

MAKALAH

PENGEMBANGAN CAI MENGGUNAKAN PROGRAM APLIKASI MATHCAD

JAGA DAN PERGUNAKANLAH KOLEKSI
INI DENGAN BAIK

SUATU SAAT ANAK DAN CUCU ANJA

Disajikan dalam Training of Computer Assisted Instruction

Design for Physics Education. Indonesia Bagian Barat

Disponsori oleh HEDS Project, Cooperation between DGHE and JICA
September, 13th - 26th 1998

PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG
TELAH TERDAFTAR

JUDUL : _____
PENGARANG : _____
JENIS : _____
NOMOR : _____
TANGGAL : _____

Oleh:

Drs. A k m a m, M.Si
Drs. Amali Putra, M.Pd

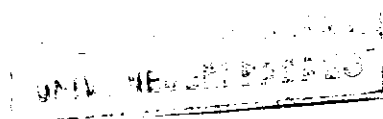
Yunaldi
Drs. Yunaldi, M. Si.
NIP 131598275

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL.	: 12-11-2001
SUMBER/HARGA	: <i>Hadiah</i>
KOLEKSI	: <i>K</i>
NO. INVENTARIS	: <i>627/K/2001-p2/2</i>
KLASIFIKASI	: <i>371.334 AKM - p2</i>

Jurusan Pendidikan Fisika

FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG

1998



PENGEMBANGAN CAI MENGGUNAKAN PROGRAM APLIKASI MATHCAD^{*)}

Drs. Akmam, M.Si dan Drs. Amali Putra, M.Pd ^{**j}

I. PENDAHULUAN

Apakah komputer bisa membuat anak menjadi murid yang baik?. Dalam era globalisasi sekarang ini pertanyaan ini menjadi isu yang penting dikalangan para pendidik dan orang tua. Hal didukung hasil temuan tiga tahun yang lalu, dimana seorang anak diberi sebuah komputer laptop mainan V-TECH yang khusus dirancang untuk anak-anak, membuat persoalan tata bahasa dan matematika dalam bahasa Inggris.

Dari hasil penelitian tersebut se bulan setelah anak-anak tersebut memainkan komputernya, secara lancar mereka bisa meng-eja dalam bahasa Inggris dengan fasih dan bisa memecahkan persoalan tata bahasa secara sederhana, seperti kata majemuk dan past tense. Dalam majalah Newsweek dalam edisi khusus setiap kuartal Computer dan the Family edisi akhir tahun 1996 menyebutkan bahwa komputer memang tidak akan menggantikan peranan dedikasi guru dalam proses belajar mengajar, namun dalam kondisi tertentu komputer akan mampu menggantikan guru sebagai alat yang sangat berharga di dalam kelas (Pattiradja :1997).

Dalam rangka menjadikan komputer sebagai alat yang sangat menentukan di dalam kelas untuk menunjang proses belajar mengajar, perlu kiranya dikembangkan teknologi informasi bergerak yang canggih dan user friendly. Ditambah dengan kemampuan secara integrasi kemampuan mengeluarkan suara dan menghasilkan gambar tiga dimensi akan dapat memudahkan para peserta didik untuk menggunakannya. Dalam berbagai studi menurut majalah Newsweek, dalam kondisi tertentu komputer PC mampu mendorong keinginan pengguna untuk membaca dan menulis, membantu mengembangkan keahlian memecahkan problema yang ditemuinya dalam proses belajar, bahkan pada tingkat tertentu akan dapat memperbaiki hubungan sosial di dalam kelas.

Dengan adanya komputer berkemampuan tinggi, sangat membantuk kita untuk berpartisipasi aktif ikut dalam mengembangkan fisika dan pengajaran fisika melalui komputer. Untuk itu hendaknya dengan adanya komputer berteknologi canggih ini

^{*)} Disampaikan pada Pelatihan Perancangan CAI untuk Pengajaran Fisika

^{**j} Laboratorium Fisika Komputasi Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA IKIP Padang

haruslah menjadi pendorong bagi kita untuk menggunakan komputer bukan hanya digunakan sebagai mesin ketik, tetapi digunakan sebagai suatu alat mengembangkan sistem pengajaran di dalam kelas dalam rangka mengembangkan ilmu fisika.

II. PERANAN KOMPUTER DALAM BIDANG PENDIDIKAN FISIKA

Fisika merupakan suatu ilmu yang empiris. Pernyataan-pernyataan fisika harus didukung oleh hasil-hasil eksperimen. Hasil-hasil eksperimen juga digunakan untuk eksplorasi informasi-informasi yang diperlukan untuk membentuk teori yang lebih lanjut. Hubungan teori dengan eksperimen ini merupakan suatu lingkaran yang tidak pernah berkesudahan.

Pada dasarnya fisika merupakan abstraksi terhadap berbagai sifat alam dalam wujud konsep-konsep yang merupakan hampiran (aproksimasi) terhadap realita. Sifat khusus ilmu fisika dibanding dengan ilmu lain adalah sifatnya yang kuantitatif yaitu penggunaan konsep-konsep yang banyak menggunakan peralatan matematika. Sifat abstraksi, sifat empiris dan penggunaan konsep matematika membuat komputer dapat banyak berperan dalam pendidikan fisika pada berbagai tingkat pendidikan. Dengan menggunakan komputer konsep-konsep yang abstraks dapat dikongkritkan melalui visualisasi statis maupun visualisasi animasi. Selain itu komputer juga dapat membuat suatu konsep yang lebih menarik, yang pada akhirnya dapat meningkatkan motivasi untuk mempelajari dan ilmu yang sedang dipelajari.

Kekuatan komputer sebagai sarana pendidikan adalah dimungkinkannya dibuat suatu media interaktif, sehingga peserta didik dapat bersifat aktif, reaktif dan dinamis. Siswa aktif dalam hal ini diartikan sebagai terciptanya mekanisme yang memungkinkan siswa memegang peranan aktif dalam proses belajar mengajar. Belajar melalui software komputer yang dirancang sedemikian rupa dapat menimbulkan sifat individualisasi dalam kegiatan belajar mengajar, sehingga materi ajar dan latihan yang dibuat dapat disesuaikan dengan karakteristik siswa. Disamping itu komputer juga memungkinkan manajemen dilaksanakan sesuai dengan data kemajuan siswa, sehingga perkembangan kemampuan siswa dapat direkam dan digunakan untuk menetapkan strategi belajar berikutnya yang tepat. Bentuk pengajaran yang menggunakan komputer sebagai alat bantu pengajaran seperti yang dijelaskan di atas disebut dengan program pengajaran dengan menggunakan CAI (Computer Assited Intruksional).

