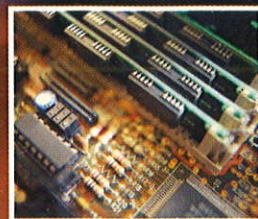
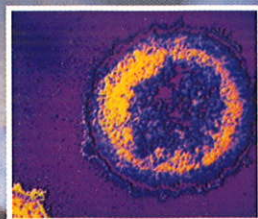


ORATIO DIES

**Teknologi Nano :
SEJAUH APA UNPAR
DAPAT BERPERAN ?**

Oleh : Aloysius Rusli

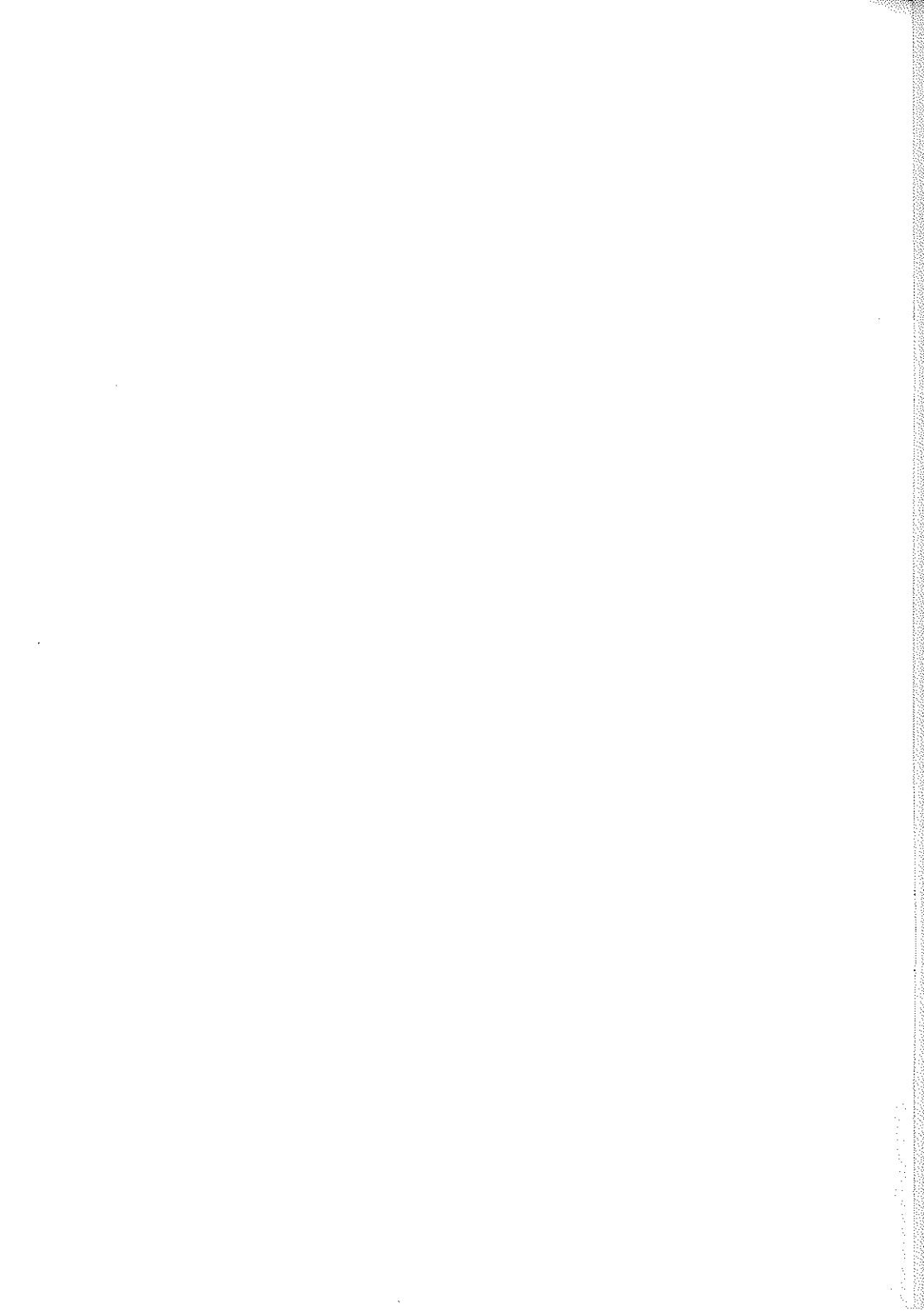
**Dies Natalis ke-52
Universitas Katolik Parahyangan**



**TEKNOLOGI NANO :
SEJAUH APA UNPAR DAPAT BERPERAN ?**

Aloysius Rusli
Jurusan Fisika, FMIPA

*ORATIO DIES NATALIS ke 52
UNIVERSITAS KATOLIK PARAHYANGAN
17 Januari 2007, Gedung Serba Guna, Unpar*



TEKNOLOGI NANO : SEJAUH APA UNPAR DAPAT BERPERAN ?

LATAR BELAKANG

Sejak satu tahun terakhir, di lingkungan pimpinan Universitas Katolik Parahyangan didiskusikan tentang peluang mendirikan suatu fakultas ilmu-ilmu kesehatan. Dukungan dari berbagai pihak luar, seperti pimpinan asosiasi dokter katolik Jawa Barat dan pimpinan beberapa fakultas kedokteran di Jawa Barat telah diutarakan. Visi tahun 2020 Unpar (Yayasan Unpar 2006) pun membuka peluang untuk ini.

Sebagai suatu universitas katolik, Unpar patut mempertimbangkan hal di atas dengan sungguh-sungguh. Dalam Konstitusi Apostolik tentang universitas katolik "*Ex Corde*" yang terbit pada tahun 1990, butir 34 (KWI, 1992) diarahkan bahwa, "Injil ('Kabar Baik') yang ditafsirkan dalam ajaran sosial Gereja ('Umat') merupakan tuntutan – yang mendesak untuk meningkatkan perkembangan masyarakat yang bergelut untuk lepas dari kesengsaraan, wabah penyakit, dan kebodohan, ...", dan "setiap universitas katolik merasa bertanggungjawab untuk memberi sumbangan konkret kepada kemajuan masyarakat di mana universitas berkarya".

Juga pidato pengukuhan profesor Bambang Sugiharto (2006) tanggal 16 Desember yang lalu, mengimplikasikan ini dalam ungkapan yang dikutip dari Friedrich Schiller, "... peradaban adalah situasi di mana manusia sebagai Ruh semakin mampu memandang lebih dalam aspek keRuhaniannya, di mana kekuasaan berubah menjadi kepedulian, ...".

Ilmu-ilmu kesehatan dapat mencakup ilmu kedokteran (diagnosis dan pengobatan), ilmu keperawatan, tetapi juga teknologi diagnosis dan pengobatan, ilmu farmasi, ilmu kesehatan masyarakat, dll. Kondisi masyarakat kita amat memerlukan pelayanan yang baik (dan mampu dibiayai) di bidang kesehatannya.

Khususnya segi teknologi diagnosis dan pengobatan telah mengalami perkembangan pesat dalam beberapa puluh tahun terakhir, dan salah satu faktor suksesnya adalah penerapan ilmu dan teknologi mutakhir untuk itu.

Oratio ini memusatkan perhatian pada satu segi ilmu dan teknologi mutakhir ini, karena patut dianalisis, sejauh apa Unpar dapat berperan tentangnya, demi kebaikan masyarakat sekitarnya. Segi ilmu dan teknologi mutakhir yang hendak disorot adalah ilmu dan teknologi nano.

TEKNOLOGI NANO, DAN PERKEMBANGANNYA

Terdapat beberapa definisi bagi teknologi nano (UNESCO 2006, rujukan utama Oratio ini), tetapi semuanya merujuk ke peralatan / bahan berukuran setingkat nanometer.

