memutuskan, apakah a lebih baik daripada b.

```
>signtest(a,b)
```

```
0.0546875
```

Ini adalah kesalahan yang terlalu besar. Kita tidak dapat menolak bahwa a sama baiknya dengan b.

Uji Wilcoxon lebih tajam daripada uji ini, tetapi bergantung pada nilai kuantitatif dari perbedaan.

```
>wilcoxon(a,b)
```

```
0.0296680599405
```

Mari kita coba dua pengujian lagi dengan menggunakan rangkaian yang dihasilkan.

```
>wilcoxon(normal(1,20),normal(1,20)-1)
```

```
0.0068706451766
```

```
>wilcoxon(normal(1,20),normal(1,20))
```

```
0.275145971064
```

Bilangan Acak

Berikut ini adalah tes untuk generator bilangan acak. Euler menggunakan generator yang sangat bagus, jadi kita tidak perlu mengharapkan adanya masalah.

Pertama, kita akan membangkitkan sepuluh juta bilangan acak dalam [0,1].

```
>n:=10000000; r:=random(1,n);
```

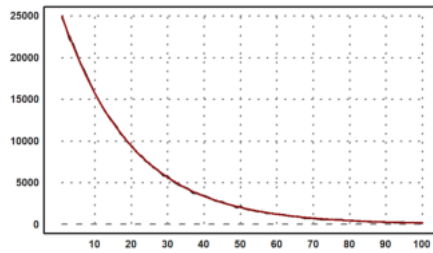
Selanjutnya, kami menghitung jarak antara dua angka yang kurang dari 0,05.

```
>a:=0.05; d:=differences(nonzeros(r<a));
```

Terakhir, kami memplot berapa kali, setiap jarak yang terjadi, dan membandingkannya dengan nilai yang diharapkan.

```
>m=getmultiplicities(1:100,d); plot2d(m); ...
```

```
> plot2d("n*(1-a)(x-1)*a",color=red,>add):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDHA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-034.png

Menghapus data.

```
>remvalue n;
```

Pengantar untuk Pengguna Proyek R

Jelas, EMT tidak bersaing dengan R sebagai sebuah paket statistik. Namun, ada banyak prosedur dan fungsi statistik yang tersedia di EMT juga. Jadi EMT dapat memenuhi kebutuhan dasar. Bagaimanapun, EMT hadir dengan paket numerik dan sistem aljabar komputer.

Buku ini diperuntukkan bagi Anda yang sudah terbiasa dengan R, tetapi perlu mengetahui perbedaan sintaks EMT dan R. Kami mencoba memberikan gambaran umum mengenai hal-hal yang jelas dan kurang jelas yang perlu Anda ketahui.

Selain itu, kami juga membahas cara-cara untuk bertukar data di antara kedua sistem tersebut.

Perhatikan bahwa ini adalah pekerjaan yang sedang berlangsung.

Sintaks Dasar

Hal pertama yang Anda pelajari dalam R adalah membuat sebuah vektor. Dalam EMT, perbedaan utamanya adalah operator : dapat mengambil ukuran langkah. Selain itu, operator ini memiliki daya ikat yang rendah.

```
>n=10; 0:n/20:n-1
```

```
[0, 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5,
7, 7.5, 8, 8.5, 9]
```

Fungsi c() tidak ada. Anda dapat menggunakan vektor untuk menggabungkan beberapa hal.

Contoh berikut ini, seperti banyak contoh lainnya, berasal dari “Interduksi ke R” yang disertakan dengan proyek R. Jika Anda membaca PDF ini, Anda akan menemukan bahwa saya mengikuti alurnya dalam tutorial ini.

```
>x=[10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7]; [x,0,x]
```

```
[10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7, 0, 10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7]
```

Operator titik dua dengan ukuran langkah EMT digantikan oleh fungsi seq() dalam R. Kita dapat menulis fungsi ini dalam EMT.

```
>function seq(a,b,c) := a:b:c; ...
> seq(0,-0.1,-1)
```

```
[0, -0.1, -0.2, -0.3, -0.4, -0.5, -0.6, -0.7, -0.8, -0.9, -1]
```

Fungsi rep() dari R tidak ada dalam EMT. Untuk input vektor, dapat dituliskan sebagai berikut.

```
>function rep(x:vector,n:index) := flatten(dup(x,n)); ...
> rep(x,2)
```

```
[10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7, 10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7]
```

Perhatikan bahwa “=” atau “:=” digunakan untuk penugasan. Operator “->” digunakan untuk unit dalam EMT.

