

PROSIDING SEMINAR SEHARI

**PENGEMBANGAN SISTEM PENDIDIKAN TINGGI INDONESIA:
KONDISI DAN PROSPEK KEMAMPUAN PERGURUAN TINGGI
MENGEMBANGKAN ILMU PENGETAHUAN**

**BALAI PERTEMUAN ILMIAH
INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG**



BANDUNG, 5 SEPTEMBER 2015

DAFTAR ISI

Kata Sambutan (Ketua FGB-ITB)

Kata Pengantar (Ketua Komisi Keilmuan Masa Depan FGB-ITB)

BAGIAN I - TUJUAN SEMINAR DAN HASILNYA

1. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN SEMINAR (Prof. Hendra Gunawan)
2. PELAKSANAAN SEMINAR (Prof. Bobby Eka Gunara)
3. RANGKUMAN HASIL SEMINAR (Prof. Tutus Gusdinar)

BAGIAN II - KONTRIBUSI PEMIKIRAN DARI ITB

1. RISET DAN PENGEMBANGAN IPTEKS: PENGALAMAN ITB (Prof. Bambang Riyanto)
2. *GRAND* INISIASI PENGEMBANGAN NANOSAINS DAN NANOTEKNOLOGI: TANTANGAN DAN STRATEGI PENGUASAAN KEILMUAN MASA DEPAN DI PERGURUAN TINGGI (Prof. Bambang Sunendar, FTI-ITB)
3. STATUS TERKINI DAN PERKEMBANGAN KE DEPAN BIOTEKNOLOGI DI ITB (Dr. Debbie S. Retnoningrum, SF-ITB)

BAGIAN III - KONTRIBUSI PEMIKIRAN DARI AIPI

1. MENDAMBAKAN UNIVERSITAS SKALA DUNIA (Prof. Mayling Oey-Gardiner, AIPI)
2. MEMBANGUN BUDAYA ILMIAH UNGGUL (Prof. Sangkot Marzuki, AIPI)
3. *SCIENCE DEVELOPMENT THROUGH ENHANCING ACADEMIC PUBLICATIONS* (Prof. Armida Alisjahbana, AIPI)

BAGIAN IV - KONTRIBUSI PEMIKIRAN DARI UNPAD DAN UNPAR

1. MEMBANGUN RISET BERBASIS KEARIFAN LOKAL YANG BERDAYA SAING (Prof. Wawan Hermawan, Unpad)
2. RENSTRA, KEPEMIMPINAN, DAN KINERJA PENELITIAN (Dr. Budi Husodo Bisowarno, Unpar)

KATA SAMBUTAN

Oleh: Prof. Roos Akbar (Ketua FGB-ITB)

Seminar Sehari dengan topik "Pengembangan Sistem Pendidikan Tinggi Indonesia: Kondisi dan Prospek Kemampuan Perguruan Tinggi Mengembangkan Ilmu Pengetahuan" diselenggarakan atas kerjasama antara Forum Guru Besar, Institut Teknologi Bandung, dan Komisi Ilmu Sosial, Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, dengan bantuan dari *Knowledge Sector Initiative* yang merupakan kerjasama antara pemerintah Indonesia melalui Bappenas dan pemerintah Australia melalui AusAID. Acara Seminar Sehari ini dirancang untuk menjawab beberapa pertanyaan guna mencari solusi terkait dengan persoalan/permasalahan yang dihadapi oleh perguruan tinggi terutama untuk menjawab perannya dalam pengembangan ilmu pengetahuan. Otonomi perguruan tinggi telah didapatkan secara status hukum, anggaran pendidikan juga telah meningkat cukup besar menjadi 20% APBN. Tetapi kita bisa melihat bersama bagaimana sekarang STATUS dan PERAN perguruan tinggi kita baik pada skala nasional maupun internasional dalam banyak hal. Kita bisa melihatnya dari beberapa kriteria, seperti misalnya, melalui pemeringkatan dunia perguruan tinggi. Atau bisa juga melalui jumlah sitasi. Bisa juga kita lihat melalui sumbangan pengembangan ilmu pengetahuan itu sendiri, atau melalui jumlah dan kualitas Sumber Daya Insani yang dihasilkannya, dan masih banyak lagi pertanyaan yang berputar di kepala kita masing-masing. Memang tidak akan semua bisa dibahas dan dijawab saat ini. Rasanya juga sudah cukup banyak seminar-seminar yang dilakukan. Juga sudah cukup banyak program yang diluncurkan oleh pemerintah. Namun demikian kita sendiri juga bisa melihat bagaimana jawaban atas pertanyaan tersebut. Terutama dalam hal kegiatan penelitian yang dilakukan oleh dan di perguruan tinggi itu sendiri.