Satu nanometer (nm) = 0,000 001 milimeter ($1 \text{ nm} = 10^{-6} \text{ mm}$). Sebagai suatu perbandingan :

- a. Shelai rambut manusia bertebal $\sim 20\ 000 \text{ nm}$; jadi jika sekiranya satu nanometer setebal rambut itu, rambut akan tampak setebal ~ 40 sentimeter!
- b. Inti atom ~ 10 femtometer, $= 0,000\ 010 \text{ nm} = 10^{-14} \text{ m}$, ini lah batas atas wilayah nuklir;
Atom $\sim 0,1 \text{ nm} = 10^{-10} \text{ m}$,
DNA (*de-oxy-ribo-nucleic acid*) $\sim 1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$,
Virus $\sim 100 \text{ nm} = 10^{-7} \text{ m}$; ini lah batas atas wilayah nano;
Sel darah merah $\sim 1\ 000 \text{ nm}$, $= 1$ mikrometer (μm) $= 10^{-6} \text{ m}$, yang mulai dapat dilihat dengan mikroskop optik,
Daya lihat mata telanjang $\sim 0,1 \text{ mm} = 100 \mu\text{m} = 10^{-4} \text{ m}$, ini lah batas atas wilayah mikroskopik;
Tebal mata uang $\sim 1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$,
Ukuran semut besar $\sim 10 \text{ mm} = 10^{-2} \text{ m}$;
Ukuran tubuh manusia ~ 1 meter ini lah wilayah makroskopik;
di atasnya adalah wilayah kosmik :
Ukuran Bumi $\sim 10^7 \text{ m}$,
Ukuran Susunan Matahari $\sim 10^{13} \text{ m}$,
Satu tahun cahaya $\sim 10^{16} \text{ m}$,
Ukuran Galaksi kita $\sim 10^{21} \text{ m}$,
Ukuran himpunan galaksi di sekitar Galaksi kita $\sim 10^{24} \text{ m}$,

Jarak ke galaksi terjauh yang sempat ditemukan $\sim 10^{26}$ m, yaitu pada jarak 12 milyar tahun cahaya, ketika jagad raya baru berusia 1,7 milyar tahun (*National Geographical Society* 1999).

Teknologi nano bukan lah sekedar Fisika atau Kimia, yang sejak 200 tahun ini telah mempelajari dan akhirnya makin mampu mengelola atom-atom dan molekul, yang berukuran $\sim 0,1$ nm. Teknologi nano mempelajari susunan atom berukuran 1 – 100an nanometer, yang ternyata memiliki sifat berbeda dengan sifat individual atom atau molekul (yang memerlukan deskripsi mekanika kuantum); tetapi juga berbeda dengan sifat makroskopik (karena proporsi luas permukaan serta perannya vs volume zat menjadi signifikan, di samping peran mekanika kuantum pun menjadi penting).

Amerika Serikat membentuk NNI (*National Nanotechnology Initiative*) pada tahun 2001, untuk mengkoordinasi pendanaan penelitian oleh berbagai lembaga di USA. NSF (*National Science Foundation*) pun menyalurkan dana besar untuk itu, melalui setidaknya 14 lembaga yang menangani berbagai aspek teknologi nano.

Jepang pun, menyalurkan \sim US\$ 0,25 milyar, Uni Eropah € 1 milyar, Inggris £ 0,05 milyar. Cina, Iran, Brazil, dan Israel pun mulai menyalurkan dana untuk ini.

Definisi teknologi nano menurut NNI adalah, 'penelitian dan pengembangan teknologi pada tataran atomik, molekular, makromolekular, dengan ukuran 1 – 100 nm untuk memperoleh pemahaman mendasar tentang gejala dan bahan pada skala nano itu, dan untuk menciptakan dan memanfaatkan struktur, devais, sistem yang memiliki sifat dan perilaku baru akibat ukuran nano itu'.

Cina, Jepang, dan Korea lebih menekankan bahan dan elektronika, Afrika dan Amerika Latin lebih mengarah pada pengobatan dan lingkungan. *Royal Society* di London membedakan 'ilmu nano' sebagai 'penelitian dan manipulasi' partikel nano, dari 'teknologi nano' yang dipandang lebih sebagai 'desain, karakterisasi, dan produksi struktur, devais, dan sistem' pada skala nano itu.

Bidang-bidang pokok seperti fisika dan kimia, elektro, biologi molekular, ilmu komputer berpeluang terbesar untuk berkembang di bidang nano ini,

tetapi bidang lain seperti ilmu material, teknik kimia, teknik lingkungan, rekayasa bio, penelitian medik, optika dan fotonika juga dapat berperan besar. Ilmu sosial dan humaniora pun mulai terlibat, terlebih di bidang etika dan analisis kebijakan.

Sebagian besar penelitian dalam teknologi nano tergerak oleh pemanfaatan praktis, dan situasi sedang berada dalam suasana transisi – bidang-bidang tua mulai melihat bahwa perlu ada kerjasama dengan bidang tetangga, dan mulai tumbuh suatu generasi ilmuwan yang dapat meneliti hal-hal dan dapat mengendalikan hal-hal yang tidak lagi dapat dipahami senior mereka.

Contoh perkembangannya :

- a. Sebutir makroskopik emas biasanya berwarna kuning, karena panjanggelombang warna kuning (~ 550 m) diserap tapi lalu dipancarkannya lagi (panjanggelombang lainnya diserap dan berubah menjadi energi termal). Akan tetapi butir emas berukuran 100an nanometer (jadi pada ukuran partikel koloid) dalam air akan dapat menyerap dan memancarkan panjanggelombang merah, sehingga cairan koloid itu tampak merah.

Ternyata pada tahun 2003 (UNESCO 2006, catatan kaki 16) J L West dan N J Halan berhasil menunjukkan bahwa koloid dengan butiran-butiran kaca berjejari 60 nm yang berbungkus lapisan emas 5 nm dapat menyerap sinar inframerah dengan kuat tanpa memancarkannya kembali. Hal ini lalu digunakan untuk membunuh sel kanker tanpa mengganggu sel normal. Caranya adalah, dengan mengikatkan antibodi sel kanker pada lapisan emas itu, sehingga butiran itu dapat menempel (hanya) pada sel kanker. Jika kemudian disinarkan sinar laser berdaya-rendah pada koloid itu, butir berlapis itu menjadi panas sehingga dapat mematikan sel kanker (saja).

Jadi ini adalah contoh pemanfaatan secara orisinal bahan buatan berukuran nano.

- b. Pada tahun 1984, Richard Smalley dan Robert Curl beserta dua mahasiswa doctoral Jim Heath dan Sean O'Brien (Rice University, USA) dan Harold Kroto (Sussex University, UK) berhasil mengenali adanya *buckminsterfullerene* (untuk menghormati arsitek yang termasyhur oleh bentuk-bentuk melengkung bangunannya; yang kemudian disebut singkat sebagai jenis *fullerene*, atau secara informal

'*buckyball*'), dengan rumus kimia C-60 karena satu molekulnya berbentuk bola sepak berat atom karbon 60 buah! *Buckyballs* ini rupanya banyak terbentuk dalam jelaga api lilin biasa. Karena kemudian berhasil disintesis dan dikarakterisasi, dan sifat 'bola-bola nano' ini membuka harapan pemanfaatan beraneka ragam, tiga peneliti itu menerima Hadiah Nobel Fisika untuk karya itu pada tahun 1996.

Kemudian (th 2003 dan 2004; UNESCO 2006, catatan kaki 18) memang ditemukan bahwa kalau *buckyballs* masuk dalam peredaran darah tikus, terjadi gejala keracunan, dan kalau mengendap di jaringan otak ikan muda tertentu, terjadi '*oxidative stress*'.

Pada tahun 1991, S Iijima di NEC Jepang menemukan variasi lain *fullerene*, yang lalu disebut 'tabung nano' karena para atom karbon menyusun suatu cerobong berdinding tunggal (*SWNT*, *single-walled nanotube*) atau berdinding ganda (*MWNT*, *multi-walled nanotube*). Saat ini Mitsubishi, Jepang sedang mengusahakan memproduksi tabung nano ini secara seragam dan massal, karena ternyata sifatnya dapat amat beragam, dari semikonduktor sampai ke superkonduktor, dengan efek warna warni yang sekedar tergantung pada panjang tabungnya, dsb.