```
>125km -> ” miles”
```

```
77.6713990297 miles
```

Operator “<-” untuk penugasan menyatukan, dan bukan ide yang baik untuk R. Berikut ini akan membandingkan a dan -4 dalam EMT.

```
>a=2; a<-4
```

```
0
```

Dalam R, “a<-4<3” bisa digunakan, tetapi “a<-4<-3” tidak. Saya juga mengalami ambiguitas yang sama di EMT, tetapi saya mencoba untuk menghilangkannya.

EMT dan R memiliki vektor dengan tipe boolean. Tetapi dalam EMT, angka 0 dan 1 digunakan untuk merepresentasikan salah dan benar. Dalam R, nilai benar dan salah tetap dapat digunakan dalam aritmatika biasa seperti dalam EMT.

```
>x<5, %*x
```

```
[0, 0, 1, 0, 0]
[0, 0, 3.1, 0, 0]
```

EMT melempar kesalahan atau menghasilkan NAN tergantung pada flag “kesalahan”.

```
>errors off; 0/0, isNAN(sqrt(-1)), errors on;
```

```
NAN
1
```

String sama saja dalam R dan EMT. Keduanya berada di lokal saat ini, bukan di Unicode.

Dalam R ada paket-paket untuk Unicode. Dalam EMT, sebuah string dapat berupa string Unicode. Sebuah string Unicode dapat diterjemahkan ke pengkodean lokal dan sebaliknya. Selain itu, u“...” dapat berisi entitas HTML.

```
>u”© Ren&eacute; Grothmann”
```

```
© René Grothmann
```

Berikut ini mungkin atau mungkin tidak ditampilkan dengan benar pada sistem Anda sebagai A dengan titik dan tanda hubung di atasnya. Hal ini tergantung pada jenis huruf yang Anda gunakan.

```
>chartoutf([480])
```

```
Ä
```

Penggabungan string dilakukan dengan “+” atau “|”. Ini dapat menyertakan angka, yang akan dicetak dalam format saat ini.

```
>“pi=”+pi
```

```
pi = 3.14159265359
```

Pengindeksan

Sebagian besar waktu, ini akan bekerja seperti pada R.

Tetapi EMT akan menginterpretasikan indeks negatif dari bagian belakang vektor, sementara R menginterpretasikan x[n] sebagai x tanpa elemen ke-n.

```
>x, x[1:3], x[-2]
```

```
[10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7]
[10.4, 5.6, 3.1]
6.4
```

Perilaku R dapat dicapai dalam EMT dengan drop().

```
>drop(x,2)
```

```
[10.4, 3.1, 6.4, 21.7]
```

Vektor logika tidak diperlakukan secara berbeda dengan indeks di EMT, berbeda dengan R. Anda harus mengekstrak elemen-elemen yang bukan nol terlebih dahulu di EMT.

```
>x, x>5, x[nonzeros(x>5)]
```

```
[10.4, 5.6, 3.1, 6.4, 21.7]
[1, 1, 0, 1, 1]
[10.4, 5.6, 6.4, 21.7]
```

Sama seperti dalam R, vektor indeks dapat berisi pengulangan.

```
[10.4, 5.6, 5.6, 10.4]
```

Namun pemberian nama untuk indeks tidak dimungkinkan dalam EMT. Untuk paket statistik, hal ini mungkin sering diperlukan untuk memudahkan akses ke elemen-elemen vektor.

Untuk meniru perilaku ini, kita dapat mendefinisikan sebuah fungsi sebagai berikut.

```
>function sel (v,i,s) := v[indexof(s,i)]; ...
> s=[“first”,“second”,“third”,“fourth”]; sel(x,[“first”,“third”],s)
```

```
Trying to overwrite protected function sel!
Error in:
function sel (v,i,s) := v[indexof(s,i)]; ... ...
```

[10.4, 3.1]

Tipe Data

EMT memiliki lebih banyak tipe data yang tetap dibandingkan R. Jelas, dalam R terdapat vektor yang berkembang. Anda bisa mengatur sebuah vektor numerik kosong `v` dan memberikan sebuah nilai pada elemen `v[17]`. Hal ini tidak mungkin dilakukan dalam EMT.

Hal berikut ini sedikit tidak efisien.

```
>v=[]; for i=1 to 10000; v=v|i; end;
```

EMT sekarang akan membuat vektor dengan `v` dan `i` yang ditambahkan pada tumpukan dan menyalin vektor tersebut kembali ke variabel global `v`.

Semakin efisien mendefinisikan vektor.

