

# MAKALAH

## PERANAN KOMPUTER DALAM FISIKA DAN PENGAJARAN FISIKA

*Disajikan dalam Lokakarya Optimalisasi  
Penggunaan Laboratorium Fisika FPMIPA IKIP Padang*

JAGA DAN PERGUNAKANLAH KOLEKSI  
INI DENGAN BAIK

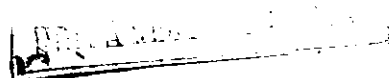
SUATU SAAT ANAK DAN CUCU ANDA  
SANGAT MEMBUTUKANNYA

Oleh:

**Drs. Akmam, M.Si**  
**Drs. Amali Putra, M.Pd**

MILIK PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG	
DITERIMA TGL.	: 12-11-2001
SUMBER/HARGA	: Hadiah
KOLEKSI	: K
NO. INVENTARIS	: 628/k/2001-p1/21
KLASIFIKASI	: 371.334 AKM - 10

*Jurusan Pendidikan Fisika*  
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
INSTITUT KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN PADANG  
1999



# PERANAN KOMPUTER DALAM FISIKA DAN PENGAJARAN FISIKA<sup>\*)</sup>

Drs. Akmam, M.Si dan Drs. Amali Putra, M.Pd<sup>\*\*)</sup>

## 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi ternyata telah menghasilkan perubahan tata kehidupan umat manusia yang ditandai dengan adanya peningkatan kesejahteraan mereka. Perkembangan teknologi tersebut mendorong perkembangan teknologi komputer. Bahkan untuk masa mendatang Bill Gates (CEO Microsoft Corp) telah merancang sebuah perangkat kecil (wallet PC), yang dapat dibawa kemana saja. Bahkan Wallet PC ini dapat menggantikan peran uang kertas/logam. (Kompas:1996). Perkembangan teknologi komputer membantu pertumbuhan penelitian dan aktivitas di perguruan tinggi, seperti aktivitas disektor pendidikan antara lain penanganan administrasi, penelitian, sistem manajemen jarak jauh (RAMS, *Remote Access Management System*), fasilitas untuk pengajaran, CSE, *computer-supported education* yang dapat berupa (CMI, *computer-managed instruction*, CAI, *computer assisted instruction*, CBL, *computer-based learning*, CAL, *computer-assited learning*) (Mitzel : 1974, Nobar: 1996) Bahkan sekarang sudah dikembangkan penelitian di Nottingham dalam rangka pemakaian internet untuk mengatur robot yang dijadikan sebagai guru untuk mengajar secara individual ataupun kelompok. Dari penelitian tersebut ternyata pengajaran menggunakan internet untuk mengatur robot sebagai guru ini ternyata memperlihatkan hasil yang positif. (McKee dan Barson:1995:115).

Pada tulisan ini akan diungkapkan secara ringkas peranan komputer dalam

---

<sup>\*)</sup> Disampaikan pada Lokakarya Optimalisasi Penggunaan Laborarium Jurusan Fisika 23 Agustus 1999.

<sup>\*\*)</sup> Staf Pengajar Jurusan Pendidikan Fisika FPMIPA IKIP Padang, Labor Fisika Komputasi

bidang pendidikan, penerapan dan pengembangan fisika, serta pengembangan labor komputer pada era infrastruktur.

## 2. Peranan Komputer dalam Pengajaran Fisika

Fisika merupakan suatu ilmu empiris. Pernyataan-pernyataan fisika harus didukung oleh hasil eksperimen. Hasil eksperimen juga digunakan untuk eksplorasi informasi-informasi yang diperlukan untuk membentuk teori lebih lanjut. Jadi teori dan eksperimen merupakan lingkaran spiral yang tidak berkesudahan. Pada dasarnya fisika merupakan abstraksi terhadap berbagai sifat alam dalam wujud konsep-konsep hampiran terhadap realita. Disamping itu fisika juga bersifat kuantitatif yaitu penggunaan konsep-konsep dan hubungan antara konsep yang banyak menggunakan matematika.

Sifat abstraksi dan sifat empiris dan matematis membuat komputer dapat banyak berperan dalam pendidikan fisika pada berbagai tingkat pendidikan. Komputer dapat membuat konsep-konsep abstrak menjadi konkrit dengan visualisasi statis maupun dengan visualisasi animasi. Selain itu komputer dapat membuat suatu konsep lebih menarik sehingga menambah motivasi untuk mempelajari dan menguasainya.

Dengan komputer dimungkinkannya dibuat suatu media alternatif sebagai sarana pendidikan yang dapat membuat peserta didik bersifat aktif. Siswa aktif maksudnya disini adalah adanya mekanisme yang memungkinkan munculnya individualisme dalam kegiatan belajar mengajar, untuk itu materi ajar dan latihan yang dibuat dapat disesuaikan dengan model siswa (Nobar :1996). Dengan komputer manajemen pendidikan dimungkinkan dilakukan dengan menggunakan basis dan kemajuan siswa, sehingga perkembangan kemampuan siswa dapat

terekam dan dapat digunakan untuk strategi belajar yang paling tepat. (Kelly : 1996). Perangkat lunak untuk membuat media pembelajaran antara lain authoring system dan sistem multimedia.

#### **a. Authoring System**

Authoring system merupakan software yang memungkinkan seorang guru menyusun materi ajar tanpa menguasai bahasa pemrograman. Pada sistem ini tiap pemakai dilengkapi dengan monitor khusus yang mempunyai fasilitas grafik resolusi tinggi, layar sentuh, keyboard khusus.