Para pembicara yang berasal dari perguruan tinggi tentu diharapkan membahas bagaimana selama ini kegiatan penelitian itu dilakukan dan menjadi jiwa bagi setiap dosen dan mahasiswanya. Apa saja sebenarnya hambatan dan masalah serta upaya yang sudah dilakukan yang tentunya diharapkan dapat menjadi contoh bagi perguruan tinggi lainnya. Disamping itu, ada juga pembicara yang akan menjelaskan bagaimana keilmuan baru bisa tumbuh dan berkembang di universitas agar dapat berkontribusi dalam perkembangan ilmu pengetahuan dunia. Bukan sekedar keilmuan barunya tetapi dari sisi mana saja sebenarnya upaya ini harus dilakukan? Apakah hanya dari kalangan perguruan tinggi saja? Di mana dan apa peran pemerintah untuk ini?

Perkembangan ilmu pengetahuan melalui penelitian memang merupakan persoalan yang sangat kompleks. Bukan sekedar menyangkut soal idealisme peneliti, tetapi juga menyangkut manajemen penelitian itu sendiri baik pada skala universitas maupun pemerintah. Kita sering mendengar ungkapan bahwa perguruan tinggi menjadi ujung tombak penelitian. Tetapi sebenarnya apakah makna dan konsekuensi dari ungkapan itu? Kita dapat memahami itu bahwa universitas adalah *leader* dalam penelitian. Lantas apa arti dari *leader* itu sendiri? Tentu

kita dapat menjawab bahwa *leader* selalu di depan, selalu memimpin, dan tentu di belakangnya ada pengikut atau gerbong selanjutnya. Tetapi kita harus juga realistis bahwa ketika kita memahami bahwa *leader* itu selalu di depan, maka suatu saat kita akan dihadapkan pada peraturan perundangan, mentalitas dan sebagainya yang kadang "tertinggal di belakang". Peraturan yang kadang tidak atau belum dapat menyesuaikan dengan pengertian *leader* bagi universitas yang diharapkan ada di depan, kadang menghambat universitas itu yang pada ujungnya menghambat pengembangan ilmu pengetahuan. Lantas kemudian kitapun bertanya ulang, "apa peran perguruan tinggi". Beragamnya kualitas universitas kadang harus dihadapkan pada peraturan yang generalis, bersifat umum dan berlaku universal. Untuk itulah biasanya peraturan perundangan dibuat, yaitu secara umum. Dapat dikatakan mandat yang diberikan pada beberapa universitas (misalnya melalui otonomi perguruan tinggi), kadang terhambat oleh peraturan yang ada. Sebagai contoh baru-baru ini ada posting seorang rekan yang berangkat ke luar negeri yang membutuhkan waktu 3 minggu untuk mendapatkan *exit permit*, karena diharuskan menggunakan paspor biru. Padahal yang bersangkutan mendapatkan visa dari negara yang akan dikunjungi, cukup hanya 3 hari saja prosesnya. Kita bisa bayangkan berapa banyak waktu dan energi yang terbuang jika dari perguruan tinggi itu setiap hari cukup banyak peneliti yang berangkat ke LN untuk mengikuti seminar, kerma penelitian dan sebagainya. Pada sisi lain, pada universitas lainnya jumlah dosen yang melakukan perjalanan riset ke luar negeri mungkin baru beberapa orang saja dalam setahun sehingga peraturan yang ada mungkin tidak menjadi masalah besar sebagaimana yang dihadapi oleh perguruan tinggi riset tadi. Itu baru dari satu contoh saja tanpa bermaksud mengolok-olok atau menyalahkan institusi yang bertanggung jawab untuk itu.