```
>v=zeros(10000); for i=1 to 10000; v[i]=i; end;
```

Untuk mengubah jenis tanggal di EMT, Anda dapat menggunakan fungsi seperti `complex()`.

```
>complex(1:4)

[ 1+0i , 2+0i , 3+0i , 4+0i ]
```

Konversi ke string hanya dapat dilakukan untuk tipe data dasar. Format saat ini digunakan untuk penggabungan string sederhana. Tetapi ada fungsi-fungsi seperti `print()` atau `frac()`.

Untuk vektor, Anda dapat dengan mudah menulis fungsi Anda sendiri.

```
>function tostr(v) ...

s="[";
loop 1 to length(v);
    s=s+print(v[#],2,0);
    if #<length(v) then s=s+","; endif;
end;
return s+"]";
endfunction

>tostr(linspace(0,1,10))

[0.00,0.10,0.20,0.30,0.40,0.50,0.60,0.70,0.80,0.90,1.00]
```

Untuk komunikasi dengan Maxima, ada sebuah fungsi `convertmxm()`, yang juga dapat digunakan untuk memformat vektor untuk output.

```
>convertmxm(1:10)

[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10]
```

Untuk LaTeX, perintah `tex` dapat digunakan untuk mendapatkan perintah LaTeX.

```
>tex(&[1,2,3])

\left[ 1 , 2 , 3 \right]
```

Faktor dan Tabel

Pada pengantar R terdapat sebuah contoh dengan apa yang disebut faktor.

Berikut ini adalah daftar wilayah dari 30 negara bagian.

```
>austates = ["tas", "sa", "qld", "nsw", "nsw", "nt", "wa", "wa", ...
> "qld", "vic", "nsw", "vic", "qld", "qld", "sa", "tas", ...
> "sa", "nt", "wa", "vic", "qld", "nsw", "nsw", "wa", ...
> "sa", "act", "nsw", "vic", "vic", "act"];
```

Asumsikan, kita memiliki pendapatan yang sesuai di setiap negara bagian.

```
>incomes = [60, 49, 40, 61, 64, 60, 59, 54, 62, 69, 70, 42, 56, ...
> 61, 61, 61, 58, 51, 48, 65, 49, 49, 41, 48, 52, 46, ...
> 59, 46, 58, 43];
```

Sekarang, kita ingin menghitung rata-rata pendapatan di wilayah tersebut. Sebagai sebuah program statistik, R memiliki fungsi `factor()` dan `tappy()` untuk hal ini.

EMT dapat melakukan hal ini dengan mencari indeks dari wilayah-wilayah di dalam daftar unik dari wilayah-wilayah tersebut.

```
>auterr=sort(unique(austates)); f=indexofsorted(auterr,austates)
```

```
[6, 5, 4, 2, 2, 3, 8, 8, 4, 7, 2, 7, 4, 4, 5, 6, 5, 3,
8, 7, 4, 2, 2, 8, 5, 1, 2, 7, 7, 1]
```

Pada titik ini, kita dapat menulis fungsi perulangan kita sendiri untuk melakukan berbagai hal untuk satu faktor saja.

Atau kita dapat meniru fungsi `tapply()` dengan cara berikut.

```
>function map tappl (i; f$:call, cat, x) ...

u=sort(unique(cat));
f=indexof(u,cat);
return f$(x[nonzeros(f==indexof(u,i))]);
endfunction
```

Ini sedikit tidak efisien, karena menghitung wilayah unik untuk setiap `i`, tetapi berfungsi.

```
>tappl(auterr,"mean",austates,incomes)

[44.5, 57.3333333333, 55.5, 53.6, 55, 60.5, 56, 52.25]
```

Perhatikan bahwa ini bekerja untuk setiap vektor wilayah.

```
>tappl(["act","nsw"],"mean",austates,incomes)

[44.5, 57.3333333333]
```

Sekarang, paket statistik EMT mendefinisikan tabel seperti halnya di R. Fungsi `readtable()` dan `writetable()` dapat digunakan untuk input dan output.

Jadi kita dapat mencetak rata-rata pendapatan negara di wilayah dengan cara yang ramah.

```
>writetable(tappl(auterr,"mean",austates,incomes),labc=auterr,wc=7)

      act    nsw     nt    qld     sa    tas     vic     wa
44.5  57.33  55.5  53.6    55  60.5    56  52.25
```

Kita juga dapat mencoba meniru perilaku R sepenuhnya.

Faktor-faktor tersebut harus disimpan dengan jelas dalam sebuah koleksi dengan jenis dan kategorinya (negara bagian dan wilayah dalam contoh kita). Untuk EMT, kita menambahkan indeks yang telah dihitung sebelumnya.