Masalah yang saat ini sedang diusahakan adalah, bagaimana memproduksi tabung nano ini secara seragam dan terkontrol.

Pada tahun 2004 (Neto dkk 2006) ternyata Andre Geim dkk di *University of Manchester*, Inggris, berhasil memperoleh *graphene*, yaitu lapisan karbon setebal 1 atom, 'sekedar' dengan mengelupaskannya dengan *celotape* dari grafit. Kini sudah ratusan artikel ilmiah dipublikasi tentang sifat grafen ini. Satu harapan adalah bahwa dengan grafen ini dapat diatasi kesulitan teknologis yang dihadapi pada tabung nano.

Jadi ini adalah contoh pemanfaatan secara orisinal bahan alamiah berukuran nano.

- c. Sejak tahun 1990an, telah mulai berhasil dibuat butir-butir logam berukuran belasan nanometer, yang dapat menghasilkan berbagai warna-warni tergantung sekedar pada ukuran butirnya. Diperkirakan '*quantum dot*' ini dapat dipakai sebagai pengganti pigmen / zat warna konvensional sekedar dengan mengatur ukuran butirnya, atau sebagai devais elektronik dengan menggunakan hanya satu elektron setiap kali (suatu tingkat ketelitian, dan tingkat penghematan besar!). Selain itu,

elektronika nano ini akan dapat menggunakannya sebagai devais komputer yang bekerja dengan satu-satu elektron; artinya penggunaan arus listrik yang amat sangat sedikit. Hal ini memungkinkan dampak pemanasan disusutkan dan ukuran devais dapat makin diperkecil lagi. Akhirnya dampak-dampak mekanika kuantum mulai pula terasa dan harus diperhitungkan. Jadi ini adalah contoh lain pemanfaatan secara orisinal bahan buatan berukuran nano.

- d. Dari arah biologi, bidang biologi molekular (DNA yang direkombinasi, untuk mengubah sifat tanaman dan hewan melalui rekayasa genetik/DNA) dan bidang biokimia makin saling mendekat, dan sejak tahun 2000 mulai digunakan istilah 'nano-bioteknologi' untuk kegiatan yang sejak awal sudah ada pada tataran nano ini.

Pada tahun 1959, Richard Feynman (pemenang Hadiah Nobel Fisika tahun 1965 bersama Julian Schwinger dan Sin-itiro Tomonaga (Weber 1980) untuk perumusan teori yang luar biasa cocok dengan pengamatan, yaitu Elektrodinamika Kuantum, perilaku elektron secara kuantum) mengingatkan betapa luasnya peluang pemanfaatan bahan jika rekayasa dapat dilakukan pada tataran atomik. Tahun ini biasa dipandang sebagai titik awal penyadaran tentang dapat adanya teknologi pada tataran nano ini.

Pada tahun 1981, Eric Drexler merumuskan bagaimana dapat memproduksi struktur kompleks pada tataran nano, dengan '*exponential manufacturing*', dan 5 tahun kemudian, dalam bukunya '*Engines of Creation*' dia memperkenalkan untuk pertama kali istilah 'teknologi nano' yang segera menjadi makin populer.

Dia juga sekaligus menguraikan tentang adanya peluang bahwa struktur nano itu dapat dibuat mereproduksi dirinya sendiri, sehingga akan dapat membiak secara eksponensial seperti ramalan Malthus tentang perkembangbiakan manusia; yang lalu malah dapat menyerang dan melebur seluruh mahluk hidup dan mengubahnya menjadi suatu lapisan lendir kelabu ('*grey goo*') yang serbasama yang menutupi seluruh permukaan Bumi. Hal terakhir ini ternyata menggugah suatu rasa ketakutan dan timbulnya gerakan anti teknologi nano; sampai-sampai Drexler akhirnya (Phoenix & Drexler, 2004) menyatakan bahwa peluang tersebut sebenarnya amat sangat kecil dan tidak efisien. Untuk itu dia juga mengajak penggunaan istilah *molecular nanotechnology*

untuk pengembangan mesin-mesin nano yang dapat mengontrol-diri dan mengembangkan diri secara otomatis.

Istilah *molecular manufacturing* diusulkannya digunakan untuk pengembangan mesin-mesin nano yang lebih sederhana-efisien yang tidak perlu (dan tidak mampu) mengembangbiakkan diri sendiri. Sejumlah tulisan dan publikasi yang menjelaskan sudut pandang mereka (Phoenix 2006) telah dikumpulkan dan sebagian telah disumbangkan oleh Pak Klaas J Villanueva berupa 3 berkas berisi :

- i. Empat belas artikel tentang teknologi nano,
- ii. Tiga makalah panjang tentang *molecular manufacturing*,
- iii. Tiga puluh tiga buletin *Center for Responsible Nanotechnology* yang direturnya Chris Phoenix, serta 15 wawancara oleh Sander Olson.

Makanan yang 'termodifikasi genetik' oleh DNA yang di-rekombinasi pun sempat menimbulkan gerakan anti '*genetically modified food*'. Hal ini merupakan pelajaran mahal bagi pihak industri, yang semula merasa tidak perlu menyebarkan informasi rinci tentang rekayasa apa yang telah mereka lakukan terhadap bahan yang mereka pasarkan. Ini ternyata menyentuh rasa etika masyarakat.

Jadi ini adalah contoh pemanfaatan bahan alam / organik pada ukuran nano.

- e. Kutipan dari majalah Forbes tentang 'Top Ten' inventions tahun 2003 dan 2004 (UNESCO 2006) juga menunjukkan fokus pada teknologi nano :
- i. Lilin nano untuk pelicin alas ski salju,
 - ii. Tekstil nano & aerogel untuk isolasi kalor,
 - iii. Tekstil nano mudah-cuci/anti-kusut & anti-noda,
 - iv. Krim nano pelembut kulit L'Oréal; anti UV, peredam sakit otot (dengan selaput liposoma berukuran 90 nm),
 - v. *OLED (organic light emitting diode)* kamera Kodak,
 - vi. Lapisan nano anti-refleksi untuk kacamata,
 - vii. Tabung nano untuk raket tenis, bola tenis, bola golf,
 - viii. Fullerene titanium untuk batang golf,
 - ix. Perak nano untuk lapisan pembalut luka bakar,
 - x. Emulsi nano untuk disinfektan keperluan P3K militer,

- xi. Bahan penyemprotan nano yang amat hidrofobik, untuk anti-kelembaban bagi bahan bangunan,
 - xii. Bahan penyemprotan nano yang amat hidrofilik, untuk tetap transparannya kaca jendela.
 - xiii. Bahan *hydroxy-apatite* berbutir nano untuk perekat/penambal gigi.
- f. Salamanca-Buentello dkk (2005) mengutarakan aplikasi teknologi nano yang berprioritas utama bagi negara yang sedang berkembang :
- i. Penyimpanan, produksi, dan konversi energi, seperti :
 - = sistem baru penyimpanan hidrogen bermodalkan tabung nano dan bahan nano ringan lainnya.
 - = Devais fotovoltaiik dan penghasil cahaya organik (*OLED*) bermodalkan '*quantum dot*'.
 - = Tabung nano karbon dalam selaput komposit untuk sel surya.
 - = Katalis nano untuk memproduksi hidrogen.
 - = Membran biomimetik campuran protein – polimer.
 - ii. Peningkatan produktivitas pertanian, seperti :
 - = Zeolit berpori nano untuk pendosisan air & pupuk secara lambat & efisien untuk tanaman, dan gizi dan obat untuk hewan ternak.
 - = Kapsul nano untuk penyebaran herbisida.
 - = Pengindra/sensor untuk kualitas tanah dan kesehatan tanaman.
 - = Magnet nano untuk menyingkirkan pengotor tanah.
 - iii. Pengelolaan mutu air, seperti :
 - = Membran berpori nano untuk penyaringan, desalinasi, & detoksifikasi air.
 - = Sensor nano untuk mendeteksi kontaminan dan patogen.
 - = Partikel nano TiO_2 untuk degradasi polutan air secara katalitik.
 - iv. Diagnosis penyakit, seperti :
 - = Sistem nanoliter ('laboratorium seukuran cip komputer').
 - = Pengindra/sensor yang terbuat dari tabung nano.
 - = *Quantum dot* , kawat nano untuk diagnosis penyakit.
 - = Magnet nano sebagai sensor nano.
 - = Konjugat dendrimer-antibodi untuk diagnosis HIV-1 dan kanker.