Untuk membuat authoring system ini sendiri dibutuhkan penguasaan ilmu komputer dan bahasa pemrograman yang mendalam. Sistem seperti ini memerlukan beberapa programmer yang profesional, ahli komputer sains, ahli bidang pendidikan dan ahli bidang ilmu. Jadi membuat authoring system bukanlah pekerjaan yang ringan

#### **b. Sistem Multimedia**

Sistem multimedia terdiri dari sistem komputer yang canggih, disertai dengan CDROM atau VCR (Video Cassete Recorder) yang berisi gambar hidup, suara dan lain-lain yang membentuk suatu sistem. Program yang digunakan memiliki kemampuan hypertext, yaitu kemampuan untuk menelusuri konsep konsep sesuai keperluan. Dalam sistem hypertext kata yang menyatakan konsep penting dapat ditandai, misalnya dengan menggunakan reverse video. Jika kursor ditempatkan pada kata itu dan tombol mouse ditekan maka komputer akan menampilkan teks yang memberi penjelasan tentang konsep tersebut (seperti MathCad elektronik, Help dari Windows, Help Pascal dan sebagainya). Bila dalam konsep yang sedang dipelajari terdapat konsep lain, maka kata kunci

dalam konsep tersebut dapat ditandai sebagai hipertext baru, sehingga dapat ditelusuri lebih jauh.

Untuk mengembangkan sistem multimedia diperlukan pakar yang cukup banyak, seperti ahli multimedia, ahli pembuatan clip video atau CDROM, ahli pendidikan dan ahli bidang ilmu serta ahli dalam merancang program untuk pendidikan. Kondisi ini merupakan tantangan bagi para pendidikan dalam bidang fisika umumnya, jurusan pendidikan khususnya.

### c. Software Pembantu Kegiatan Belajar Mengajar

Selain authoring system dan sistem multimedia juga dapat dibuat program komputer yang memungkinkan siswa untuk menggunakan komputer dalam kegiatan belajar mengajarnya. Software pembantu kegiatan belajar mengajar ini dapat dibuat dengan menggunakan perkakas matematik (mathematical tools) seperti: spreadsheet atau bahasa pemrograman. Sebagai contoh perkakas matematika adalah program mathcad, Mathematica, PC Matlab dan sebagainya. Dengan software di atas komputer dimungkinkan digunakan sebagai suatu kalkulator canggih, yaitu dengan memasukkan perintah-perintah tertentu, maka masalah matematika yang dihadapi dapat diselesaikan dengan segera. Dengan kalkulator canggih ini memungkinkan dilakukan perhitungan rutin tertentu; seperti perhitungan leastsquare atau regresi linier, menghitung nilai rata rata dan deviasi standard, mencari inversi, konvolusi dan sebagainya. Bahkan perhitungan lebih rumit yang sering ditemukan dalam permasalahan fisika seperti menentukan akar polinom, melakukan integral dan diferensial, diagonalisasi matriks, eigenvalue dan eigenvektor matriks, transformasi Fourier, transformasi Laplace dll.

Mathematica sebagai salah satu program perkakas matematika dibuat berdasarkan pada *symbolic mathematics* merupakan program artificial intelligence yang mengajari komputer untuk mengenal rumus dan berfikir menggunakan rumus seperti layaknya manusia. Seperti layaknya software aplikasi, perkakas matematika di atas tidak memiliki keluwesan seperti halnya bahasa pemrograman. Beberapa paket seperti Matlab mempunyai bahasa sendiri dan dapat menggunakan subrutin FORTRAN, namun sebaliknya tidak berlaku, yaitu program yang dibuat dengan Matlab tak dapat dipanggil dengan FORTRAN. Dengan menggunakan paket perkakas matematika siswa dapat menyelesaikan soal soal latihan dengan cepat, serta melukiskannya dengan grafik sehingga dapat memperoleh pengertian yang lebih baik.

Dengan menggunakan spreadsheet seperti Lotus123, Exell, Quatro dan sebagainya dimungkinkan dibuat program program sederhana, sebab software ini telah dilengkapi dengan bahasa pemrograman sederhana dan berbagai fungsi yang bermanfaat, tampilan grafik dari tabel yang disediakan. Spreadsheet dapat digunakan untuk memecahkan persamaan diferensial, integrasi numerik dan lain-lain. Namun demikian kemampuan matematikanya terbatas, dan format penampilan grafiknya juga kurang luwes.

Dengan menggunakan bahasa pemrograman seperti Pascal, C, dan lain-lain dimungkinkan dibuat software pendidikan sendiri yang khusus untuk pendidikan. Kelemahan menggunakan bahasa pemrograman ini, selain diperlukan penguasaan bahasa pemrograman itu sendiri perlu juga dikuasai berbagai teknik numerik dan teknik grafika dan animasi. Dengan bahasa pemrograman dapat dibuat berbagai tampilan grafik dan animasi sesuai dengan kebutuhan, yang diharapkan dapat

memperjelas berbagai konsep yang diberikan. Dengan menggunakan bahasa pemrograman ini dapat dibuat program belajar yang memungkinkan dilaksanakan berbagai kegiatan belajar seperti presentasi informasi dalam bentuk teks, grafik, dan animasi, latihan-latihan, feedback langsung instruksi yang bersifat individual sesuai dengan kemampuan belajarnya dan lain-lain. Namun untuk dapat menciptakan program yang canggih dan sempurna diperlukan keahlian dalam masalah basis data, struktur data, algoritma dan lain-lain selain kemampuan menggunakan bahasa pemrograman.

### 3. 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 interaksi menyangkut pengembangan atas berbagai konsep seperti gaya, kalor, gelombang, mekanika kuantum, medan, medan kuantum, medan gauge, super simetri, string dan sebagainya. Pengembangan tentang model interaksi menyangkut persamaan-persamaan dinamika medan, seperti persamaan-persamaan Maxwell untuk teori medan elektromagnetik klasik, persamaan Dirac untuk elektrodinamika kuantum, persamaan Einstein untuk teori relativitas umum, model Fermi untuk interaksi lemah, interaksi elektro-lemah, model kaku untuk menjelaskan interaksi kuat.