Masih banyak contoh lain, termasuk terkait pendanaan penelitian, penghargaan pada peneliti dan sebagainya. Namun demikian, pandangan masyarakat umum yang juga berubah menyebabkan perguruan tinggipun terdorong-gorong menyesuaikan. Ada sebuah pertanyaan menggelitik, bahwa dimana sebenarnya penelitian itu dilakukan pada tahapan perguruan tinggi? Apakah hanya pada jenjang S3 saja? Atau memang benarkah bahwa jenjang S2 hanyalah untuk mengisi pasar kerja saja? Kita melihat dan merasakan bersama bahwa tuntutan masyarakat sekarang bukan lagi pada jenjang S1 dan atau keahlian/ketrampilan tetapi telah berburu gelar dan jika memungkinkan mereka menuntut gelar S3 dan bahkan Guru Besar untuk mengisi pasar kerja apapun. Ironisnya, perguruan tinggi berkontribusi dalam menciptakan ini dengan membuka bermacam prodi S2, dan S3 dengan hanya memberikan sedikit perhatian pada makna pendidikan S2 dan S3 tersebut dalam hal pengembangan ilmu pengetahuan.

Masih cukup banyak pekerjaan rumah yang kita lakukan. Pada seminar ini akan dibahas beberapa isu untuk menjawab beberapa pertanyaan penting terutama terkait peran perguruan tinggi, antara lain tentang permasalahan dan tantangan yang dihadapi, baik pada skala global maupun nasional, serta peluang dan potensi perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan ke depan; kontribusi pendidikan pascasarjana di perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan; faktor-faktor yang mendukung tumbuhnya iklim dan budaya pe-

nelitian di perguruan tinggi secara umum (termasuk budaya membaca, menalar, menulis, dan menyebarkan hasil penelitian); serta apa yang perlu dilakukan oleh perguruan tinggi dan para pemangku kepentingan untuk merealisasikan potensi perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Pembicara dan peserta yang telah diundang dan hadir pada seminar ini diharapkan dapat menularkan idealisme dan solusi yang baik pada universitas nya masing-masing. Selain ada mahasiswa S2 dan S3 yang kelak akan menjadi pemimpin, beragam pembicara dari berbagai universitas akan membuat terjadinya saling tukar pengalaman. Kita sama-sama belajar untuk mengembangkan ilmu pengetahuan.

Semoga hasil seminar sehari ini tidak hanya merupakan gagasan semata, tetapi diharapkan nantinya akan menjadi masukan dan landasan bagi penyusunan *white paper* PENGEMBANGAN SISTEM PENDIDIKAN DI INDONESIA dan akan didesiminasikan untuk pemangku kepentingan yang meliputi pejabat terkait, para akademisi, serta masyarakat umum yang membutuhkannya di Indonesia. Semoga Tuhan yang Maha Kuasa membimbing kita semua untuk mengawal hasil yang amat baik pada seminar ini.

Bandung, 21 Desember 2015

R.A.

KATA PENGANTAR

Seminar Sehari membahas prospek dan kemampuan Perguruan Tinggi mengembangkan ilmu pengetahuan telah dilaksanakan pada tanggal 5 September 2015 di Balai Pertemuan Ilmiah Institut Teknologi Bandung. Prosiding Seminar ini disusun sebagai arsip dan sekaligus rujukan bagi berbagai pihak yang memerlukan, guna mengembangkan pemikiran dan menindaklanjuti rekomendasi yang disampaikan dalam seminar tersebut.

