



PEMODELAN ALGORITMA GERAKAN BERDIMENSI: SATU TINJAUAN METODE KOMPUTASI DALAM FISIKA

Pidato Pengukuhan
Jabatan Guru Besar Tetap
dalam Bidang Ilmu Fisika Komputasi pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 3 Februari 2007

OLEH:

MUHAMMAD ZARLIS

UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2007



**PEMODELAN ALGORITMA GERAKAN BERDIMENSI:
SATU TINJAUAN METODE KOMPUTASI
DALAM FISIKA**

Pidato Pengukuhan
Jabatan Guru Besar Tetap
dalam Bidang Ilmu Fisika Komputasi pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 3 Februari 2007

Oleh:

MUHAMMAD ZARLIS

**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2007**

Bismillahirrahmanirrahim

Yang saya hormati,

*Bapak Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia,
Bapak Ketua dan Bapak/Ibu Anggota Majelis Wali Amanat
Universitas Sumatera Utara,
Bapak Ketua dan Bapak/Ibu Anggota Senat Akademik
Universitas Sumatera Utara,
Bapak Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Sumatera Utara,
Bapak Rektor Universitas Sumatera Utara,
Bapak/Ibu Pembantu Rektor Universitas Sumatera Utara,
Para Dekan, Ketua Lembaga dan Unit Kerja, Dosen dan Karyawan di
lingkungan Universitas Sumatera Utara,
Bapak dan Ibu, para undangan, keluarga, teman sejawat, mahasiswa, dan
hadirin yang saya muliakan.*

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh,

Mengawali pidato pengukuhan Guru Besar ini, marilah kita memanjatkan puji syukur kepada Allah SWT atas karunia-Nya kepada kita semua, pada pagi hari ini kita dapat berkumpul menghadiri upacara ini dalam keadaan sehat wal'afiat.

Selawat dan salam kita sampaikan kepada Nabi Besar Muhammad SAW beserta keluarga dan sahabat-sahabatnya sampai ke akhir zaman semoga kita memperoleh syafaatnya di akhirat kelak.

Dengan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor: 42234/A2.7/KP/2006, terhitung mulai tanggal 1 Agustus 2006 saya telah diangkat sebagai Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Fisika Komputasi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Sumatera Utara (USU).

Kepada Pemerintah Indonesia, khususnya Menteri Pendidikan Nasional saya mengucapkan terima kasih atas kepercayaan dan kehormatan yang dilimpahkan kepada saya, dengan pengangkatan saya dalam jabatan akademik yang tertinggi pada Universitas Sumatera Utara.

Semoga Allah SWT melimpahkan kepada saya kekuatan lahir dan batin, serta memberi petunjuk dan tuntunan dalam melaksanakan tugas mulia mencerdaskan anak bangsa. Untuk itu saya mohon doa restu daripada hadirin sekalian.

Hadirin yang saya muliakan,

Mengikuti kebiasaan yang lazim dalam lingkungan perguruan tinggi pada penerimaan jabatan Guru Besar, dengan segala kerendahan hati perkenankanlah saya dalam kesempatan ini menyampaikan kepada sidang yang mulia ini, pidato pengukuhan dengan mengetengahkan judul:

**PEMODELAN ALGORITMA GERAKAN BERDIMENSI:
SATU TINJAUAN METODE KOMPUTASI
DALAM FISIKA**

PENDAHULUAN

Untuk dapat lebih memahami suatu gejala fisis dan untuk pengembangan ilmu fisika, perlu dilakukan sesuatu eksperimen. Eksperimen adalah suatu hal yang mutlak harus dilakukan dalam bidang fisika, karena eksperimen adalah hakim kebenaran dalam fisika. Eksperimen selalu diperlukan untuk pengujian teori dan pengembangan teori-teori baru, di samping itu dalam proses belajar mengajar eksperimen juga dapat membantu untuk lebih memahami hukum-hukum fisika.

Namun demikian, dalam melakukan suatu eksperimen di lapangan selalu ditemukan kendala-kendala, antara lain disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:

1. Gejala fisika yang diteliti prosesnya relatif cepat sehingga sukar diukur dan diamati visualisasinya.
2. Ukuran benda yang akan diteliti relatif kecil (mikro) sehingga sukar diukur.
3. Gejala yang diteliti cenderung berbahaya.
4. Peralatan yang diperlukan untuk analisis suatu gejala relatif mahal atau sukar dioperasikan.
5. Data hasil eksperimen yang diperoleh cukup besar dan tidak *linear* sehingga sukar dianalisis.

Kendala-kendala di atas menyebabkan karakteristik suatu gejala fisis tidak dapat terungkap secara tuntas, hal ini tentunya akan menyebabkan informasi dan akan mengganggu perkembangan ilmu fisika itu sendiri.

Dalam hal lain pada pembahasan fisika teoretis hukum-hukum fisika diformulasikan dalam bentuk bahasa matematis. Hubungan suatu besaran fisis lainnya dalam suatu sistem pada umumnya dapat dinyatakan dalam bentuk model matematis (Bender, 1980). Model matematis tersebut disusun secara deduktif berdasarkan hukum-hukum alam yang telah teruji kebenarannya. Berdasarkan model matematis suatu sistem fisis, dapat diketahui karakteristik sistem fisis tersebut, dan melalui karakteristik sistem fisis dapat diramalkan hal-hal yang akan terjadi bila sistem diberi suatu perlakuan tertentu.

Dalam fisika teori, hukum-hukum fisika akan diformulasikan dalam bentuk model matematis, dengan prinsip analogi, linearisasi, simetri dan pendekatan sehingga model matematis tersebut dapat dengan mudah diselesaikan secara analitis. Akan tetapi, dalam banyak hal model matematis yang membangun suatu sistem fisis bentuknya sangat kompleks dan rumit sehingga tidak dapat diselesaikan secara analitis. Bila model matematis suatu sistem fisis tidak dapat diselesaikan secara tuntas berarti karakteristik sistem fisis yang dinyatakan dalam model matematis tersebut tidak menggambarkan keadaan yang sesungguhnya dengan kata lain karakteristik gejala fisis tidak dapat terungkap secara tuntas.

Beberapa bidang fisika dengan berbagai pokok bahasan yang secara umum mempunyai kendala dalam hal eksperimen dan pemecahan model matematis, antara lain adalah:

1. Pokok bahasan mekanika
2. Pokok bahasan termodinamika
3. Pokok bahasan listrik magnet
4. Pokok bahasan mekanika kuantum
5. Pokok bahasan fisika atom dan inti

Pada pokok bahasan mekanika terdapat kendala dalam hal eksperimen seperti: getaran mekanis *non-linear*, gerak partikel dalam 1, 2, dan 3 dimensi, gerak partikel dalam 2 dan 3 dimensi terkendala, dan sistem banyak partikel. Sedangkan dalam hal pemecahan model matematis terdapat kendala-kendala seperti: getaran mekanis *linear* N derajat kebebasan, getaran mekanis *non-linear*, gerak partikel dalam 2 dan 3 dimensi terkendala, sistem banyak partikel, analisis benda tegar untuk benda tak homogen dan bentuk sembarang, dan medan gravitasi oleh

benda tak homogen dan bentuk sembarang (Symon, 1980 dan Gian Coli, 1998).

Pada pokok bahasan termodinamika terdapat kendala dalam hal eksperimen seperti: sebaran suhu pada dalam 2 dan 3 dimensi, rambatan kalor pada benda tak homogen, gejala transport, persamaan Maxwell-Boltzmann, persamaan Bose-Einstein, dan persamaan Fermi-Dirac. Sedangkan dalam hal pemecahan model matematis terdapat kendala-kendala: sebaran suhu pada dalam 2 dan 3 dimensi, rambatan kalor pada benda tak homogen, analisis persamaan keadaan gas sejati, dan gejala transport (Gian Coli, 1998).

Pada pokok bahasan listrik magnet terdapat kendala dalam hal eksperimen seperti: analisis garis gaya listrik/magnet, medan listrik/magnet sumber tak homogen. Sedangkan dalam hal pemecahan model matematis terdapat kendala-kendala, seperti medan listrik/magnet sumber tak homogen dan rangkaian listrik.

Pada pokok bahasan mekanika kuantum, sebagian besar pokok bahasan mengalami kendala baik dalam hal eksperimen maupun dalam hal pemecahan model matematis. Demikian juga pada pokok bahasan fisika atom dan inti, sebagian besar pokok bahasan mengalami kendala baik dalam hal eksperimen maupun dalam hal pemecahan model matematis (Gian Coli, 1998).

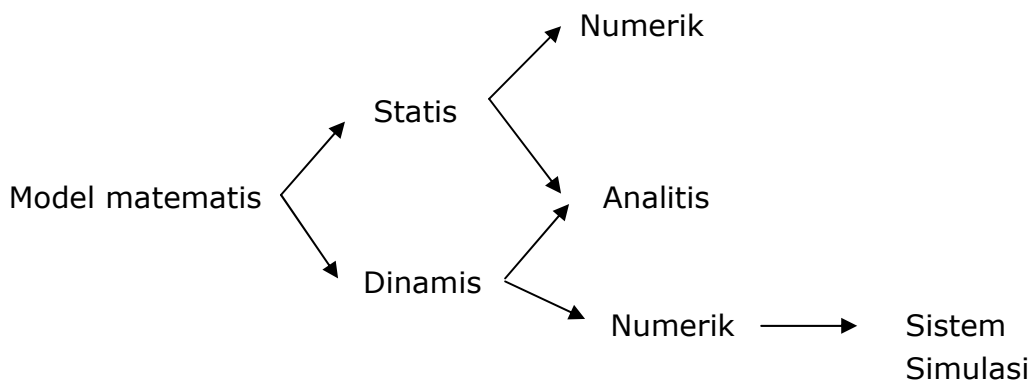
Model-model matematis yang tidak dapat atau relatif sulit diselesaikan secara analitis, dapat diselesaikan dengan metode numerik. Metode numerik adalah satu di antara penyelesaian matematis dengan proses secara bertahap, langkah demi langkah dengan melakukan perulangan sampai ditemukan kondisi yang diinginkan. Sesuai dengan perkembangan teknik komputasi maka untuk memilih metode numerik yang sesuai, dipakai kriteria berikut:

1. Galat numerik global metode yang dipilih kecil.
2. Mudah menukar ukuran langkah yang dipakai.
3. Mudah disusun programnya.
4. Langkah-langkah untuk mencapai konvergensi atau untuk mencapai nilai yang diinginkan sederhana.