Pengembangan tentang model struktur materi dasar yang menyangkut struktur zat pada, gas, plasma, molekul, atom, inti atom dan partikel elementer. Pengembangan model struktur materi ini dimulai pada zaman Yunani kuno

dengan spekulasi tentang atom dan disambung dengan teori atom dari Bohr dan model kuantum, yaitu model self consistent field dari Hartree-Fock untuk atom berelektron banyak. Model susunan zat padat berkembang dari model kristal, model potensial periodik Kronnig Penney, model elektron hampir bebas, model pseudo-potensial dan sebagainya. Model susunan inti atom berkembang dari model tetes air, model kulit, model kolektif, model inti majemuk dan sebagainya. Sedang model partikel elementer menyangkut berbagai model seperti quark, model bootstrap dan sebagainya

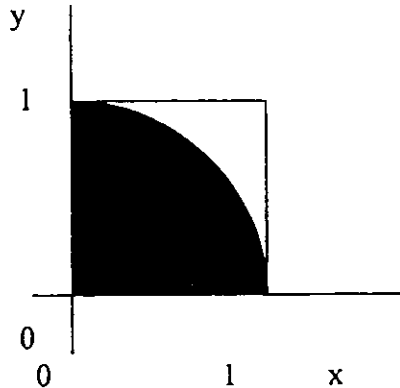
Pada masa lalu model susunan materi dibuat dalam bentuk model sistem amat dasar, seperti atom Hidrogen atau atom yang jumlah dua atau tiga elektron. Model zat padat pun dalam bentuk kristal yang sederhana, yaitu kristal satu dimensi atau satu tiap sel satuan. Untuk model-model sederhana seperti ini penyelesaian persamaan keadaannya diselesaikan dengan menggunakan persamaan Schrodinger, persamaan Maxwell untuk gelombang elektromagnetik yang kebanyakan masih dapat diselesaikan secara analitik.

Untuk model struktur materi yang lebih rumit, seperti atom berelektron banyak, kristal tiga dimensi dengan struktur yang tidak sederhana, zat padat amorf, molekul kompleks, perhitungan pita energi, dinamika kristal, dan sebagainya memerlukan perhitungan numerik yang rumit guna memecahkan persamaan Schrodinger dan persamaan Maxwellnya. Demikian pula dengan perhitungan interaksi cahaya dengan elektron dalam kristal dan serat optik, perhitungan sifat sifat transport sering kali memerlukan solusi numerik dan metoda Monte Carlo.

Teknik Monte Carlo merupakan teknik pemakaian bilangan random yang



dikembangkan oleh Enrico Fermi pada masa perang dunia II dalam upaya memecahkan persamaan transport Boltzman untuk menganalisis perilaku neutron di dalam reaktor Nuklir. Teknik ini menggunakan bilangan acak untuk melakukan perhitungan dan simulasi eksperimen. Sebagai ilustrasi untuk sedikit pemahaman teknik Monte Carlo ini dapat diperhatikan gambar.1



Gambar 1

Untuk menghitung luas seperempat lingkaran di atas digunakan rumus

$$A = \frac{1}{4} \pi r^2 = \frac{1}{4} \pi ; \text{ untuk } r = 1$$

Atau dapat dilakukan integral yaitu:

$$A = \int_0^1 y dx = \int_0^1 \sqrt{1+x^2} dx$$

Atau menggunakan salah satu metoda numerik (Metoda Romberg, metoda Gauss).

Dengan cara Monte Carlo dapat dilakukan hal sebagai berikut. Dengan menggunakan tabel bilangan acak antara nol dan satu, dibuat dua bilangan acak, satu menyatakan x, dan yang lain menyatakan y. Jika ternyata  $y < f(x)$  maka kita berikan skor 1, dan jika sebaliknya diberikan skor nol. Eksperimen kita ulang lagi berkali kali, misalnya 100000 kali, dan kita hitung jumlah skor. Maka luas bentuk seperempat lingkaran haruslah sama dengan.

$$A = \frac{\text{jumlah skor}}{\text{jumlah pengulangan}} \times \text{luas bujur sangkar} = \frac{\text{jumlah skor}}{100000} \times 1$$

Dengan komputer dapat dibuat generator bilangan acak untuk menghasilkan dua bilangan acak seperti di atas. Cara di atas dapat digunakan juga walaupun kita tidak mempunyai bentuk fungsi analitik yang hendak dihitung luasnya, asalkan dipunyai informasi tentang bentuk tersebut dalam bentuk lain, misalnya tabel  $y$  terhadap  $x$ .

Teknik Monte Carlo ini dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan transport, seperti interaksi elektron dalam kristal yang mempunyai pita konduksi yang mengandung minimum sekunder di bawah pengaruh medan listrik. Dimana peristiwa ini menyebabkan terjadinya hambatan negatif yang dikenal sebagai efek Gunn. Gejala ini dapat dimanfaatkan untuk membuat osilator gelombang mikro yang dikenal sebagai diode Gunn. Teknik Monte Carlo juga digunakan untuk menjelaskan berbagai sifat transport seperti hambatan listrik, efek Hall, dan sebagainya berdasarkan teori-teori mekanika statistik.

#### 4. Komputer Dalam Penerapan Fisika

Penerapan Fisika menyangkut penggunaan sosok keilmuan Fisika, yaitu deskripsi keadaan dan interaksi, model interaksi, dan model struktur materi untuk menerangkan atau melakukan analisis terhadap berbagai peristiwa alam sistem rekayasa (misalnya fisika reaktor, sistem kesehatan (fisika medis), sistem tubuh manusia, sistem biologis (biofisika), sistem kebumihan (geofisika), benda benda angkasa (astrofisika) dan lain-lain. Semua sistem tersebut di atas merupakan sistem kompleks yaitu sistem yang tidak dapat direduksi menjadi sistem sederhana yang dapat dijadikan untuk mengujihipotesis dalam bentuk eksperimen.

