



**URGENSI DAN KONTRIBUSI RISET DASAR FISIKA
DALAM BIDANG TEKNOLOGI INFORMASI:
EFEK GIANT MAGNETORESISTANCE (GMR)
DALAM HEAD READ DEVICE**

Pidato Pengukuhan
Jabatan Guru Besar Tetap
dalam Bidang Teknik Difraksi Sinar-X pada
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam,
diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara

Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 14 Juni 2008

Oleh:

TIMBANGEN SEMBIRING

**UNIVERSITAS SUMATERA UTARA
MEDAN
2008**

2. Juni 2004, Penyuluhan tentang bahaya radiasi gelombang elektromagnetik oleh jaringan transmisi tegangan tinggi di Desa Baru Pancurbatu, sebagai anggota.

K. PENGHARGAAN

1. Penghargaan dari Pemerintah Amerika Serikat (United States of America for International Development, USAID Fellowship), 1993.
2. Penghargaan dari Pemerintah Jepang (Minister of Education, Science, Culture dan Sports, Monbukagakusho Fellowship), 1997.
3. Penghargaan Satyalencana Karya Satya X Tahun, SK Presiden Republik Indonesia, No. 018/TK/Tahun 2005.
4. Piagam Penghargaan sebagai Narasumber pada Seminar Peningkatan SDM Bidang MIPA di Universitas Negeri Medan, Proyek Semi-Q, November 2003.
5. Piagam Penghargaan sebagai Narasumber/Instruktur dalam Diklat Guru Pembina Olimpiade Sains pada Kabupaten/Kota Propinsi Sumatera Utara TA 2005 di BLKI Medan, Desember 2005.
6. Piagam Penghargaan sebagai Narasumber/Instruktur dalam Diklat Guru Pembina Olimpiade Sains pada Kabupaten/Kota Propinsi Sumatera Utara TA 2006 di BLKI Medan, Desember 2006.
7. Piagam Penghargaan sebagai Narasumber dan Juri pada Pelatihan Multimedia bagi Guru-Guru Madrasah Bidang Fisika se-Sumatera Utara, Helvetia, Medan, 16 Desember 2007.

H. BUKU YANG DITERBITKAN

1. Buku Ajar Pengantar Difraksi Sinar-X, 2007
2. Buku Ajar Metode Penelitian dan Seminar, 2004

I. SEBAGAI PENCERAMAH/PEMAKALAH/PESERTA

1. Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA XV BKS PTN Wilayah Barat, Medan, 29-30 Mei 2002.
2. Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA XVI BKS PTN Wilayah Barat, Palembang, 2-3 Juni 2003.
3. Reviewer Hasil Penelitian pada Seminar Program Peningkatan Diri (PPD)-Forum HEDS, Medan 3-4 September 2003.
4. Narasumber Seminar Program Semi QUE V Prodi Pendidikan Fisika FMIPA Universitas Negeri Medan, 14 November 2003.
5. Pemakalah pada Seminar Nasional Kimia I tahun 2003, Hotel Garuda Plaza Medan, 11 Oktober 2003.
6. Pemakalah pada Seminar Nasional Kimia II tahun 2004, Hotel Garuda Plaza Medan, 14 April 2004.
7. Rapat Anggota Majelis Umum Himpunan Fisika Indonesia (HFI), Pekanbaru, 25-26 Agustus 2004.
8. Juri pada the First International Junior Science Olimpiad (IJSO) 2004, Jakarta, 5-14 Desember 2004, SK Mendiknas No. 133/P/2004 tanggal 19 Oktober 2004.
9. Peserta pada Conference and Workshop on Computational Physics, Asia Pacific Theoretical Physics, Gyongju-Korea Selatan, Agustus 26-September 10, 2006.
10. Peserta Simposium dan Workshop Biofisika dan Fisika Kesehatan se Asia Tenggara, di Departemen Fisika, FMIPA, Kampus Depok, Jakarta, November 2006.
11. Peserta Rapat Anggota Majelis Umum Himpunan Fisika Indonesia (HFI), Pekanbaru, 25-26 Agustus 2004.

J. KEGIATAN PENGABDIAN PADA MASYARAKAT

1. Juni-Juli 2006, Penyuluhan Pembelajaran Fisika dengan Multimedia dan Sosialisasi Olimpiade Fisika di SMA Negeri Pancur Batu, SMA Negeri Binjai, SMA Negeri Lubuk Pakam, SMA Negeri Berastagi dan SMA Negeri Kabanjahe, Karo, sebagai koordinator.

Yang terhormat,

- Bapak Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Sumatera Utara
- Bapak Rektor Universitas Sumatera Utara
- Para Pembantu Rektor Universitas Sumatera Utara
- Ketua dan Anggota Senat Akademik Universitas Sumatera Utara
- Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar Universitas Sumatera Utara
- Para Dekan Fakultas/Pembantu Dekan, Direktur Sekolah Pascasarjana, Direktur dan Ketua Lembaga di lingkungan Universitas Sumatera Utara
- Para Dosen, Mahasiswa, dan Seluruh Keluarga Besar Universitas Sumatera Utara
- Seluruh Teman Sejawat serta para undangan dan hadirin yang saya muliakan

Selamat Pagi dan Salam Sejahtera,

Puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Kuasa yang telah melimpahkan rahmat-Nya kepada kita semua sehingga kita berada dalam keadaan sehat dan dapat hadir pada acara Pengukuhan Guru Besar Senat Universitas Sumatera Utara.

Berdasarkan Keputusan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia No. 47369/A4.5/KP/2007 tanggal 01 Oktober 2007 saya telah diangkat sebagai Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu/Mata Kuliah Teknik Difraksi Sinar-X pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sumatera Utara, Medan.

Hadirin yang saya muliakan,

Selanjutnya, dalam kesempatan ini, perkenankanlah saya menyampaikan pidato ilmiah dengan judul:

“URGENSI DAN KONTRIBUSI RISET DASAR FISIKA DALAM BIDANG TEKNOLOGI INFORMASI: EFEK GIANT MAGNETORESISTANCE (GMR) DALAM HEAD READ DEVICE”

1. PENGANTAR

Ilmu fisika (physics), di samping ilmu kimia (*chemistry*) dan matematika (*mathematics*), adalah salah satu ilmu tertua dalam sejarah peradaban manusia setelah ilmu astronomi (perbintangan). Ilmu fisika mempelajari tentang struktur dan perilaku dari fenomena/gejala yang ada di jagad raya (*universe*) dalam lingkungan ruang dan waktu, yang terdiri dari unsur-unsur elementer/partikel; mencari hubungan-hubungan sesama fenomena/gejala alam; serta memanfaatkannya untuk menunjang aktivitas manusia. Dalam mengungkap rahasia alam ini perlu dilakukan melalui serangkaian proses seperti pengamatan (*observation*), pengukuran (*measurement*), dan pengembangan teori-teori (*theoretical development*) secara ilmiah (sistematis, logis, dan berkelanjutan).

Seiring dengan perkembangan peradaban manusia yang dimulai dari zaman batu (*Age Stone*) hingga era teknologi informasi kini, peranan materi sangat dominan dalam berbagai aspek kehidupan manusia. Sebagai contoh kecil dapat dilihat dari penggunaan berbagai jenis batuan, logam, kayu, dan lain sebagainya pada zaman prasejarah hingga penggunaan berbagai jenis rekayasa materi berskala nanometer dalam bidang teknologi informasi. Berbagai produk teknologi berbasis material magnetik dan elektronik yang biasa kita jumpai dalam kehidupan sehari-hari seperti komputer, internet, laser, GPS (*Global Positioning System*), jaringan serat optik pita lebar, tomografi komputer dan lain sebagainya adalah merupakan produk teknologi nyata dari kegiatan riset dasar fisika dalam kurun waktu 40-50 tahun terakhir. Laju lompatan yang spektakuler di bidang teknologi informasi dan komunikasi modern saat ini tidak terlepas dari gencarnya riset di bidang Fisika Material (Mikroelektronika) seperti penemuan metode-metode baru dan pembuatan material semikonduktor dengan kemurnian tinggi, berbagai jenis transistor dengan kinerja tinggi, integrasi komponen menjadi *chip* tunggal, laser semikonduktor, media penyimpan data dengan densitas tinggi, dan lain sebagainya. Dengan kata lain bahwa teknologi menjadi tenaga penggerak (*driving force*) dalam perubahan perilaku manusia dari masyarakat industri menjadi masyarakat berbasis pengetahuan dan informasi (*knowledge and information based society*).