Untuk mendapatkan strategi yang tepat untuk menginformasikan suatu materi ajar melalui CAI, masih perlu kiranya dipikirkan suatu bentuk perlakuan yang sesuai. Untuk masih terbuka bagi pemerhati pendidikan untuk melakukan kaji tindak terhadap penggunaan CAI sebagai alat bantu pengajaran.

III. KOMPUTER UNTUK PENGEMBANGAN FISIKA

Fisika merupakan ilmu yang membahas interaksi antara benda dengan menggunakan berbagai konsep seperti gerak, gaya, energi, momentum, suhu, entropi dan lain-lain. Pengembangan fisika sendiri mencakup pengembangan atas deskripsi interaksi, model interaksi dan model struktur materi. Pengembangan tentang deskripsi menyangkut pengembangan berbagai konsep seperti gaya, kalor, gelombang, mekanika, medan dan sebagainya. Pengembangan interaksi ini dengan menggunakan komputer tidak dapat dilepaskan dari penyelesaian persamaan-persamaan dinamika medan, seperti persamaan Maxwell untuk medan elektromagnetik klasik, persamaan Dirac untuk elektrodinamika, persamaan Einstein untuk teori relativitas umum, model Fermi untuk interaksi lemah dan persamaan lainnya.

Pengembangan tentang model struktur materi dasar menyangkut struktur zat padat, gas, plasma, molekul, atom, dan partikel elementer. Model susunan zat padat berkembang dari model kristal, model potensial periodik, model elektron hampir bebas, model pseudo-potensial dan sebagainya. Model susunan inti berkembang dari model tetes air, model kulit, model inti atom inti banyak dan sebagainya. Sedangkan model partikel elementer menyangkut berbagai model quark, model bootstrap dan sebagainya.

Untuk model struktur materi yang lebih rumit, seperti atom berelektron banyak, kristal tiga dimensi dengan struktur yang tidak sederhana, zat padat amorf, molekul kompleks, dan sebagainya. Untuk perhitungan pita energi, dinamika dan sebagainya memerlukan perhitungan numerik yang rumit. Karena perhitungan yang dibutuhkan untuk dapat menjelaskan konsep-konsep dan dekripsi di atas sangat kompleks, maka dibutuhkan sekali komputer sebagai alat bantu.

IV. KOMPUTER DALAM PENERAPAN FISIKA

Penerapan fisika yang berhubungan dengan penggunaan pola ilmu fisika yaitu dengan menggunakan deskripsi keadaan dan deskripsi interaksi, model interaksi dan model struktur materi untuk menerangkan atau melakukan analisis terhadap berbagai peristiwa alam, sistem rekayasa, sistem medis, sistem tubuh manusia, sistem biologis, sistem kebumihan (geofisika), sistem astrofisika dan lain-lain. Sistem-sistem tersebut di atas merupakan sistem kompleks yaitu sistem yang sulit direduksi menjadi sistem sederhana dalam rangka menguji hipotesis dalam bentuk eksperimen melalui pemodelan.

Komputer memungkinkan otomatisasi dari pengamatan gejala alam yaitu dengan mengambil data melalui pengukuran maupun dalam pembuatan lingkungan yang dikondisikan seperti lingkungan suhu, lingkungan tekanan, lingkungan medan magnet dan lain-lain yang dapat dikendalikan dan diubah secara otomatis. Dengan menggunakan komputer maka kerumitan-kerumitan berkenaan dengan lingkungan yang dihadapi dapat hilang. Dengan teknik otomatisasi melalui komputer ini juga dapat menghindarkan kerumitan pengolahan data dengan rangkaian analog dan digital, karena pengolahan data dengan komputer dapat berlangsung dengan cepat dan lebih luwes.

Dengan menggunakan berkemampuan seperti yang telah diuraikan di atas, perlu kiranya kita pikirkan bersama cara agar komputer dapat digunakan secara maksimal untuk menghubungkan peserta ajar di dalam kelas dengan kondisi alam lingkungan. Pola ini perlu diciptakan agar peserta ajar mendapatkan pengertian langsung tentang proses alam yang sedang berlangsung. Untuk itu perlu diciptakan sistem sensor dengan interface yang dapat dipasangkan pada laptop yang dapat langsung dibawa ke lapangan dengan menggunakan paket belajar yang lebih interaktif.

V. PROGRAM-PROGRAM UNTUK MEMBANTU KEGIATAN BELAJAR MENGAJAR.

Program-program yang dapat digunakan untuk pembantu kegiatan belajar seperti authoring sistem dan multimedia serta menggunakan perkakas matematika seperti program Mathcad, Spreadsheet, Mathematica, PCMadlab dan sebagainya. Program-program aplikasi di atas memungkinkan komputer digunakan sebagai alat hitung yang canggih, dengan menggunakan perintah-perintah tertentu untuk menyelesaikan permasalahan matematika. Tetapi sesungguhnya kita tidak dapat menduga model

software dan jenis komputer yang bagaimana yang akan muncul untuk masa mendatang. Penulis memprediksi jenis peralatan komputer yang akan muncul pada masa mendatang adalah peralatan yang penuh dengan simulasi grafik dan berada pada tahap evolusi yang berkelanjutan. Dimana menggunakan komputer memungkinkan kita untuk melakukan perhitungan-perhitungan rutin tertentu seperti perhitungan least-square, atau regresi linier, standard deviasi, dan nilai rata-rata.

Program-program tersebut di atas juga dapat digunakan untuk menghitung persamaan-persamaan yang rumit seperti menentukan akar polinom, melakukan integrasi dan diferensial, diagonalisasi matriks, eigenvektor dan eigenvalue matriks, transformasi Fourier, Transformasi Laplace dan lain-lain. Mathematica merupakan perkakas matematika yang dibuat berdasarkan simbol matematika yaitu program artificial intelligence yang mengajari komputer untuk mengenal rumus dan berpikir menggunakan rumus sebagai mana manusia. Kelemahan program aplikasi ini adalah ketidakluwesannya seperti halnya bahasa pemrograman (Pascal, C++, Fortran, dan sebagainya).

Ada beberapa software yang sedikit memberi keluwesan bagi pemakai untuk membuat program sederhana seperti Lotus, Exell, Quatro, dsb. Program ini telah dilengkapi dengan bahasa pemrograman sederhana dan berbagai fungsi yang bermanfaat, serta kemampuan membuat grafik dari tabel yang disediakan.