Pada bagian pertama diungkapkan latar belakang dan tujuan seminar, pelaksanaan seminar, serta rangkuman hasil seminar, yang memuat beberapa rekomendasi bagi berbagai pihak yang berkepentingan dengan pengembangan ilmu pengetahuan di Indonesia. Pada bagian kedua disajikan tiga makalah berisi kontribusi pemikiran dari ITB, yang terkait dengan riset dan pengembangan IPTEKS di ITB, inisiasi pengembangan nanosains dan nanoteknologi, serta status terkini dan perkembangan ke depan bioteknologi di ITB.

Pada bagian ketiga dapat dibaca kontribusi pemikiran dari Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (AIPI), sebagian di antaranya disajikan dalam bentuk *slides*, terkait dengan keinginan mempunyai perguruan tinggi kelas dunia dan prasyarat budaya ilmiah unggul. Selanjutnya, pada bagian keempat, disajikan kontribusi pemikiran dari Unpad dan Unpar, keduanya dalam bentuk *slides*, yang mengungkapkan pengalaman dalam membangun riset berbasis kearifan lokal, serta kinerja riset mereka.

Seminar Sehari dengan tajuk pengembangan ilmu pengetahuan yang telah dilaksanakan bekerjasama dengan AIPI diharapkan menjadi seminar pertama dari suatu rangkaian seminar yang mengupas strategi pengembangan ilmu pengetahuan dan penguatan peran perguruan tinggi di Indonesia, guna meningkatkan daya saing bangsa di masa depan.

Bandung, 21 Desember 2015

H.G.

BAGIAN I - TUJUAN SEMINAR DAN HASILNYA

1. LATAR BELAKANG DAN TUJUAN SEMINAR

Oleh: Hendra Gunawan

Komisi Keilmuan Masa Depan FGB-ITB dan Komisi Ilmu Sosial Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (KIS-AIPI) mempunyai pandangan yang sama bahwa masa depan bangsa bertumpu pada ilmu pengetahuan yang kita kembangkan dan seiring dengan itu peran perguruan tinggi menjadi krusial. Pergulatan memperbaiki mutu pendidikan tinggi di Indonesia telah berlangsung cukup lama, namun hasilnya belum juga memuaskan. Sebut saja otonomi perguruan tinggi sebagai prasyarat agar **ada** perguruan tinggi yang dapat mengembangkan diri menjadi terbaik, hingga kini belum berhasil direalisasikan. Perjuangan memperoleh otonomi untuk perguruan tinggi, walaupun telah berhasil dimenangkan di Mahkamah Yudisial, akhirnya tetap dihadapkan hambatan pada tingkat pelaksanaan, baik dari segi keuangan maupun substansi. Walaupun Indonesia menjunjung tinggi keragaman yang digelorkan sebagai Bhineka Tunggal Ika, namun pada tatanan empiris dorongan populis dan keseragaman sering mengungguli harapan kualitas, yang dengan sendirinya secara implisit mendukung persaingan (*meritokrasi*) dan menghargai perbedaan, termasuk perbedaan dalam keunggulan kemampuan. Alhasil, hingga *The Times Higher Education World University Rankings 2014-2015* perguruan tinggi Indonesia belum berhasil menembus ranking 400 perguruan dunia terbaik.