Pada eksperimen pemilihan atau pembuatan cuplikkan atau sampel dilakukan dalam upaya untuk mempermudah analisis fisika dan pengontrolan, sehingga sesuai dengan batasan batasan model yang digunakan. Validitas kesimpulan yang diperoleh terbatas pada persyaratan khusus yang digunakan sebagai asumsi. Lingkungan eksperimen seperti suhu, tekanan, medan magnet harus dapat dikendalikan dengan baik untuk dapat mengukur pengaruh lingkungan pada perilaku sistem guna menentukan parameter parameter sistem dalam rangka menguji hipotesis yang diturunkan dari suatu teori. Pada sistem terapan fisika, kendali terhadap parameter parameter sistem yang diselidiki, serta kondisi lingkungan sistem kebanyakan tak mudah dilakukan, sehingga observasi dilakukan dalam kondisi alamiah.

Untuk melakukan interpretasi hasil observasi tersebut diperlukan teori atau permodelan matematik secara numerik terhadap peristiwa yang diselidiki. Kemudian model matematika ini dilanjutkan dengan pemodelan secara fisik yang diikuti dengan perhitungan secara matematika untuk kondisi alamiah. (Ebron :1993). Sebagai contoh adalah penggunaan metode elektromagnetik untuk menyelidiki kandungan logam di dalam bumi. Bahkan juga dapat menggunakan metoda elektromagnetik lemah yang terdapat di lapisan magnetosfer untuk menyelidiki kandungan mineral dalam bumi (metoda Magnetotellurik). Dengan menggunakan persamaan difusi dapat dimodelkan respon lapisan bumi terhadap gelombang elektromagnetik tersebut. Pemodelan ini dilakukan dalam menghemat biaya eksplorasi yang cukup mahal, apabila langsung menggunakan menggunakan lobang bor. Dan model adalah pemodelan lapisan tipis dan pemisahan gelombang geser.

Seperti pada metoda elektromagnetik (MT), setiap benda magnetik yang berada di bawah permukaan tanah akan mempengaruhi pola garis gaya yang diterima oleh receiver. Kemudian dengan memindah-mindahkan letak antena penerima dapat dibuat pemetaan elektromagnetik. Untuk menginterpretasi peta elektromagnetik agar dibuat kesimpulan tentang kandungan bahan magnetik di dalam bumi perlu dibuat permodelan secara matematik dan pemecahannya secara numerik berdasar pada syarat batas yang ada. Perhitungan numerik ini meliputi pemecahan persamaan Maxwell dalam sistem koordinat yang sesuai dengan geometri permasalahan dan sering kali merupakan persamaan yang memerlukan perhitungan numerik yang rumit. Untuk perhitungan semacam ini diperlukan bahasa pemrograman seperti: Fortran, C++ dan Pascal bahkan juga dapat digunakan program seperti Mathcad, Matlab dalam batasan tertentu.

## 5. Peranan Komputer dalam Pengamatan Gejala

Dengan adanya komputer berkemampuan tinggi, dimungkinkan dibentuk otomasi perekaman dan penterjemahan gejala alam yang teramat, terutama pengambilan data pengukuran maupun dalam pembuatan lingkungan buatan seperti lingkungan suhu, lingkungan tekanan, lingkungan medan magnet, dan lain-lain yang terkendali dan dapat diubah secara otomatis. Dengan menggunakan komputer, kerumitan-kerumitan pada rangkaian analog dan digital dapat dihilangkan, sebab banyak pengolahan data yang dilakukan oleh komputer berjalan dengan cepat dan dengan luwes. Terutama setelah munculnya komputer laptop (notebooks). Dengan komputer jenis ini data yang diambil dilapangan dapat langsung di olah di lapangan, tanpa harus mengirim data ke pusat dahulu untuk dilakukan interpretasi.

Penggunaan komputer untuk pengamatan gejala ini memerlukan kemampuan interfacing, yaitu penggunaan mikroprosesor dengan PC. Untuk pengambilan data yang cepat harus digunakan bahasa assembly atau Forth, namun untuk pengukuran yang dapat dilakukan dengan pelan kita dapat gunakan bahasa tingkat tinggi seperti Turbo Pascal atau C.

## 6. Peranan Komputer Fisika Bumi

Di dalam Fisika aspek fisika yang kaji berupa sifat-sifat, proses-proses ataupun fenomena fisika yang berlangsung di bumi. Disini juga dikaji tentang metoda-metoda digunakan untuk mempelajari fenomena yang berlangsung di bumi itu sendiri. Fisika Kebumihan dapat dibagi kedalam beberapa bidang kajian saling berkaitan yaitu; seismologi, sifat-sifat termal bumi, sifat magnet yang berkaitan dengan bumi, Geodesi dan gravitasi, sifat-sifat listrik atmosfer dan meteorologi (Telford et al 1976).

Latar belakang munculnya bidang-bidang kajian ini adalah karena tidak mungkin mempelajari bumi beserta isinya dan udara mengelilinginya serta sifat-sifat yang terpancar secara kontak langsung. Untuk itu pengetahuan aspek fisika memungkinkan pembelajaran tersebut melalui metoda fisika terutama dalam kaitannya dengan memanfaatkan sifat medan yang terpancar atau dapat berkerja pada bumi.

Medan merupakan suatu besaran fisis (alam) yang mempunyai harga/nilai dan sifat tertentu disetiap titik di dalam ruangan. Harga dan sifat-sifat tersebut dihasilkan oleh sumber yang bersifat memancarkan dan dapat mempengaruhi benda lain dengan sifat fisika tertentu yang terkait dengan sifat medan tersebut. Melalui medan inilah dengan mempelajari teorinya dapat dirancang suatu

pengukuran tak langsung untuk mempelajari sifat bumi. Untuk mempelajari suatu benda pengukuran sangat berperan penting. Tanpa pengukuran maka tidak akan terjadi kemajuan dalam ilmu moderen. Karena berdasarkan pengukuran kita dapat melakukan klasifikasi Kemeny (Suriasumantri 1989: 157-163).