Tidak dipungkiri bahwa riset dasar fisika khususnya fisika material telah banyak memberikan kontribusi nyata dalam kemajuan teknologi suatu negara yang pada gilirannya akan bermuara pada kemajuan di bidang ekonomi sekaligus menjadi bangsa yang disegani di kancah internasional. Dalam tulisan kali ini akan dipaparkan lebih jauh tentang urgensi dan kontribusi riset dasar fisika dalam revolusi teknologi informasi dan

3. Structural fluctuation on Pt-M (M=3d elements) by Electron Diffraction, **Annual Conference of the Japanese Crystallography Society**, Kyoto-Japan, 1999.
4. New structure on Pt-Mn alloy by electron diffraction, **Annual Conference of the Japanese Crystallography Society**, Sendai-Japan, 2000.
5. Spin Glass and magnetic structures on Pt-Mn alloy system using neutron diffraction, **Activity Report on Neutron Scattering Research 26, 2**, University of Tokyo-Japan, 2001.
6. Structural study on Pt-Mn alloy by diffraction technique, **Annual Conference of the Japanese Crystallography Society**, Nagoya-Japan, 2001.
7. Magnetic long-range-order in ordered Pt- 14 at.% Mn alloy, **Activity Report on Neutron Scattering Research 37, 3**, University of Tokyo-Japan, 2002.
8. Magnetic diffuse scattering in Pt-12 at. % Mn spin-glass alloy, **Activity Report on Neutron Scattering Research 48**, University of Tokyo-Japan, 2002.
9. Study of the spin glass behaviour on the Pt-Mn alloy by neutron scattering, **Neutron Scattering News Letter 2000-2, Institute for Solid State Physics**, University of Tokyo, Japan, 2002.
10. High temperature XRD on Pt-Mn alloy, **Annual Conference of the Japanese Crystallography Society**, Nagoya-Japan, 2001.
11. ABC₆-type ordered structure in Pt-rich Pt-Mn alloys, **Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 71, No. 3**, 2002.
12. Structural study on Pt-rich Pt-Mn alloys, Doctoral Dissertation, University of Tsukuba, Japan, 2002.
13. A partial phase diagram of Pt-rich Pt-Mn alloys, **Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 71, No. 10**, 2002.
14. X-ray diffraction study of atomic short-range order in Pt-12.5 at. % Mn alloy, **Journal of the Physical Society of Japan, Vol. 72, No. 1**, 2003.
15. Magnetic structures and spin glass behaviour in ordered and disorder Pt-rich Pt-Mn alloys, **Phys. Rev. B, Vol. 70**, 2004.
16. Secondary ordering in Pt-rich Pt-Mn binary alloys and CuMnPt₆ ternary alloy, **Physica B: Condensed Matter Vol. 385-386, Part 1**, 2006.
17. Electronic structural analysis on the ternary alloy CuMPt₆ (M=3d elements), in press, **Journal of Alloy and Compounds, Elsevier**.

Tingkat Nasional (Tak Terakreditasi)

1. Studi tentang bentuk spektrum (*line-shape*) terhadap pengaruh doping atom oksigen pada bahan superkonduktor berbasis bismuth, **Jurnal Agrokimia FMIPA USU, Vol. 3 (1), 1998.**
2. Menentukan penetrasi medan magnetik pada bahan superkonduktor suhu tinggi berbasis merkuri dengan metode muon spin rotation, **Jurnal Agrokimia FMIPA USU, Vol. 3 (1), 1998.**
3. Struktur dan magnetorestriksi campuran R(FeMn), R=DyTbPr, **Jurnal Agrokimia FMIPA USU, Vol. 4 (1), 1998.**
4. Struktur dan sifat magnetik campuran RFeMn_x (di mana R=Tb, Y), **Jurnal Agrokimia FMIPA USU, Vol. 4 (1), 1999.**
5. Antiferromagnetik dalam campuran ternari Gd₂Ni₂Cd, **Jurnal Sains Terapan VISION, Vol. 6, No.1, 2002.**
6. Susseptibilitas magnetik dari sistem campuran Ge-Se pada keadaan amorphous dan liquid, **Jurnal Sains Terapan VISION, Vol. 6, No.2, 2002.**
7. Studi tentang sifat-sifat atom dan magnetik pada campuran Pd_{1-x}Mn_x dengan x=0,2, **Jurnal Komunikasi Penelitian, Vol. 14, No. 5, 2002.**
8. Formasi superkisi pada campuran ternari Au-Cu-Zn, **Media Fisika, Vol.1, No. 2003.**
9. Pengukuran parameter kisi pada campuran Pt-Mn dengan metode Debye-Scherrer, Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA XV BKS PTN Indonesia Barat, Medan 29-30 Mei 2002.
10. Perubahan sifat magnetik campuran SmFeGa terhadap perlakuan panas, Seminar dan Rapat Tahunan Bidang MIPA XV BKS PTN Indonesia Barat, Palembang 2-3 Juni Mei 2003.
11. Metode pembuatan sampel Pt-Mn dengan konsentrasi Mn tinggi untuk pengukuran hambatan listrik dan parameter kisi, Seminar Program Peningkatan Diri (PPD)-Forum HEDS, Medan 3-4 September 2003.
12. X-Ray Diffraction Study of ASRO and LRO in Cu-Pt alloy, Seminar Nasional Kimia I, 11 Oktober 2003.
13. Statistical thermodynamics on the formation of superlattice in ternari β -phase alloys, Jurnal Matematika dan Terapannya EPSILON, Jurusan Matematika FMIPA USU Medan, Vol. 5, No. 1, 2004.

Tingkat Internasional

1. Anisotropy and dimensional crossover of the vortex state in bismuth crystal, **Phys. Rev. B, Rapid Communication, Vol. 52, 1995.**
2. Magnetic penetration depth on the high-T_c superconductor based on Hg and Bi by Muon Spin Rotation Technique, Master Thesis, Virginia State University, Petersburg-USA, 1995.

komunikasi yang salah satu contoh terkini adalah penemuan efek *giant magneto resistance (GMR)* dalam proses pembacaan data dalam *hard disk (head read device)*. Pada bagian akhir pidato ini akan dipaparkan tentang perhatian sejumlah negara maju terhadap riset dasar fisika, dan berbagai kendala pada kegiatan riset dasar fisika yang dialami oleh negara berkembang, seperti Indonesia.

2. PERANAN ILMU FISIKA

Sejak permulaan tahun 1960-an kebutuhan akan komponen elektronik berkinerja tinggi yang berbasis material semikonduktor naik secara drastis. Hal ini sesuai dengan prediksi Gordon Moore, seorang pencetus *Silicon Valley* (Lembah Silikon), yang dikenal dengan hukum empiris Moore. Hukum ini menyatakan bahwa kinerja sebuah IC dan komponen elektronik lainnya mengalami peningkatan dua kali lipat setiap 18-24 bulan pada harga *chip* yang sama. Setidaknya hingga 2002, lebih 40 tahun, prediksi Moore sesuai dengan kenyataan, dan setelah ekstrapolasi hukum ini tidak berlaku lagi. Kondisi ini tentunya menjadi pemicu bagi ilmuwan fisika untuk mempelajari, mencari, dan membuat material elektronik bernilai ekonomis tinggi. Material elektronik yang dimaksud harus memiliki syarat, misalnya kemurnian yang tinggi dalam *orde part per billion (ppb)*; jumlah cacat struktur yang sangat rendah, dan memiliki struktur kristal yang sesuai antara lapis tunggal pada komposit lapis banyak (*multilayer*) untuk mengurangi *strain*. Penemuan efek transistor pada tahun 1947 oleh J. Barden, W.H. Brattain, dan W.B. Shockley, ketiganya pemenang Hadiah Nobel bidang Fisika tahun 1956, dianggap sebagai permulaan era semikonduktor.

Dalam kurun beberapa tahun, transistor berbasis semikonduktor sudah dapat dibuat untuk menggantikan komponen transistor berbasis tabung vakum. Lompatan perkembangan teknologi semikonduktor selanjutnya dibuat oleh G. Teal pada 1954 yang telah memperkenalkan silikon dan silikon oksida sebagai material transistor, dan dalam fabrikasinya telah dibuat semakin kecil dan memerlukan hanya sedikit daya (hal sama dibuat pada semikonduktor berbasis germanium pada 1958). Dengan penemuan rangkaian terpadu (*integrated circuit, IC*) telah memungkinkan penyatuan elemen aktif (transistor, dll) dan elemen pasif (resistor, kapasitor, dll.) dalam jumlah besar dalam satu *chip* sekaligus.

Gabungan beberapa komponen elektronika dengan IC merupakan cikal bakal dari pembuatan prosessor pada *chip* tunggal (*microprocessor*). Piranti baru ini memiliki sejumlah aplikasi yang menjanjikan khususnya dalam pembuatan komputer pribadi (*personal computer*). Sejak penemuan mikroprosessor pada 1970-an ini berarti revolusi industri di bidang teknologi informasi sudah dimulai, yaitu penggabungan dua teknologi utama yaitu komputer dan telekomunikasi. Peningkatan kecepatan transmisi dan pemrosesan informasi, tentunya, memerlukan sejumlah komponen mikroelektronik berkinerja tinggi, hemat tempat dan hemat daya. Berkat perkembangan yang pesat di bidang instrumentasi dan litografi, berbagai variasi komponen mikroelektronik tersebut telah dibuat semakin kecil dengan konsumsi daya yang rendah.

Dengan meningkatnya kemampuan dalam pembuatan dan pemrosesan informasi maka dibutuhkan juga media penyimpan informasi (*information storage media*). *Random Access Memory* (RAM) dalam sebuah komputer adalah contoh media penyimpan informasi yang menggunakan transistor di mana posisi "ON" dan "OFF" dari transistor dinyatakan dengan bilangan biner "1" dan "0". Untuk penyimpanan informasi dalam jumlah besar banyak digunakan cakram berputar (*rotating disk*) atau CD optik (*compact disk optic*) untuk *read-only-memories* (ROM). Dewasa ini, prosessor dengan jutaan transistor telah dibuat secara komersial dengan RAM mendekati miliar bites per *chip* berbasis MOS-FET (*Metal-Oxide-Semiconductor Field Effect Transistor*).