```
>function makef (t) ...

## Factor data
## Returns a collection with data t, unique data, indices.
## See: tapply
u=sort(unique(t));
return {{t,u,indexofsorted(u,t)}};
endfunction

>statef=makef(austates);
```

Sekarang elemen ketiga dari koleksi ini akan berisi indeks.

```
>statef[3]

[6, 5, 4, 2, 2, 3, 8, 8, 4, 7, 2, 7, 4, 4, 5, 6, 5, 3,
8, 7, 4, 2, 2, 8, 5, 1, 2, 7, 7, 1]
```

Sekarang kita dapat meniru `tapply()` dengan cara berikut. Ini akan mengembalikan sebuah tabel sebagai kumpulan data tabel dan judul kolom.

```
>function tapply (t,vector,tf,f$:call) ...

## Makes a table of data and factors
## tf : output of makef()
## See: makef
uf=tf[2]; f=tf[3]; x=zeros(length(uf));
for i=1 to length(uf);
  ind=nonzeros(f==i);
  if length(ind)==0 then x[i]=NAN;
  else x[i]=f$(t[ind]);
endif;
end;
return {{x,uf}};
endfunction
```

Kami tidak menambahkan banyak pemeriksaan tipe di sini. Satu-satunya tindakan pencegahan adalah kategori (faktor) yang tidak memiliki data. Tetapi kita harus memeriksa panjang `t` yang benar dan kebenaran koleksi `tf`.

Tabel ini bisa dicetak sebagai sebuah tabel dengan `writetable()`.

```
>writetable(tapply(incomes,statef,"mean"),wc=7)

      act    nsw     nt    qld     sa    tas     vic     wa
44.5  57.33  55.5  53.6    55  60.5    56  52.25
```

Arrays

EMT hanya memiliki dua dimensi untuk array. Tipe datanya disebut matriks. Akan lebih mudah untuk menulis fungsi untuk dimensi yang lebih tinggi atau pustaka C untuk ini.

R memiliki lebih dari dua dimensi. Dalam R, larik adalah sebuah vektor dengan sebuah bidang dimensi.

Dalam EMT, sebuah vektor adalah sebuah matriks dengan satu baris. Ini bisa dibuat menjadi sebuah matriks dengan `redim()`.

```
>shortformat; X=redim(1:20,4,5)
```

1	2	3	4	5
6	7	8	9	10
11	12	13	14	15
16	17	18	19	20

Ekstraksi baris dan kolom, atau sub-matriks, sama seperti di R.

```
>X[,2:3]
```

2	3
7	8
12	13
17	18

Namun, dalam R dimungkinkan untuk mengatur daftar indeks tertentu dari vektor ke suatu nilai. Hal yang sama juga dapat dilakukan dalam EMT hanya dengan sebuah perulangan.

```
>function setmatrixvalue (M, i, j, v) ...
```

```
loop 1 to max(length(i),length(j),length(v))
  M[i{#},j{#}] = v{#};
end;
endfunction
```

Kami mendemonstrasikan ini untuk menunjukkan bahwa matriks dilewatkan dengan referensi di EMT. Jika Anda tidak ingin mengubah matriks asli M, Anda perlu menyalinnya dalam fungsi.

```
>setmatrixvalue(X,1:3,3:-1:1,0); X,
```

1	2	0	4	5
6	0	8	9	10
0	12	13	14	15
16	17	18	19	20

Produk luar di EMT hanya dapat dilakukan antar vektor. Ini otomatis karena bahasa matriks. Satu vektor harus menjadi vektor kolom dan yang lainnya vektor baris.

```
>(1:5)*(1:5)'
```

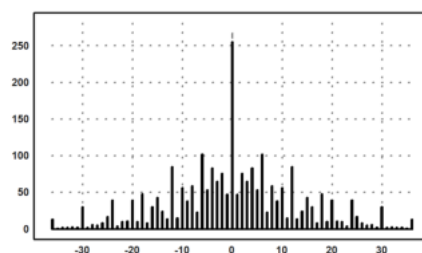
1	2	3	4	5
2	4	6	8	10
3	6	9	12	15
4	8	12	16	20
5	10	15	20	25

Dalam PDF pengantar untuk R ada contoh, yang menghitung distribusi ab-cd untuk a, b, c, d yang dipilih dari 0 ke n secara acak. Solusi dalam R adalah membentuk matriks 4 dimensi dan jalankan `table()` di atasnya.

Tentu saja, ini dapat dicapai dengan loop. Tetapi loop tidak efektif di EMT atau R. Di EMT, kita bisa menulis loop dalam C dan itu akan menjadi solusi tercepat.

Tapi kami ingin meniru perilaku R. Untuk ini, kita perlu meratakan perkalian ab dan membuat matriks ab-cd.