Pada Fisika Bumi pengukuran dilakukan secara tidak langsung. Setelah dilakukan pengukuran dilanjutkan dengan proses penalaran memanfaatkan hukum alam, pengembangan teori dan prinsip-prinsip, pendekatan pemodelan, pendekatan eksperimen serta pencocokan hasil pemodelan dengan eksperimen. Dari hasil pencocokkan ini akan dihasilkan secara iteratif tentang perbaikan model, perbaikan teknik dan teknologi pengukuran, pemahaman fenomena, terutama fenomena baru serta penerapan pemahaman tersebut untuk memperkirakan sifat-sifat fisis bumi.

Kemampuan khusus yang harus dimiliki dalam mempelajari fisika bumi antara lain. Pertama, penguasaan matematika yang memberikan kemampuan analisis kuantitatif dan patuh pada azas dengan hukum alam dengan prinsip-prinsipnya. Kedua, penguasaan fisika dalam rangka membiasakan diri untuk memahami pola pikir dari suatu proses, keterkaitan sebab-akibat dan merumuskan permasalahan secara kuantitatif suatu fenomena ataupun proses. Penguasaan pengetahuan dan kemampuan ini menjadi berkembang dengan baik apabila adanya kemampuan pendukung komputasi dan instrumentasi.

Dengan sangat kompleknya proses yang berlangsung di dalam bumi, dapat menantang kita untuk mempertajam kemampuannya dalam memodelkan baik secara numerik ataupun secara fisik. Hal ini disebabkan oleh mahalnya dan terbatasnya hasil pengukuran. Penyebab lain adalah keterbatasan pada pengukuran

tidak langsung menyebabkan jawaban eksplorasi geofisika memberikan jawaban yang tidak unik (Constabel, et al., 1987). Keadaan ini memungkinkan ahli geofisika mengembangkan metoda probabilistik dan optimisasi untuk menghasilkan jawaban yang mendekati keadaan yang sebenarnya.

Penguasaan khusus lainnya adalah pengetahuan geodinamika yang mana secara kuantitatif memberikan pengetahuan tentang mengkonstruksikan persamaan persamaan medan, kesetimbangan termomekanik, deformasi statik dan dinamik dan aspek-aspek geometri bumi ataupun bagian-bagian bumi yang sedang menjadi daerah pembelajaran. Dari pendekatan proses fisika dan kimia yang terjadi di bumi ini mengakibatkan berlangsungnya proses geologi dalam waktu panjang yang berkaitan dengan data yang diperoleh sekarang yang sifatnya ramalan dari suatu evolusi. Disamping itu terdapat pula proses geologi dalam waktu singkat yaitu dari orde tahunan sampai dengan detik yang berkaitan dengan proses-proses bencana kebumihan. Proses dalam waktu panjang dapat dianalisa berdasarkan analogi prinsip-prinsip dan induktif nalar berantai juga dapat diterapkan, sedangkan untuk proses dalam waktu singkat diperlukan deduksi dengan persamaan-persamaan dinamika yang komprehensif agar kemampuan prediksinya cukup tinggi.

Sebagai contoh penalaran yang telah diuraikan di atas, dapat digunakan persamaan medan yang biasanya pada ruas sebelah kiri ditulis sesuatu yang akan dihitung dan pada ruas sebelah kanan ditulis bagaimana menghitungnya dengan komponen sumber medan di dalamnya

$$g(r) = \iiint_v \frac{\rho(r)(z - z')}{|r - r'|^3} d^3 r' \quad (1)$$

Persamaan ini pada fisika bumi digunakan untuk mencari kembali harga-harga diruas kanan jika ruas kiri diketahui. Artinya ruas kiri harus dapat diukur ataupun diamati. Karena ruas kanan lebih dari satu yang harus ditentukan, maka disinilah letak ketidakunikkan yang dimaksud di atas. Metoda perhitungan seperti ini dikenal dengan metoda inversi. Untuk mengurangi ketidakunikkan di atas, maka dikembangkanlah beberapa teknik interpretasi fisika bumi antara lain:

- a. Penggambaran irisan antara permukaan ekipotensial medan dengan bidang pengamatan yang dikenal dengan peta kontur.
- b. Perhitungan kedepan yaitu membuat model sumber dengan sifat, letak, bentuk dan ukurannya tertentu dan dihitung medannya serta digambarkan peta konturnya.
- c. Diciptakan cara-cara analogi dan korelasi untuk mengevaluasi peta kontur pengamatan dengan menggunakan kemiripannya dengan peta kontur model perhitungan kedepan.
- d. Diciptakan metoda optimisasi iteratif baik dengan pendekatan linier ataupun tidak linier untuk mencari ramalan terbaik nilai-nilai diruas kanan yang menghasilkan penyimpangan terkecil dari harga pengamatan.
- e. Selanjutnya untuk nilai ruas kiri yang merupakan jumlah komulatif penyebab ruas kanan, dikembangkan analisis pemisahan melalui konsep waktu ataupun spasial yaitu mempelajari suatu gejala berdasarkan domain spasial atau domain waktu.
- f. Besaran ruas kiri harus diukur, maka dikembangkanlah sistem sensor dan instrumen pengukuran sehingga besaran dapat diamati dengan teliti.