Bahasa pemrograman seperti Pascal, C++, Prolog, Fortran, dan lain-lain, memungkinkan kita untuk membuat sendiri program-program komputer yang dirancang khusus untuk pendidikan. Untuk jenis ini, selain pemakai harus menguasai bahasa pemrograman itu sendiri, pemakai juga harus mengetahui berbagai teknik numerik. Sungguhpun demikian dengan pemrograman sederhana kita dapat membuat berbagai tampilan grafik dan animasi untuk memperjelas berbagai konsep yang sedang diajarkan. Dengan bahasa pemrograman ini dapat dibuat paket belajar yang memungkinkan terlaksananya berbagai kegiatan belajar seperti presentasi informasi dalam bentuk teks, grafik, animasi, latihan-latihan, feedback langsung instruksi yang bersifat individual sesuai dengan kemajuan belajar peserta ajar. Namun untuk dapat menciptakan program yang baik dan sempurna diperlukan keahlian dalam basis data, struktur data, algoritma, dan lain-lain selain kemampuan dalam menggunakan bahasa pemrograman.

Terdapat pula beberapa software yang hampir berupa bahasa pemrograman, tetapi belum dapat digunakan seluas bahasa pemrograman antara lain, seperti Matlab, Mathcad dan sebagainya. Dalam makalah ini nantinya hanya akan dibahas selintas tentang pemakaian MathCad untuk membuat paket belajar berupa CAI. Pemakaian MathCad selain mudah menggunakannya, juga mempunyai sistem menu yang interaktif dengan pemakai, yang memungkinkan kita membuat model CAI yang statis interaktif.

PEMBUATAN CAI DENGAN MATHCAD

Mathcad merupakan program yang dikeluarkan oleh MathSoft, Inc. Program ini menawarkan suatu cara untuk menangani formula-formula matematika, teks, dan plotan grafik. Menghitung formula dengan MathCad dapat dilakukan sama mudahnya dengan menuliskannya pada kertas biasa. Dengan mendefinisikan suatu variabel serta menuliskan rumusnya, MathCad dapat menghitung secara langsung. Disamping itu MathCad juga dapat menyelesaikan permasalahan numerik, dan teknik pembuatan grafik serta animasi. Peranannya dalam pengembangan CAI, formula-formula yang telah dimasukkan elektronik booknya dapat dijadikan sebagai bagian yang integral dengan dari dokumen tersebut.

A. Kemampuan MathCad dalam perhitungan:

1. Presisi: Ketelitian hasil perhitungan mencapai 15 digit desimal.
2. Menguji pengukuran satuan dan dimensi melalui definisi
3. Memecahkan persamaan simultan dan pertidaksamaan
4. Bilangan kompleks dan variabel
5. Integral dan turunan
6. Bilangan oktal, desimal dan heksadesimal
7. Fungsi trigonometri, hiperbolik dan eksponensial
8. Fungsi statistik, termasuk regresi linier, fungsi gamma, fungsi kesalahan (error function) dan distribusi normal kumulatif.
9. Transformasi Fourier Cepat (fast fourier transform) beserta inversnya
10. Cubic spline curve-fitting
11. Fungsi yang didefinisikan sendiri
12. Vektor dan matriks termasuk operasinya.
13. Dapat mencapai 8000 elemen untuk setiap vektor atau matriks

B. Kemampuan MathCad Menghasilkan Grafik

1. Cukup menekan suatu tombol atau men-clik-petunjuk pada icon yang tersedia pada menu-nya, maka MathCad akan menghasilkan grafik pada daerah yang kosong sesuai dengan keinginan pemakai.
2. Mampu membuat grafik dalam jumlah yang tidak terbatas dalam setiap dokumen yang atau paket belajar yang dibuat.
3. Ukuran grafik dapat mencapai 127 baris dan 127 kolom
4. Grafik yang ditampilkan dapat memiliki garis-garis berskala dan tipe grafiknya dapat dipilih.
5. Grafik dapat di-plot lebih dari satu.

Selain kemampuan di atas MathCad juga mampu menampilkan huruf-huruf Yanani, dan memberikan pesan kesalahan secara otomatis dan dapat membuat kemampuan menarik lainnya. Dengan menggunakan MathCad ini juga digunakan untuk membuat suatu bentuk koutur, bentuk permukaan.

Untuk Mathcad versi 5.0 ke atas Software ini juga telah dilengkapi dengan sistem menu yang lebih interaktif dengan sipengguna, yang memungkinkan para pemakai dapat menciptakan sendiri bentuk-bentuk yang akan dipelajari. Dengan sistem menu yang ada, sebetulnya tidaklah menyulitkan bagi para pemula untuk menciptakan paket belajar yang statis dan atraktif, tanpa mengenali tata bahasa yang lebih secara detail.

C. Operator dan Fungsi pada Array

Operasi dan Tampilan Pada Layar	Mengetikannya	Keterangan
Perkalian Skalar $z.v$ atau $v.z$	$z*v$ atau $v*z$	Mengalikan vektor atau matriks dengan skalar
Dot product $v1*v2$	$v1*v2$	Menghasilkan skalar : $\sum M_i v_i$. Kedua vektor harus berukuran sama
Pembagian Skalar v/z atau M/z	v/z atau M/z	Membagi setiap elemen vektor atau matrik dengan z
Pangkatan atau invers M^n atau a^b	M^n atau a^b	Untuk M harus matriks ($i \times i$) dan n harus bilangan bulat
Besar/norm dari vektor $ v $	Pilih bentuk $ x $ pada menu disebelah kiri	Menghasilkan skalar : $\sqrt{v.v}$
Determinan $ M $	Pilih bentuk $ M $ pada menu disebelah	M harus matriks ($i \times i$)

	kiri	
Superscript $M^{<n>}$	Pilih bentuk $M^{<n>}$ pada menu disebelah kiri	Kolom ke-n dari matriks M. Menghasilkan sebuah vektor
Subscript v_n atau $M_{n1,n2}$	$v[n$ atau $M[n1,n2$	Elemen ke-n dari vektor atau elemen ke (n1,n2(dari matriks
Sama dengan $a = 4$	$a:4$	
Iterasi 1..10	$1;10$	
Untuk plot grafik	@	
Integral $\int x$	&	

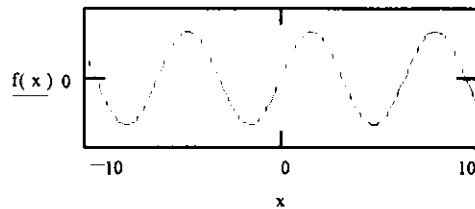
Cara penulisan operator lainnya dapat digunakan sistem menu yang terdapat pada bagian kiri dan bagian atas layar monitor.

Contoh program dengan MathCad.