Selain itu, dapat dicatat pula beberapa gejala umum yang terjadi dan dihadapi oleh dunia pendidikan tinggi nasional di awal abad 21, antara lain:

- (1) Indonesia belum berkontribusi terhadap dunia ilmu pengetahuan secara berarti;
- (2) Mayoritas perguruan tinggi di Indonesia masih bersifat **PT Pengajaran** (*teaching institutions of higher education/TIHE*); kita belum memiliki **PT Riset** (*research institutions of higher education RIHE*) dalam arti perguruan tinggi yang kegiatannya didominasi oleh penelitian. Sementara pendidikan pasca sarjana, terutama S3, belum mengembangkan budaya penelitian yang salah satu gambarannya adalah guru besar yang terus mengembangkan kepakarannya mencari dan memenangkan dana penelitian yang dilaksanakan bersama dengan dosen muda dan mahasiswa S3. Akibatnya juga belum dapat ditemukan regenerasi atau pengembangan **generasi penerus** pemikiran para guru besar Indonesia. Hasil seminar yang diadakan oleh KIS-AIPI memperkuat observasi, yang walaupun masih bersifat anekdotal, berbagai masalah yang menghambat pengembangan kualitas pendidikan tinggi serta kontribusi anak bangsa pada ilmu pengetahuan dunia umumnya.
- (3) Adanya inkonsistensi antara kebijakan **linieritas** atau **mono-disiplin** dalam karier akademisi Indonesia dan perkembangan dunia dalam **cara pengajaran** dan **pendekatan penelitian** yang bersifat **multi-**, **inter-**, dan bahkan **trans-disiplin**. Dalam pendidikan-pengajaran misalnya telah terjadi perubahan dari mengajarkan secara disipliner menjadi

kemampuan, keterampilan (berpikir, menulis, membaca, meneliti, dsb), ataupun **topik** (lingkungan, pemanasan global, HAM, dsb) yang diajarkan dari berbagai disiplin (multi-disiplin), atau diterapkan ketika mengajarkan disiplin tertentu (inter-disiplin), dan lebih jauh sebagai '*problem-based learning*' membutuhkan pengetahuan berbagai pemangku kepentingan (trans-disiplin) seperti pengembang, produsen, dan konsumen.

- (4) Pentingnya peranan **penguasaan bahasa tulisan** masih kurang dipahami oleh pengambil keputusan sehingga belum mendapat perhatian dalam pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan. Hingga menjadi mahasiswa pasca sarjana pengajar dihadapkan pada banyak mahasiswa yang kurang membaca dan menulis hingga juga kurang mengikuti perkembangan pengetahuan di bidangnya sendiri. Hal ini menerangkan dan mendukung kesukaran melakukan penelitian dan menuliskan hasilnya yang dapat diterima untuk diterbitkan dalam jurnal ilmiah internasional terakreditasi, dan kemampuan berkontribusi pada pengembangan dunia pengetahuan umumnya;
- (5) Dosen masih mengalami berbagai hambatan melakukan **penelitian**. Salah satu penyebabnya adalah beratnya **beban pengajaran** yang harus dipenuhi untuk dapat memperoleh tunjangan sebagai dosen yang telah disertifikasi. Di samping itu Indonesia belum mengenal PT Riset, belum berkembang budaya riset sebagaimana ditunjukkan oleh keberadaan gurubesar di kampus yang dengan dosen muda dan mahasiswa melakukan penelitian bersama. Sementara **dana penelitian** yang disediakan pemerintah masih sangat terbatas. BD menyatakan bahwa Indonesia hanya mengalokasikan 0,08% dari PDB untuk dana penelitian, jauh di bawah alokasi negara tetangga sekalipun, terutama seperti Singapura, Jepang dan negara maju lainnya yang cenderung mengalokasikan 2,5-3,0% dari PDB negaranya untuk penelitian yang mendasari industri negara bersangkutan. Selain itu, aturan penggunaan dana penelitian pemerintah sangat rumit dan hanya diperoleh untuk satu tahun sedangkan penelitian baik sering memerlukan waktu lebih lama. Masih diperlukan tersedianya dana penelitian tahun ganda.