Penemuan yang tidak kalah pentingnya adalah terjadi pada semikonduktor heterostruktur yang terdiri dari dua atau lebih lapisan tipis dengan sela pita energi (*energy band gap*) yang berbeda. Semikonduktor heterostruktur ini dibuat dari gabungan kompon GaAs (unsur golongan III-IV dan baris ke-3 dan-4 dalam Tabel Periodik) atau paduan semikonduktor silikon dan germanium (Si-Ge) bergantung pada aplikasi yang diinginkan (misalnya, komponen utama pada transistor frekuensi tinggi dan piranti optoelektronik). Nilai sela pita energi dapat dibuat dengan mengganti elemen semikonduktor (contohnya Ga dengan In atau Al, As dengan P, Sb atau N) atau dengan memvariasikan komposisi paduan semikonduktor silikon-germanium (Si-Ge) melalui beberapa metode seperti *Molecular Beam Epitaxy* (MBE), *Metallo-Organic Chemical Vapor Deposition* (MOCVD). Pada kedua metode ini, lapisan tipis ditumbuhkan secara epitaksi (lapisan demi lapisan berskala atom pada sebuah substrat dengan konstanta kisi yang bersesuaian).

F. RIWAYAT PEKERJAAN

1. Kepala Laboratorium Fisika Zat Padat dan Solar Energi, Departemen Fisika FMIPA-USU Medan (sekarang).
2. Staf Pengajar Program Pascasarjana Magister Ilmu Fisika, USU Medan, 2003-sekarang.
3. Staf Pengajar Program Doktor Ilmu Kimia, USU Medan, 2004-sekarang.

G. PUBLIKASI ILMIAH

Tingkat Nasional (Terakreditasi)

1. Atomic short range order (ASRO) paduan Pt-14,4 % Mn dengan metode difraksi sinar-X, **Jurnal Teknologi Indonesia, LIPI, Jakarta, Vol. 2 No. 2, Agustus 2006, terakreditasi.**
2. Application of the statistical thermodynamics on the formation of superlattice in ternary β -phase alloys, **Jurnal Sistem Teknik Industri, FT USU Medan, Vol. 8, No. 4, 2006, terakreditasi.**
3. Studi tentang struktur atom pada campuran $Pt_{1-x}Mn_x$ dengan metode difraksi ($x=14,4$ at. % Mn), **Jurnal Sainstek, ITM Medan, Vol. 22 No. 2 Desember 2005, terakreditasi.**
4. Penetrasi fluks magnetik akibat penambahan lapisan CuO_2 pada bahan superkonduktor berbasis kristal $HgBa_2CaCu_2O_{6+\delta}$, **Jurnal Sistem Teknik Industri, FT USU Medan, Vol. 7, No. 2, 2005, terakreditasi.**
5. Sifat atomik dan magnetik campuran $Cr_x Pt_{1-x}$ ($x = 7-16$ at. % Cr), **Jurnal Sainstek, ITM Medan, Vol. 12 Juni 2005, terakreditasi.**
6. Sifat Magnetik Campuran $Pt_{1-x}Mn_x$ ($x=12,5$ at. % Mn), **Jurnal Sistem Teknik Industri, FT USU Medan, Vol. 6, No. 4, 2005, terakreditasi.**
7. Pengaruh penambahan lapisan CuO_2 terhadap sifat magnetik superkonduktor berbasis kristal $Bi_2Sr_2CaCu_2O_{8-\delta}$, **Jurnal Sistem Teknik Industri, FT USU Medan, Vol. 6, No. 1, 2005, terakreditasi.**
8. Sifat magnetic campuran elemen Nd-B-Fe, **Jurnal Sistem Teknik Industri, FT USU Medan, Vol. 5, No. 4, 2004, terakreditasi.**
9. Fase order-disorder pada $AgIn_3$, **Jurnal Fisika Indonesia, Vol. A4, No. 0214, 2003.**

D. PENDIDIKAN TAMBAHAN

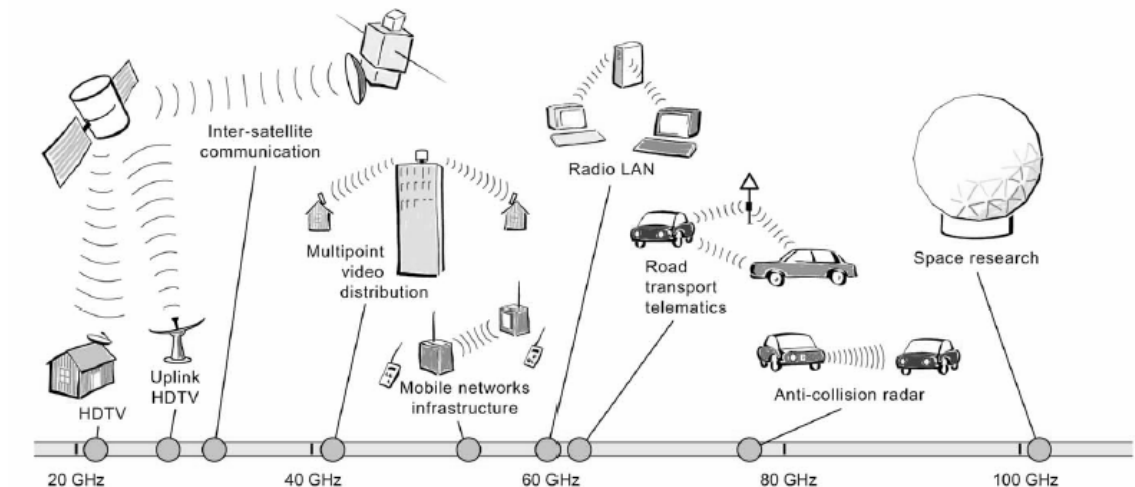
1. Intensive English Course, HEDS Project (Higher Education Development Supports), UNSRI Palembang, Januari-Juli 1992.
2. Pre-Overseas Training HEDS Project, The British Institute (TBI), Bandung, September 1992-Maret 1993.
3. Pre-University Training, The Economics Institute, Boulder, Colorado-USA, April-Agustus 1993.
4. International Culture Exchange, USAID, San Francisco-USA, 23-26 Desember 1994.
5. Research Methodology Summer School, TRIUMF-University of British Columbia, Vancouver-Canada, Juni-Agustus 1995.
6. Pre-Overseas Training, Monbukagakusho Fellowship, Institut Pertanian Bogor (IPB), Bogor, September 1997-April 1998.
7. Nihingo Gakko, Monbukagakusho Fellowship, University of Tsukuba, Tsukuba-Japan, April-Agustus 1998.
8. Research Student, Institute of Applied Physics, University of Tsukuba, Tsukuba-Japan, September 1998-Maret 1999.
9. Tim Reviewer Proposal Penelitian Dosen Muda TA 2003, Padang 8 Juli 2002.
10. Kursus Ketrampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI), UPT USU Medan, 3-8 Februari 2003.
11. Kursus Applied Approach (AA), UPT USU Medan, 1-15 Agustus 2003.
12. Pelatihan Calon Penerjemah Buku Ajar Berbahasa Inggris Perguruan Tinggi, Ditjen Dikti, Bandung 17-27 September 2003.
13. Peserta Pelatihan Pembuatan Proposal Program SP-4 Kompetisi dan Penulisan Laporan Pelaksanaan Program di Lingkungan Universitas Sumatera Utara, Medan 10-12 Mei 2005.

E. RIWAYAT JABATAN

- | | |
|-------------------------------------|-------------------|
| 1. Asisten Ahli Madya/Golongan IIIa | : 01 Maret 1991 |
| 2. Asisten Ahli/Golongan IIIb | : 01 April 1996 |
| 3. Lektor Muda | : 01 Oktober 1998 |
| 4. Lektor Kepala | : 01 Juni 2004 |
| 5. Guru Besar | : 01 Oktober 2007 |

Inovasi material elektronik berbasis heterostruktur terbukti memberi dampak positif dalam sains dan teknologi dan merupakan kunci utama dalam transistor frekuensi tinggi dan optoelektronika. Salah satu contoh nyata adalah *bipolar junction transistor* tipe *npn* di mana gain arus ditentukan oleh perbandingan antara elektron dan *hole* (lobang), dan elektron melewati basis dari emiter ke kolektor tanpa rekombinasi. Pada saat yang sama *hole*, yang disuntikkan pada emiter dari basis, membatasi amplifikasi arus.

Penggabungan kompon semikonduktor sebagaimana digunakan pada heterostruktur dengan teknologi mikroelektronik, optoelektronik dan gelombang mikro dapat dijumpai pada penerima cahaya kecepatan tinggi yang memadukan detektor foton *heterojunction* dengan komponen elektronika kecepatan tinggi dalam satu *chip*.



Gambar 1. Beberapa Aplikasi dari Heterojunction Transistor dalam Spektrum Gelombang Mikro hingga Spektrum Gelombang Milli. Terobosan terbesar secara komersial adalah pembuatan *mobile phone* dengan kisaran frekuensi melebihi 20 GHz (Sumber: *The History and Future of Semiconductor Hetrostructures from the Point of View of a Russian Scientist*¹¹).

Temuan demi temuan telah dihasilkan melalui kegiatan riset dan para fisikawan tetap merasa tertantang untuk mencari dan membuat inovasi baru sesuai dengan kebutuhan teknologi. Laser semikonduktor pertama berhasil dibuat pada 1962 berdasarkan pada prinsip *laser/maser heterojunction*. Prinsip ini berawal dari penemuan elektronika kuantum yang memiliki banyak aplikasi pada printer laser, *light emitting dioda laser*, *CD-player*, komunikasi serat optik kecepatan tinggi, detektor cahaya, sel surya

dan bahkan sumber daya pada satelit buatan. Tepatnya pada tahun 1962 T.H. Maiman berhasil membuat laser semikonduktor pertama (*ruby laser*) walaupun dengan efisiensi yang tidak begitu tinggi. Namun begitu, beberapa grup riset dan pihak industri elektronika di Amerika melihat peluang besar atas penemuan laser semikonduktor. Akhirnya sebuah inovasi baru kembali ditorehkan dengan pembuatan *Vertical Cavity Surface Emitting Laser (VCSEL)* di mana cahaya laser dipancarkan dari permukaan yang tegak lurus terhadap lapisan aktif.