Beberapa contoh metode numerik yang mempunyai ketelitian dan efisiensi kerja yang baik untuk menyelesaikan berbagai model matematis, seperti model matematis untuk akar-akar persamaan dapat diselesaikan dengan metode numerik melalui: metode *Newton-Raphson*

bila fungsi dapat diturunkan, dan metode *Scan* bila fungsi tidak dapat diturunkan. Sedangkan model matematis untuk persamaan diferensial biasa dapat diselesaikan dengan metode *Runge-Kutta*. Selain itu, sistem fisis yang mempunyai derajat kebebasan besar, seperti sistem atom dalam zat atau sistem elektron dalam atom, dapat diselesaikan dengan integral dimensi tinggi dan dapat pula diselesaikan dengan Metode *Montecarlo* (Chapra, 1985, Koonin, 1986).

Model matematis adalah suatu persamaan matematis yang menggambarkan hubungan besaran-besaran fisis dalam suatu sistem fisis. Melalui penyelesaian model matematis maka dapat diperoleh informasi tentang karakteristik suatu sistem fisis. Ditinjau dari sifatnya dan cara penyelesaiannya, model matematis dapat dibagi sebagai berikut (Gordon, 1987):



Model statis hanya dapat menunjukkan besaran-besaran fisis hubungannya dengan besaran lain. Sedangkan pada model dinamis, besaran-besaran fisis yang diperoleh berubah mengikuti fungsi waktu.

Langkah-langkah untuk melakukan analisis suatu sistem fisis dengan pendekatan fisika komputasi adalah sebagai berikut:

1. Menyusun model matematis.
2. Melakukan modifikasi model matematis sehingga dapat diselesaikan dengan pendekatan numerik.
3. Memilih model metode numerik yang sesuai.
4. Melakukan pendekatan sedemikian rupa, sehingga dapat diselesaikan secara analitis. Nilai pendekatan analitis ini diperlukan untuk validasi atau *testing* program apakah telah berjalan dengan baik.
5. Meneliti program-program paket yang tersedia.
6. Merancang program komputer bila tidak tersedia program paket (Zarlis, M., 1994).

TINJAUAN METODE KOMPUTASI

Komputer adalah alat serbaguna yang saat ini pemanfaatannya banyak dilakukan hampir di segala bidang. Pemakaian perangkat lunak komputer dalam bidang fisika di antaranya untuk membantu pemecahan matematik, statistik, dan pemodelan. Perangkat lunak komputer yang umum dipakai untuk pemecahan model matematis adalah bahasa tingkat tinggi (*high level language*). Beberapa bahasa tingkat tinggi yang dapat dipakai untuk pemrograman penyelesaian model matematis di antaranya adalah: pascal, FORTRAN, C dan C++, ADA, Visual Basic, dan lain-lain. Untuk dapat memakai bahasa tingkat tinggi pemrograman dituntut kemampuan merancang program.

Di samping bahasa pemrograman tersedia pula paket-paket program yang dapat digunakan langsung untuk menyelesaikan berbagai model matematis maupun statistik. Beberapa di antaranya adalah: untuk pengolahan grafik tersedia paket, harvard graphics dan energraphics. Untuk bidang statistik tersedia: SPSS, SAS, NCSS, MICROSTAT, dan lain-lain. Untuk bidang simulasi tersedia, DYNAMO, SLAM II, SIMSCRIPT dan, lain-lain. Untuk bidang matematika tersedia, MATHCAD, GAUSS, MATHPRO, MATHLAB, MATHEMATICA, dan lain-lain. Meskipun demikian, program-program paket yang tersedia hanya dapat menyelesaikan model-model matematis yang sifatnya umum sehingga untuk menyelesaikan model-model matematis yang bersifat khusus diperlukan pemrograman khusus pula.

Langkah-langkah yang diperlukan untuk perancangan program komputer bagi sesuatu aplikasi adalah sebagai berikut:

1. Identifikasikan apa masalahnya, masukan dan keluaran yang diperlukan.
2. Membuat bagan dan struktur cara penyelesaian, bagan secara global, deskripsi subprogram.
3. Memilih metode penyelesaian, dengan struktur data dan algoritma yang terbaik.
4. Pengkodean (*coding*), dengan memilih bahasa pemrograman terbaik, menterjemahkan algoritma ke bahasa pemrograman.
5. Pengoperasian dan eksekusi (Zarlis, M., 1994).

Dalam fisika komputasi data-data eksperimen yang besar dan tidak *linear* dapat diolah dengan bantuan perangkat lunak komputer demikian juga kendala yang lain dapat diatasi dengan eksperimen simulasi dengan komputer, model matematis yang *non-linear* dan nonsimetri dapat diselesaikan dengan bantuan metode numerik dalam bentuk program komputer. Dengan demikian keberadaan fisika eksperimen, fisika teori, dan fisika komputasi adalah saling mendukung dalam penelitian dan pengembangan bidang ilmu fisika (Sutrisno, 1991).

Fisika komputasi adalah satu bagian integral dari perkembangan masalah atau gejala-gejala fisika dan berkemampuan untuk mengantisipasinya dengan menggunakan perangkat komputer. Pembuatan simulasi gejala-gejala fisika ini dapat dilakukan dengan algoritma dan program komputer. Penerapan komputer dalam ilmu fisika banyak terlihat pada pemecahan masalah-masalah analitik yang kompleks dan pekerjaan-pekerjaan numerikal untuk penyelesaian secara interaktif. Oleh karena itu, fisika komputasi menawarkan penggabungan tiga disiplin dan ilmu, yakni ilmu fisika, analisis numerik, dan pemrograman komputer.

Komputer adalah hasil produk teknologi tinggi yang akhir-akhir ini telah banyak dijumpai, dipakai, dan dimanfaatkan pada berbagai bidang kegiatan di laboratorium fisika baik di perguruan tinggi negeri maupun swasta. Pemakaian komputer ini lebih meningkat lagi setelah diproduksi berbagai jenis komputer yang harganya relatif lebih murah. Pengalaman di lapangan menunjukkan bahwa pemakaian komputer di laboratorium-laboratorium masih terbatas untuk pengetikan atau pengolahan data tertentu, dengan kata lain pemakaian komputer sebagai alat yang serba guna belum maksimal (Zarlis, M. dan Mahyuddin, 2005). Bila dilihat dari tenaga akademis masih banyak dijumpai tenaga pengajar yang masih enggan dalam menggunakan komputer, sedangkan komputer adalah sebagai alat bantu utama pengembangan fisika komputasi. Sebenarnya secara lebih luas komputer dapat digunakan sebagai alat bantu untuk pengetikan, pengolahan data, alat eksperimen atau simulasi, dan lain-lain, dengan didukung kemampuan perangkat lunak komputer (Gordon, 1984), sehingga secara umum dapat dikatakan bahwa keberadaan teknologi komputer dapat membantu perkembangan ilmu fisika.

Dalam makalah ini akan dibahas tentang tinjauan fisika komputasi terhadap gerakan dalam satu dimensi dan dua dimensi. Hal-hal yang dapat membantu untuk menjelaskan sebuah benda yang bergerak dalam tinjauan satu dimensi dan dua dimensi adalah:

1. Pergeseran, kecepatan, dan percepatan.
2. Gerak benda dengan kecepatan konstan.
3. Gerak benda dengan kecepatan secara serba sama (*uniform*).
4. Gerak benda dalam keadaan jatuh bebas ($a = g$).
5. Hukum Newton tentang gravitasi.
6. Hukum Newton II.
7. Vektor-vektor, komponen, dan operasi vektor.