Cara Menggunakan Persyaratan (fungsi "IF")

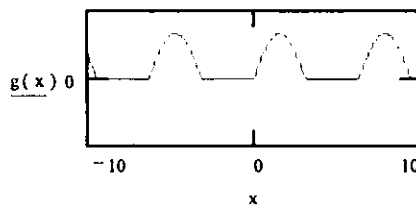
$$x := -10, -9.9 .. 10$$

$$f(x) := \sin(x)$$



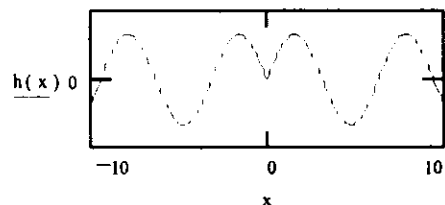
$$g(x) := \text{if}(f(x) > 0, f(x), 0)$$

$g(x)$ merupakan $f(x)$
jika $f(x) > 0$, jika tidak
sama dengan nol



$$h(x) := \text{if}(x >= 0, f(x), -f(x))$$

$h(x)$ merupakan $f(x)$ jika
 $x >= 0$, jika tidak
 $h(x) = -f(x)$



Cara Mengedit dengan Menggunakan Software Mathcad

Berikut ini diberi contoh untuk mengedit membuat grafik pola difraksi

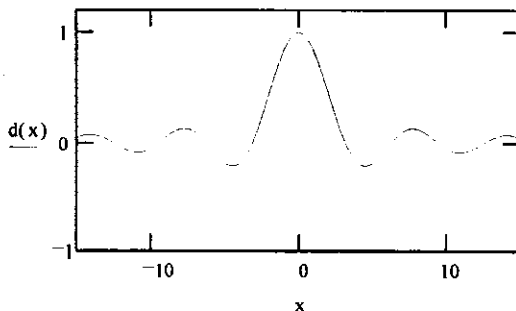
1. Tuliskan range interasinya $x := -6 \cdot \pi, -5.99 \cdot \pi .. 6 \cdot \pi$ Batas iterasi
2. Tuliskan rumus untuk pola difraksi :

$$d(x) := \frac{\sin(x)}{x} \quad \leftarrow \text{cara menulisnya } d(x):\sin(x)/x, \text{ fungsi dapat digan}$$

3. Plotlah grafiknya dengan memilih menu grafik, karena yang akan diplot adalah grafik pada bidang karsius, maka pilihlah grafik create X-Y plot

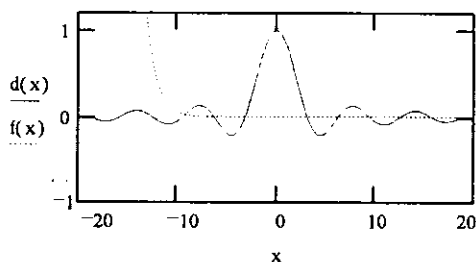


4. Tuliskanlah pada sumbu-x dengan $d(x)$ dan pada sumbu-y dengan x , 1 didapatkan bentuk grafik sebagai berikut:



5. Bila pada sumbu-y ingin digambar lebih dari satu fungsi, maka tambalah fungsi tersebut dibelakang $d(x)$ yang dipisahkan dengan tanda koma
6. Umpamakan yang ingin ditulis adalah fungsi eksponensial

$$f(x) := \frac{e^{-x}}{4 \cdot 10^5} \quad \leftarrow \text{cara menulisnya adalah } f(x):e^{-x}/4 \cdot 10^5, \text{ dapat digan dengan fungsi yang lain.}$$



Cara mengambarkan dua buah vektor

1. Tuliskan range iterasi

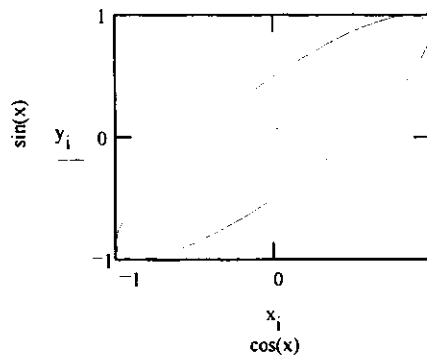
$P := 36 \quad i := 1..P \quad \leftarrow$ menulisnya $P:36 \quad i:1;P$

2. Tuliskan persamaan vektornya sebagai berikut:

$$x_i = \cos\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{P}\right) \quad \leftarrow \text{menulisnya } x[i:\sin(2 * \langle \text{Ctrl} \rangle p * i / p)$$

$$y_i = \sin\left(2 \cdot \pi \cdot \frac{i}{P} + \frac{\pi}{3}\right) \quad \leftarrow \text{menulisnya } y[:\cos(2 * \langle \text{Ctrl} \rangle p * i / p + \langle \text{ctrl} \rangle p / 3)$$

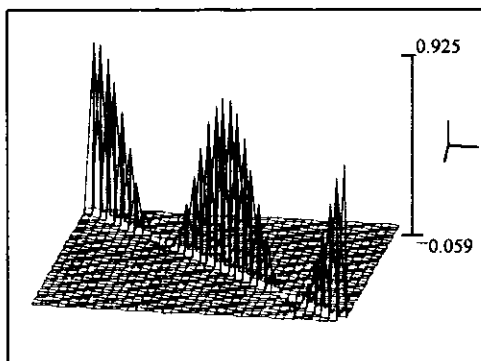
3. Kemudian pilihlah menu Graphics, dengan mengambil bagian Create X-Y plot dan kemudian tuliskan pada sumbu-x dengan $x[i]$ dan pada sumbu-y $y[i]$, maka akan diperoleh gambar sebagai berikut:



4. Kemudian dari kedua vektor di atas dibangun suatu bentuk permukaan dengan pengalihan kedua vektor tersebut secara skalar, sebagai berikut:

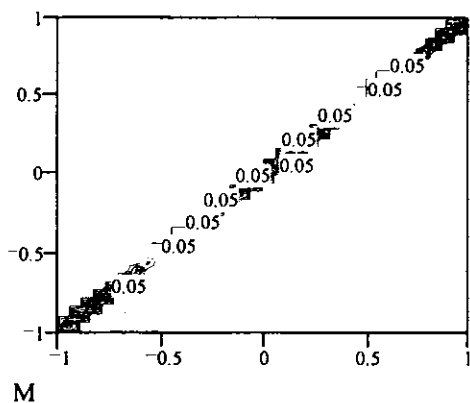
$$M_{i,i} = x_i \cdot y_i \quad \leftarrow \text{cara menulisnya } M[i,i:x[i]*y[i]$$

5. Untuk mengambarkan permukaan di atas, pilihlah menu graphics, dengan memilih menu create surface plot, panggil segiempat yang dengan M



M

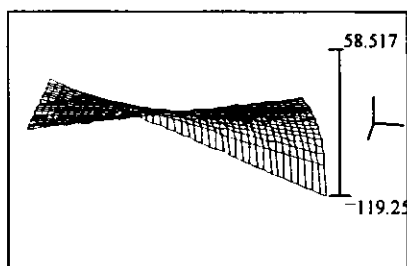
6. Kemudian bentuk di atas dapat ditukar menjadi bentuk kountur, dengan mengklik, bidang gambar 2x, kemudian gantilah surface menjadi kountur, maka diperoleh gambar berikut:



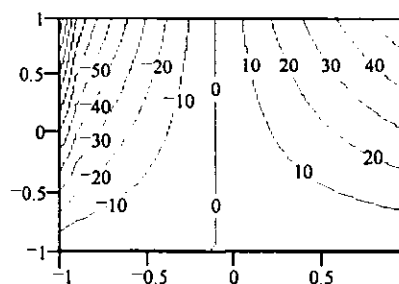
7. Bentuk fungsi lain dapat ditulis sebagai berikut:

$$i := 0..20 \quad j := 0..40 \quad f(x,y) := \sin(x^2 - 2 \cdot y^2)$$

$$x_i := -1.5 + 0.5 \cdot \sqrt{i} \quad y_j := -0.5 + 2 \cdot j \quad W_{i,j} := x_i \cdot y_j$$



W



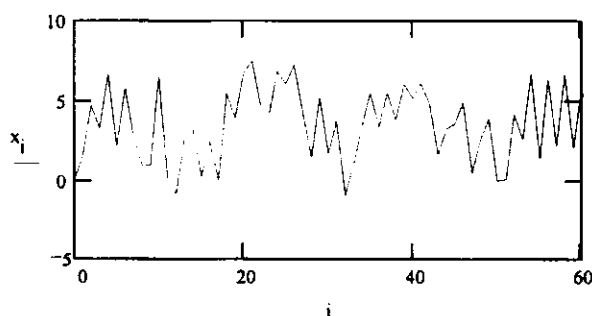
W

Cara Menggunakan Transformasi Fourier Cepat

1. Tulis persamaan Fourier yang akan ditransformasikan, umpamakan:

$$i := 0..63 \quad x_i := \sin\left(\pi \cdot \frac{i}{9}\right) + \text{rnd}(7)$$

Signal ---->

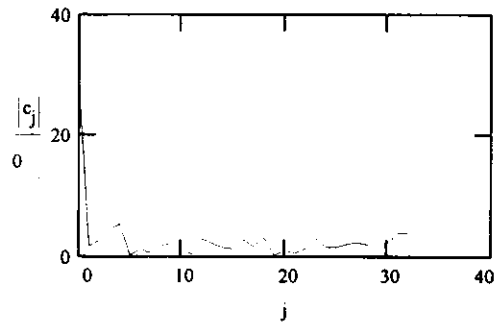


2. Ambil fungsi fft-nya, melalui Math, dengan mengambil insert function

$c = \text{fft}(x)$ <--- fft kompleks

$M := \text{last}(c)$ $j := 0..M$

Transformasi --->

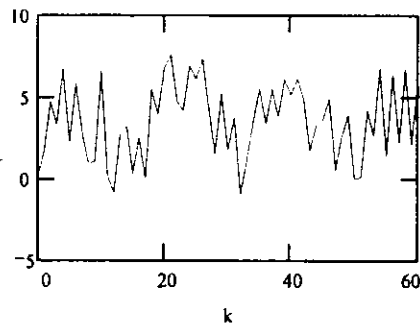


$z = \text{ifft}(c)$ <--- transformasi invers

$M2 := \text{last}(z)$

$k = 0..M2$

Transformasi invers ---> x_k



Penjalaran Gelombang Tergantung Waktu

Soal Bila diberikan medan E yang tergantung waktu, tentukanlah D, B, dan H. Gambarkanlah hubungan E terhadap H pada $t = 0$. Perhatikanlah bahwa medan hasil merambat dalam arah z. Dan buktikanlah bahwa laju gelombang dan E/H hanya tergantung kepada sifat ruangan hampa.

Sistem parameter

$$E_m = 2 \cdot \frac{\text{volt}}{\text{m}} \quad \omega = 10^9 \cdot \frac{\text{rad}}{\text{sec}} \quad a_x = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$c = 2.998 \cdot 10^8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}} \quad \beta = \frac{\omega}{c}$$

$$E(z, t) = E_m \cdot \sin(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot a_y \quad a_y = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\text{Permittivitas Ruang Hampa } \epsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{\text{farad}}{\text{m}}$$

$$\text{Permeabilitas Ruang Hampa } \mu_0 = 4 \cdot \pi \cdot 10^{-7} \cdot \frac{\text{henry}}{\text{m}}$$

Jawab

$$D(z, t) = \epsilon_0 \cdot E(z, t)$$

Berdasarkan Persamaan Maxwell untuk curl of E adalah

$$\text{curl}(E) = \left(\frac{d}{dz} A_y \right) \cdot a_x + \left(\frac{d}{dx} A_y \right) \cdot a_z = \frac{d}{dt} B$$

$$\frac{d}{dz} A_y = \frac{d}{dz} E_m \cdot \sin(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot a_x$$

Dengan demikian diperoleh:

$$\frac{d}{dt} B = -\beta \cdot E_m \cdot \cos(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot a_x$$

Dengan mengintegral diperoleh:

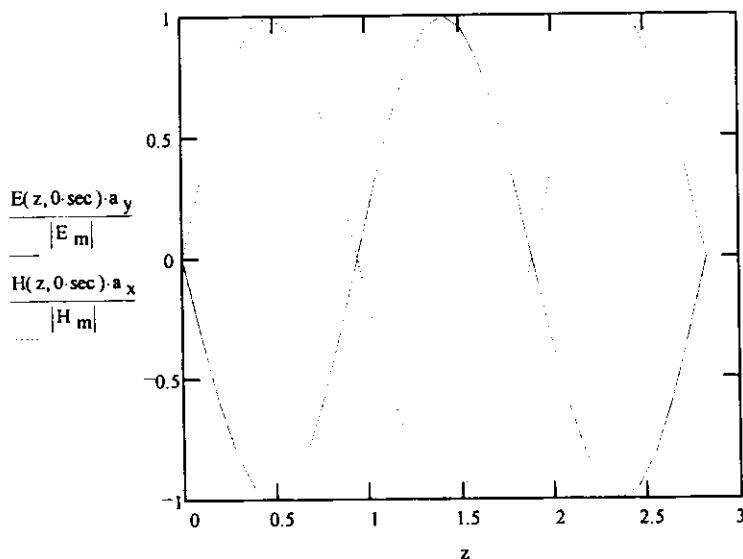
$$B(z, t) = \frac{-E_m \cdot \beta}{\omega} \cdot \sin(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot a_x$$

dimana konstanta integrasi untuk medan statis dapat di abaikan.