```
>a=0:6; b=a'; p=flatten(a*b); q=flatten(p-p'); ...
>u=sort(unique(q)); f=getmultiplicities(u,q); ...
>statplot(u,f,"h"):
```

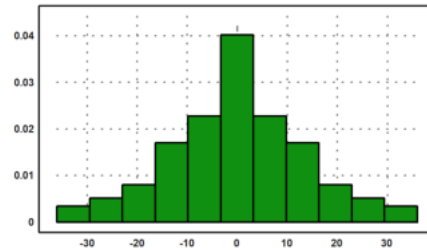


Selain multiplisitas yang tepat, EMT dapat menghitung frekuensi dalam vektor.

```
>getfrequencies(q,-50:10:50)
[0, 23, 132, 316, 602, 801, 333, 141, 53, 0]
```

Cara paling mudah untuk memplot ini sebagai distribusi adalah sebagai berikut.

```
>plot2d(q,distribution=11):
```

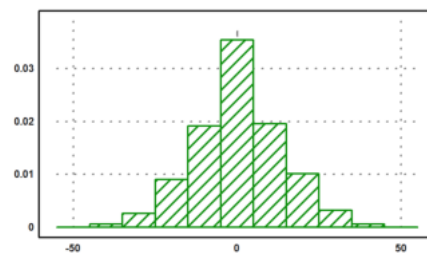


images/EMT%20STATISTIKA_INDRA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-036.png

Tetapi dimungkinkan juga untuk menghitung hitungan terlebih dahulu dalam interval yang dipilih sebelumnya. Tentu saja, berikut ini menggunakan getfrequency() secara internal.

Karena fungsi histo() mengembalikan frekuensi, kita perlu menskalakan ini sehingga integral di bawah grafik batang adalah 1.

```
>{x,y}=histo(q,v=-55:10:55); y=y/sum(y)/differences(x); ...
>plot2d(x,y,>bar,style="/"):
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDRA%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-037.png

Lists

EMT memiliki dua jenis daftar. Salah satunya adalah daftar global yang dapat diubah, dan yang lainnya adalah jenis daftar yang tidak dapat diubah. Kami tidak peduli dengan daftar global di sini.

Jenis daftar yang tidak dapat diubah disebut koleksi di EMT. Ini berperilaku seperti struktur dalam C, tetapi elemennya hanya diberi nomor dan tidak diberi nama.

```
>L={{"Fred","Flintstone",40,[1990,1992]}}
```

```
Fred
Flintstone
40
[1990, 1992]
```

Saat ini elemen-elemen tersebut tidak memiliki nama, meskipun nama dapat diatur untuk tujuan khusus. Mereka diakses dengan angka.

```
>(L[4])[2]
```

```
1992
```

Input dan Output File (Membaca dan Menulis Data)

Anda akan sering ingin mengimpor matriks data dari sumber lain ke EMT. Tutorial ini memberi tahu Anda tentang banyak cara untuk mencapai ini. Fungsi sederhana adalah writematrix() dan readmatrix().

Mari kita tunjukkan cara membaca dan menulis vektor real ke file.

```
>a=random(1,100); mean(a), dev(a),
```

```
0.49815
0.28037
```

Untuk menulis data ke file, kita menggunakan fungsi `writematrix()`.

Karena pengantar ini kemungkinan besar berada di direktori, di mana pengguna tidak memiliki akses tulis, kami menulis data ke direktori beranda pengguna. Untuk buku catatan sendiri, ini tidak perlu, karena file data akan ditulis ke dalam direktori yang sama.

```
>filename="test.dat";
```

Sekarang kita tulis vektor kolom `a` ke file. Ini menghasilkan satu angka di setiap baris file.

```
>writematrix(a',filename);
```

Untuk membaca data, kita menggunakan `readmatrix()`.

```
>a=readmatrix(filename)';
```

Dan hapus file.

```
>fileremove(filename);
```

```
>mean(a), dev(a),
```

```
0.49815  
0.28037
```

Fungsi `writematrix()` atau `writetable()` dapat dikonfigurasi untuk bahasa lain.