Ruang lingkup pembahasan sebagian besar menitikberatkan pada persoalan kinematika. Hukum Newton II dapat digunakan untuk membantu menyelesaikan persoalan gerakan dalam satu dan dua dimensi. Pembatasan masalah terhadap gerak satu dimensi dan dua dimensi bukanlah merupakan penyelesaian akhir terhadap segenap persoalan fisika komputasi. Oleh karena itu, perlu kajian lebih lanjut tentang berbagai gejala fisis yang ada (De Jong, M.L., 1991). Satu contoh persoalan yang dapat dikemukakan untuk gerak satu dimensi adalah dengan mempertimbangkan bagaimana kecepatan dan percepatan sebuah benda pada saat jatuh? Bila sebuah benda jatuh tanpa gesekan udara, maka percepatan jatuhnya adalah sebesar:

$$a = g,$$

Di mana $g = 9,8 \text{ m/det}^2$. Sebuah benda yang jatuh mempunyai gaya aksi sebesar berat benda itu sendiri. Dengan menggunakan hukum Newton II dapat dituliskan:

$$mg = ma$$

Bila $a = \text{konstan}$, maka akan diperoleh persamaan sederhana seperti berikut:

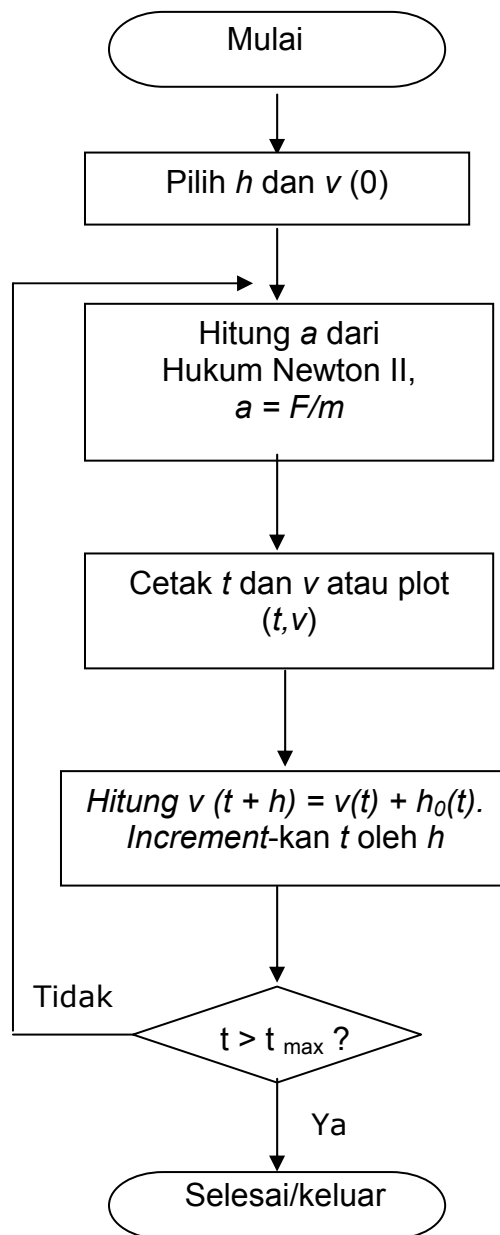
$$v_t = v_o + gt,$$

Dengan menganggap bahwa benda mulai jatuh pada kecepatan v_o . Persamaan ini bisa digunakan untuk mencari kecepatan v_t dalam beberapa selang waktu tertentu setelah benda bergerak dan sebelum sampai di tanah. Semua persoalan fisika seperti ini di mana percepatan konstan dapat diselesaikan dengan menggunakan analisis matematika konvensional seperti aljabar, trigonometri, dan kalkulus. Bentuk persamaan v_t di atas hanya dapat diterapkan bila tidak ada hambatan udara. Eksperimen menunjukkan bahwa sebuah benda yang bergerak di udara senantiasa bergantung kepada kecepatan benda, oleh karena itu percepatan tidak konstan. Dan gaya gerak benda diekspresikan dalam bentuk:

$$F a = \frac{1}{2} C \rho A v^2,$$

C adalah koefisien gesek udara (*drag coefficient*). A adalah luas permukaan benda, ρ adalah kerapatan udara (sekitar 1.2 kg/m^3), dan v adalah kecepatan benda. C berhubungan dengan bentuk benda. Untuk benda-benda kecil seperti bola dengan luas: $A = \pi r^2$, besarnya C kira-kira sebesar 0.46.

Jadi, hambatan udara tidak dapat diabaikan begitu saja. Sebagai contoh adalah peristiwa-peristiwa alam yang tidak dapat mengabaikan gesekan udara, seperti penerjun payung (*paratrooper*), *sky divers*, baling lompat, dan makhluk-makhluk kecil lain juga telah membuktikannya. Di sinilah peranan komputer memberikan kesempatan kepada kita untuk menemukan pendekatan penyelesaian untuk persoalan ini. Gambar berikut adalah algoritma prosedur untuk penyelesaian numerik bagi sebuah benda jatuh sebagai fungsi waktu yang digambarkan dalam sebuah diagram alir (*flowchart*).



Gambar 1. Diagram Alir (Flowchart) Benda Jatuh sebagai Fungsi Waktu

Sedangkan urutan algoritmanya disusun sebagai berikut:

Langkah 1. Tentukan nilai untuk interval h .

Langkah 2. Tentukan inisial kecepatan $v_o = 0$

Langkah 3. *Loop while* $t \leq t_{\max}$

Langkah 4. Hitung percepatan dengan persamaan

$$F a = \frac{1}{2} C \rho A v^2, \quad \text{di mana: } a = F/m$$

Langkah 5. Cetak waktu t , percepatan a , dan kecepatan v .

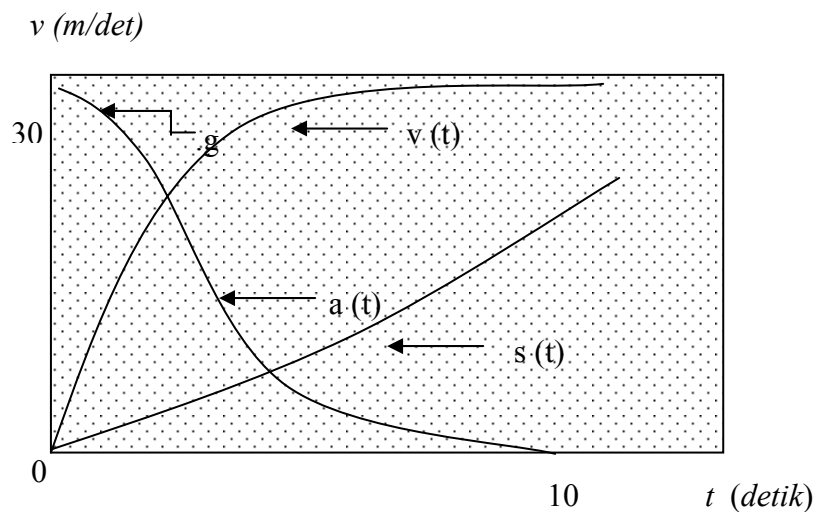
Langkah 6. Kalikan h dan a dan tambahkan dengan kecepatan untuk mendapatkan nilai kecepatan yang baru.

Langkah 7. *Increment*-kan waktu dengan h .

Langkah 8. Kembali ke *loop* pada langkah 4 sampai $t > t_{\max}$

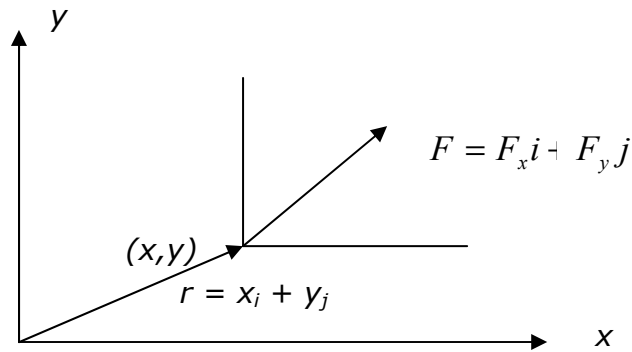
Langkah 9. Selesai/Keluar.

Gambar berikut adalah variasi kecepatan dan percepatan sebuah kelereng yang bergerak jatuh sebagai fungsi waktu, dengan beberapa parameter konstan seperti: $r = 7.5$ mm, $m = 3.9$ gr, $h = 0.02$ det, dan $C = 0.46$.



Gambar 2. Variasi Kecepatan dan Percepatan untuk Gerak Jatuh (Sumber: De Jong, M.L., 1991)

Satu contoh persoalan lain yang dapat dikemukakan untuk gerak dua dimensi adalah dengan mempertimbangkan gerakan proyektil yang mendapat gesekan udara dalam gerakan orbitnya. Gambar berikut menjelaskan tentang perubahan gaya terhadap perubahan perpindahan jarak dalam tinjauan dua dimensi.



Gambar 3. Perubahan Gaya F terhadap Perubahan Jarak dalam Tinjauan Dua Dimensi (Sumber: De Jong, M.L., 1991)

Percepatan dalam arah sumbu x dapat ditulis sebagai:

$$a_x = F_x / m,$$

dan percepatan dalam arah sumbu y adalah:

$$a_y = F_y / m$$

Algoritma untuk penyelesaian numerik terhadap persoalan gerakan dua dimensi tersebut dapat diperhatikan sebagai berikut:

Langkah 1. Tentukan kriteria dan ukuran h yang digunakan untuk perhitungan akhir.

Langkah 2. Tentukan kondisi inisial: pada $t = 0$,

$$x = x_0, \quad y = y_0,$$

$$v_x = v_0 \cos(\alpha),$$

$$v_y = v_0 \sin(\alpha),$$

di mana α adalah sudut antara vektor kecepatan v_0 dan sumbu x.

Langkah 3. Tentukan Komponen Gaya F_x dan F_y dari trigonometri.

Langkah 4. Gunakan Hukum Newton II, untuk menentukan komponen-komponen percepatan :

$$a_x = F_x(r, v, t) / m \text{ dan } a_y = F_y(r, v, t) / m,$$

untuk langkah ini, $t = 0$.

Langkah 5. Tentukan setengah langkah kecepatan $v_x \frac{1}{2}$ dan $v_y \frac{1}{2}$.

Langkah 6. Lakukan perulangan (*loop*) sampai ditemukan $t > t_{\max}$.

Langkah 7. Buat tabel untuk $x(t)$, $y(t)$, dan lain-lain.