- = Partikel nano sebagai pengontras pencitraan medik.
- v. Sistem pendosisan obat, seperti :
- = Kapsul nano, membran liposoma, dendrimer, *buckyball*, biomagnet nano, dll untuk pendosisan obat secara teratur dan efisien.
- vi. Penyimpanan dan pemrosesan makanan, seperti :
- = Komposit nano untuk pelapis plastik pembungkus makanan.
 - = Emulsi nano anti-mikroba untuk proses dekontaminasi makanan, peralatan dan pembungkusnya.
 - = Biosensor nano untuk deteksi dan identifikasi kontaminan patogen.
- vii. Pencegahan polusi udara, seperti :
- = Partikel nano Ti O₂ untuk degradasi secara foto-katalitik polutan udara ('*self-cleaning systems*').
 - = Katalis nano untuk pencegah polusi yang lebih efisien, murah, dan lebih terkontrol.
 - = Sensor nano untuk deteksi bahan beracun dan kebocoran-kebocoran peralatan.
 - = Devais nano untuk penyaringan gas.
- viii. Konstruksi, seperti :
- = Makromolekul berukuran nano untuk membuat aspal dan beton lebih tahan air.
 - = Bahan nano yang tahan panas untuk menahan radiasi ultraviolet dan infra-merah.
 - = Bahan nano untuk perumahan, dinding, perekat, beton, pencegah panas dan cahaya yang lebih murah dan kuat.
 - = Pelapis bio-aktif untuk jendela, cermin, toilet yang 'membersihkan diri sendiri'.
- ix. Pemantauan kesehatan, seperti :
- = Tabung dan partikel nano untuk pengindra gula, karbon dioksida, kolesterol, dan pemantauan *in-situ* homeostasis.
- ix. Deteksi dan pengontrolan hama, seperti :
- = Sensor nano untuk deteksi hama.
 - = Partikel nano untuk pestisida, insektisida, dan penolak serangga.

Semua contoh di atas dapat berkembang berkat penciptaan dua alat ampuh : STM (*scanning tunneling microscope*) dan AFM (*atomic force*

microscope). STM diciptakan Gerd Binnig dan Heinrich Rohrer di sekitar tahun 1980an, dan mereka memperoleh Hadiah Nobel Fisika tahun 1986 untuk itu, bersama Ernst Ruska, pencipta mikroskop elektron yang pertama. STM memanfaatkan arus elektron yang secara kuantum menerobos vakum < 1 nm antara ujung suatu jarum dengan permukaan yang diliput (*scan*) untuk diperoleh topografinya. Arus elektronnya yang berorde nanoampere tidak terlalu (!) sulit diukur.

Dengan STM, Donald Eigler (IBM Labs di Almaden) telah berhasil mengatur-atur posisi beberapa belas atom Xenon untuk membentuk tulisan 'IBM' (tahun 1989) di atas suatu substrat nikel. Kemudian, dia juga berhasil bersama mahasiswanya, untuk menyusun atom-atom membentuk suatu '*quantum corral*' (seperti arena kandang sapi Amerika) yang dapat mempertontonkan sifat dualitas partikel – gelombang elektron mau pun atom.

AFM dikembangkan Binnig bersama Christoph Gerber, setelah pindah dari Laboratorium IBM di Zürich, Swiss, seusai penciptaan STM, ke Lab IBM di Almaden, dengan bekerjasama dengan fisikawan di Stanford University, Kalifornia. Kepindahan itu adalah karena ingin menghindari terlalu banyak gangguan pekerjaan setelah STMnya makin luas digunakan. Enam bulan sebelum diberi Hadiah Nobel itu, mereka mengumumkan versi awal AFM, yang kemudian terus berkembang selama 10 tahun sebelum digunakan secara makin meluas sampai saat ini.

AFM mengukur gaya-gaya van der Waals dan gaya kovalen dsb, dengan jarum yang berjejari ~ 100 nm dan berjarak ~ 0,5 nm dari permukaan dengan beda potensial listrik ~1 volt saja (Giessibl & Quate 2006). Dengan mengukur gaya berorde nanonewton itu, topografi permukaan akan dapat digambarkan di layar komputer.

Perkembangan-perkembangan yang dinamis di atas telah mendorong *National Science Foundation, USA*, mengusulkan pada tahun 2003 (UNESCO 2006) suatu upaya "konvergensi nano-bio-info-kogno", yaitu bergabungnya upaya dalam bidang-bidang biologi, teknologi informasi, ilmu kognitif pada tataran nano, sebagai teknologi nano yang komprehensif "demi memperbaiki kinerja manusia". Arah ini dapat dianggap radikal juga, tetapi belum banyak pakar yang tergabung dalam upaya terpadu ini. Menurut pandangan UNESCO, sebaiknya semua negara, walau pun tidak terlibat dalam teknologi ini, ikut berpartisipasi menetapkan hasil yang diharapkan dari teknologi nano ini, dan proses yang sebaiknya dilakukan,

berdasarkan norma kesetaraan, keadilan, dan kepastian (*equity, justice, and fairness*). Jika hal ini tidak dilakukan, perkembangan akan dapat diarahkan oleh industri dan negara demi kepentingannya masing-masing. Pada tahap awal ini, warga biasa di setiap negara perlu disadarkan tentang arah perkembangan teknologi nano dan peluang-peluang yang dapat terjadi.

IMPLIKASI ETIS, POLITIS, DAN LEGAL

Telah dilakukan banyak penelitian tentang teknologi nano, dan tampak pula bahwa negara yang sedang berkembang dapat tertinggal pula oleh '*knowledge divide*' jika tidak sempat berpartisipasi secara setara dengan negara maju. Akan tetapi juga tampak sudah adanya perbedaan situasi dengan 15 tahun yang lalu.

Misalnya, saat ini para elit termasuk elit peneliti memiliki akses informasi yang cukup setara, dan dapat berinteraksi dengan cukup lancar secara internasional, berkat hadirnya Internet.

Yang malah tampak menjadi masalah adalah kesenjangan komunikasi intern negara, antara elit dan pakar dengan masyarakat yang kurang terdidik dan miskin. Hal ini perlu diupayakan untuk dicegah.

Hal lain yang berkaitan adalah, jenis dan arah teknologi nano yang sebaiknya dipilih suatu negara. Penelitian pada tahun 2005 (oleh Salamanca dkk) yang telah disebut di atas, menyimpulkan bahwa negara miskin sebaiknya berfokus pada penyimpanan energi dan konversinya, pengolahan air bersih, dan diagnosis serta pengobatan penyakit/kehatan. Malah disimpulkan bahwa 10 aplikasi tertinggi teknologi nano yang dipandang utama, sudah selaras dengan *Millenium Development Goals* yang sudah disepakati PBB. Aplikasi-aplikasi ini memiliki prospek pengembangan dan komersial yang kuat, tetapi ini perlu diawali oleh sikap mendukung oleh negara dan swasta.

Selanjutnya, perlu disepakati insentif untuk menggerakkan penelitian mendalam tentang masalah-masalah yang urgen, lalu menggunakan hasilnya untuk membangun infra-struktur yang diperlukan.