Misalnya, jika Anda memiliki sistem bahasa Indonesia (titik desimal dengan koma), Excel Anda membutuhkan nilai dengan koma desimal yang dipisahkan oleh titik koma dalam file csv (defaultnya adalah nilai yang dipisahkan koma). File berikut "test.csv" akan muncul di folder current Anda.

```
>filename="test.csv"; ...  
> writematrix(random(5,3),file=filename,separator=",");
```

Anda sekarang dapat membuka file ini dengan Excel Indonesia secara langsung.

```
>fileremove(filename);
```

Terkadang kita memiliki string dengan token seperti berikut.

```
>s1:="f m m f m m m f f m m f"; ...  
> s2:="f f f m m f f";
```

Untuk menandai ini, kita mendefinisikan vektor token.

```
>tok:=["f","m"]
```

```
f  
m
```

Kemudian kita dapat menghitung berapa kali setiap token muncul dalam string, dan memasukkan hasilnya ke dalam tabel.

```
>M:=getmultiplicities(tok,strtokens(s1))_ ...  
> getmultiplicities(tok,strtokens(s2));
```

Tulis tabel dengan header token.

```
>writetable(M,labc=tok,labr=1:2,wc=8)
```

	f	m
1	6	7
2	5	2

Untuk statis, EMT dapat membaca dan menulis tabel.

```
>file="test.dat"; open(file,"w"); ...  
> writeln("A,B,C"); writematrix(random(3,3)); ...  
> close();
```

File terlihat seperti ini.

```
>printfile(file)
```

```
A,B,C  
0.7003664386138074,0.1875530821001213,0.3262339279660414  
0.5926249243193858,0.1522927283984059,0.368140583062521  
0.8065535209872989,0.7265910840408142,0.7332619844597152
```

Fungsi `readtable()` dalam bentuknya yang paling sederhana dapat membaca ini dan mengembalikan kumpulan nilai dan baris judul.

```
>L=readtable(file,>list);
```

Koleksi ini dapat dicetak dengan `writetable()` ke buku catatan, atau ke file.

```
>writetable(L,wc=10,dc=5)
```


A	B	C
0.70037	0.18755	0.32623
0.59262	0.15229	0.36814
0.80655	0.72659	0.73326

Matriks nilai adalah elemen pertama dari L. Perhatikan bahwa mean() di EMT menghitung nilai rata-rata baris matriks.

```
>mean(L[1])

0.40472
0.37102
0.75547
```

File CSV

Pertama, mari kita tulis matriks ke dalam file. Untuk output, kami membuat file di direktori kerja saat ini.

```
>file="test.csv"; ...
> M=random(3,3); writematrix(M,file);
```

Berikut adalah isi file ini.

```
>printfile(file)

0.8221197733097619,0.821531098722547,0.7771240608094004
0.8482947121863489,0.3237767724883862,0.6501422353377985
0.1482301827518109,0.3297459716109594,0.6261901074210923
```

CSV ini dapat dibuka pada sistem bahasa Inggris ke Excel dengan mengklik dua kali. Jika Anda mendapatkan file seperti itu pada sistem Jerman, Anda perlu mengimpor data ke Excel dengan memperhatikan titik desimal.

Tetapi titik desimal adalah format default untuk EMT juga. Anda dapat membaca matriks dari file dengan readmatrix().

```
>readmatrix(file)

0.82212  0.82153  0.77712
0.84829  0.32378  0.65014
0.14823  0.32975  0.62619
```

Dimungkinkan untuk menulis beberapa matriks ke satu file. Perintah open() dapat membuka file untuk ditulis dengan parameter "w". Defaultnya adalah "r" untuk membaca.

```
>open(file,"w"); writematrix(M); writematrix(M'); close();
```

Matriks dipisahkan oleh garis kosong. Untuk membaca matriks, buka file dan panggil readmatrix() beberapa kali.

```
>open(file); A=readmatrix(); B=readmatrix(); A==B, close();
```

1	0	0
0	1	0
0	0	1

Di Excel atau spreadsheet serupa, Anda dapat mengekspor matriks sebagai CSV (nilai yang dipisahkan koma). Di Excel 2007, gunakan "simpan sebagai" dan "format lain", lalu pilih "CSV". Pastikan, tabel saat ini hanya berisi data yang ingin Anda ekspor.

Berikut contohnya.

```
>printfile("excel-data.csv")

Could not open the file
excel-data.csv
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
printfile:
  open(filename,"r");
```

Seperti yang Anda lihat, sistem Jerman saya telah menggunakan titik koma sebagai pemisah dan koma desimal. Anda dapat mengubahnya di pengaturan sistem atau di Excel, tetapi tidak perlu untuk membaca matriks ke EMT.