Langkah 8. *Update* koordinat

$$x \leftarrow x + hv_x \text{ dan } y \leftarrow y + hv_y$$

Langkah 9. Hitung a_x dan a_y dengan hukum Newton II

Langkah 10. *Update* komponen kecepatan

$$v_x \leftarrow -v_x + hv_x \quad \text{dan} \quad v_y \leftarrow -v_y + hv_y$$

Langkah 11. *Update* waktu, $t = t + h$

Langkah 12. Akhir perulangan (*loop*)

Langkah 13. Selesai/Keluar

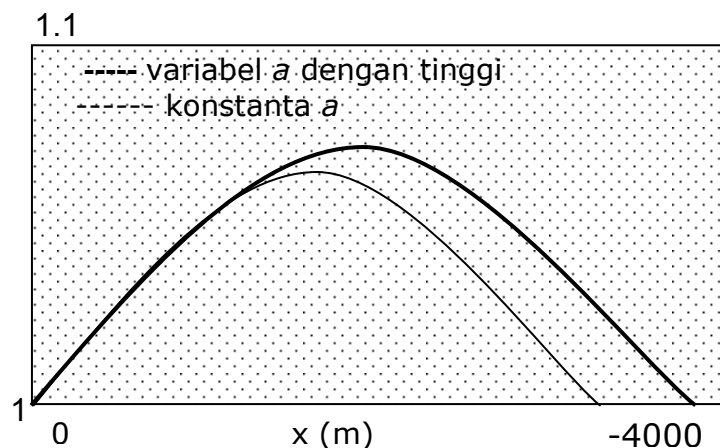
Seperti diketahui bahwa untuk lintasan peluru proyektil berlaku bahwa:

$$x = (v_0 \cos \alpha) t$$

dan

$$y = y_0 + (v_0 \sin \alpha) t - \frac{1}{2} g t^2,$$

maka gambar berikut menjelaskan lintasan peluru proyektil yang merupakan variasi jarak vertikal dan horizontal, dengan beberapa parameter konstan seperti : $v_0 = 3100 \text{ ms}^{-1}$, dan lain-lain.



Gambar 4. Lintasan Peluru Proyektil (Sumber: De Jong, M.L., 1991)

MODEL GERAKAN MEKANIS *NON-LINEAR* SATU DIMENSI

Getaran mekanis *non-linear* satu dimensi adalah satu pokok bahasan dalam kinematika dan dinamika yang banyak diterapkan dalam sains dan teknik. Karakteristik sistem gerakan *non-linear* satu dimensi perlu diketahui sebagai bahan informasi bagi para eksperimental, dan dapat digunakan sebagai data teoretis untuk rancang bangun peralatan yang melibatkan model gerakan *non-linear*.

Untuk mengetahui karakteristik *gerakan non-linear* satu dimensi perlu diketahui grafik hubungan frekuensi dengan amplitudo, grafik hubungan simpangan dengan waktu, grafik hubungan simpangan dengan kecepatan, keadaan kritis sistem getaran dan lain-lain. Hubungan besaran-besaran yang dikemukakan dapat diperoleh melalui penyelesaian model matematis yang membangun sistem gerakan *non-linear* satu dimensi. Akan tetapi model matematis gerakan *non-linear* satu dimensi melibatkan model matematis yang kompleks/rumit sehingga tidak dapat diselesaikan secara analisis atau manual, sehingga perlu dirancang program komputer untuk penyelesaiannya.

Karakteristik gerakan *non-linear* satu dimensi yang dimaksudkan dalam masalah ini adalah sifat-sifat khas yang dimiliki gerakan *non-linear* satu dimensi, seperti amplitudo, tenaga, kecepatan, simpangan, dan frekuensi *non-linear* serta hubungannya. Besaran-besaran fisis ini dapat merupakan variabel dalam penyelesaian secara komputasi dan model matematis yang membangun sistem gerakan *non-linear* satu dimensi tidak dapat diselesaikan secara analisis.

Banyak contoh sistem gerakan *non-linear* dijumpai di lapangan seperti ayunan dengan simpangan besar, getaran pegas dengan simpangan besar dan lain-lain. Pada umumnya sistem gerakan *linear* pada simpangan kecil akan menjadi *non-linear* pada simpangan besar.

Contoh yang dapat dikemukakan adalah getaran *linear* ayunan dan gerakan *non-linear* Duffing. Model matematis gerakan *non-linear* ayunan dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\ddot{x} + C\dot{x} + (g/R)\sin \alpha = 0$$

$$\ddot{x} = d^2x/dt^2,$$

$$\dot{x} = dx/dt,$$

x = simpangan

g = percepatan gravitasi

C = konstanta redaman

R = panjang tali (Symon, 1980:212)

Besar waktu periode gerakan *non-linear* ayunan tanpa redaman mempunyai model matematis berikut:

$$P = 4(R/g)^{1/2} \int_0^{0.5\pi} (1 - \sin^2 A/2 \sin^2 \beta)^{-1/2} d\beta$$

di mana:

P = waktu periode

A = amplitudo,

$\sin \beta = (\sin a / 2) / (\sin A / 2)$ (Symon, 1980).

Sedangkan model matematis gerakan *non-linear* Duffing mempunyai model matematis sebagai berikut:

$$\ddot{x} + C\dot{x} + wx + Dx^3 = 0$$

$$\ddot{x} = d^2x / dt^2$$

$$\dot{x} = dx / dt$$

di mana:

C = konstanta redaman

D = koefisien gangguan

W = frekuensi getaran dalam keadaan linear (Thomson, 1986).

Besar waktu periode gerakan *non-linear* Duffing tanpa redaman mempunyai model matematis berikut:

$$P = 4 \int_0^{0.5\pi} (w^2 + 0.5DA^2(1 + \sin^2 \beta))^{-0.5} d\beta$$

di mana:

P = waktu periode

β = sudut dalam koordinat polar (Thomson, 1986 :385).

Model matematis yang menggunakan metode numerik di atas merupakan salah satu cara penyelesaian matematis secara bertahap langkah demi langkah dengan melakukan perulangan sampai menemukan kondisi yang diinginkan. Penyelesaian metode numerik secara manual sangat tidak efisien. Oleh sebab itu penyelesaian tersebut dapat dilakukan dengan teknik komputasi lewat bantuan komputer. Dan metode numerik yang mempunyai ketelitian cukup baik menyelesaikan bentuk integral adalah metode Simpson, sedangkan untuk menyelesaikan persamaan diferensial adalah metode Runge-Kutta (Chapra, 1984). Dengan demikian perancangan program komputer untuk metode Simpson dan Runge-Kutta dapat digunakan untuk menyelesaikan model matematis gerakan *non-linear* satu dimensi sekaligus dapat digunakan untuk menyelidiki karakteristik gerakan *non-linear* satu dimensi.

MODEL GERAKAN MEKANIS *NON-LINEAR* DUA DIMENSI

Pokok bahasan lain yang cukup menarik dalam bidang kinematika dan dinamika adalah getaran mekanis *non-linear* dua dimensi. Contohnya yaitu model getaran harmonis dua dimensi. Getaran harmonis dua dimensi adalah getaran yang terjadi akibat rangsangan dua jenis getaran harmonis yang arahnya saling tegak lurus. Melalui eksperimen sesungguhnya getaran harmonis dua dimensi ini sulit dilaksanakan karena prosesnya relatif cepat sehingga bentuk lintasannya sulit untuk diamati.

Karakteristik getaran harmonis dua dimensi ini dapat dianalisis dengan mengetahui gejala-gejala fisis yang terdapat pada peristiwa tersebut. Gejala fisis yang bisa diamati adalah bentuk lintasan partikel, lintasan yang terjadi sangat bervariasi tergantung nilai data besaran fisis yang membangun getaran tersebut. Berbagai bentuk lintasan partikel yang dihasilkan getaran harmonis dua dimensi penting diketahui, karena bentuk lintasan tersebut memberikan banyak informasi seperti tenaga potensial, tenaga gerak, simpangan maksimum, dan karakteristik sistem yang bergetar.

Bentuk lintasan getaran harmonis dua dimensi dapat dijelaskan dengan model matematis sebagai berikut:

$$X = A \cos(w_1 t + \alpha_1)$$

$$Y = B \cos(w_2 t + \alpha_2)$$

di mana:

X = simpangan getaran harmonis pada arah sumbu x

Y = simpangan getaran harmonis pada arah sumbu y

A = amplitudo getaran harmonis pada sumbu x

B = amplitudo getaran harmonis pada sumbu y

w_1 = frekuensi anguler getaran pada arah sumbu x

w_2 = frekuensi anguler getaran pada arah sumbu y

α_1 = fase getaran harmonis pada sumbu x

α_2 = fase getaran harmonis pada sumbu y

t = waktu (Symon, 1980)

Bentuk lintasan partikel yang dapat dihasilkan melalui persamaan di atas di tentukan oleh variasi nilai variabel yang digunakan dalam persamaan tersebut. Secara manual bentuk lintasan getaran harmonis dua dimensi relatif sulit untuk ditentukan atau dikerjakan. Secara teoretis beberapa bentuk lintasan yang sederhana bila $w_1 = w_2$, dengan model matematis sebagai berikut:

$$(X^2 / A^2) + (Y^2 / B^2) - (2XY / AB) \\ \cos(\alpha_2 - \alpha_1) - \sin^2(\alpha_2 - \alpha_1) = 0 \text{ (Symon, 1980).}$$

Persamaan di atas ini merupakan bentuk umum dari persamaan ellips, dan untuk $(\alpha_2 - \alpha_1) = 0$, atau untuk $(\alpha_2 - \alpha_1) = 180$, persamaan di atas berubah menjadi bentuk:

$$((X / A^2) \pm (Y / B^2))^2 = 0,$$

dan persamaan ini merupakan persamaan garis lurus.