Berdasarkan pengalaman belajar dan penelitian geofisika terkesan bahwa



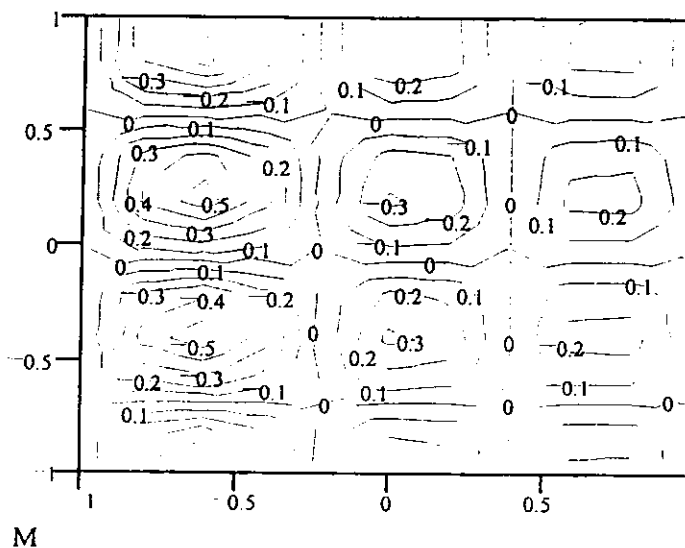
pola penalaran dan pengembangan Fisika Bumi di atas mempunyai daya motivasi tersendiri. Kemampuan sintesis berkembang pada saat menafsirkan hasil interpretasi Fisika Bumi ke dalam bahasa geologi ataupun geografi serta cara-cara yang lebih komunikatif bagi masyarakat sebagai pengguna.

Pada umumnya permasalahan pada Fisika Bumi merupakan permasalahan yang sangat real dan perumusan matematikanya sangat sangat kompleks. Bahkan rumusan matematikanya lebih banyak bersifat diskontiniu dan melibatkan banyak variabel yang sulit dikontrol. Untuk itu komputer yang dilengkapi dengan software pemfilteran sangat diperlukan keberadaanya.

Sebagai contoh pemakaian software Mathcad untuk menangani interpretasi kountur ke dalam bentuk permukaan adalah sebagai berikut. Umpanya kita mempunyai persamaan dalam dua dimenensi dalam bentuk fungsi Bessel yaitu:

$$M = J_1(x) \cos(y)$$

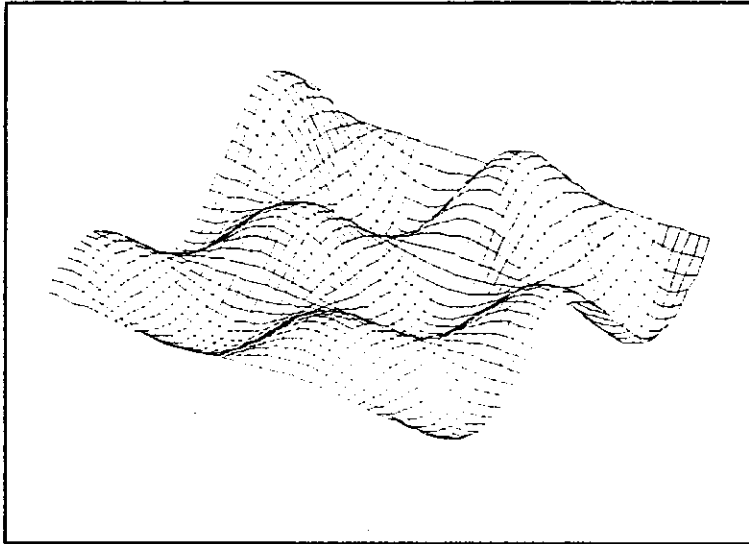
Bentuk kountor dari persamaan di atas sebagai berikut:



371.334  
AKM  
p①

628/K/2001-p1 (2)

Bentuk kountor di atas bila diterjemahkan ke dalam bentuk permukaan, maka diperoleh permukaan sebagai berikut:



S

Dalam fisika bumi bentuk permukaan seperti ini yang akan dicari, yang kemudian akan ditentukan volumenya.

## 7. Peranan Komputer dalam Fisika Reaktor

Penerapan fisika dalam reaktor nuklir berbagai teknik komputasi yang rumit. Untuk reaktor nuklir perhitungan yang harus dilakukan dalam perencanaan teras dan termohidrolika memerlukan pemecahan masalah transport neutron. Umpamanya, persamaan transport dasar yang digunakan dalam reaktor adalah persamaan transport Boltzman yaitu:

$$\begin{aligned} \frac{\partial}{\partial t} \Psi(\vec{r}, \vec{u}, t) + \vec{u} \cdot \vec{\nabla} \Psi(\vec{r}, \vec{u}, t) + u \sum_{\tau} (\vec{r}, \vec{u}, t) \Psi(\vec{r}, \vec{u}, t) = \\ = \int u' \Psi(\vec{r}, \vec{u}', t) \sum (\vec{u}' \rightarrow \vec{u}) d^3 u' + S(\vec{r}, \vec{u}, t) \end{aligned}$$

(Sutrisno: 1991)

Penyelesaian persamaan di atas untuk konfigurasi reaktor dalam berbagai daerah energi serta keterbatasan yang tersedia seperti elemen bakar, batang-batang kendali, struktur reaktor dan sebagainya merupakan masalah yang rumit. Kemudian permasalahan yang menyangkut penentuan distribusi neutron dalam ruangan sesuai dengan syarat batas yang ada, perhitungan kinematika dan dinamika reaktor, perhitungan spektrum neutron dan sebagainya juga memerlukan perhitungan yang sangat teliti. Karena informasi mengenai distribusi neutron dapat digunakan untuk perancangan teras, manajemen teras, perhitungan stress termal dan sebagainya. Perhitungan kinematika dan dinamika reaktor digunakan untuk perhitungan kendali reaktor dan untuk keselamatan reaktor. Pemecahan masalah dalam fisika reaktor, seperti masalah kendali tidak dapat langsung dilaksanakan pada reaktor yang sesungguhnya sebab resiko yang ditimbulkannya sangat besar. Untuk itu perlu diciptakan simulator reaktor pada komputer sehingga eksperimen dapat dilakukan dengan simulator tersebut. Baru setelah permasalahan dikuasai dilakukan eksperimen yang sesungguhnya pada reaktor. Konsep eksperimen seperti ini disamping aman juga hemat secara ekonomis.