Cara termudah untuk membacanya ke dalam Euler adalah readmatrix(). Semua koma diganti dengan titik-titik dengan parameter >koma. Untuk CSV bahasa Inggris, cukup hilangkan parameter ini.

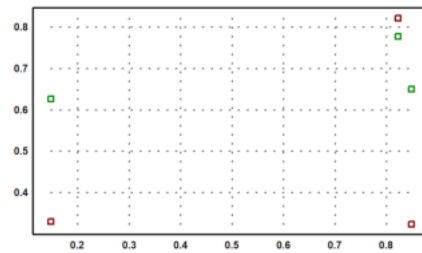
```
>M=readmatrix("excel-data.csv",>comma)

Could not open the file
excel-data.csv
for reading!
Try "trace errors" to inspect local variables after errors.
```

```
readmatrix:
    if filename<&&" then open(filename,"r"); endif;
```

Mari kita rencanakan ini.

```
>plot2d(M'[1],M'[2:3],>points,color=[red,green]');
```



images/EMT%20STATISTIKA_INDAH%20SARI%20WIJAYANTI_23030630014_MAT%20B-038.png

Ada cara yang lebih mendasar untuk membaca data dari file. Anda dapat membuka file dan membaca angka baris demi baris. Fungsi `getvectorline()` akan membaca angka dari baris data. Secara default, ia mengharapkan titik desimal. Tetapi itu juga dapat menggunakan koma desimal, jika Anda memanggil `setdecimaldot(",")` sebelum Anda menggunakan fungsi ini.

Fungsi berikut adalah contoh untuk ini. Ini akan berhenti di akhir file atau baris kosong.

```
>function myload (file) ...

open(file);
M=[];
repeat
    until eof();
    v=getvectorline(3);
    if length(v)>0 then M=M_v; else break; endif;
end;
return M;
close(file);
endfunction
```

```
>myload(file)
```

```
0.82212      0      0.82153      0      0.77712
0.84829      0      0.32378      0      0.65014
0.14823      0      0.32975      0      0.62619
```

Dimungkinkan juga untuk membaca semua angka dalam berkas itu dengan `getvector()`.

```
>open(file); v=getvector(10000); close(); redim(v[1:9],3,3)
```

```
0.82212      0      0.82153
0      0.77712      0.84829
0      0.32378      0
```

Dengan demikian sangat mudah untuk menyimpan vektor nilai, satu nilai di setiap baris dan membaca kembali vektor ini.

```
>v=random(1000); mean(v)
```

```
0.50303
```

```
>writematrix(v',file); mean(readmatrix(file)')
```

```
0.50303
```

Menggunakan Tabel

Tabel dapat digunakan untuk membaca atau menulis data numerik. Sebagai contoh, kita menulis tabel dengan header baris dan kolom ke file.

```
>file="test.tab"; M=random(3,3); ...
> open(file,"w"); ...
> writetable(M,separator=",",labc=["one","two","three"]); ...
> close(); ...
> printfile(file)
```

```
one,two,three
0.09,      0.39,      0.86
0.39,      0.86,      0.71
0.2,       0.02,      0.83
```

Ini dapat diimpor ke Excel.

Untuk membaca file di EMT, kita menggunakan `readtable()`.

one	two	three
0.09	0.39	0.86
0.39	0.86	0.71
0.2	0.02	0.83

Anda bahkan dapat mengevaluasi setiap baris dengan tangan. Misalkan, kita memiliki baris dengan format berikut.

2020-11-03, Tue, 1'114.05

2020-11-03
Tue
1'114.05

7.3816e+05
2
1114

Asumsikan kita memiliki baris berikut dokumen HTML.

<tr><td>1145.45</td><td>5.6</td><td>-4.5</td></tr>
--

- tanda kurung penutup >
- o string apa pun yang tidak mengandung tanda kurung dengan
- sub-kecetakan “(...)”,
- o braket pembuka dan penutup menggunakan solusi terpendek,
- o sekali lagi string apa pun yang tidak mengandung tanda kurung,
- o dan braket pembuka <.

Hasilnya adalah posisi kecocokan, string yang cocok, dan vektor string untuk sub-kecocokan.