Salah satu masalah utama teknologi nano adalah ketoksikan dan dampak lingkungannya. Ini lebih merupakan masalah keamanan dan kesehatan, bukan lah masalah etis atau politis. Banyak perusahaan sudah menerapkan

'manajemen risiko' terhadap hal ini, tetapi belum meluaskan perhatiannya pada makna etis atau politis temuannya, yaitu, 'siapa yang menanggung risiko itu, bagaimana tanggungjawab ditanggung secara internasional, dan siapa akan diberi wewenang menetapkan langkah berdasarkan hasil analisis itu'.

Ketoksinan mengait pada dampak biologis dan kimiawi partikel nano pada tubuh manusia dan lingkungan hidupnya. Dampak lingkungan bertitik berat pada pengaruh kebocoran, penyebarannya, dan konsentrasi partikel nano yang dapat membahayakan sistem lingkungan dan manusia.

Partikel nano dapat dibagi dalam tiga kelompok :

- a. Partikel nano sintesis, seperti *buckyball* dan lapisan nano.
- b. Partikel nano dalam gas buangan industri dan kendaraan, seperti dalam asap diesel.
- c. Partikel nano alamiah, seperti kristal nano garam dalam udara dekat pantai, dalam asap kebakaran hutan.

Terutama jenis a. yang merupakan hal baru, tetapi telah ditemukan bahwa secara kimiawi dapat diupayakan pencegahan bahaya-bahaya yang ditimbulkannya. Maka masalah bagi administrator dan pengambil putusan adalah, 'bagaimana membuat teknologi nano ini lebih aman?', sedangkan industri dan perusahaan dapat menetapkan norma-norma etis bagi produksi dan pengujian partikel nano, dan peneliti perlu mengutarakan bukan hanya manfaat-manfaat melainkan juga persyaratan untuk membuatnya secara aman atau lebih aman daripada bahan lain yang setujuan.

Sikap yang sedang teramati merupakan suatu spektrum dengan Uni Eropah di satu ujung yang lebih hati-hati yang berpihak pada konsumen, "industri perlu membuktikan dulu bahwa produknya 'tak berbahaya' ", dan Amerika Serikat di ujung lainnya yang lebih berpihak pada industri dan mengandalkan peran Pemerintah untuk mengontrolnya, "selama tiada bukti, industri boleh terus berproduksi dulu".

Sekiranya lembaga-lembaga internasional seperti ISO (*International Standards Organization*) dapat menetapkan bahwa bahan nano merupakan bahan yang sama dengan bahan yang konvensional, hanya ukurannya saja yang lebih kecil, maka banyak aturan yang sudah berlaku akan dapat mulai

diterapkan, daripada berusaha membuat aturan yang baru bagi bidang nano yang sedang berkembang pesat ini. Tinjau lah beberapa rekomendasi Komisi Eropah untuk perlindungan konsumen :

1. Kembangkan peristilahan (nomenklatur) baru untuk bahan nano.
2. Tetapkan nomor daftar tersendiri bagi partikel nano, dalam CASRN (*Chemical Abstracts Service Registry Number*).
3. Kembangkan ilmu dengan menghimpun data dan analisis performansi terhadap partikel nano baru.
4. Kembangkan instrumentasi baru untuk mengukur sifat partikel nano.
5. Kembangkan metode *risk-assessment* yang terstandarisasi.
6. Sebarluaskan praktek-praktek-baik (*best practices*) dalam *risk-assessments* itu.
7. Dirikan lah lembaga-lembaga untuk memantau perkembangan teknologi nano.
8. Ciptakan lah dialog dengan masyarakat dan dengan industri.
9. Kembangkan lah petunjuk dan standar bagi produksi, penanganan, komersialisasi, dan *risk-assessment* bahan nano.
10. Tinjau lah aturan yang ada, dan sesuaikan lah seperlunya untuk menangani kekhususan teknologi nano.
11. Partikel nano di udara bebas harus diupayakan pembatasannya secara maksimal.
12. Terlepasnya partikel nano ke udara bebas perlu ditiadakan atau diminimalkan sedapat mungkin.

Masalah keamanan, toksisitas, dan dampak lingkungannya memang penting, tetapi di samping itu juga perlu diperhatikan masalah etis dan politik yang lebih luas seperti 'seberapa meluasnya perlindungan hak pemilikan intelektual, perahasiaan dan absahnya hasil penelitian, peluang terjadinya kesenjangan pengetahuan akibat pendanaan dan implikasi legal pemilikan intelektual'. Ringkasnya : Apakah teknologi nano akan dapat berkembang bebas seperti berkembangnya ilmu selama ini, atau akan berkembang dengan pola yang makin berbeda?

Ini menyangkut 'kemerdekaan intelektual' pada peneliti dan perlindungan kepentingan umum terhadap berkembangnya ilmu (teknologi) nano secara rahasia dan elitis.

UNESCO tampaknya merekomendasikan sikap, agar penelitian yang dibiayai dana publik / pembayar pajak, tetap harus terbuka dan terakses-mudah oleh umum. Artinya, para dosen yang bekerja di perguruan tinggi yang dibiayai masyarakat umum (melalui pajak atau melalui yayasan-yayasan) harus pertama-tama tetap mempublikasikan hasil penelitiannya dalam jurnal yang terbuka bagi umum, dan bukannya mendahulukan mendaftarkan hasil penelitiannya untuk dipatenkan.

Pertimbangan kontranya adalah, seberapa memberatkan industri kah sikap itu, industri yang umumnya berorientasi pada laba dan perkembangan dirinya sendiri.

Pertimbangan lain adalah, seberapa keterbukaan itu akan dapat dimanfaatkan oleh pihak yang berkepentingan sempit (nasionalistik atau pun sektarian).

Sebagai catatan akhir tentang masalah etis-legal-politis ini, perlu diingat bahwa akal sehat dan keseimbangan/moderasi perlu dipegang teguh terhadap ekstrem fiksional ('apa pun, sefantastis apa pun, akan dapat dihasilkan oleh teknologi nano') yang akan membuat masyarakat menjadi ketakutan secara berlebihan, dan terhadap ekstrem optimisme-naif ('dampak teknologi nano masih belum akan menjadi penting dalam abad ini') yang akan membuat masyarakat terlena, padahal masalah etis teknologi nano sudah mulai digulati oleh para pakarnya.

PERAN UNPAR

Dalam rapat Senat FMIPA 8 Desember 2006, profesor Benedictus Suprpto Brotosiswojo (2006) menjelaskan pandangannya tentang visi dan misi FMIPA yang dikaitkan dengan visi dan misi 2020 Unpar. Tulisannya berjudul 'Menggagas visi dan misi FMIPA Unpar' telah dilampirkan pada undangan rapat. Pandangan itu, yang ditujukan kepada arah dan sikap FMIPA, saya pandang juga dapat diterapkan pada tataran Unpar sebagai keseluruhan, untuk melihat sejauh apa peran yang dapat dipilih Unpar dalam perkembangan teknologi nano.

Pandangan tentang peran yang dapat dibawakan Unpar itu dapat disarikan menjadi tiga butir :

1. Unpar perlu mengarahkan dirinya pada penerapan ilmu, dengan mengembangkan sikap inovatif-kreatif berdasarkan perkembangan mutakhir ilmu itu. Hal ini didasarkan pada kenyataan bahwa Unpar tidak dapat mengerahkan dana yang memadai bagi dosennya untuk menjadi peneliti di garis depan.
2. Unpar perlu meneruskan membina sikap mampu/mau-bekerja-keras dan lebih mengutamakan hasil jangka panjang daripada hasil 'instan' seperti yang terlalu meluas tampak sebagai suatu 'budaya instan' yang enggan bekerja-keras.
3. Unpar perlu menyerap dan memahami perkembangan ilmu dan teknologi (nano dan lainnya) sampai ke garis paling depan, agar dapat memberi saran dan arahan dini kepada masyarakat dan pengambil putusan tentang masalah etis-legal-politis yang perlu segera dipersiapkan.