Untuk bidang sains dan teknologi reaktor telah berkembang software khusus untuk berbagai keperluan, yang sering dikenal dengan software paket seperti DSNP (Dynamic Simulation of Nuclear Power), IDSS (Interactive Dynamic System Simulation), THERMOS, ANISN, SAIPS dan lain-lain. Software-software ini umumnya ditulis dalam bahasa Fortran dan Assembler.

Paket program di atas telah banyak dimiliki oleh BATAN. Biasanya software paket di atas tidak dilengkapi dengan source code-nya dan kita hanya dapat memakainya saja, sehingga kita tidak dapat memodifikasinya sesuai dengan

kebutuhan kita dan bahkan kalau rusak, program tersebut terpaksa dipesan kembali kepada sipembuatnya. Untuk laboratorium jurusan Pendidikan Fisika juga terdapat hal yang demikian seperti Science Workshop. Kelemahan lain dari pembelian program seperti ini adalah apabila program sudah kedaluarsa, maka habislah fungsi program tersebut. Sebetulnya program-program yang telah kedaluarsa tersebut masih dapat dimanfaatkan asalkan kita mempunyai source code-nya. Bahkan dengan mengadakan sedikit modifikasi, dapat juga dibuat buat untuk keperluan yang lain.

Permasalahan di atas sebetulnya masih dapat di atasi, apabila kita menguasai bahasa pemrograman dengan baik. Bahasa pemrograman yang dapat dicoba untuk itu adalah Bahasa C++, karena bahasa pemrograman ini bersifat object oriented dan menggunakan konsep objek dan class seperti yang aslinya. Kandidat lain yang dapat dikembangkan adalah Visual Basic, disamping bahasa pemrogramannya lues, juga mudah menggunakannya.

## **7. Perkembangan Inteligensi Buatan**

Artificial Intelligence (AI) atau kecerdasan buatan dapat didefinisikan sebagai cabang sains komputer yang mempelajari otomatisasi tingkah laku cerdas (intelligent). Untuk itu kecerdasan buatan harus berdasarkan pada prinsip-prinsip teorikal dan terapan yang menyangkut struktur data yang digunakan dalam representasi pengetahuan, algoritma yang diperlukan dalam penerapan pengetahuan tersebut, serta teknik-teknik bahasa pemrograman yang dipakai dalam implementasinya.

Dengan kecerdasan buatan dapat memungkinkan komputer untuk berpikir. Dengan cara menyederhanakan program, kecerdasan buatan dapat menirukan proses

belajar manusia, sehingga informasi dapat baru diserap dan digunakan sebagai acuan di masa yang akan datang. Teknik yang digunakan dalam kecerdasan buatan memungkinkan dibuatnya sebuah program yang setiap bagiannya mengandung langkah-langkah independen dan dapat diidentifikasi dengan baik untuk dapat memecahkan sebuah atau sejumlah masalah. Setiap potong bagian program merupakan potongan informasi dalam pikiran manusia.

Intelegensi buatan ini merupakan program yang dibuat agar komputer mampu melakukan hal hal yang memerlukan kepintaran. Intelegensi buatan meliputi upaya agar komputer dapat belajar, yaitu merubah perilaku melalui pengalaman, serta kemampuan untuk pemahaman pola, dan kemampuan dalam pengambilan keputusan berdasar pada aturan aturan yang dasar ataupun aturan aturan yang langsung mendukung permasalahan. Salah satu bentuk Intelegensi buatan adalah program sistem pakar yang dapat digunakan untuk berkonsultasi dalam memecahkan permasalahan. Pada mulanya sistem pakar digunakan untuk konsultasi medis, namun berkembang juga pada interpretasi data spektroskopi massa, serta data seismik, data well-log, dan lain-lain. Sistem pakar juga telah dibuat untuk membantu operasi sistem canggih seperti sistem keamanan reaktor nuklir, sistem manajemen bahan bakar reaktor dan lain-lain.

Untuk expert system tersedia berbagai software tools, yaitu expert shell untuk ukuran kecil seperti Exsys, Vp-Expert, maupun ukuran medium seperti Personal Consultant Plus dari Texas Instruments. PCPlus versi 2 keatas dapat dihubungkan dengan PCPlus On-line dan PCPlus graphics sehingga dapat dirancang expert system based control. Penggunaan expert system memerlukan kemampuan untuk menyatakan expertise manusia dalam suatu representasi

pengetahuan (knowledge representation) yang sesuai dengan jenis expertise yang ingin diemulasi. Expertise yang diemulasi dapat saja merupakan expertise orang yang membuat sistem pakar itu sendiri, atau expertise orang lain. Masalah kedua dalam hal expert system adalah cara untuk mengorek expertise seseorang menjadi suatu knowledge base. Proses ini disebut knowledge acquisition. Ilmu untuk membuat expert system disebut knowledge engineering.

Pada masa kini tengah dikembangkan komputer yang bekerjanya bukan berdasar pada program, akan tetapi berdasar pada pelatihan (training). Komputer jenis ini dikenal sebagai komputer jaringan syaraf (neural network), karena terdiri dari ribuan atau nantinya jutaan processor sederhana yang dihubungkan satu dengan yang lain melalui hubungan yang fleksibel. Pola hubungan antara processor inilah yang dapat dilatih untuk menjalankan suatu pekerjaan tertentu. Oleh sebab itu komputer model syaraf ini juga dikenal sebagai komputer model connectionist. Komputer neuro dapat dilatih untuk mengenal pola isyarat dan dengan cepat membuat kesimpulan tentang pola tersebut. Sebagai contoh, setelah melalui proses pelatihan yang intensif, suatu komputer neuro akan mampu mengenal gambar muka seseorang walaupun hanya sebagian yang tampak. Komputer neuro telah dikembangkan dalam berbagai bentuk, yaitu simulasi dengan software, berupa PC card, dan dalam bentuk yang sederhana dalam bentuk IC.