Selanjutnya bila $(\alpha_2 - \alpha_1) = 45$ atau $(\alpha_2 - \alpha_1) = 270$, dan $A = B$, maka persamaan di atas berubah lagi menjadi:

$$X^2 + Y^2 = A^2,$$

dan persamaan ini merupakan persamaan lingkaran.

Bentuk-bentuk lintasan ellips, lingkaran dan garis lurus merupakan bentuk lintasan dasar pada getaran harmonis dua dimensi. Berdasarkan eksperimen sesungguhnya, getaran harmonis dua dimensi ini sulit ditentukan, karena besaran-besaran fisis seperti bentuk lintasan, tenaga-tenaga dan lain-lain sukar diukur karena prosesnya berlangsung cepat. Dengan demikian perancangan program komputer dapat digunakan untuk menyelesaikan modal matematis getaran harmonis dua dimensi, sekaligus dapat digunakan untuk menyelidiki karakteristik getaran harmonis dua dimensi.

Secara umum program komputer yang dapat dirancang untuk menganalisis karakteristik dari model getaran harmonis (mekanis) dua dimensi ini, dapat mengikuti algoritma berikut ini:

- Langkah 1. - Masukkan data perbandingan frekuensi getaran
- Masukkan besar amplitudo getaran 1 dan 2
- Langkah 2. Panggil subrutin untuk hitungan koordinat grafik
- Langkah 3. Panggil subrutin untuk skala grafik
- Langkah 4. Panggil subrutin untuk tampilan grafik
- Langkah 5. Kembali ke langkah 1 bila di inginkan perulangan
- Langkah 6. Selesai.

PENUTUP

Sebagai penutup pidato ini saya akan menyampaikan beberapa kesimpulan dan saran sebagai berikut:

Kesimpulan:

1. Bahwa keberadaan ilmu fisika komputasi, fisika eksperimen dan fisika teori adalah saling mendukung bagi pengembangan ilmu fisika dan terapannya. Fisika eksperimen dan fisika teori adalah saling memerlukan terutama dalam hal melakukan uji coba teori, usulan teori, usulan eksperimen dan interpretasi eksperimen. Sementara itu, fisika eksperimen dan fisika komputasi adalah saling membutuhkan terutama dalam hal menghasilkan data, analisis data, pengontrolan alat, usulan eksperimen dan pemodelan yang riil. Di lain pihak fisika komputasi dan fisika teori juga saling memerlukan terutama dalam hal usulan teori, ketelitian perhitungan, pengembangan persamaan matematis dan interpretasi hasil.
2. Untuk pengembangan bidang fisika komputasi, maka pengetahuan dasar pendukung minimal yang harus dimiliki adalah: pemodelan, matematika, logika, struktur data, teknik pemrograman dan bahasa pemrograman.
3. Fisika komputasi merupakan penggabungan tiga disiplin ilmu, yakni ilmu fisika, metode numerik dan pemrograman komputer.
4. Metode komputasi dan model matematis dapat digunakan untuk mengetahui dan menganalisis karakteristik gerakan *non-linear* satu dimensi, dan getaran harmonis (mekanis) dua dimensi.
5. Perancangan perangkat lunak (simulasi) komputer dapat digunakan sebagai alat bantu eksperimen untuk menganalisis berbagai gejala fisis seperti gerakan *non-linear* satu dimensi dan getaran mekanis dua dimensi, karena program yang dirancang mudah dioperasikan dan dianggap mempunyai ketelitian yang relatif baik.

Saran

1. Alat eksperimen yang selama ini digunakan untuk pembuktian kebenaran gejala fisika, dapat dijadikan bandingan terhadap algoritma simulasi yang dirancang.
2. Dengan semakin pesatnya perkembangan teknologi komputer, maka akan mendukung perkembangan fisika pada umumnya dan fisika komputasi khususnya. Sehingga untuk jangka panjang pemakaian komputer adalah hal yang tak terpisahkan dalam pengembangan ilmu fisika. Oleh karena itu disarankan agar para sarjana fisika yang berprofesi sebagai: pendidik, tenaga lapangan, dan lain-lain hendaknya dapat mengantisipasi dan terlibat dalam perkembangan ilmu fisika komputasi

UCAPAN TERIMA KASIH

Hadirin yang saya muliakan,

Sebelum saya mengakhiri pidato saya, perkenankanlah saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah turut berjasa dalam mengantarkan saya menjadi Guru Besar pada hari ini:

Pertama sekali saya ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada Bapak Menteri Pendidikan Nasional dan Bapak Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi yang atas nama Pemerintah Republik Indonesia telah memberi kepercayaan dan kehormatan kepada saya untuk memangku jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Fisika Komputasi pada FMIPA USU.

Selanjutnya, perkenankan saya mengucapkan terima kasih yang tak terhingga kepada Bapak Prof. Dr. Chairuddin P. Lubis, DTM&H, SpA(K), baik selaku Rektor Universitas Sumatera Utara maupun secara pribadi, beliau telah banyak berjasa memberikan bantuan moral maupun materiel sepanjang perjalanan karier saya di Universitas Sumatera Utara. Banyak sudah kepercayaan yang telah Bapak Rektor berikan kepada saya selama ini, misalnya dalam mempersiapkan pembuatan proposal pendirian Program Studi S1 Ilmu Komputer di Universitas Sumatera Utara pada tahun 2001 lalu sampai akhirnya berhasil mendapatkan izin penyelenggaraan Program Studi S1 Ilmu Komputer pada Universitas Sumatera Utara, dari Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi Nomor: 3351/D/T/2001 tanggal 22 November 2001, yang selanjutnya saya dipercaya pula untuk mengemban amanah sebagai Ketua Program Studi S1-Ilmu Komputer FMIPA USU hingga sekarang. Hari ini, saya dapat dikukuhkan sebagai Guru Besar, berkat dukungan dan persetujuan Bapak Rektor juga. Hal ini benar-benar saya sadari sebagai wujud dari kepedulian Bapak Rektor yang sangat besar bagi perkembangan karier saya di Universitas Sumatera Utara. Oleh karena itu, pada kesempatan ini izinkan saya menyampaikan penghargaan yang setinggi-tingginya diiringi dengan ucapan terima kasih yang tulus. Semoga Allah SWT dapat membalas segala amal baik Bapak Rektor.

Kemudian daripada itu, kepada para Pembantu Rektor, Ketua, dan segenap anggota Senat Akademik serta Dewan Guru Besar Universitas Sumatera Utara, yang telah berkenan memproses dan mengusulkan saya sebagai Guru Besar pada hari ini, saya menghaturkan banyak terima kasih.

Ucapan terima kasih yang tulus juga saya sampaikan kepada Bapak Dr. Eddy Marlianto, MSc, selaku Dekan FMIPA USU yang telah memproses

dan mengusulkan kenaikan pangkat dan jabatan saya. Tentunya tak lupa pula terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada para Dekan FMIPA USU sebelumnya, Bapak Prof. Dr. Herman Mawengkang dan Bapak Drs. Jusran RC, yang telah memberi dorongan semangat dan kesempatan yang luas kepada saya untuk terus belajar sehingga saya dapat menyelesaikan pendidikan S3.

Rasa hormat dan kagum, saya sampaikan kepada sesepuh Departemen Fisika, FMIPA USU, Bapak Prof. A. T. Barus, MSc sebagai sosok orang tua yang sangat banyak memberi bimbingan dan motivasi kepada anak didiknya. Kalaulah hari ini dapat disebut sebagai hari keberhasilan saya, maka semua ini tidak terlepas karena dorongan, bimbingan, dan arahan beliau juga. Untuk itu izinkanlah saya menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada Bapak.

Kepada rekan-rekan di Departemen Fisika, Departemen Matematika, Departemen Ilmu Komputer, dan Pusat Sistem Informasi/Teknologi Informasi, Drs. Mohd. Syukur, MS, Dr. Marhaposan Situmorang, Dra. Justinon, MSc, Drs. Oloan Harahap, MS, Dra. Ratna Askiah Simatupang, MSi, Drs. Agus Salim Harahap, MSi, Drs. Sujono, MS, Dra. Agustina Siregar, MS, Drs. Nasir Saleh, MEngSc, Drs. Nasruddin Noer, MEngSc, Drs. Mester Sitepu, MSc, Drs. Kerista Sebayang, MS, Drs. Mahyuddin, MIT, Drs. Poltak Sihombing, MKom, Drs. M. Firdaus, MS, Dr. Saib Suwilo, MSc, Dr. Opim Salim Sitompul, MSc, Drs. A. Ridwan Siregar, MLib, Dr. Sutarman, Drs. Achiruddin, MS, Syahriol Sitorus, SSi, MIT, Syahril Efendi, SSi, MIT, Maya Silvi Lydia, BSc, MSc, Lelyzar Siregar, SKom, MKom, Ir. Elviawaty MZ, MT, Ir. Sufianto Mahfudz, Drs. Sawaluddin, MIT, Drs. Suyanto, MKom, Sajadin Sembiring, SSi, dan para pegawai di FMIPA USU khususnya di Departemen Fisika dan Ilmu Komputer serta teman-teman sejawat lain yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, namun telah banyak memberikan kerjasama, dorongan, dan semangat kepada saya, pada kesempatan ini saya ucapkan terima kasih.

Tak lupa juga saya ucapkan terima kasih yang tulus kepada, Kakanda Prof. Dr. Ir. Darwin Sitompul, MEng, Prof. Dr. Urip Harahap, Prof. Dr. Sumadio H.S., Prof. Dr. Zul Alfian, MSc, Prof. Dr. Basuki W., MSc, Dr. Harry Agusnar, MSc, MPhil, yang mungkin tanpa mereka sadari telah pernah memberi inspirasi, motivasi yang kuat dan dukungan kepada saya dalam meniti karier.