$$H(z, t) = \frac{B(z, t)}{\mu_0}$$

Catatan E dan H saling tegak lurus sama sama linnya karena operator curl. Pada $t = 0$, grafiknya adalah fungsi dua dua dimensi:

$$z = 0 \cdot \text{m}, \frac{1 \cdot \pi}{\beta} \dots \frac{3 \cdot \pi}{\beta} \quad \beta = 3.336 \cdot \text{m}^{-1} \quad H_m = \frac{\beta \cdot E_m}{\omega \cdot \mu_0}$$



Ingat bahwa kedua titik gelombang ini orthogonal satu terhadap yang lain, setiap penambahan fasa 180. Gambar tiga dimensi dapat dibuat menggunakan teknik parameterisasi sebagai berikut:

$$H_{norm}(z) = \begin{bmatrix} \frac{z}{3 - \frac{\pi}{\beta}} \\ 0 \\ \frac{H(z, t_0) \cdot a_x}{|H_m|} \end{bmatrix} \quad E_{norm}(z) = \begin{bmatrix} \frac{z}{3 - \frac{\pi}{\beta}} \\ \frac{E(z, t_0) \cdot a_y}{|E_m|} \\ 0 \end{bmatrix}$$

Range spasinya yang akan diplot adalah:

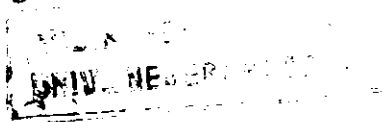
$$i = 0..250 \quad z_i = \left(\frac{7 \cdot \pi \cdot i}{200 \cdot \beta} \right) \quad \beta = 3.336 \cdot \frac{1}{m}$$

Sudut putar: $\theta = 30$ $\phi = 20$

$$R = \begin{bmatrix} \cos(\theta \cdot \text{deg}) & -\sin(\theta \cdot \text{deg}) & 0 \\ \sin(\theta \cdot \text{deg}) \cdot \cos(\phi \cdot \text{deg}) & \cos(\theta \cdot \text{deg}) \cdot \cos(\phi \cdot \text{deg}) & -\sin(\phi \cdot \text{deg}) \\ \sin(\theta \cdot \text{deg}) \cdot \sin(\phi \cdot \text{deg}) & \cos(\theta \cdot \text{deg}) \cdot \sin(\phi \cdot \text{deg}) & \cos(\phi \cdot \text{deg}) \end{bmatrix}$$

Kemudian kita kalikan set matriks rotasi R dengan sudut pematangan, maka diperoleh sumbu koordinat sebagai berikut..

$$\text{scale} = .8 \quad b = 0..7$$

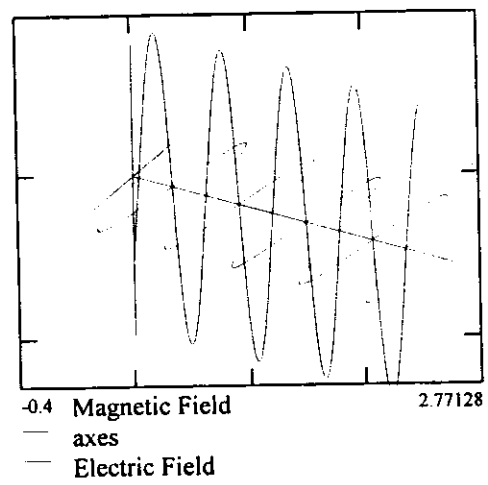


$$\text{coord} = R \cdot \begin{pmatrix} 0 & \text{scale} \cdot 4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \text{scale} & -\text{scale} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1.1 \cdot \text{scale} & -1.3 \cdot \text{scale} \end{pmatrix}$$

$$S1^{(x)} = R \cdot H_{\text{norm}}(z_i) \quad S2^{(y)} = R \cdot E_{\text{norm}}(z_i) \quad t_0 = 1 \cdot \text{sec}$$

Matriks rotasi R dapat digunakan untuk merubah sudut pandang, katakanlah ke arah kanan, jadi

Perubahan waktu awal dan pola yang terbentuk adalah sebagai berikut:



Gambar disamping memperlihatkan medan yang ternormalisasi secara kuat. Vektor dinyatakan dengan arah (x atau y), tetapi kadang dapat bernilai kecil atau sangat besar. Gelombang menuju bidang.

Untuk melihat bahwa gelombang merambat dalam arah sumbu z, tandai **E** dan **H** bervariasi secara bersamaan sebagai berikut:

$$\sin(\omega \cdot t - \beta \cdot z)$$

Medan **E** dan **H** yang diberikan karakteristik sebagai berikut:

Untuk melihat bahwa gelombang merambat dalam arah sumbu z, tandai **E** dan **H** bervariasi secara bersamaan sebagai berikut:

$$\sin(\omega \cdot t - \beta \cdot z)$$

Medan **E** dan **H** yang diberikan karakteristik sebagai berikut:

Atar: $\omega \cdot t - \beta \cdot z = \text{constant}$ Sebagai contoh: $\omega \cdot t - \beta \cdot z = \omega \cdot t_0$

$$z(t) = \frac{\omega \cdot (t - t_0)}{\beta} \quad \text{di atas} \quad t_0 = 1 \cdot \text{sec}$$

$c = \frac{\omega}{\beta}$

Ini merupakan persamaan gelombang bidang yang bergerak dengan kecepatan :

Dalam arah normalnya \mathbf{a}_z . Dengan asumsi bahwa β , ω , adalah positif. Untuk β , negatif arah gerakkannya adalah $-\mathbf{a}_z$. Dalam pola di atas gelombang bergerak dalam arah sumbu z dengan kecepatan c .

Persamaan Maxwell untuk \mathbf{H} adalah

$$\text{curl}(\mathbf{H}) = \left(\frac{d}{dz} \mathbf{A}_x \right) \cdot \mathbf{a}_y = \frac{d}{dt} \mathbf{D}$$

dan hasilnya adalah

$$\frac{d}{dt} \mathbf{D} = \frac{\beta^2 \cdot E_m}{\omega \cdot \mu_0} \cdot \cos(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot \mathbf{a}_y$$

Karena yang diberikan dalam bentuk pernyataan \mathbf{D} , hal ini dimungkinkan persamaannya dapat dideferensial secara langsung :

$$\omega \cdot \epsilon_0 \cdot E_m \cdot \cos(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot \mathbf{a}_y = \frac{\beta^2 \cdot E_m}{\omega \cdot \mu_0} \cdot \cos(\omega \cdot t - \beta \cdot z) \cdot \mathbf{a}_y$$

Hubungan yang diperoleh adalah :

$$\frac{\omega^2}{\beta^2} = \frac{1}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}$$

$$\text{Akibatnya} \frac{\omega^2}{\epsilon_0 \cdot \mu_0} = 8.988 \cdot 10^{16} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2}$$

$$\frac{\omega^2}{\beta^2} = 8.988 \cdot 10^{16} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{sec}^2}$$

$$c = \sqrt{\frac{1}{\epsilon_0 \cdot \mu_0}}$$

$$c = 2.998 \cdot 10^8 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Kecepatan cahaya yang merupakan salah satu bentuk gelombang elektromagnetik dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan Maxwell.