3. EFEK GIANT MAGNETORESISTANCE (GMR)

Sebagaimana disebutkan di atas bahwa penyimpanan informasi/data dalam jumlah besar secara magnetik memerlukan sebuah media khusus yang terbuat dari material khusus juga. Persoalan kemudian timbul ketika informasi/data tersebut ingin dibaca (*dieadit*) kembali dari media penyimpanannya. Untuk itu diperlukan sebuah sensor pembaca yang sensitif, cepat dan berukuran kecil mengikuti ukuran media penyimpan informasi/data yang semakin hari semakin kecil.

Sebuah hasil penelitian dasar di bidang fisika telah memberikan aplikasi yang spektakuler dalam dunia teknologi informasi. Tepatnya pada tahun 1988 Albert Fert dari Perancis dan Peter Grunberg dari Jerman masing-masing menemukan sebuah efek fisika baru, yaitu Giant Magneto Resistance atau GMR (sebelumnya lebih populer disebut Magneto-Resistance, MR). Mereka melihat perubahan nilai hambatan yang sangat besar, 6 dan 50 %, pada material yang tersusun secara bergantian oleh berbagai elemen logam lapisan tipis (*multilayer*).

Efek GMR dapat terjadi pada sebuah sistem yang terdiri dari sebuah lapisan tipis logam non-magnetik (2) yang disisipkan di antara dua lapisan tipis logam magnetik lainnya (1 dan 2), lihat Gambar 2. Dalam material magnetik, khususnya pada antarmuka kedua lapisan, elektron dengan spin berbeda akan terhambur (*scattered*), dalam hal ini elektron akan semakin terhambur jika arah spinnya antiparalel dengan arah medan magnetik. Ini berarti bahwa hambatan (*resistance*) akan jauh lebih besar bila spin elektron antiparalel dengan arah medan magnetik dibandingkan dengan ketika arah spin elektron paralel dengan arah medan magnetik. Selanjutnya ketika elektron memasuki material non-magnetik maka elektron tersebut akan dihamburkan dalam derajat yang sama dan tidak tergantung pada arah spin. Pada antarmuka kedua dan masih dalam lapisan terakhir, elektron dengan arah spin antiparalel kembali dihamburkan dengan derajat

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama : Prof. Dr. Timbangan Sembiring, M.Sc.
N I P : 131 945 363
Jabatan : Guru Besar Tetap pada Fakultas MIPA-USU
Pangkat/Golongan : Penata Tk. I/IVa
Tempat dan Tgl. Lahir : Bintang Meriah, 23 Desember 1962
Alamat : Jl. Bakti No. 99 Desa Baru Pancur Batu,
D.S. 20353. Tel. (061) 8367024
Nama Ayah : Langkat Sembiring Meliala
Nama Ibu : Ngena br. Ketaren
Nama Istri : Pesta Ulina br. Tarigan Gerneng
Nama Anak : 1. Thomas Junior Sembiring (TF-ITB 2007)
2. Martinelly br. Sembiring (SMU-XI)
3. Meily Japani Artha br. Sembiring (SD-V)
4. Ekalma Toto Alloy Sembiring (4,5 thn.)

B. RIWAYAT PENDIDIKAN

1. Sekolah Dasar: SD Masehi Rakuti, Sibolangit, lulus 1975
2. Sekolah Menengah Pertama: SMP N 1 Pancur Batu, lulus 1997
3. Sekolah Menengah Atas: SMA N Pancur Batu, lulus 1982
4. Sarjana Fisika: FMIPA-USU Medan, lulus 1987
5. Program Master: Virginia State University, USA, lulus 1995
6. Doktor: Institute of Applied Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Japan, lulus 2002
7. Follow Up Foreign Researcher: Institute of Material Science, University of Tsukuba, Japan, Desember 2007-Maret 2008

C. ANGGOTA ORGANISASI PROFESI

1. Anggota Dewan Redaksi Jurnal Komunikasi Penelitian pada Lembaga Penelitian Universitas Sumatera Utara, SK Rektor USU No. 242/JO5/SK/KP/2005, 2 Februari 2005.
2. Ketua Himpunan Fisika Indonesia (HFI) Cabang Medan, 2003-sekarang.
3. Anggota the American Physical Society, 1995-sekarang.
4. Anggota the Japanese Crystallography Society, 2001-sekarang.

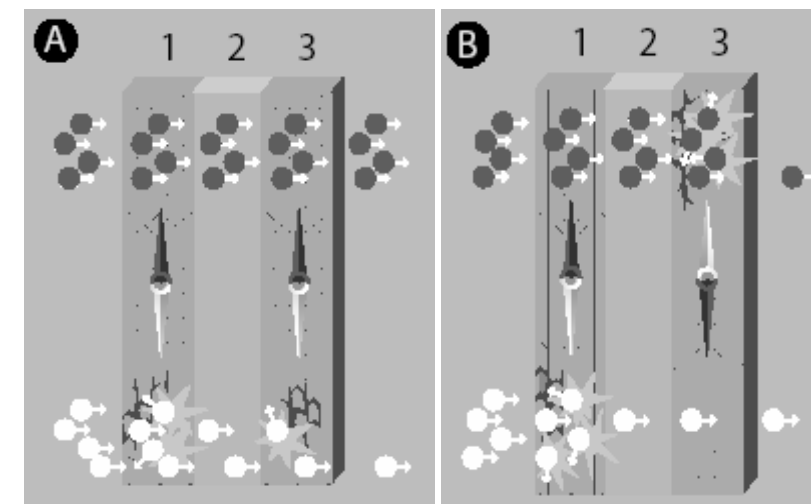
DAFTAR PUSTAKA

1. Science's conversation with Jiang Zemin, *Science* 289 (548), 28 July 2000.
2. *Japan Today*, 14 October 2005.
3. Data Pokok APBN-P 2007 dan APBN 2008, Departemen Keuangan Republik Indonesia, 2008.
4. <http://www.kva.se>, The Royal Swedish Academy of Sciences, 2007
5. http://www.photius.com/rankings/economy/gdp_per_capita_2007_1.html.
6. *Main Science and Technology Indicators*, October 2007
7. Jack S. Kilby, *Invention of the Integrated Circuit*, *IEEE Transactions on Electron Devices*, Vol. 23, July 1976.
8. Herbert Kroemer, *Band Offsets and Chemical Bonding: The Basis for Heterostructure Applications*, *Physica Scripta* T68, 10-16, 1996.
9. Zh.I. Alferov, *The History and Future of Semiconductor Heterostructures from the Point of View of a Russian Scientist*, *Physica Scripta* T68, 32-45, 1996.
10. *Giant steps with tiny magnets*, *Physics World*, November 1994.
11. Zh.I. Alferov, *The History and Future of Semiconductor Heterostructures from the Point of View of a Russian Scientist*, *Physica Scripta* T68, 32-45, 1996.

lebih besar ketimbang elektron dengan arah spin paralel dengan arah medan magnetik.

Bila kedua lapisan magnetik termagnetisasi dalam arah yang sama, hampir semua elektron akan memiliki spin paralel dan bergerak mudah sepanjang struktur. Di sini, hambatan total akan menjadi rendah. Akan tetapi jika magnetisasi kedua lapisan berlawanan maka semua elektron memiliki spin antiparalel pada salah satu dari kedua lapisan. Hal ini berarti bahwa tidak ada elektron bergerak dalam sistem secara mudah dan total hambatan akan menjadi besar.

Sekarang, dapat dibayangkan bagaimana struktur ini dapat berfungsi sebagai pemindai (*read-out head*) bagi sebuah *hard disk*. Magnetisasi lapisan (1) dijepit sementara magnetisasi lapisan (3) bebas bergerak dan dapat dipengaruhi dengan memvariasikan medan magnetik dalam sebuah *hard disk*. Magnetisasi kedua lapisan magnetik dalam *read-out head* kemudian secara bergantian berada dalam arah paralel dan antiparalel terhadap sesamanya. Kondisi ini menghasilkan sebuah variasi dalam hambatan, dan arus mengalir melalui *read-out head*. Jika arus tersebut berupa sinyal yang meninggalkan *read-out head* maka suatu arus besar dan arus besar dapat dinyatakan dalam angka biner 1 dan 0.



Gambar 2. A. Jika arah magnetisasi sama pada kedua lapisan magnetik, elektron dengan spin paralel dapat menembus seluruh sistem tanpa hambatan, total hambatan menjadi kecil. **B.** Bila arah magnetisasi berlawanan dalam kedua lapisan magnetik, semua elektron akan memiliki spin antiparalel dalam salah satu lapisan, sehingga total hambatan menjadi besar (Sumber: *Giant steps with tiny magnets*¹⁰).

Penemuan ini membuat komunitas ilmuwan kagum dan bahkan fisikawan sendiri tidak yakin sepenuhnya akan fenomena fisika tersebut yang pada awalnya hanya ingin melihat sifat kelistrikan dan kemagnetan lapisan tipis dari berbagai elemen (*multilayer*).