Teman-teman seperjuangan, Ibu Hj. Anny Anwar, Ir. Bustinursyah Uca Sinulingga, MSc, IAI, Dr. M. Husnan Lubis, MA, Dr. Lahmuddin Lubis, MA,

Dra. Lusiana Lubis, MSc, Drs. Furqaan Buchari, Drs. Hilal Bahajjaj, Drs. Zurbandi, Apt, Drs. Abdul Jalil Amri Arma, MKes, Drs. Ansari Adnan Tarigan, Dra. Sudiati, MSi, Drs. Hasdari Helmi Gultom, MT, Rahmat Widia Sembiring, MSc, IT, Murdeni Muis, SE, MM, Irwan Sahputra, SET, Deni Arman, ST, Ir. H. Iqbal Nasution, Ir. M. Udin, MT, Ramli J. Marpaung, SE, MM, Ir. A. Halim Nasution, MT, serta teman-teman seperjuangan lain yang tak dapat disebutkan namanya satu per satu, saya ucapkan terima kasih atas perhatian, bantuan, dan dukungannya. Tak lupa tentunya terima kasih saya haturkan kepada teman-teman seperjuangan ketika masih duduk di bangku SMP dan SMA, Drs. Ngatiman, MM, Erdy Willis, SH, Richard Napitupulu, Bahtanisyar, Eddy Warnov, SE, Ak, serta teman-teman lain yang tak dapat disebutkan namanya satu per satu yang telah ikut memberikan motivasi dan semangat kepada saya.

Kepada sahabat-sahabat saya di KAHMI Medan dan Sumut, IKA-USU, IKA-FMIPA USU, dan IKA-USM cabang Sumut, tak lupa saya ucapkan terima kasih atas segala motivasi dan dukungan yang diberikan.

Kepada guru-guru saya sejak Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), dan Sekolah Menengah Atas (SMA) dengan tulus saya ucapkan terima kasih. Jasamu tetap kukenang sepanjang hayat, semoga Allah SWT membalasnya.

Terima kasih yang khusus dan tulus saya tujukan kepada Prof. Dr. Abdullah Embong, penyelia saya, yang telah dengan tulus, sabar, dan tekun membimbing dan menyelia saya ketika masih dalam pendidikan S3 di Universiti Sains Malaysia sehingga saya dapat menyelesaikan program Doktor tepat pada waktunya. Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada segenap pensyarah Program Pascasarjana Universiti Sains Malaysia, khususnya di Pusat Pengajian Sains Komputer.

Keberhasilan ini, tentu tidak lepas dari pengorbanan yang tulus dan ikhlas dari almarhum Ayahanda Chalid yang pensiunan Veteran RI itu. serta Ibunda Rasyidah tercinta, yang telah bersusah payah membesarkan, mendidik, mengajar, dan membimbing ananda sejak kecil dengan penuh kesabaran dan ketulusan tanpa mengenal lelah sehingga ananda menjadi Guru Besar Tetap di Universitas Sumatera Utara ini. Semoga Allah SWT memberikan balasan, kebaikan yang berlipat ganda dan diampunkan segala dosa-dosanya serta ditempatkan pada tempat yang sebaik-baiknya. Amin ya Robbal Alamin.

Kepada yang saya hormati abang-abang dan kakak-kakak saya, M. Bakti, Achmad Zar, Dahniar (alm.), Irian Chalid, Nuraisyah, dan semua adik-adik yang saya sayangi, serta seluruh keluarga ipar beripar, saya ucapkan terima kasih atas perhatian, bantuan serta dorongan semangat yang diberikan kepada saya selama ini.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada ayah dan ibu mertua saya, atas perhatian, dorongan, bimbingan serta doanya sehingga saya dapat dikukuhkan pada hari ini.

Kepada istriku tercinta, Elwiwani, kusampaikan rasa kasih sayang dan penghargaan yang tulus atas ketabahan dan pengertiannya yang telah diberikan selama ini.

Kepada insan-insan terkasih, ananda: Hakim, I'an, Iyun, Rivi, Aurick, dan Aulia, dari lubuk hati yang paling dalam, papa sampaikan rasa penghargaan, terima kasih, dan maaf yang tulus kepada kalian, karena selama meniti karier ini hari demi hari terasa lengang karena papa tidak dapat senantiasa bersama-sama kalian. Pengertian dan kasih sayang kalian semua, insya Allah tidak akan sia-sia.

Akhirnya, saya mengucapkan terima kasih kepada seluruh panitia, hadirin, dan semua pihak yang telah memberikan bantuan baik moral maupun materiel, dan telah turut berpartisipasi bagi kesuksesan upacara pengukuhan ini.

Dengan mengucapkan syukur Alhamdulillah, dengan iringan ucapan terima kasih dan permohonan maaf atas berbagai kesalahan dan kekhilafan, perkenankanlah saya mengakhiri pidato ilmiah ini.

Wabillahi taufik wal hidayah.

Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

DAFTAR PUSTAKA

- Bender, E. A. 1980. *Mathematical Modeling*. New York: Jhon Willey & Sons.
- Boardman, A. D. 1980. *Physics Programs: A Manual Exercises for Students of Physics and Engineering*. New York: John Wiley & Sons.
- Boas, M. L. 1983. *Mathematical Method in The Physical Science*. New York: John Wiley & Sons.
- Conte, S. D. and de Boor, C. 1982. *Elementry Numerical Analysis*. New York: Mc.Graw-Hill Company.
- Chapra, S. C. and Canela, R.P. 1985. *Numerical Methods for Engineers*. New York: Mc.Graw-Hill Company.
- De Jong, M. L. 1991. *Introduction to Computational Phiytics*. New York: Adison Wesley Publishing company, Inc.
- Embong, Abdullah & Zarlis, M. et al. 2005. *Math E-Tutor: towards A Better Self-Learning Environment*, IRCMSA 2005 Proceedings, The 1st IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Their Applications, Parapat, 13 – 15 June 2005.
- Gian Coli, Douglas C. 1998. *Fisika*, Alih Bahasa: Dra.Yuhilza Hanum, M.Eng. & Ir. Irwan Arifin, M.Eng., Penerbit Erlangga.
- Gordon, G., 1987, *System Simulation*, Prentice Hall, Inc., India.
- Garcia, A.L. 1994. *Numerical Methods for Physics*, Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Koonin, S.E. 1986. *Computational Physics*. New York: Addison-Wesley Publishing Company.
- Law, Averill M. & Kelton, W.David. 2000. *Simulation Modeling and Analysis*. Singapore: McGraw-Hill, Inc., International Editions.
- Sutrisno. 1991. *Metode Penelitian Fisika*, Makalah yang disampaikan pada Penataran Metodologi Penelitian Bidang MIPA, di Universitas Riau.
- Symon, K. R. 1980. *Mechanics*. New York: Addison-Wesley Company.

- Thomson, W.T. 1986. *Theory of Vibration with Application*. New York: Prentice Hall, Inc.
- Trivedi, K.S. 1982. *Probability and Statistics with Reliability, Queueing, and Computer Science Applications*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs.
- Wagener, J. L. 1980. *Principles of Programming*. New York: Jhon Wiley & Sons.
- Zarlis, M. 1994. *Pemakaian Perangkat Lunak Komputer dalam Bidang Fisika*, Majalah Universitas Sumatera Utara, Volume XX/No.1 – 1994.
- Zarlis, M. dkk., 1994. *Pengembangan Perangkat Lunak Simulasi dari Getaran Harmonis Dua Dimensi*, Laporan Penelitian, Self Development Project Funding (SDPF) HEDS/DGHE – JICA.
- Zarlis, M. & Achiruddin. 1997. *Studi tentang Metode Numerik untuk Penyelesaian Model Matematika Integral dalam Fisika*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara.
- Zarlis, M. & Embong, Abdullah. 1999. *Keberkesanan Sistem Tutor Cerdas dalam Pembelajaran Kaedah Trapezium bagi Penyelesaian Model Matematik Kamiran*, Prosiding Kolokium Kebangsaan, "Pengintegrasian Teknologi dalam Sains Matematik" 27 – 28 Mei 1999 di USM, Malaysia.
- Zarlis, M. & Embong, Abdullah. 2000. *Teknik Simulasi Komputer dalam Analisis Struktur Kristal*, Prosiding Simposium Fisika Nasional XVIII, kawasan PUSPIPTEK Serpong, 25 – 27 April 2000.
- Zarlis, M. & Mahyudin. 2005. *Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Proses Pembelajaran dan Pengaruhnya pada Sekolah Menengah Atas di Kota Medan*, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama : Prof. Dr. Drs. Muhammad Zarlis, MSc
NIP : 131 570 434
Pangkat/Golongan/Ruang : Pembina/IVb
Tempat/Tanggal lahir : Medan, 1 Juli 1957
Agama : Islam
Nama Ayah : Chalid (almarhum)
Nama Ibu : Rasyidah
Nama Istri : Elwiwani, ST
Nama Anak : 1. Abdul Rahman Hakim, SKom
2. Anita Zahra
3. Yunita Zahra
4. Rivi Darmawan
5. Aurick Daffa Muhammad
6. Aulia Fadhil Muhammad

B. PENDIDIKAN

1. Lulus SD Swasta Yayasan Nurul Islam Indonesia, Medan, tahun 1970.
2. Lulus SMP Swasta Yayasan Nurul Islam Indonesia, Medan, tahun 1973.
3. Lulus SMA Negeri P. Brandan, tahun 1976.
4. Memperoleh Gelar Strata-1 (Sarjana Fisika) dari Fakultas MIPA USU, tahun 1984.
5. Memperoleh Gelar Strata-2 (Magister Ilmu Komputer) dari Fakultas Pascasarjana UI Sandwich Program dengan University of Maryland, USA, tahun 1990.
6. Memperoleh Gelar Strata-3 (Doktor Falsafah dalam Bidang Ilmu Komputer) dari Universiti Sains Malaysia, tahun 2002.