Selanjutnya, dari perbandingan medan listrik dengan medan magnet kita dapat mengetahui karakteristik impedansi dari suatu material yang diberikan oleh persamaan :

$$\frac{E}{H} = \frac{\omega \cdot \mu_0}{\beta} = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}}$$

$$\sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} = 376.734 \cdot \text{ohm}$$

Topik ini disusun berdasarkan teori tentang susunan antena
(Edward C. Jordan dan Keith G. Balmain)

371.334

AKM.

PE

Bentuk Medan Dari Susunan Antenna Homogen Linear

Dalam modul ini diperlihatkan bentuk radiasi medan yang jauh dari penempatan susunan antena yang homogen sebagai fungsi dari sudut azimut. Seterusnya bentuk medan ditampilkan sebagai fungsi distribusi. Sebelumnya kita set terlebih dahulu parameter fisika sebagai berikut:

- ▶ N, jumlah dari elemen yang disusun
- ▶ d, jarak antara elemen
- ▶ f, frekuensi radiasi
- ▶ α , perbedaan fasa perambatan dari elemen ke elemen

Satuan dan konstanta

Pedefinisian satuan yang digunakan

$$\text{Hz} = \frac{1}{\text{sec}} \quad \text{MHz} = \text{Hz} \cdot 10^6 \quad c = 299792458 \cdot \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

Masukan dari program ini parameter untuk mendefinisikan susunan antena dan kondisi operasinya

Parameter susunan antena:

N = 10 <-- number of elements
d = 50-m <-- interelement spacing
f = 6-MHz <-- frequency

Sebagai alat pengajaran, kita dapat mendefinisikan variabel ini secara global, dengan menempatkannya dekatkan dengan grafik dan melihat hasilnya pada grafik sebagai variabel yang berubah-ubah. Hasilnya dapat dilihat pada gambar 1.1

Hal ini memungkinkan kita untuk mendefinisikan suatu pernyataan karakteristik dari suatu sistem antena. Untuk itu harus ditentukan range variabel untuk sejumlah antena dalam susunan tersebut, kemudian pernyataan untuk karakteristik susunan dalam bentuk parameter di atas.

$$n = 0..N - 1$$

$$F(\phi) = \frac{1}{N} \left[\sum_n e^{-\left(j \cdot n \cdot d \cdot \frac{2 \cdot \pi \cdot f}{c} \cos(\phi) + j \cdot n \cdot \alpha \right)} \right]$$

MILIK PERPUSTAKAAN
UNIVERSITAS NEGERI PADANG

Karakteristik susunan (array) digunakan untuk pen-skalaan daya radiasi dan dinyatakan dalam dB, sebagai berikut:

$$P(\phi) = 20 \cdot \log \left(\frac{|F(\phi)|}{N} \right)$$

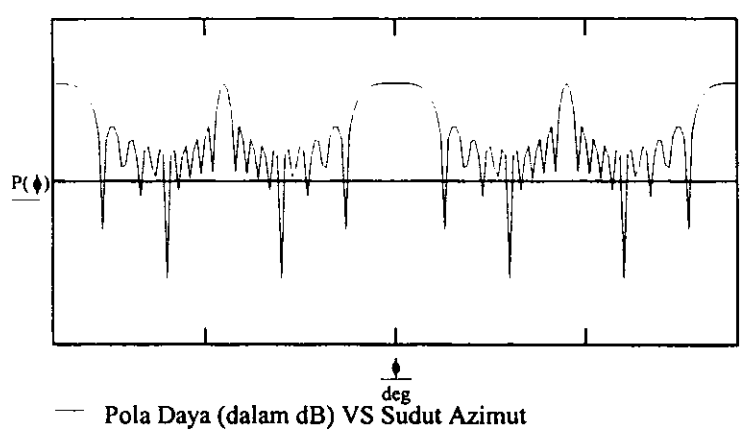
Untuk memplot penyayaan ini sebagai fungsi sudut azimuth, didefinisikan variabel range ϕ , dan ukuran step iterasi dengan $\delta\phi$, yang akan digunakan dalam plotting grafi. Dengan catatan penambahan ukuran step akan meningkatkan resolusi dari plotting, tetapi akan memakan waktu yang lebih lama untuk mengeksekusinya.

$$\delta\phi = 2 \cdot \text{deg} \quad \leftarrow \text{ukuran besar step perubahan sudut azimuth}$$

$$\phi = -180 \cdot \text{deg}, -180 \cdot \text{deg} + \delta\phi, \dots, 180 \cdot \text{deg}$$

Untuk kasus sederhana digunakan susunan antenna dengan 6 elemen yang jarak masing-masingnya sebesar $\lambda/2$, maka diperoleh karakteristik susunan adalah sebagai berikut

Gambar 1.1
Pola Daya
terhadap sudut
azimut



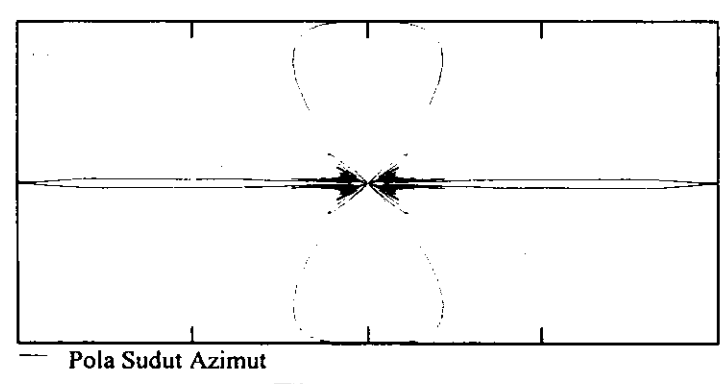
$$x(r, \phi) = r \cdot \sin(\phi) \quad y(r, \phi) = r \cdot \cos(\phi)$$

merupakan koordinat x dan y dan

merupakan harga jari-jari. Maka plotnya akan tampil sebagai berikut:

$$\alpha = 0 \cdot \text{deg} \quad A(\phi) = |F(\phi)|$$

α is perubahan shift, yang dapat diubah-ubah sambil melihat efeknya pada gambar yang ditampilkan