Pada generasi awal, *Magneto-Resistance* (MR) yang kemudian dikenal sebagai sensor magnetik hanya digunakan dalam teknologi *Hard Disk Drive* (HDD) tepatnya sebagai MR *read-sensor head* yaitu piranti untuk membaca informasi/data pada *hard disk*. Pada sebuah *hard disk* data digital disimpan sebagai titik magnetik pada permukaan sebuah cakram (*disk*) yang disebut bit. Data tersebut kemudian dikomposisikan sebagai bit yang dinyatakan dengan nilai 0 saat cakram dimagnetisasi pada satu arah dan bernilai 1 bila arahnya berlawanan. Selanjutnya, perubahan arah magnetik pada setiap bit akan diterjemahkan sebagai kombinasi dalam bentuk angka biner 0 dan 1 (bermakna satu bit menyimpan satu informasi). Proses pembacaan data/informasi yang dalam bentuk angka biner 0 dan 1 tadi bermula dari adanya medan magnet yang berasal dari perubahan orientasi arah medan magnetik pada setiap bit. Medan magnetik ini selanjutnya terdeteksi/terekam oleh sensor MR melalui perubahan hambatan listriknya (R) akibat adanya induksi magnetik.

Setelah penemuan fenomena GMR oleh kedua ilmuwan di atas, pihak industri komputer terbesar dunia IBM langsung menindaklanjuti dengan melakukan serangkaian penelitian lanjutan terutama untuk sensor MR sebagai pelengkap piranti untuk membaca informasi/data dalam HDD. Berbagai penelitian telah menghasilkan material berbasis teknologi nano yang memungkinkan pembuatan HDD berukuran kecil, berkapasitas besar serta memiliki sensitivitas tinggi terhadap perubahan medan magnetik yang sangat kecil sehingga proses transfer informasi/data semakin cepat. Teknologi HDD yang semakin hari ukurannya semakin kecil ini telah merambah ke berbagai bidang aplikasi seperti *audio-visual portable*, Industri *iPod* dan *HDD-pocket*, *Handycam*, *Car Navigator*, dan *Mobile Phone*. Yang tak kalah menariknya dari penemuan fenomena GMR ini adalah bertambahnya bidang kajian baru berbasis spin pada elektron, *Spintronic Science*. Hal ini adalah sesuatu yang baru mengingat selama ini kajian elektronika dan aplikasinya (semikonduktor, superkonduktor, konduktor, insulator, dan lain lain) selalu berawal dari fenomena keberadaan elektron (yang berputar mengelilingi proton).

Terima kasih yang sebesar-besarnya saya sampaikan kepada Bapak dan Ibu Mertua Sarikat Tarigan dan Teguh br. Sembiring beserta abang, kakak, dan adik-adik yang telah banyak memberi perhatian, bimbingan serta doanya kepada saya selama ini.

Kepada istri saya tercinta, teman hidupku dalam suka maupun duka, Pesta Ulina br. Tarigan, kusampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya yang dengan cara khasnya telah mendorong saya dalam karier mulai dari program pelatihan bahasa Inggris/Jepang dalam rangka tugas belajar S-2 dan S-3 hingga menjadi Guru Besar Tetap FMIPA-USU. Bersama dengan keempat putra/putri tercinta Thomas Junior Sembiring, Martinelly br. Sembiring, Meily Japani Artha br. Sembiring dan Ekalma Toto Alloy Sembiring, adalah merupakan "*supporter abadi*" saya dalam setiap jengkal perjuangan hidupku. Buat keempat anakku, bapak merasa bersalah dan meminta maaf atas keterbatasan waktu yang saya berikan untuk bersua dan bermain bersama kalian. Momen pada hari ini adalah sebuah mimpi yang menjadi kenyataan dan ini merupakan hasil pengorbanan dan perjuangan tanpa lelah dari kalian.

Masih banyak lagi sebenarnya ucapan terima kasih yang selayaknya saya sampaikan kepada berbagai pihak yang telah banyak memberikan bantuan dan dukungan baik langsung maupun tak langsung kepada saya, yang tidak mungkin saya sebutkan satu per satu dalam kesempatan ini. Untuk itu saya mohon maaf dan perkenankan saya dalam kesempatan ini untuk menyampaikan rasa terima kasih saya kepada kita sekalian.

Akhirnya, kepada seluruh panitia pada acara pengukuhan ini saya mengucapkan terima kasih atas segala bantuan yang diberikan sehingga acara ini dapat terlaksana dengan baik. Kepada seluruh hadirin yang telah bersedia meluangkan waktu untuk mengikuti rangkaian acara ini saya sampaikan terima kasih.

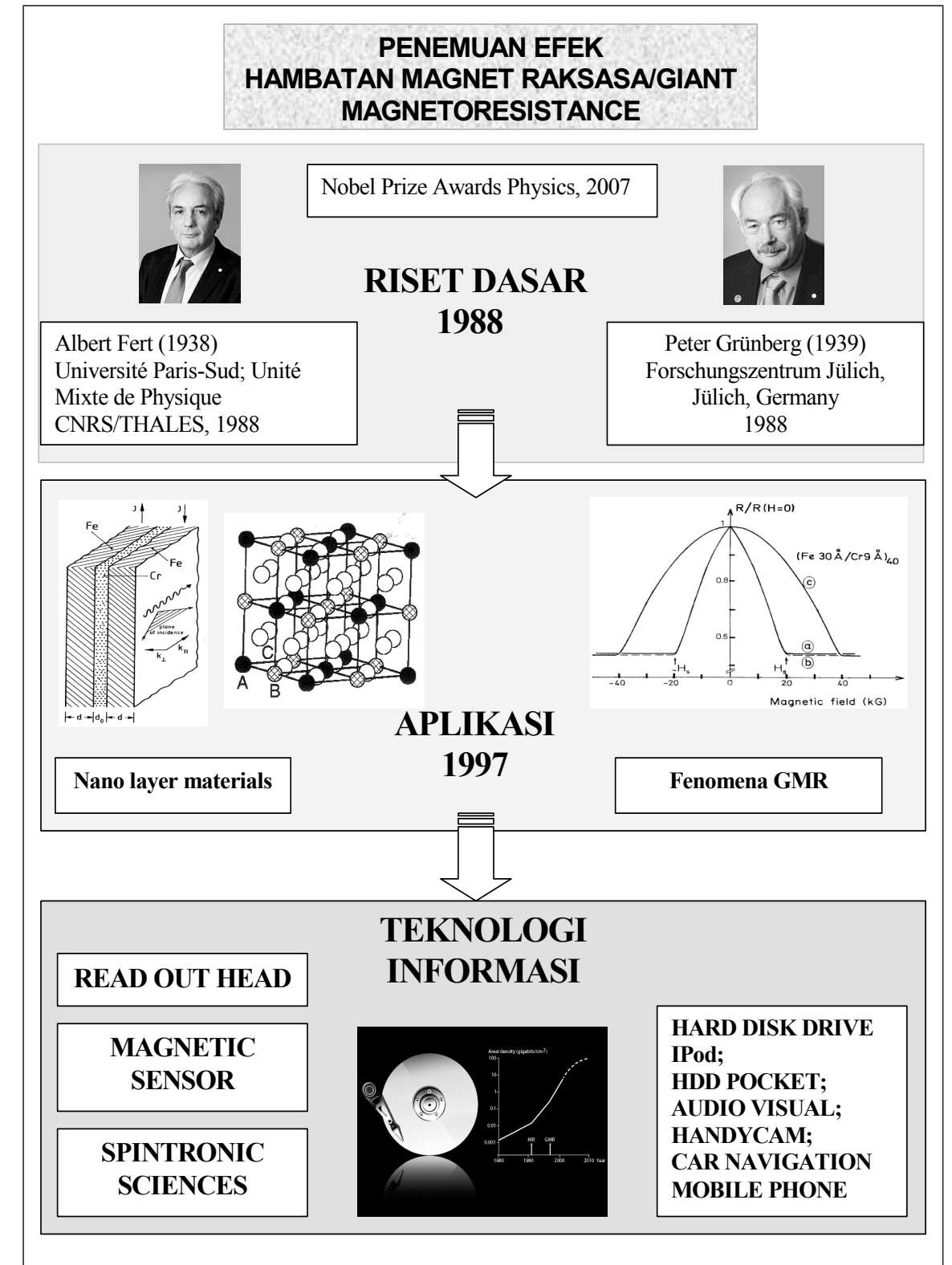
Rasa hormat dan kagum, saya ucapkan banyak terima kasih kepada sepejuh Departemen Fisika FMIPA-USU, Bapak Prof. Em. A. T. Barus, M.Sc., yang telah pernah memberikan suntikan semangat ketika saya berangkat menuntut ilmu di luar negeri. Tidak sampai di situ saja, beliau juga telah banyak membimbing dan membantu saya selama ini.

Tak lupa saya ucapkan terima kasih kepada Bapak Prof. Herman Mawengkang, Prof. Dr. Tonel Barus, Prof. Dr. Seri Bima Sembiring, M.Sc., Prof. Dr. Hakim Bangun, M.Sc., Prof. Dr. Ternala Alexander Barus, Prof. Dr. Erman Munir, M.Sc., Prof. Dr. Muhammad Zarlis, M.Kom., Prof. Drs. Muhammad Syukur, M.S., Prof. Dr. Basuki W., M.Si. yang telah memberikan inspirasi dan dukungan dalam karier saya selama ini.

Secara khusus ucapan terima kasih saya sampaikan kepada Prof. Dr. Carey E. Stronach dan Dr. David R. Noakes, yang telah membimbing, mengarahkan dan membagi ilmunya kepada saya selama di Department of Physics, Virginia State University, Petersburg, Amerika Serikat dan ketika di akselerator Tri University Meson Facility (TRIUMF), Vancouver, Canada. Tidak kalah pentingnya, saya juga ingin berterima kasih kepada Prof. Dr. Ken-ichi Ohshima dan Dr. Miwako Takahashi selaku promotor saya yang telah membimbing dengan tulus, sabar dan tanpa lelah dalam menyelesaikan program doktor pada Institute of Applied Physics, University of Tsukuba, Tsukuba, Jepang. Beliau juga telah berjasa mengundang saya melakukan *joint research* selama tiga bulan di Institute of Pure and Applied Sciences, University of Tsukuba, Japan.

Ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada pemerintah Amerika Serikat (USAID) dan pemerintah Jepang (Monbukagakusho) yang telah memberikan kesempatan dan beasiswa untuk melanjutkan studi saya ke Amerika Serikat dan ke Jepang.

Keberhasilan ini, tentu tidak terlepas dari pengorbanan yang tulus dan ikhlas dari kedua orang tua saya, Langkat Sembiring Meliala dan Ngena br. Ketaren, yang telah membesarkan, mendidik, membimbing, dan mengajar saya sejak kecil dengan penuh kesabaran dan penuh tanggung jawab sehingga saya menjadi Guru Besar Tetap di Universitas Sumatera Utara ini. Saya sampaikan rasa hormat dan terima kasih yang setinggi-tingginya dan semoga Tuhan memberikan balasan, kesehatan, dan kebaikan yang berlipat ganda. Terima kasih juga saya sampaikan kepada kakak dan adik-adik saya yang telah memberikan bantuan moral dan materil yang diberikan kepada saya, dan keluarga khususnya ketika studi di luar negeri.



4. PENGUASAAN TEKNOLOGI SUATU BANGSA DIMULAI DARI RISET DASAR

Sadar akan urgensi dan kontribusi penelitian dasar fisika yang begitu besar dalam merekayasa produk-produk teknologi bernilai ekonomi tinggi maka tidak mengherankan apabila negara-negara maju seperti Amerika, Jerman, Perancis, Jepang dan lain-lainnya memberikan perhatian khusus pada riset dasar yaitu dengan mengalokasikan dana yang tidak sedikit, membangun pusat-pusat riset (*research center*) serta melakukan pertukaran peneliti antarnegara. Bahkan negara-negara penguasa teknologi tersebut tidak jarang "mengundang" para peneliti dari berbagai belahan dunia untuk ikut mengerjakan proyek-proyek penelitiannya dalam bentuk kolaborasi riset internasional (*international research collaboration*), program-program *post doctoral* dan lain sebagainya. Negara-negara tersebut terbukti sudah lama menguasai dan mengecap manisnya produk-produk teknologi yang sekaligus mengangkat negaranya ke level negara-negara penguasa teknologi yang disegani.

Dalam dua dekade terakhir Cina juga telah melakukan gebrakan luar biasa pada kegiatan riset dasar fisika. Tepatnya pada 17 Mei 2000 Presiden Cina melalui wawancara dengan Majalah Science seputar visi dan misinya sebagai presiden di bidang pengembangan riset dan sains dunia. Entah karena beliau pernah menjabat sebagai Direktur Institut Riset Tenaga Nuklir Cina (*China Nuclear Power Research Institute*), tetapi beliau mengatakan bahwa "tidak akan pernah ada reaktor nuklir seperti sekarang ini, dan tidak akan ada teknologi mikroelektronik jika tidak ada tiori Kuantum oleh Erwin Schrödinger". Dengan gebrakan pemerintah seperti ini, kini ilmuwan Cina merasa sejajar dengan ilmuwan dari negara-negara maju seperti US, Jepang, dan negara-negara Uni Eropa. Hal ini terbukti bahwa pemerintah telah menandatangani kerjasama sains lebih dari 150 negara dan penelitiannya juga terlibat pada lebih 800 proyek kolaborasi riset yang dikelola organisasi internasional. Mereka percaya bahwa kolaborasi internasional, pertukaran ilmuwan, *sharing* sumber daya, informasi dan instrumen riset akan membantu peningkatan dalam sains, kerjasama ekonomi dan perdagangan sekaligus globalisasi ekonomi.

Kini mereka menikmati perekonomian yang meningkat tajam dengan tingkat pertumbuhan 10,7% tahun 2007 (China View, 2007). Dengan sederet fasilitas riset dasar/lanjutan serta dana riset yang cukup besar jelas akan memikat para ilmuwan Cina yang tersebar di seluruh dunia untuk

yang masih rendah serta tersedianya lingkungan yang kurang kondusif bagi tumbuhnya kegiatan penelitian, sarana pendukung yang kurang serta dana penelitian yang kurang memadai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Sebelum saya mengakhiri pidato ini, 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 Prof. Dr. Chairuddin P. Lubis, DTM&H, SpA(K) selaku Rektor USU beserta seluruh Pembantu Rektor, anggota Dewan Guru Besar atas segala bantuannya hingga saya dapat dikukuhkan sebagai Guru Besar Tetap pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sumatera Utara (FMIPA-USU) pada hari ini. Hal ini benar-benar saya sadari sebagai wujud dari kepedulian Bapak Rektor dan jajarannya bagi perkembangan karier saya di USU. Demikian juga kepada tim penilai kenaikan pangkat USU yang telah memproses kenaikan pangkat dan jabatan fungsional saya, saya ucapkan banyak terima kasih.

Kepada Bapak Dekan FMIPA-USU, Prof. Drs. Eddy Marlianto, M.Sc., Ph.D., yang telah mengusulkan kenaikan pangkat dan jabatan saya, saya ucapkan banyak terima kasih atas bantuan dan dorongan yang diberikan kepada saya. Khususnya, saya ucapkan selamat kepada beliau yang pada pagi hari ini, bersama saya, juga dikukuhkan menjadi Guru Besar Tetap FMIPA-USU. Kepada para Pembantu Dekan FMIPA-USU, Ketua Departemen Fisika FMIPA-USU Bapak Dr. Marhaposan Situmorang dan Sekretaris Departemen Fisika FMIPA-USU Ibu Dra. Yustino, M.Si. juga saya sampaikan ucapan terima kasih atas bantuan yang diberikan kepada saya selama ini.

Kepada rekan-rekan dosen di Departemen Fisika yang tidak dapat saya sebutkan namanya satu per satu, saya ucapkan terima kasih yang tulus atas segala bimbingan dan jalinan kerjasama yang sangat berharga.

Kepada guru-guru saya sejak Sekolah Dasar (SD), Sekolah Menengah Pertama (SMP), Sekolah Menengah Atas (SMA), serta dosen-dosen di Departemen Fisika FMIPA-USU saya ucapkan banyak terima kasih. Jasa dan bimbingan Bapak/Ibu guru dan dosen tetap saya kenang sepanjang hayat, semoga Tuhan Yang Maha Pengasih membalasnya.

8. INSTITUSI RISET SWASTA

Selain pemerintah dan industri yang seharusnya bertanggungjawab dalam kegiatan riset dasar (fisika, kimia, biologi, dll.) kehadiran lembaga penyandang dana (perseorangan atau kelompok) sangatlah diharapkan. Di beberapa negara, institusi riset swasta telah mulai berpartisipasi dalam kegiatan riset dasar, sebagai contoh *Kavli Institute* dan *Perimeter Institute (PI)*. *The Kavli Institute* adalah sebuah institusi riset di bawah *The Kavli Foundation*. Yayasan ini didirikan pada Desember 2000 oleh Fred Kavli, seorang ahli fisika, pebisnis superkaya, kelahiran Norwegia namun tinggal di California, AS. Tujuannya sendiri adalah untuk menyokong kegiatan riset khususnya bidang-bidang pada *frontier of science*. Bidang yang dimaksud meliputi *astronomical sciences*, *nanosciences*, dan *neurosciences*, yang mana ketiga bidang tersebut dianggap dapat memberikan terobosan luar biasa bagi kehidupan masyarakat dunia. Misi dari yayasan ini diimplementasikan melalui program riset berskala internasional yang melibatkan institusi-institusi riset ternama di dunia USA, UE, dan Asia, *professorship*, pemberian hadiah (*prizes*) dan beasiswa pendidikan (*scholarship*).

Sebagaimana *The Kavli Institute*, *Perimeter Institute* yang berkedudukan di Kanada dan merupakan organisasi kelas dunia juga mendanai kegiatan pendidikan dan riset teoritis khususnya di bidang Kosmologi, Fisika Partikel, Gravitasi Kuantum, Teori Informasi Kuantum dan Teori Superstring. Di Indonesia, institusi riset serupa yang didanai oleh tokoh-tokoh pendidikan, teknokrat dan pebisnis baik perorangan maupun kelompok, sudah mulai memberikan kontribusi dalam meningkatkan kegiatan di bidang riset walau dalam bidang-bidang yang khusus.

9. KESIMPULAN

Riset dasar bidang fisika ternyata telah banyak membuka rahasia alam (*universe*) dan telah memberikan kontribusi riil dalam perkembangan teknologi khususnya teknologi informasi. Penguasaan teknologi yang berujung pada peningkatan kemampuan kompetisi global dan kemakmuran bagi suatu negara ternyata tidak terlepas dari tingginya perhatian pada kegiatan riset dasar yang kerap memerlukan investasi yang tidak sedikit. Perbedaan yang sangat menyolok terjadi antara negara maju dan negara berkembang bahwa di negara maju, kontribusi riset ke masyarakat sudah sangat riil. Sedangkan di negara berkembang seperti Indonesia kontribusi riset dasar fisika masih sangat minim, karena komunitas dan budaya ilmiah

pulang ke negaranya. India juga tidak ketinggalan dengan perlombaan di bidang riset dasar, di mana Pemerintah India mengalokasikan dana sebesar 3,25 miliar US pada tahun 2005. Angka ini naik dari 2,5 miliar US pada tahun 2000. Apalagi sudah terbukti, negara yang kuat dalam penelitian dasar, seperti China, India, dan Pakistan, menjadi negara yang maju teknologinya.