KESIMPULAN

Judul Oratio ini mempertanyakan, sejauh apa peran Unpar tentang teknologi nano ini. Satu jawab umumnya baru saja diajukan di atas : Kita dapat memilih beberapa seginya yang mampu kita laksanakan, kita mendukung inovasi penerapannya yang dapat dikembangkan, kita kembangkan sikap rela bekerja keras, dan kita ikuti perkembangan ilmu dan teknologi mutakhir secara cermat dan reflektif; kita juga mengkomunikasikan-nya melalui berbagai jalur. Mutu ini akan menjadi kontribusi besar Unpar kepada generasi muda dan masa depan Unpar; di samping dapat menjadi pijakan lepas landas kelak.

Pertanyaan sejenis adalah : Perlu kah mendirikan suatu bidang dan fakultas baru?

Jawab saya adalah : Silakan saja, akan tetapi hal itu menurut saya bukannya vital. Hal itu juga memerlukan *samenbundeling van alle krachten*, (ungkapan yang sering diucapkan Bung Karno, maknanya : penyatuan semua daya), sesuatu yang belum biasa kita lakukan, dan masih perlu disepakati sejauh apa pengerahan upaya besar seperti itu diperlukan bagi komunitas akademik Unpar. Tetapi kita sedang berlatih pada skala kecil

tentang ini, melalui Program Hibah Kompetisi (setidaknya mulai, di Arsitektur) dan PHK-K3 (~di Ilmu Komputer).

Implikasi jawab itu adalah : Bagaimana merealisasinya?

Beberapa butir saya ajukan sebagai kesimpulan, untuk direnungkan, dan bagi pengambil putusan di berbagai tingkat (dari Pembina Yayasan sampai ke dosen biasa seperti saya dan staf penunjang paling sederhana serta pribadi-pribadi mahasiswa) untuk diniatkan realisasinya bagi diri sendiri dan sejauh kawasan pengaruh (*circle of influence* – istilah Stephen Covey dalam *Seven Habits for Effective People*) masing-masing memungkinkannya :

- a. Ada langkah-langkah kecil konkret yang dapat segera mulai dilakukan, terutama oleh dan terhadap diri masing-masing, seperti : mulai bekerja makin baik, makin sesuai dengan aturan yang sedang berlaku, berfokus pada peningkatan kualitas-diri, tanpa terutama mencemburui atau menuntut kinerja orang lain.
- b. Ada langkah-langkah lebih besar, yang dapat digerakkan melalui KBI (komunitas bidang ilmu) yang berfokus pada pendalaman ilmu (salah satu aspek penelitian) untuk mencapai garis depannya sesegera mungkin dan tentu sebatas kemampuan masing-masing. Seminar-seminar intern yang ringkas tetapi tulus dan jernih menjadi sarana yang sudah biasa tersedia.
Tentang penelitian, kita memiliki petunjuk di *Ex Corde Ecclesia*, bab 1 butir 15-20 (KWI 1992), bahwa penelitian perlu mencakup :
 - i. Usaha untuk mengintegrasikan pengetahuan,
 - ii. Dialog antara iman dan akal budi, (Rusli 1999)
 - iii. Suatu keprihatinan etis, dan
 - iv. Suatu perspektif teologis.
- c. Pembaharuan kurikulum yang diniatkan diterapkan setahun lagi, seperlunya, dapat diupayakan keefisienan dan fleksibilitasnya melalui sejumlah kuliah pilihan. Kompetensi yang sebegitu gencar didengungkan, dapat dikembangkan jika setiap dosen menyempatkan diri mendengarkan baik-baik pertanyaan apa pun yang diajukan mahasiswanya, dan berusaha mencari jawaban tentatifnya melalui kerjasama KBI dan pencarian di Internet bersama mahasiswa.

Keterkaitan antar kuliah dan bidang ilmu, dengan agak mudah dapat ditunjukkan kepada mahasiswa dengan cara itu, sehingga '*problem based learning*', '*case study /based learning*', '*research based learning*', dsb, akan terpraktekkan dengan sendirinya melalui *inquiring attitude* yang diteladankan secara positif oleh para dosen di kelas dan di luar kelas.

Patut dibanggakan bahwa Unpar telah memiliki struktur perkuliahan Pendidikan Pancasila – Kewarganegaraan – Agama, beserta Logika – Etika – Estetika. Sarana ini memadai untuk menghindari kekuatiran konflik budaya religius vs budaya sains-teknologi yang diutarakan misalnya William Grassie (Grassie 2006). Hal seperti ini sepatutnya tidak akan terjadi di suatu universitas katolik yang konsisten.

- d. Para administrator dapat menggerakkan tim-tim kecil dosen untuk menyiapkan berbagai aturan dan sarana serta prasarana secara koheren. Dengan demikian kaderisasi pimpinan mendatang juga dapat disiapkan, di samping terbina sikap kepemimpinan yang inovatif dan partisipatif (Rachman & Savitri 2006). Informasi pun akan lebih cepat tersebar secara lebih andal.

Perlu tidak tertinggal adalah, perencanaan pembiayaan studi lanjut bermutu bagi dosen Unpar yang direkomendasi-kuat oleh KBI, disertai evaluasi kinerja dosen yang lancar. Dosen adalah modal utama suatu universitas, seperti juga staf penunjang adalah modal pendukung vital yang perlu dibina-kuat.

- e. Dinamisme muda para mahasiswa perlu dibuka katupnya oleh para dosen, untuk menjalankan sikap *inquiring* terhadap berbagai segi ilmu (dan terhadap sikap serta budaya) yang diperolehnya di kelas dan dari pengamatan lingkungan di kampus dan masyarakat. Kehadiran Pusat Kajian Humaniora sudah dapat merintiskannya melalui OSPEKKA (atau sejenisnya) setiap awal tahun akademik, lalu melalui geladi-geladi, tetapi hal itu tetap perlu dikonkretkan lebih lanjut oleh para dosen di kelas masing-masing.

Kepemimpinan dosen dalam membimbing mahasiswa dengan berani tetapi tetap bijaksana, sebaiknya ditumbuhkan, dengan menyimak apa yang ditulis di KOMPAS beberapa waktu yang lalu (Rachman & Savitri 2006).

Peran perempuan (mahasiswa mau pun non-mahasiswa) lalu juga akan dapat diteguhkan dalam masa pergaulan mahasiswa di kampus, sehingga Unpar dapat lebih berkontribusi atas pemberdayaan dan kesetaraan harkat ~50% penduduk Indonesia ini.

- f. Akhirnya, melalui beberapa langkah itu, akan dapat diberdayakan sikap menghargai keunggulan-keunggulan lokal, menghargai pluralitas pandangan sedunia tanpa kehilangan harga diri, dan menghargai ketinggian martabat manusia sebagai cita-cita terluhur Sang Pencipta bagi manusia. Hal ini akan mendukung keterampilan berinovasi pada mahasiswa, seperti yang juga dianjurkan *European Commission* (2006) bagi modernisasi kurikulum universitas di Eropa.

Apa kesimpulan ringkasnya? Saya tawarkan saja siklus sikap ilmiah/intelektual ini : "Melihat – Menimbang – Bertindak", "*Observe – Reflect – Act*", atau pun

"Konsisten lah dalam berpikir, berucap, dan berbuat",

"Bersemangat lah magis – ingin lebih baik", "*Ber-continuous improvement* lah".

Sudah tentu, sebagai universitas katolik, sikap ilmiah/intelektual ini perlu disertai sikap percaya bahwa Tuhan senantiasa akan menyertai karya baik kita, sehingga kita dapat dengan penuh harapan menyongsong masa depan, dan perilaku penuh Kasih dan Kesabaran dapat kita ekspresikan secara tulus dan gembira, dengan tetap bersikap tegas dalam prinsip, tegas-bijaksana dalam tindakan.

Selamat siang. Terima kasih atas perhatian dan kesabaran Anda.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih atas kesempatan yang diberikan Dekan FMIPA untuk memberikan Oratio Dies ini. Saya juga hendak mengucapkan terima kasih kepada pak Klaas J Villanueva, pak F X Suryatin Setiawan, pak B Suprpto, dll, atas masukan berharga yang diberikan tentang teknologi nano ini.