## **8. Pengembangan laboratorium dan Fasilitas Komputer**

Dalam hal ini terdapat dua langkah penting dalam pengembangan laboratorium dan fasilitas komputer. Pertama, Penyediaan luas lantai yang memadai yang untuk laboratorium termasuk peralatan servis dan mobilernya.

Peralatan penunjang lainnya yang diperlukan adalah AC, ventilasi mekanik, pencahayaan, suplay air, sanitasi, pengaman kebakaran, dan sistem pengamanan. Kedua, Penambahan fasilitas perlatan labor dan fasilitas komputer, yang secara langsung dapat diakses secara lansung (Phang Kok Wai : 1996).

Fasilitas yang diperlukan pada laboratorium komputer pada tingkat jurusan antara lain adalah CADD (Computer Aided Design and Drafting). Fasilitas labor ini dirangkai dengan beberapa fasilitas software komputer untuk pengajaran, penelitian dan pengembangan aktivitas di kampus. Paket program yang digunakan sebaiknya dapat mengcaver perbedaan-perbedaan yang ada termasuk perbedaan struktur, bentuk manajemen. Dengan demikian komputer didistribusikan kedalam 5 ruangan sesuai dengan fungsinya: ruangan grafik, ruangan PC, ruangan minikomputer, ruangan simulasi dan ruangan penelitian.

Untuk pengembangan Perguruan Tinggi berdasarkan teknologi informasi dalam infrastruktur berdasarkan sistem informasi dengan pusat komputer dapat digunakan strategi yang telah dikembangan dengan berhasil baik oleh Phang Kok Wai pada Universitas Teknologi Nanyang pada tahun 1995. Strategi tersebut adalah sebagai berikut:

- Setiap jurusan hendaknya mempunyai dedikasi sendiri menyediakan komputer sumber (station) dalam rangka penyesuaian dengan kebutuhannya, khususnya CAD (Computer Aided Design), CAM dan CAE.
- Pusatkan tujuan umum penggunaan laboratorium komputer untuk mendukung pengajaran dan penelitian sebagai bagian dari sumber penghasilan
- Gunakan pendekatan database yang terpusat dan terpadu sejauh memungkinkan untuk mengimplementasikan sistem informasi yang komprehensif untuk

mendukung jaringan administrasi laboratorium dan kenyamanan data (terkontrol dan terintegrasi)

- Sebaiknya perbandingan komputer dengan mahasiswa pemakai 1: 10 dan untuk dosen 1 :1 untuk meningkat produktivitas.
- Peralatan jaringan kampus hendaknya berfungsi untuk memudahkan mengakses dan pertukaran data serta memisahkan fasilitas komputer untuk akademik dengan komputer untuk administrasi.
- Bentuk kantor otomatis perluasan kampus untuk meningkatkan komunikasi antar mahasiswa, staff akademik, staff administrasi.
- Bentuk komunikasi dengan universitas lain dengan jaringan akademik internasional yang yang dikenal dengan Bitnet.

Dengan menggunakan CADD, grafika komputer dapat digunakan untuk merancang komponen sistem-sistem mekanis, elektrik, elektromagnetik, peranti-peranti listrik maupun peranti-peranti lainnya. Termasuk juga struktur bangunan, struktur atom atau inti atom, jaringan komputer ataupun rangkaian elektronika. Selain itu CAD juga dapat digunakan sebagai masukan ke suatu sistem yang akan mengevaluasi model yang digambar sesuai dengan kebutuhan.

## Referensi

- Constabel, S.C., Parker, R.L., Constabel, C.G.. 1987. *Occam's Inversion: A Practical Algorithm for Generating Smooth Models from Elektromagnetic Sounding*, Journal Geophysics, Vol.52 No.3.
- Ebron, D.A., R.D. Slack, J.A. McDonald and R.H. Tatham, 1993, *Thin Layers and Shear-Wave Splitting*, Journal Geophysics, Vol.58, NO.10, pp: 1468-1480.
- Kelly, G.J., T. Crawford, 1996, *Students' Interaction with Computer Representation: An Analysis of Discourse in Laboratory Groups*, Journal of



Research in Science Teaching, Vol. 33 No. 2, pp 693-707.

McKee and R. Barson, 1995, *Using The Internet to Share a Robotics Laboratory*, The International Journal of Engineering Education, Vol. 12 Number 2, Hamburg Educational Partnership Germany. pp 116 - 121

Mitzel, H.E., 1974, *Computer Technology : Its Future Role in Basic Education*, Journal of Teaching Education, Vol. XXV, Number 2, pp. 124 - 135

Nobar, P.M., A.J. Crilly, K, Iykan, 1996, *The Increasing Influence of Computer in Engineering Education: Teaching Vibration via Multimedia Program*, The International Journal of Engineering Education, Vol. 12 Number 2, Hamburg Educational Partnership Germany. pp 123 - 137.

Phang Kok Wai and Low Kin Kiong, 1995, *Development of Laboratories and Computing Facilities*, The International of Engineering Education, Special Issue, Vol. 11, No.3, pp; 207 - 219.

Suriasumantri, J.S., 1989. *Ilmu dalam Perspektif*, Jakarta PT Gramedia.

Sutrisno, Peranan Komputer dalam Fisika, Makalah, Jurusan Fisika Itb Bandung

Teford, W.M., Geldart, L.P., Sheriff, R.E., Keys, D.A..1976. *Applied Geophysics*, London: Cambridge University Press