C. PEKERJAAN

1. Menjadi Dosen Tetap Fakultas MIPA USU, sejak tahun 1986 sampai sekarang.
2. Staf Pusat Komputer (Puskom) USU, sejak tahun 1991 sampai dengan tahun 2005.
3. Staf Pusat Jasa Ketenagakerjaan (PJK) USU, sejak tahun 1992 sampai dengan tahun 1996.

4. Menjadi Anggota Senat Fakultas MIPA USU, sejak tahun 2002 sampai dengan tahun 2004.
5. Menjadi Anggota Dewan Pertimbangan Fakultas MIPA USU, sejak tahun 2004 sampai sekarang.
6. Menjadi Ketua Program Studi S1 Ilmu Komputer FMIPA USU, sejak tahun 2002 sampai sekarang.
7. Menjadi Kepala Laboratorium Jaringan Komputer dan Internet pada Program Studi S1 Ilmu Komputer FMIPA USU, sejak bulan Mei tahun 2006 sampai sekarang.

D. KEGIATAN PENELITIAN

1. Pengembangan Perangkat Lunak Simulasi dari Getaran Harmonis Dua Dimensi, Laporan Penelitian, Self Development Project Funding (SDPF) HEDS/DGHE - JICA, tahun 1994.
2. Menentukan Faktor Koreksi Resistivitas (RCF) Semikonduktor dengan Metode Bayangan, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian-USU, tahun 1996.
3. Studi Tentang Metode Numerik untuk Penyelesaian Model Matematika Integral dalam Fisika, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian-USU, tahun 1997.
4. Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Proses Pembelajaran dan Pengaruhnya pada Sekolah Menengah Atas di Kota Medan, Laporan Penelitian, Lembaga Penelitian USU, tahun 2005.

E. SEMINAR NASIONAL, INTERNASIONAL, DAN LOKAKARYA

1. *Pemakaian Perangkat Lunak Komputer dalam Bidang Fisika, **Pemakalah*** pada Penataran "Fisika Komputasi" Kerjasama HEDS-USAID dan Universitas Bengkulu tanggal 12 s.d. 24 Oktober 1993 di Bengkulu, dan dipublikasikan pada Majalah Ilmiah Universitas Sumatera Utara Volume XX/No.1 – 1994.
2. *Keberkesanan Sistem Tutor Cerdas dalam Pembelajaran Kaedah Trapezium Bagi Penyelesaian Model Matematik Kamiran, **Pembentang Paper*** pada Kolokium Kebangsaan, "Pengintegrasian Teknologi dalam Sains Matematik" 27 – 28 Mei 1999 di USM, Malaysia.
3. *Sistem Tutor Cerdas untuk Pengajaran Matematik: Satu Pendekatan Menggunakan Visual Basic, **Pembentang Paper*** pada Kolokium Kebangsaan, "Pengintegrasian Teknologi dalam Sains Matematik" 27 – 28 Mei 1999 di USM, Malaysia.

4. *Teknologi Maklumat dan Komunikasi dalam Pendidikan, **Pemakalah*** pada Seminar Tiga Serantau "Peranan Epistemologi dalam Aplikasi Pendidikan dan Komunikasi, Prince of Songkhla University (PSU) Pattani, Thailand, 13 Mac 1999.
5. *Teknik Simulasi Komputer dalam Analisis Struktur Kristal, **Pemakalah*** pada acara Simposium Fisika Nasional XVIII, kawasan PUSPIPEK Serpong, 25 – 27 April 2000.
6. *ICT dan Pendidikan di Indonesia: Suatu Tinjauan Pembelajaran Berbasis Komputer, **Pembicara*** pada Ceramah Ilmiah "Perkembangan Teknologi Informasi dan Sistem Jaringan Komputer", yang diselenggarakan oleh STMIK TIME Medan, 5 September 2001.
7. *Perlindungan Data Melalui Sistem Penyandian, **Pemakalah*** pada Seminar Nasional "Teknologi Informasi dan Computer Literacy", yang diselenggarakan oleh FMIPA USU kerjasama dengan BPPT Jakarta, pada tanggal 13 November 2001.
8. *Teknik Power Analysis terhadap Keamanan Data, **Pemakalah*** pada Seminar Nasional "Teknologi Informasi dan Computer Literacy", yang diselenggarakan oleh FMIPA USU kerjasama dengan BPPT Jakarta, pada tanggal 13 November 2001.
9. *Isu Global Teknologi Informasi: Suatu Tinjauan tentang Bisnis Elektronik dalam Peningkatan Performance Usaha Kecil Menengah dan Aplikasi Bisnis Elektronik dalam Peningkatan Penjualan, **Pemakalah*** pada Seminar dan Workshop "Peningkatan Peran Service Provider dalam Pengembangan Industri Dagang Kecil dan Menengah Pasca Kontrak TATP, Medan 30 Oktober 2002.
10. *Pengenalan e-Commerce dan e-Business, **Pemakalah*** pada Seminar dan Workshop "Peningkatan Peran Service Provider dalam Pengembangan Industri Dagang Kecil dan Menengah Pasca Kontrak TATP, Medan 30 Oktober 2002.
11. *Kebutuhan Tenaga Teknologi Informasi di Sumatera Utara, **Pemakalah*** pada Seminar Ilmiah "Sekolah Medan Melek IT" yang diselenggarakan oleh BINUS CENTER Medan, 13 Maret 2004.
12. *Membangun Trust sebagai Kunci Keberhasilan Ilmu e-Commerce, **Pemakalah*** pada Seminar Nasional Ilmu Komputer dan Teknologi Informasi (SNIKTI) V, Bogor, September 2004.
13. *Isu Global Teknologi Informasi: Satu Kajian tentang Keselarasan Institusi Pendidikan dan Masyarakat Pengguna Teknologi Informasi, **Pemakalah*** pada Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Multimedia dan Lokakarya Kurikulum bidang Ilmu Komputer Perguruan Tinggi se-Sumatera Utara, Medan, 29 November 2004.

14. *Pemanfaatan ICT sebagai Media Propaganda Institusi Melalui Sistem Jaringan Komputer*, **Pembicara** pada Seminar dan Workshop "Transformasi Promosi Pendidikan Melalui Media Teknologi Informasi", UMSU Medan, 28 – 29 Desember 2004.
15. *Teknologi Informasi dan Umat Islam*, **Pembicara** pada Seminar Ilmiah yang diselenggarakan oleh Institut Agama Islam Negeri Sumatera Utara, 10 Maret 2005.
16. *Advanced encryption standard, IRCMSA 2005 Proceedings*, **Presenter** at The 1st IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Their Applications, Parapat, 13 – 15 June 2005.
17. *Math E-Tutor: Towards A Better Self-Learning Environment, IRCMSA 2005 Proceedings*, **Presenter** at The 1st IMT-GT Regional Conference on Mathematics, Statistics and Their Applications, Parapat, 13 – 15 June 2005.
18. *Komputerisasi Sistem Pendataan Arsip pada Manajemen Perusahaan*, **Pemakalah** pada "Information Technology and Seminar" yang diselenggarakan oleh FMIPA USU bekerjasama dengan PT. INIXINDO Medan pada tanggal 28 Juni 2005, di Medan.
19. *Konsep Dasar Klien-Server*, **Pemakalah** pada "Information Technology and Seminar" yang diselenggarakan oleh FMIPA USU bekerjasama dengan PT. INIXINDO Medan pada tanggal 28 Juni 2005, di Medan.
20. *Perkembangan Penelitian Bidang Ilmu Komputer*, **Pembicara** pada Seminar Metode Penelitian dalam Bidang Ilmu Komputer, FMIPA USU, 17 Oktober 2005.
21. *Sistem Jaringan Komputer pada Industri Manufaktur: Satu Perspektif Komputerisasi pada Bidang Keteknikan*, **Pembicara** pada Seminar Keteknikan: Aplikasi Komputer pada Dunia Keteknikan dalam Pengembangan Teknologi Modern, tanggal 30 Januari 2006 di UMSU Medan.
22. *Pemanfaatan Teknologi Informasi dalam Peningkatan Kinerja Koperasi dan UKM*, **Narasumber** pada Seminar dan Workshop Kewirausahaan, yang diselenggarakan oleh FMIPA USU, 1 Maret 2006.
23. *Aplikasi Komputasi dalam Bidang Teknik*, **Pemakalah** pada Seminar dan Lokakarya "Meningkatkan Efektifitas Pelayanan Proses Belajar Mengajar (PBM)", di Fakultas Teknik UMA, tanggal 9 – 11 Maret 2006.

24. *Using Genetic Algorithm in Document Similarity Access*, **Pemakalah** pada Seminar Nasional Riset Teknologi Informasi – SRITI 2006, Yogyakarta, 1 Juli 2006.
25. *Peningkatan Pelayanan Publik Melalui e-Government di Sumatera Utara*, **Pembicara** pada Seminar Sehari Road to e-Government Award 2006, yang diselenggarakan oleh majalah Warta Ekonomi, tanggal 3 Agustus 2006 di Ballroom – Grand Angkasa International Hotel, Medan.
26. *Peran Teknologi Multimedia sebagai Media Informasi dan Komunikasi*, **Pembicara** pada Seminar Teknologi Multimedia yang diselenggarakan oleh STMIK Potensi Utama, tanggal 26 Agustus 2006 di Aula Kampus STMIK Potensi Utama, Medan.