DAFTAR RUJUKAN (dengan beberapa catatan)

Bambang Sugiharto, Ignasius (2006) : Seni, Ilmu Pengetahuan, dan Peradaban, pidato pengukuhan di depan Senat Unpar, 16 Desember. Suatu tema yang tertangkap dari pidato itu adalah, betapa Seni diyakini menjadi Ruh dan inspirator Ilmu dan Peradaban.

Brotosiswojo, Benedictus Suprpto (2006) : Menggagas Visi dan Misi FMIPA Unpar, 10 November, bahan rapat Senat FMIPA 8 Desember 2006

European Commission (2006) : Delivering on the Modernization Agenda for Universities : Education, Research and Innovation – COM(2006) 208, 10 Mei, suatu komunikasi *EC* kepada *European Council* dan *European Parliament*, yang menyarankan beberapa langkah penting untuk meningkatkan performansi universitas Eropa, termasuk makin efisien menyumbang pada proses berinovasi (yang dianggap kunci utama keberlanjutan eksistensi dan perkembangan Eropa), seperti:

- i. Pemberian otonomi yang memadai kepada universitas agar dapat mengembangkan strateginya masing-masing,
- ii. Pengokohan kerjasama yang terstruktur dan strategis antara industri/perusahaan dan universitas,
- iii. Perluasan peluang untuk pertukaran staf dosen, pembelajaran, dan pemberanian berwiraswasta di universitas,
- iv. Pembentukan kawasan sains di sekitar kampus, dengan penyediaan dana secukupnya untuk mendukung pemanfaatan hasil penelitian.

Semua ini akan membantu menjembatani kesenjangan yang sering memisahkan penelitian di universitas dengan kebutuhan di dunia usaha. Adanya hubungan yang terus berkembang antara universitas dengan lingkungan masyarakat setempat juga akan kondusif bagi pemanfaatan inovasi-inovasi universitas secara lebih lancar pada tataran lokal dan regional.

Giessibl, Franz J, & Calvin F Quate (2006) : *Exploring the Nanoworld with Atomic Force Microscopy*, *Phys Today* 59:12 (December issue) 44 – 50

Grassie, W (2006) : *Teaching the History of Nature : Towards an Integrated Science Curriculum*, ceramah tanggal 19 Desember di ITB. Dalam ceramah ini disajikan usulan mereformasi kuliah-kuliah sains dan humaniora, agar dapat memperkenalkan sejarah jagad raya menurut pemahaman yang terus berkembang, sebagai konteks untuk memadukan sikap menjadi manusia utuh yang tidak sempit-beku melainkan menghargai pluralitas, yang memiliki rasa religiositas dengan sikap rasional-teknis berkat perkembangan sains dan teknologi serta humaniora.

KWI – Departemen Dokumentasi & Penerangan (1992) : *Konstitusi Apostolik tentang Universitas Katolik*, Seri Dokumen Gereja no.27, Jakarta, yang terdiri atas bab 1 – Identitas dan Misi Unika, dan bab 2 – Norma-norma Umum. Seperti biasa, dokumen Vatikan seperti ini sering dicirikan oleh kata-kata pertamanya dalam bahasa Latin; dalam hal ini, "Dari jantung Gereja lahir lah Universitas Katolik, dan asal usulnya sebagai lembaga dapat ditelusuri sepanjang tradisi Gereja. ... " – "*Ex Corde Ecclesia ...*"

National Geographical Society (1999) : *The Milky Way*, *October issue*, Washington, DC

Neto, Antonio Castro, Francisco Guinea, & Nuno Miguel Peres (2006) : *Drawing Conclusions from Graphene*, *Physics World* 19:11, November issue, 33-37

Phoenix, Chris (2006) :

i. *Nanotechnology* (1) :

1. *What is Nanotechnology?* (4 hlm)

2. *What is Nanotechnology?* dalam *Nanotechnology* 14 (2003)

3. *Nanotechnology Basics for students and other learners*
4. *CRN (Center for Responsible Nanotechnology) Student Research Program* dan 10 artikel lain.

ii. *Nanotechnology* (2) :

1. *Molecular Manufacturing : What, Why, and How* (49 hlm), tulisan Chris Phoenix
2. *Thirty Essential Studies* (71 hlm), tulisan Chris Phoenix
3. *Nanosystems : Molecular Machinery, Manufacturing, and Computation*, garis besar isinya & bab I, buku Drexler th 1992

iii. *Nanotechnology* (3) :

1. *CRN Science & Technology Essays (years 2004 – 2006 @ 11 essays)*
2. *Sander Olson Interviews (years 2001 – 2006)* Phoenix, Chris, & Drexler, Eric (2004) : *Safe Exponential Manufacturing, Nanotechnology* **15**, 869 – 872

Rachman, Eileen & Sylvina Savitri (2006) : *Pemimpin atau Kepemimpinan?* , KOMPAS Sabtu 16 Desember, hlm 61. Beberapa ungkapan kunci adalah, "Perlu ada berbagai manusia yang bertindak aktif di [dalam] organisasi", "Nyali, energi, dan komunikasi lah aspek kepemimpinan dasar yang perlu di-*drill* dalam organisasi", "Sesungguhnya pemimpin yang lebih sukses itu adalah yang mudah diakses dan lebih *down to earth* [biasa]. Kompetensinya dalam membuat terobosan, arah, dan strategi lah yang membuatnya berbeda dan disegani orang lain", "Kemampuan strategik [mengakses *grass roomnya*] ini bisa dilakukan individu di setiap *level* organisasi dengan membiasakan berpikir, membuat usulan [dan *proposal*] untuk mendapat kesempatan berkreativitas dan berlatih memecahkan masalah sejak dini, bukan menikmati tugas pelaksanaan saja".

Rusli, Aloysius (1999) : *Ilmu dan Iman*, Oratio Dies Unpar 15 Januari 1999, Gedung Serba Guna, didasarkan atas pasal ini.

Salamanca-Buentello, Fabio, Deepa L Persad, Erin B Court, Douglas K Martin, Abdallah S Daar, & Peter A Singer (2005) : *Nanotechnology and the Developing World*, *PLoS Medicine* 2:5, 383-386. *PLoS* (Public Library

of Science) adalah suatu *peer-reviewed, open-access electronic journal*, yang bersifat internasional dan multidisiplin bagi ilmu medik; baru terbit sejak tahun 2004, dapat dilihat di www.plosmedicine.org

UNESCO (2006) : *The Ethics and Politics of Nanotechnology*.
unesdoc.unesco.org/images/0014/001459/145951e.pdf

Weber, R L (1980) : *Pioneers of Science -- Nobel Prize Winners in Physics*,
Institute of Physics Publishing, Bristol

Yayasan Universitas Katolik Parahyangan (2006) : Visi Unpar tahun 2020,
Peraturan Pengurus Yayasan Unpar nomor 5 tahun 2006, 2 September. Visi
ini patut disimak dan dijalankan : "Menjadi komunitas akademik beriman
yang mengembangkan potensi lokal pada tataran internasional demi
peningkatan martabat manusia".