1145.5
5.6

```
v=[]; cp=0;
repeat
    {pos,s,vt}=strxfind(line,"<td.*?>(.*?)</td>",cp);
    until pos==0;
    if length(vt)>0 then v=v|vt[1]; endif;
    cp=pos+strlen(s);
end;
return v;
endfunction
```

```
1145.45
5.6
-4.5
non-numerical
```

Membaca dari Web

Situs web atau file dengan URL dapat dibuka di EMT dan dapat dibaca baris demi baris.

Dalam contoh tersebut, kami membaca versi saat ini dari situs EMT. Kami menggunakan ekspresi reguler untuk memindai “Versi ...” dalam judul.

```
>function readversion () ...

urlopen("http://www.euler-math-toolbox.de/Programs/Changes.html");
repeat
    until urfeof();
    s=urlgetline();
    k=strfind(s,"Version ",1);
    if k>0 then substring(s,k,strfind(s,"<",k)-1), break; endif;
end;
urllclose();
endfunction

>readversion

Version 2024-01-12
```

Input dan Output Variabel

Anda dapat menulis variabel dalam bentuk definisi Euler ke file atau ke baris perintah.

```
>writevar(pi,"mypi");

mypi = 3.141592653589793;
```

Untuk pengujian, kami menghasilkan file Euler di direktori kerja EMT.

```
>file="test.e"; ...
> writevar(random(2,2),"M",file); ...
> printfile(file,3)

M = [ ..
0.5991820585590205, 0.7960280262224293;
0.5167243983231363, 0.2996684599070898];
```

Sekarang kita dapat memuat file. Ini akan mendefinisikan matriks M.

```
>load(file); show M,

M =
    0.59918    0.79603
    0.51672    0.29967
```

Ngomong-ngomong, jika `writevar()` digunakan pada variabel, itu akan mencetak definisi variabel dengan nama variabel ini.

```
>writevar(M); writevar(inch$)

M = [ ..
0.5991820585590205, 0.7960280262224293;
0.5167243983231363, 0.2996684599070898];
inch$ = 0.0254;
```

Kita juga dapat membuka file baru atau menambahkan ke file yang sudah ada. Dalam contoh ini kita menambahkan ke file yang dibuat sebelumnya.

```
>open(file,"a"); ...
> writevar(random(2,2),"M1"); ...
> writevar(random(3,1),"M2"); ...
> close();
```

```
>load(file); show M1; show M2;
```

```
M1 =
    0.30287    0.15372
    0.7504    0.75401
M2 =
    0.27213
    0.053211
    0.70249
```

Untuk menghapus file apa pun, gunakan `fileremove()`.

```
>fileremove(file);
```

Vektor baris dalam file tidak memerlukan koma, jika setiap angka berada di baris baru. Mari kita buat file seperti itu, menulis setiap baris satu per satu dengan `writeln()`.

```
>open(file,"w"); writeln("M = ["); ...
> for i=1 to 5; writeln(" "+random()); end; ...
> writeln("];"); close(); ...
> printfile(file)
```

```

M = [
0.344851384551
0.0807510017715
0.876519562911
0.754157709472
0.688392638934
];

>load(file); M

[0.34485, 0.080751, 0.87652, 0.75416, 0.68839]

```

Latihan

1. Misalkan anda memiliki vektor $x = [2 \ 4 \ 6 \ 8 \ 10]$
 - a. Buatlah vektor yang menggabungkan vektor x , angka 0 dan vektor x lagi
 - b. Tentukan apakah setiap elemen vektor x lebih besar dari 5 (Tarik logika untuk benar dan untuk salah)

```

>x:=[2,4,6,8,10]; [x,0,x]

[2, 4, 6, 8, 10, 0, 2, 4, 6, 8, 10]

>x>5, %*x

[0, 0, 1, 1, 1]
[0, 0, 6, 8, 10]

```

2. Seorang Analisis memiliki data penjualan harian selama 5 hari (150,200,250,300,350) yang disimpan dalam bentuk vektor sebagai berikut :

```

a. mean(rata-rata)

b. deviasi standar

>penjualan=[150,200,250,300,350]

[150, 200, 250, 300, 350]

>filename="penjualan.dat";

>writematrix(penjualan',filename)

>penjualan=readmatrix(filename)'

[150, 200, 250, 300, 350]

>mean(penjualan)

250

>dev(penjualan)

79.057

```

3. Buatlah fungsi yang membuka URL

```

"https://en.wikipedia.org/wiki/Euler_(software)"

```

dan mencari kata "versi" di dalam URL tersebut, dan tampilkan hasilnya.

```

>function readversionwebsite () ...

endfunction

urlopen (...);
repeat
...
...
...
end;
urclose();
endfunction

>readversion...
>

```