F. KARYA TULIS ILMIAH

1. "Pemakaian Perangkat Lunak Komputer dalam Bidang Fisika," *Majalah Ilmiah Universitas Sumatera Utara*, Volume XX/No.1, 1994.
2. "Perancangan Alat Pendeteksi Benda Lewat dengan Metoda Dioda Laser," *Buletin Utama Teknik*, Vol.9 No.2 Mei 2005 (jurnal terakreditasi).
3. "Analisis Algoritma Gerakan Berdimensi: Suatu Tinjauan Metode Komputasi dalam Fisika," *Buletin Utama Teknik*, Vol.9 No.3 September 2005 (jurnal terakreditasi).
4. "Simulasi Analisis untuk Struktur Hablur: Satu Pendekatan Menggunakan Asas Pengaturcaraan Berorientasikan Objek," *Journal Solid State Science and Technology Letters*, Vol.7 No.1 & 2 Desember 2000.
5. "Kajian tentang Penerapan Penelitian Bidang Ilmu Komputer dan Informatika pada Industri," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.1 Issue 1, March 2005.
6. "Peningkatan Pemanfaatan Sarana Informasi Kepada KSP/USP Melalui Optimalisasi Sistem Teknologi Informasi Melalui Pusat Informasi Bisnis BDS," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.1 Issue 3, September 2005.
7. "Sistem Jaringan Komputer untuk Industri," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.1 Issue 4, Desember 2005.
8. "Analisis Simulasi Komputer Korelasi Suhu Sintering terhadap Koefisien Ekspansi Termal," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.2 Issue 1, March 2006.

9. "Analisis Simulasi Komputer Korelasi Suhu Sintering terhadap Kekuatan Patah Keramik Mg-PSZ dengan Paket Aplikasi Mathematica," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.2 Issue 1, March 2006.
10. "Analisis Simulasi Komputer Korelasi Suhu Sintering terhadap Koefisien Ekspansi Termal Keramik Porselen Alumina dengan Aditif Al_2O_3 5% dengan Paket Aplikasi Mathematica," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.2 Issue 2, June 2006.
11. "Analisis Simulasi Komputer Korelasi Suhu Sintering terhadap Kekuatan Sifat Mekanik Keramik PSZ dengan Aditif MgO," *Al-Khawarizmi Journal of Computer Science*, Vol.2 Issue 2, June 2006.
12. Menulis Buku Ajar berjudul *Pemrograman Pascal*, FMIPA USU, tahun 1995.
13. Menulis Buku Ajar berjudul *Pengantar Teknologi Informasi*, FMIPA USU, tahun 2005.
14. Menulis Buku Ajar berjudul *Metode Penelitian untuk Ilmu-Ilmu Komputer*, FMIPA USU, tahun 2005.
15. Menulis Buku Ajar berjudul *Analisis dan Perancangan Sistem Informasi*, FMIPA USU, tahun 2005.
16. Menulis Buku Ajar berjudul *Pengajaran Berbantuan Komputer*, FMIPA USU, tahun 2005.
17. Menulis Buku Ajar berjudul "*Buku Panduan Praktikum Sistem Jaringan Komputer*", FMIPA USU, tahun 2005.
18. Menulis Buku Ajar berjudul *Bahasa Pemrograman: Konsep dan Aplikasi dalam C++*, USU Press tahun 2006.

G. PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

1. Penyuluhan tentang Pemanfaatan Radiasi dan Radioisotop kepada Siswa/i SMU Swasta Laksana Martadinata Medan 30 Januari 2001.
2. Penyuluhan tentang Berbagai Pengaruh Pencemaran Lingkungan Kita di SMU APIPSU Medan, 3 Agustus 2002.
3. Penyuluhan tentang Pemanfaatan Radiasi dan Radioisotop kepada Siswa/i Sekolah Menengah Farmasi (SMF) APIPSU Medan, 19 Mei 2005.
4. Pelatihan Fisika untuk Guru-Guru Fisika SMU/SMK/MAN dan Pemerhati Fisika se-Kotamadya Tanjung Balai, Mei 2005.

H. PENGALAMAN ORGANISASI

1. Pengurus Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Komisariat FMIPA USU, periode 1981 – 1982.
2. Pengurus Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) Cabang Medan, periode 1982 – 1983.
3. Pengurus Senat Mahasiswa FMIPA USU, periode 1981 – 1982.
4. Pengurus Ikatan Profesi Komputer dan Informatika Indonesia (IPKIN) Cabang Sumatera Utara, periode 1992 – 1995.
5. Pengurus Perhimpunan Pelajar Indonesia Kawasan Utara Malaysia (PPI-KUM) periode 1997 – 1998.
6. Pengurus Perhimpunan Pelajar Indonesia se-Malaysia (PPI se-Malaysia) periode 1998 – 1999.
7. Pengurus Ikatan Alumni Universitas Sumatera Utara (IKA-USU), periode 2004 – 2008.
8. Pengurus Korps Alumni HMI (KAHMI) Medan, periode 2005 – 2010.
9. Pengurus Daerah Ikatan Ahli Fisika Bangunan dan Utilitas Bangunan Indonesia (IAFBI) Sumatera Utara, periode 2005 – 2007.
10. Pengurus Ikatan Keluarga Alumni FMIPA USU, periode 2005 – 2010.
11. Pengurus Ikatan Alumni Universiti Sains Malaysia (IKA-USM) Sumatera Utara, periode 2006 – 2009.
12. Direktur Lembaga Konsultan Teknologi Informasi dan Bisnis IT-SME (Information Technology for Small Medium Enterprises dan Cooperation).
13. Anggota Ikatan Profesi Komputer dan Informatika Indonesia (IPKIN).
14. Anggota Asosiasi Perguruan Tinggi Informatika dan Komputer (APTIKOM).
15. Anggota Himpunan Fisika Indonesia (HFI).
16. Anggota Business Development Center (BDS) cabang Sumatera Utara.
17. Anggota Persatuan Guru Republik Indonesia (PGRI)

I. TANDA KEHORMATAN

- Satya Lencana Karya Satya 20 tahun oleh Presiden Republik Indonesia, Dr. H. Susilo Bambang Yudhoyono, Agustus 2006.

J. KEGIATAN ILMIAH LAINNYA

1. Menjadi Ketua Tim Redaksi Jurnal Ilmiah *Al-Khawarizmi* yang diterbitkan oleh Program Studi Ilmu Komputer FMIPA USU, sejak tahun 2004.
2. Menjadi Anggota Redaksi Ahli Jurnal Ilmiah *Buletin Utama Teknik* Fakultas Teknik UISU Medan, sejak bulan Maret tahun 2006.
3. Sebagai *Contact Person* kegiatan Kolaborasi Pengembangan Penelitian Bidang Teknologi Informasi dan Komputer se-Kawasan Asia dan Eropa (*Asia-Link*) untuk Indonesia khususnya di Sumatera Utara, sejak bulan September tahun 2006.



Prof. Dr. Muhammad Zarlis, MSc, lahir di Medan, 1 Juli 1957. Memperoleh gelar Sarjana (S1) Fisika pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA), Universitas Sumatera Utara (USU), pada tahun 1984. Menyelesaikan Program Magister (S2) dalam Bidang Ilmu Komputer pada Universitas Indonesia, *Sandwich Program* dengan University of Maryland, USA, tahun 1990. Menyelesaikan Program Doktor (S3) dalam Bidang Ilmu Komputer pada Universiti Sains Malaysia, tahun 2002.

Bekerja sebagai staf pengajar tetap di FMIPA USU sejak tahun 1986, dan staf pengajar di Sekolah Pascasarjana USU sejak tahun 2002. Saat ini menjabat sebagai Ketua Program Studi S1 Ilmu Komputer FMIPA USU sejak tahun 2002.

Di sela-sela kesibukannya, beliau aktif melaksanakan penelitian tentang komputasi dan juga sebagai narasumber pada seminar-seminar berskala nasional dan internasional serta sebagai instruktur pada pelatihan-pelatihan maupun *workshop*, baik yang diselenggarakan oleh HEDS-JICA (Dikti), maupun oleh institusi pemerintah dan swasta lain yang membutuhkan.

Menjadi Ketua Tim Redaksi Jurnal Ilmiah *Al-Khawarizmi* yang diterbitkan oleh Program Studi S1 Ilmu Komputer FMIPA USU, sejak tahun 2004, dan sebagai Redaksi Ahli Jurnal Ilmiah *Buletin Utama Teknik* yang diterbitkan oleh Fakultas Teknik UISU, sejak Maret 2006.

Sebagai *Contact Person* kegiatan Kolaborasi Pengembangan Penelitian Bidang Teknologi Informasi dan Komputer se-Kawasan Asia dan Eropa (*Asia-Link*) untuk Indonesia, khususnya di Sumatera Utara, sejak September 2006.

Selain dosen, juga aktif di berbagai kegiatan seperti menjadi Pengurus Ikatan Alumni USU, Pengurus Ikatan Alumni USM Cabang Sumut, Pengurus Daerah Ikatan Ahli Fisika Bangunan Indonesia (IAFBI) Cabang Sumut, Direktur Lembaga Konsultan Teknologi Informasi dan Bisnis "IT-SME" Medan, Anggota Himpunan Fisika Indonesia (HFI) dan Anggota Asosiasi Perguruan Tinggi Informatika dan Komputer (APTIKOM).

Pernah mendapat penghargaan Satya Lencana Karya Satya 20 tahun dari Presiden Republik Indonesia, Dr. H. Susilo Bambang Yudhoyono, Agustus 2006.