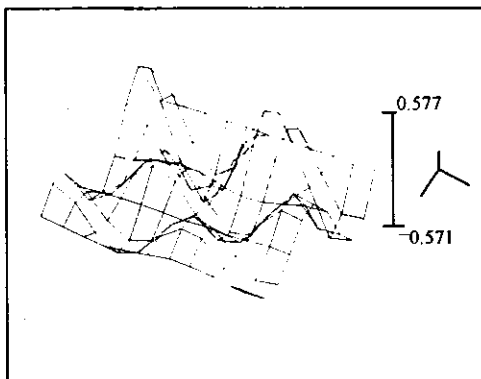
Gambar 1.2 Pola Radiasi 2-D pada elevasi nol

INTERPOLASI

Interplorasi Dua Dimensi

Titik titik data yang terletak permukaan dapat diinterpolasi dengan menggunakan penyelusuran dalam dua arah. Sebagai contoh: Suatu interpolasi yang dikenakan terhadap permukaan yang dibentuk oleh fungsi Bessel orde-1 dan cosinus.

$$i := 0..10 \quad j := 0..10 \quad M_{i,j} := J1(i) \cdot \cos(j)$$



M

Untuk menentukan nilai interpolasi pada titik (x,y) untuk nilai x dan y antara 0 dan 10, pertama diinterplorasi masing-masing kolom untuk mendapatkan nilai yang berhubungan dengan x (dalam ini dianggap interpolasi x sepanjang nomor baris i dan y sepanjang nomor kolom j). Kemudian diinterplorasi sepanjang vektor ini untuk mendapatkan nilai yang berhubungan dengan y umpamakan titik:

$$x := 2.37 \quad y := 6.45$$

$$R_i = i$$

$$C_j = \text{interp}(\text{cspline}(R, M^{<j>}), R, M^{<j>}, x)$$

$$I_{xy} = \text{interp}(\text{cspline}(R, C), R, C, y)$$

$$\text{Hasil interpolasi adalah : } I_{xy} = 0.518$$

Untuk mengujinya dapat diambil 6 nilai A disekitar titik tersebut

$$M_{3,7} = 0.256 \quad M_{2,6} = 0.554$$

$$M_{5,7} = -0.247 \quad M_{5,6} = -0.315$$

$$M_{2,7} = 0.435 \quad M_{5,7} = -0.247$$

Dalam kita dapat mensmoothkan permukaan yang direpresentasikan dengan M dengan menggunakan teknik ini untuk memadatkan jaringan titik interpolasi antara titik dari M sebagai ilustrasi berikut ini:

Umpamakan kita akan smoothkan permukaan M dengan sebanyak 4 kali titik pada setiap arah dengan menghitung masing-masing cspline satu kali, berarti bahwa:

$$m := 0..40$$

$$n := 0..40$$

$$Y_m := \frac{1}{4} \cdot m$$

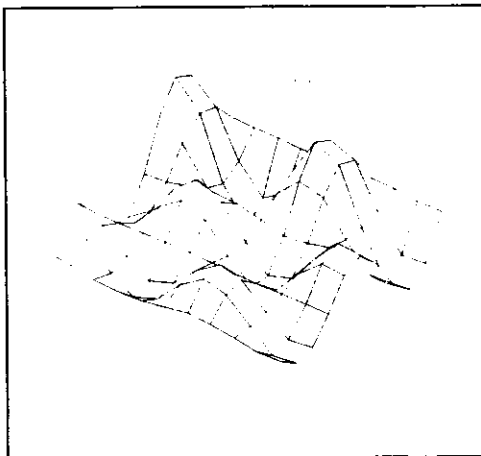
$$D^{<j>} := \text{cspline}(R, M^{<j>})$$

$$K_{j,m} := \text{interp}(D^{<j>}, R, M^{<j>}, Y_m)$$

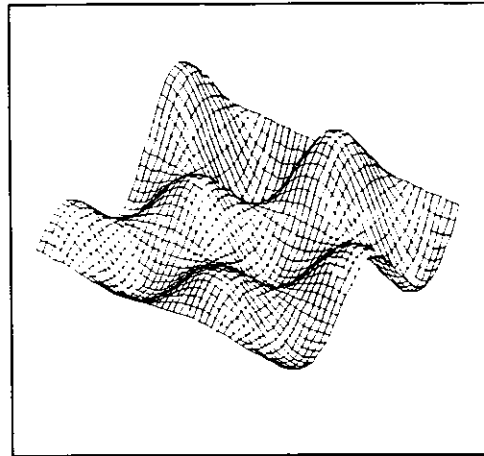
$$V^{<m>} := \text{cspline}(R, K^{<m>})$$

$$S_{n,m} := \text{interp}(V^{<n>}, R, K^{<n>}, Y_m)$$

S mengandung array yang telah dismooth array, yang plot seperti berikut.



M



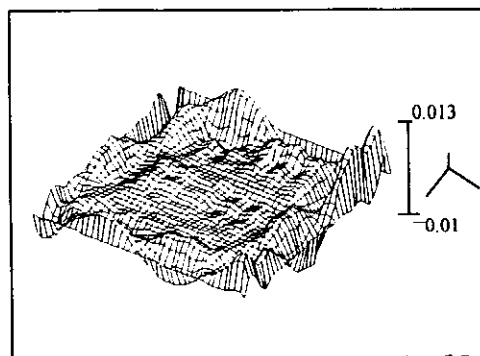
S

Hal ini sangat menarik bila dibandingkan dengan plotan yang di smooth dengan fungsi sesungguhnya, umpamakan sebagai berikut ini:

$$F_{m,n} := J1(0.25 \cdot m) \cdot \cos(.25 \cdot n)$$

Perbedaan ini fungsi yang tinggal akan menjadi sangat kecil: yaitu sebesar:

$$\max(|F - S|) = 0.013$$



F - S

Referensi

- Bracewell, Ronald N, *The Fourier Transformasi and Its Applications*, Second Edition, McGraw Hill Book Company, Kogakusha, 1978
- Jordan, Edward C, Keith G.Balmain, *Electromagnetic Waves and Radiating Systems*, Second Edition, Prentice Hall of India Private Limited, 1986
- Kho Hong Geh, *Mathcad, Menyelesaikan Problema Numerik dan Matematika*, PT. Elex Media Komputindo, Jakarta, 1995.
- Nobar, P.M., Crilly,A.J., dan Iynkaran,K. *The Increasing Influence of Computers in Engenering Education: Teaching Vibration via Multimedia Programs*, International Journal of Engenering Education, Hamburg Educational Partnership Germany, vol.12, 1996.
- McKee,G, Barson,R, *Using the Internet to Share a Robotics Laboratory*, International Journal of Engenering Education, Hamburg Educational Partnership Germany, vol.12, 1996.
- Pattiradjawane, Rena,L, *Komputer "Video Game", dan Internet untuk Pendidikan Anak*, Kompos, 15 Januari, 1997