Sebaliknya di negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, perkembangan penelitian dasar ini dirasakan masih kurang diperhatikan. Hal ini tentu tidak terlepas dari himpitan berbagai persoalan seperti ekonomi, sosial, politik, dan budaya. Bagaimana bisa melakukan penelitian yang membutuhkan biaya besar sedangkan memikirkan "urusan dapur" saja masih sulit dan diperparah lagi dengan kenaikan berbagai harga barang. Khusus bagi Indonesia, pemerintah memang sudah lama memahami akan urgensi riset dasar dalam kaitannya dengan kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi (IPTEK) yang pada gilirannya akan mengangkat martabat bangsa dalam kancah global. Keberadaan sebuah kementerian yang khusus menangani masalah riset dan teknologi sejak pemerintahan orde baru merupakan bukti nyata akan kepedulian pemerintah Indonesia terhadap kegiatan riset di tanah air, baik dasar maupun terapan. Jauh sebelumnya, kegiatan riset sudah menjadi kewajiban di dunia perguruan tinggi sebagaimana tertuang dalam tiga tugas perguruan tinggi (Tri Dharma Perguruan Tinggi) yaitu melaksanakan pengajaran, penelitian, dan pengabdian pada masyarakat.

5. KONTRIBUSI RISET DASAR DALAM KEMAJUAN TEKNOLOGI DAN EKONOMI SUATU NEGARA

Salah satu indikator kemajuan suatu negara sering diukur berdasarkan penguasaan dalam bidang sains dan teknologi serta tingkat perekonomiannya. Sedangkan teknologi itu sendiri kebanyakan terlahir dari serangkaian penelitian dasar. Meski jangka waktunya cukup panjang/lama, riset dasar tetap berpeluang memunculkan aplikasi dan manfaat bagi masyarakat banyak. Mengingat pentingnya riset dasar tersebut maka tidak mengherankan apabila yayasan Nobel, *The Royal Swedish Academy of Sciences* di Swedia setiap tahunnya memberikan penghargaan bagi para ilmuwan yang telah melahirkan pemikiran besar bagi kemajuan teknologi dan manfaat besar bagi masyarakat dunia.

Tabel 1. Jumlah Ilmuwan Penerima Hadiah Nobel Bidang Ilmu Dasar Berdasarkan Asal Negara dan Berikut Data GDP

Bidang Fisika			Bidang Kimia		
Negara	Jumlah ⁴ (Orang)	GDP 2007 ⁵ (US\$)	Negara	Jumlah ⁴ (Orang)	GDP 2007 ⁵ (US\$)
Amerika Serikat	84	43,500	Amerika Serikat	54	43,500
Jerman	28	31,400	Jerman	27	31,400
Inggris	21	31,400	Inggris	27	31,400
Perancis	11	30,100	Perancis	8	30,100
Rusia	10	12,100	Canada	5	35,200
Belanda	9	31,700	Swedia	5	31,600
Swiss	5	33,600	Hungaria	5	17,300
Jepang	4	33,100	Swiss	5	33,600
Swedia	4	31,600	Austria	4	34,100
Polandia	4	14,100	Jepang	4	33,100
Denmark, Cina, Austria, Hungaria	3	37,000, 7,600,34,100, 17,300	Belanda	3	31,700
			Indonesia		\$3,800

Tabel 2. Daftar Ilmuwan Penerima Hadiah Nobel Fisika berkaitan dengan Teknologi Informasi dan Komunikasi

Tahun	Penerima Hadiah Nobel	Temuan/ Inovasi
1956	J. Bardeen, W.H. Brattain, dan W.B. Shockley	Efek Transistor pada Silikon, cikal bakal transistor semikonduktor sebagai pengganti transistor tabung vakum
1964	Ch.H. Townes, N.G. Basov, dan A.M. Prokhorov	Elektronika Kuantum, menjadi dasar dalam konstruksi osilator amplifier berbasis prinsip maser/laser
1973	L. Esaki, R. Tsu dan L. Chang	Rekayasa struktur pita menggunakan superkisi semikonduktor <i>heterojunction</i>
1985	K. von Klitzing	Efek Kuantum Hall dengan bantuan medan magnet besar
1998	D.C. Tsui dan H.L. Störmer	Efek Kuantum Hall pada material MBE kemurnian tinggi
2000	Zhores I. Alferov, Herbert Kroemer dan Jack S. Kilby	Pengembangan semikonduktor <i>heterojunction</i> dan optoelektronik serta teknologi IC
2007	Albert Fert dan Peter Grünberg	Efek <i>Giant Magneto Resistance</i> (GMR), sensor head read device pada hard disk

Penghargaan Nobel diberikan kepada para ilmuwan dalam bidang Fisika, Kimia, Kedokteran/Psikologi, Kesusasteraan, Ekonomi, dan Perdamaian. Tabel 1 dan 2 di atas masing-masing menyajikan daftar ilmuwan penerima hadiah Nobel berdasarkan asal negara khusus bidang ilmu dasar yaitu Fisika dan Kimia, serta data GDP masing-masing negara dan daftar fisikawan

keras. Tidak terbantahkan apabila pekerjaan meneliti tidak diminati banyak orang tidak hanya di Indonesia tetapi juga di luar negeri. Menurut data yang dikeluarkan oleh *Main Science and Technology Indicators*, Oktober 2007 jumlah peneliti untuk 5 negara terbesar dimiliki oleh Amerika (1.394.682 orang), Cina (1.223.756 orang), Jepang (704.949 orang), Rusia (466.253 orang) dan Jerman (279.800 orang). Dari sisi akademis, umumnya seorang peneliti telah mengesep pendidikan formal di bidangnya minimal sarjana. Di luar negeri peneliti kebanyakan berpendidikan pascasarjana S-3 (*doctor*) dan telah menjalani program-program postdoctoral di berbagai institusi riset dan universitas. Program postdoctoral merupakan sebuah keharusan bagi seseorang yang ingin melanjutkan karirnya untuk mengajar di perguruan tinggi dengan pencapaian sejumlah hasil publikasi ilmiah pada jurnal berlevel internasional.

Di dunia perguruan tinggi di Indonesia, sebagian besar staf pengajar terlihat haus akan dana riset agar dapat melaksanakan salah satu pilar tridharma perguruan tinggi. Dari segi kualifikasi akademis mereka sudah berjenjang S-2 maupun S-3. Malah, tidak sedikit di antara mereka telah mempublikasikan hasil risetnya selama belajar di luar negeri dalam jurnal ilmiah *prestigious*. Ini menjadi indikator bahwa sumber daya manusia Indonesia sebenarnya mempunyai kemampuan sama baiknya dengan peneliti dari mancanegara dalam hal menulis hasil penelitian untuk diterbitkan dalam jurnal ilmiah. Sayangnya, setelah kembali ke Tanah Air kultur akademik menjadi pudar dan menjadi kurang produktif karena harus "berkejaran" dengan semangat mempertahankan hidup di tengah hiruk-pikuknya perilaku konsumtif masyarakat di sekitarnya.

7.4. Kerjasama Antarlembaga Riset-Perguruan Tinggi dan Industri

Lembaga-lembaga riset seperti LIPI, BATAN, BAPETEN, LAPAN, BPPT dan Perguruan Tinggi (PT) umumnya telah memiliki sejumlah peralatan laboratorium, yang mungkin belum didayagunakan. Kerjasama antar institusi dapat lebih dioptimalkan yang antara lain membuat database alat-alat yang dimiliki (spesifikasi, kondisi, jumlah, pemakaian, dll) oleh instansi-instansi di atas. Memang pada beberapa tahun belakangan ini, telah ada beberapa kerjasama riset antar lembaga riset, PT, dan industri. Akan tetapi masih dilakukan oleh sekelompok peneliti mapan dan masih belum merata di antara PT yang ada. Akan jauh lebih baik apabila kerjasama tersebut dapat dijalin dengan lembaga riset dan PT di luar negeri yang notabene memiliki instrumen yang jauh lebih canggih. Untuk riset dengan topik-topik yang sederhana dapat dilakukan dengan memanfaatkan kolaborasi di atas.

sebagaimana diamanatkan UU No. 18/2002 tersebut di atas. Melalui aturan itu maka perusahaan yang melakukan R&D untuk kepentingan perusahaan sendiri akan memperoleh "insentif sebagian" sementara bila R&D itu untuk diberikan kepada khalayak luas maka akan diberikan "insentif sepenuhnya (100%)".

7.2. Fasilitas Riset Bersama (*Consortium Research Facility*)

Dalam pelaksanaan riset dasar (fisika maupun kimia) mutlak dibutuhkan sarana penelitian berupa gedung/laboratorium, berbagai instrumen utama (*main instrument*) dan instrumen pendukung (*supporting instrument*), air dan listrik yang cukup. Mengingat dana untuk pengadaan fasilitas riset dasar tersebut tidak sedikit sudah saatnya beberapa universitas dan lembaga riset yang berada pada wilayah yang berdekatan perlu membentuk semacam fasilitas riset bersama (*consortium research facility*) yang tentunya dibantu oleh pemerintah (baik pusat maupun daerah). Terutama dalam pengadaan alat-alat laboratorium yang harganya sangat mahal serta biaya perawatannya akan dapat dipikul bersama. Hal ini akan memberikan banyak manfaat mengingat banyaknya perguruan tinggi dan lembaga riset tersebar dan terpisah jauh satu sama lainnya sehingga akan mengurangi biaya transportasi para periset yang selama ini bolak balik ke suatu tempat hanya untuk melakukan eksperimen. Dengan fasilitas ini akan dapat terbentuk sebuah komunitas penelitian dari berbagai institusi dan kepakaran yang lebih fokus ke dalam suatu bidang tertentu (*research group*).