CURRICULUM VITAE

1. Nama : Aloysius Rusli
2. Tempat dan tanggal lahir : Malang, 14 Juni 1943
3. Warga negara : Indonesia
4. Status pernikahan : Menikah dengan Maria Amanda Rosnelly Rusli, dengan 1 putera, Christopher Lydian Candrasa Maria Rusli
5. Alamat : Jurusan Fisika, FMIPA, Unpar;
Departemen Fisika ITB, Bandung 40132
email -- arusli@home.unpar.ac.id,
arusli@fi.itb.ac.id
6. Pendidikan :
1972 – 1976 *PhD* dalam Fisika Polimer *University of Leeds*, Inggris
1961 – 1969 Sarjana Fisika, Institut Teknologi Bandung
1958 – 1961 SMA St. Albertus, Malang
1955 – 1958 SMP St Yusuf, Malang
1949 – 1955 SR St Maria, Malang
7. Juqul Disertasi : *A Correlation Function Approach to the Dynamics of Polymer Molecules*.
Judul Skripsi Sarjana : Penguraian Tingkat Energi Magnetik *Ruby*.
8. Pelatihan lain :
8 – 13 Februari 1971 *Neutron Activation Analysis*, BATAN, Bandung
April – Juni 1980 *Summer College on Polymers, Macromolecules, and Low-Dimensional Solids, International Centre for Theoretical Physics, Trieste, Italia*
November 1982 – September 1983 Akta V.
9. Penguasaan bahasa :
Bahasa pertama Bahasa Indonesia baik, aktif
Bahasa kedua Inggris baik, aktif
Bahasa ketiga Belanda baik, pasif
10. Keanggotaan asosiasi profesi :
Institute of Physics, Inggris, sejak 1974

Himpunan Fisika Indonesia, Indonesia, sejak 1978
Society of Rheology, USA, sejak 1984
The National Geographical Society, USA, sejak 1991
The British Society of Rheology, Inggris, sejak 1994
The Planetary Society, USA, sejak 1995
The American Mathematical Society, USA, sejak 1995

11. Pengalaman kerja :

- a. 1966 – 1969 Asisten Perguruan Tinggi di ITB
- b. 1969 – 1993 Asisten Ahli, lalu Lektor di ITB
- c. 1993 – kini Lektor Kepala, (IV/B), ITB
- d. 1977 – 1978 Panitia Perumahan ITB, Sekretaris
- e. 1986 – 1990 Tim Bimbingan dan Konseling ITB, Ketua
- f. 1990 – 1995 Tahap Persiapan Bersama ITB, Sekretaris bidang Akademik
- g. 12 Maret 1997 Sertifikat masa tugas 30 tahun sebagai pegawai negeri (Satyalancana Karya Satya 30 tahun).

12. Perkuliahan yang pernah diberikan : Fisika Dasar, Mekanika Analitik, Termodinamika, Fisika Statistik, Getaran & Gelombang, Teori Listrik dan Magnet, Optika Modern, Fisika Modern, Fisika Zat Padat, Fisika Semikonduktor, Pengantar Fisika Material, Pengantar Fisika Polimer, Pengantar Reologi, Struktur dan Sifat Fisis Material, Pengenalan Program Studi Fisika, Etika Profesi.

13. Penugasan khusus :

- a. Memberi kuliah dalam Fisika Dasar bagi sarjana berlatar pendidikan kependidikan, Program Pascasarjana UPI, sejak 1990
- b. Konsultasi singkat bagi dosen Fisika :
 - 1989 – Universitas Pattimura, Ambon, 1 minggu, tentang Termodinamika
 - 1992 – Universitas Haluoleo, Kendari, Sulawesi Tenggara, 4 minggu, tentang Kelistrikan, bersama rekan dari Kanada.
 - 1993 – Universitas Mataram, Mataram, Lombok, 2 minggu, tentang Fisika Statistik, bersama rekan dari Australia
- 1993, 1994, 1995 – Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh, @ 1 minggu, tentang Metode Pembelajaran

- 1994, 1995 – Universitas Andalas, Padang, @ 1 minggu, tentang sarana penunjang jurusan Fisika
- 1994, 1999 – Universitas Lampung, Bandar Lampung, @ 1 minggu, tentang pengembangan kurikulum, Fisika Statistik, bersama rekan dari UGM
- 1995 – Universitas Brawijaya, Malang, ½ minggu, tentang pengembangan lembaga
- 1995 – Universitas Cendrawasih, Abepura, 4 weeks, tentang Optika, bersama rekan dari Kanada
- c. Tutorial bagi dosen PTN di luar Jawa, 1 – 3 bulan : 1992, 1993, 1994, 1995 – di ITB.
- d. Ketua Panitia Pelaksana, 9 bulan :
1978, 1996 Simposium Fisika Nasional ke 6 dan ke 16, dan secara paralel, 1996 *ASEAN Regional Seminar on the Physics of Metals and Alloys*; di ITB.
- e. Editor Jurnal Ilmiah : (menilai, meng-edit, dan publikasi)
Ketua Editor, *Kontribusi Fisika Indonesia/Indonesian Journal of Physics*, Departemen Fisika ITB, 1990 – 2003.
Ketua Redaksi, *Jurnal Matematika dan Sains*, FMIPA, ITB, 1993 – 2002
Ketua Redaksi, *Integral*, FMIPA, Unpar, 1994 – 2000
- f. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, di Universitas Katolik Parahyangan, 1993 – 2002
- g. Wakil Rektor bidang Akademik & Kemahasiswaan, di Universitas Katolik Parahyangan, 2002 – 2006.
1. Penelitian dan publikasi :
1. M G Brereton & A Rusli : *Configurational and Dynamic Flexibility of Polymer Chains*, *Polymer* **17** (1976) 395 – 398.
 2. M G Brereton & A Rusli : *Fluctuation-Dissipation Relations for Polymer Systems*, *Chemical Physics* **26** (1977) 23 – 28.
 3. A Rusli : *Analisa Spektroskopi NMR ¹³C daripada Beberapa Polimer Tertentu*, *Proceedings Simposium Fisika Nasional VI*, ITB, Bandung A-20 (1978).

4. A Rusli : *Hukum-hukum Termodinamika*, Proyek Penulisan Buku Latar Belakang untuk Pendidikan IPA di SLU, Depdikbud (1979).
 5. A Rusli : *Beberapa Konsep Matematika dalam Fisika*, Proyek Penulisan Naskah Guru IPA SMP dan SMA, Depdikbud (1982).
 6. A Rusli, M O Tjia, dan H L The : *Studi Perbandingan Teori Kinetik Cairan Polimer*, Laporan Penelitian no. 794.2185, DP3M, Depdikbud (1986).
 7. A Rusli, H L The, dan M O Tjia : *Pengaruh Suhu pada Koefisien Tegangan Segmen Curtiss-Bird*, Simposium Fisika Nasional XI, ITB (1987).
 8. A Rusli, M O Tjia, dan H L The : *Pengaruh Suhu terhadap Sifat Viskoelastik Cairan Polimer dalam Aliran Geser*, Laporan Penelitian no. 960.2188, SPP/DPP-ITB (1990).
 9. A Rusli : *Pemodelan Gejala Reduksi Hambatan pada Aliran Larutan Encer Polimer*, Laporan Penelitian no. 113.42191, OPF ITB (1991).
 10. A Rusli : *Peran Syarat Batas Fisis : Suatu Contoh*, Integral 1:1 (1996) 44 – 47.
 11. A Rusli : *Penerapan Termodinamika yang Diperluas pada Kasus Sederhana*, Laporan Penelitian Unpar (1997).
 12. A Rusli : *Material Peka-Waktu*, Majalah Polimer Indonesia 1:1 (1998) 22 – 24.
 13. A Rusli : *Paradoks Kembar dalam Teori Relativitas Khusus*, Integral 3 (1998) 21 – 24.
2. Seminar dan konferensi yang dihadiri :
 1. Simposium Fisika Nasional VI, Bandung, 1978, presentasi makalah
 2. Simposium Fisika Nasional XV, Surabaya, 1994, presentasi makalah
 3. *ASPEN International Seminar on Physics Curriculum Evaluation*, Surabaya, 1994, presentasi makalah
 4. *International Workshop on Green Polymers – Re-evaluation of Natural Polymers*, Bandung – Bogor, 1996, peserta
 5. Simposium Fisika Nasional XVII, Yogyakarta, 1998, peserta
 3. Bidang minat : Reologi (ilmu deformasi dan aliran, fluida kompleks), Fisika Polimer, Fisika Material, Sejarah Ilmu, Filsafat Ilmu
 4. Kelompok Keahlian : Fisika Magnetisme dan Fotonika, FMIPA, ITB, sejak 2005.



Universitas Katolik Parahyangan
Jl. Ciumbuleuit 94 Bandung 40141
Jl. Merdeka 30 Bandung
Jl. Nias 2 Bandung 40117