Salah satu contoh fasilitas riset bersama yang sangat terkenal adalah Tri-University Meson Facility (TRIUMF), terletak di kampus University of British Columbia (UBC), Vancouver, Canada awalnya didirikan oleh konsorsium tiga universitas di bawah Dewan Riset Nasional Canada (*National Research Council*). Ketiga universitas tersebut adalah UBC, University of Victoria dan Simon Fraser University, dan belakangan tujuh universitas di Canada ikut bergabung dalam konsorsium. TRIUMF adalah fasilitas *cyclotron* terbesar di dunia yang tidak hanya dipakai dalam riset fisika partikel elementer (*subatomic physics*) akan tetapi fisika kesehatan (terapi proton untuk mengobati kanker mata, positron emission tomography pemindai kepala dan radio farmasi). Kini ratusan instansi riset dari 25 negara (Amerika, Uni Eropah, Jepang dan Cina) menggunakan fasilitas ini dalam mengerjakan proyek riset skala internasional.

7.3. Memperhatikan Kehidupan Peneliti

Pekerjaan meneliti adalah sebuah pekerjaan yang tidak mudah dan memerlukan ketekunan, idealisme, kejujuran ilmiah, kontinuitas dan kerja

dengan temuan yang menunjang bidang teknologi, informasi, dan komunikasi. Berdasarkan data tersebut dapat dilihat bahwa penerima hadiah Nobel masih didominasi oleh negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan UE. Tergambar juga bahwa ilmuwan penerima Nobel berasal dari negara penguasa teknologi dunia dengan tingkat perekonomian yang maju ditandai dengan angka GDP yang cukup tinggi. Yang juga menarik adalah bahwa beberapa dari penerima hadiah Nobel tersebut bukan dari negara penguasa teknologi akan tetapi akhirnya memilih berdomisili (pindah kewarganegaraan) di negara maju. Hal ini mereka lakukan mengingat di negara asalnya kegiatan riset dasar kurang mendapat perhatian.

6. KENDALA DALAM RISET DASAR BIDANG FISIKA

6.1. Peralatan Laboratorium

Kebanyakan riset-riset bidang fisika yang bertaraf lanjutan (*advanced research*), seperti karakterisasi dan pembuatan material dilakukan pada suatu kondisi tertentu, diantaranya:

- Teknologi suhu rendah,
- Teknologi suhu tinggi,
- Teknologi tekanan rendah,
- Teknologi tekanan tinggi,
- Teknologi medan magnet rendah,
- Teknologi medan magnet tinggi,
- Teknologi berdimensi rendah,
- Teknologi berdimensi tinggi.

Untuk itu kebutuhan akan sejumlah peralatan laboratorium (*equipment*) dengan akurasi tinggi dan mutakhir mutlak diperlukan. Sebagaimana diketahui bahwa peralatan laboratorium yang dapat bekerja pada kondisi-kondisi di atas harganya sangatlah mahal karena sebagian besar merupakan peralatan canggih sehingga harus diimpor dari luar negeri. Di samping itu, kebanyakan peralatan laboratorium biasanya tidak dapat berdiri sendiri melainkan harus didukung oleh peralatan kecil lainnya. Biaya operasional dan pemeliharaan alat-alat ini juga tidak sedikit, seperti daya listrik yang besar dan bahan-bahan pendingin pada perlakuan suhu rendah. Yang tidak kalah pentingnya adalah sumber daya manusia (peneliti dan teknisi) yang menggunakan dan memelihara alat-alat tersebut agar tetap dalam kondisi baik. Minimnya alat-alat eksperimen baik dari segi kuantitas maupun kualitasnya merupakan salah satu kendala utama bagi peneliti

untuk berimprovisasi dan melakukan riset-riset dasar yang hasilnya belum tentu dapat diaplikasikan dan berorientasi pasar.

6.2. Riset Dasar yang Miskin Aplikasi

Setiap kegiatan riset selalu diharapkan manfaat langsung bagi umat manusia, apalagi dana untuk riset tersebut tergolong mahal. Anggapan bahwa hasil riset ilmiah selalu membawa aplikasi langsung sudah menjadi tuntutan bagi semua negara, tidak terkecuali di Indonesia. Namun, hasil riset dasar fisika (terutama riset di bidang fisika teoritis) tidak selalu membawa aplikasi langsung dan berdampak segera apalagi bila dikaitkan dengan pengembalian dana investasi penelitian (*return on investment/ROI*). Inilah yang membedakan riset dasar dan riset terapan (teknologi).

Mulai tahun 1990-an pemerintah Indonesia (Direktorat Pendidikan Tinggi) telah memberikan rangsangan bagi peneliti Indonesia berupa hibah riset (Hibah Bersaing, Riset Kemitraan, Riset Pascasarjana, Riset Kemitraan, Penelitian Dasar, dll) dengan jumlah dana yang bervariasi namun bersifat kompetitif. Pada kompetisi mendapatkan hibah riset ini, riset dasar selalu menjadi "anak bawang", termarginalkan dan selalu dijauhi oleh pihak industri sebagaimana dengan riset terapan. Inilah kenyataan sebenarnya karena tuntutan akan aplikasi riset masih sangat dominan.

Sangat dikhawatirkan apabila suatu saat riset dasar dipaksa mendanai sendiri (*self-finance*) dan menjual produknya ke pasar sebagaimana riset terapan yang selalu mendapat gendangan tangan dari pihak industri sebagai pengguna (*users*). Dapat dimaklumi bahwa dari kacamata bisnis, ROI menjadi hal yang utama (*first priority*). Akan tetapi salah satu elemen investasi tersebut adalah teknologi yang basisnya tidak lain adalah riset dasar (*fundamental*). Di negara maju seperti US, Jepang, UE, geliat riset dasar ditunjang penuh oleh pemerintahnya sebagai bentuk tanggung jawab terhadap pengembangan ilmu dasar, mulai dari pengadaan infrastruktur, instrumen, bahan-bahan penelitian, serta dana yang berkecukupan.

7. UPAYA-UPAYA MENGGAIRAHKAN KEGIATAN RISET DASAR

Untuk meningkatkan gairah penelitian dasar bagi para peneliti baik di perguruan tinggi maupun di lembaga-lembaga riset di Indonesia maka pemerintah melalui kantor Menristek dan Dirjen Dikti perlu melakukan beberapa langkah konseptual antara lain:

7.1. Merangkul Dunia Industri

Sebagaimana diketahui bahwa selama ini banyak hasil-hasil penelitian terapan dari universitas dan lembaga riset tidak dapat dimanfaatkan oleh pihak dunia industri karena tidak selaras dengan kebutuhan industri. Tidak jarang hasil penelitian berakhir pada acara seminar dan artikel jurnal di perpustakaan. Mending, bila hasil penelitian tersebut dapat menembus jurnal-jurnal kelas dunia (*reputable journal*) yang juga dapat meningkatkan pamor peneliti kita. Pada kenyataannya peran dunia industri dengan berlandaskan invensi dan inovasi semakin dituntut.

Permasalahan yang dihadapi sektor industri di Indonesia dalam melakukan inovasi adalah rendahnya kualitas SDM untuk melakukan kegiatan litbang dan adanya anggapan bahwa kegiatan litbang membutuhkan investasi yang besar dengan resiko yang relatif besar. Kelemahan ini mengakibatkan adanya ketergantungan pada teknologi yang berasal dari luar negeri dan mengabaikan proses pengembangan teknologi. Memang ada beberapa industri telah ikut mendanai kegiatan penelitian terapan terutama yang berkaitan erat dengan performa industri tersebut, namun tidak sedikit dunia industri masih memilih hasil riset yang kedaluarsa yang notabene murah meriah. Ke depan, sudah sepatutnya pihak industri ikut terjun dalam kegiatan penelitian sejak desain penelitian (perumusan masalah) dimulai hingga bentuk pabrikan yang sesuai dengan keinginan mereka (pihak industri).

Merupakan sebuah terobosan baru bila pemerintah meniru kebijakan pemerintah Cina yang mewajibkan pihak investor/perusahaan asing untuk membangun pabrik-pabriknya sekaligus fasilitas riset dan pengembangan (R&D). Usaha yang hampir sama sebenarnya telah dibuat oleh Menristek yaitu penerbitan Undang-Undang No. 35/2007 tentang Pengalokasian Sebagian Pendapatan Badan Usaha untuk Peningkatan Kemampuan Perekayasaan, Inovasi dan Difusi Teknologi. UU ini merupakan salah satu peraturan perundang-undangan di bidang ilmu pengetahuan dan teknologi yang telah selesai disusun di samping UU yang sudah dikeluarkan sebelumnya, yaitu Peraturan Pemerintah No. 20 tahun 2005 tentang Alih Teknologi Kekayaan Intelektual serta Hasil Penelitian dan Pengembangan oleh Perguruan Tinggi dan Lembaga Litbang dan Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 2006 tentang perizinan Melakukan Kegiatan Penelitian dan Pengembangan bagi Perguruan Tinggi Asing, Lembaga Penelitian dan Pengembangan Asing, Badan Usaha Asing dan Orang Asing.

Dengan diterbitkannya tiga peraturan pemerintah tersebut diharapkan upaya percepatan penguasaan, pemanfaatan, dan pemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dapat dilaksanakan dengan lebih baik