Seminar Sehari bertajuk "Kondisi dan Prospek Kemampuan Perguruan Tinggi Mengembangkan Ilmu Pengetahuan" diadakan dengan tujuan membahas bersama ilmuwan berbagai bidang ilmu pengetahuan serta lintas perguruan tinggi keadaan empiris yang berlaku di masing-masing perguruan tinggi terkait dengan satu atau lebih isu berikut:

- **Permasalahan dan tantangan yang dihadapi, baik pada skala global maupun nasional, serta peluang dan potensi perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan ke depan;**
- **Sejauh mana perguruan tinggi tempat pembicara berkarya telah membangun jejaring dan mengikuti perkembangan mutakhir menerapkan pendekatan pengajaran dan penelitian secara multi-, inter-, dan/atau trans-disipliner, mendukung pengembangan ilmu pengetahuan;**

- Kontribusi pendidikan pascasarjana di perguruan tinggi tempat pembicara berkarya dalam pengembangan ilmu pengetahuan;
- Kiprah pembicara dan/atau kontribusi perguruan tinggi yang bersangkutan dalam pengembangan ilmu pengetahuan (dunia) dan data empirisnya;
- Pandangan pembicara tentang faktor-faktor yang mendukung tumbuhnya iklim dan budaya penelitian di perguruan tinggi secara umum (termasuk budaya membaca, menalar, menulis, dan menyebarkan hasil penelitian);
- Pandangan pembicara tentang manajemen penelitian yang ideal;
- Pandangan pembicara tentang apa yang sebaiknya dilakukan oleh perguruan tinggi dan para pemangku kepentingan untuk merealisasikan potensi perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Hasil rangkaian seminar yang direncanakan akan menjadi masukan dan landasan bagi penyusunan *white paper* “Pengembangan Sistem Pendidikan di Indonesia” dan akan diseminasikan untuk pemangku kepentingan meliputi pejabat, para akademisi serta masyarakat umum yang membutuhkan di Indonesia. Bagi ITB sendiri, hasil seminar diharapkan dapat menjadi acuan untuk menggagas keilmuan masa depan yang perlu dikembangkan di ITB.

2. PELAKSANAAN SEMINAR

Oleh: Prof. Bobby Eka Gunara

Acara Seminar Sehari menghadirkan pembicara dan peserta yang terdiri dari para guru besar, dosen dan mahasiswa pasca sarjana dari AIPI dan ITB serta beberapa perguruan tinggi di Bandung. Acara seminar lebih menekankan pada nilai-nilai akademis dari tema seminar, terkait kondisi dan prospek perguruan tinggi dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Seminar Sehari berlangsung dari jam 08.30 hingga jam 16.30, pemaparan makalah utama disampaikan oleh 7 pembicara yang terdiri dari **2** pembicara dari AIPI dan **5** pembicara dari ITB, Unpad, dan Unpar. Makalah yang disampaikan oleh para pembicara menjawab salah satu atau semua pertanyaan yang dirumuskan dalam tujuan seminar, dengan mengungkapkan fakta empiris perguruan tinggi tempat yang bersangkutan berkarya.

Berikut adalah susunan acaranya:

08.30 – 08.40 : **Pembukaan: Prof. Roos Akbar** (Ketua FGB-ITB)

08.40 – 08.50 : **Kata Sambutan: Prof. Taufik Abdullah** (Ketua KIS-AIPI)

08.50 – 09.00 : **Kata Pengantar: Prof. Mayling Oey-Gardiner** (Penanggungjawab Kegiatan, KIS-AIPI)

09.00 – 12.00 : **Pemaparan Makalah dan Diskusi - Sesi I:**

Prof. Sangkot Marzuki (Ketua AIPI)

Prof. Armida Alisjahbana (KIS-AIPI)

Prof. Bambang Riyanto (WR Riset, Inovasi, dan Kemitraan ITB)

12.00 – 13.00 : Istirahat / Makan Siang

13.00 – 16.00 : **Pemaparan Makalah dan Diskusi - Sesi II:**

Prof. Wawan Hermawan (Ketua LPPM Unpad)

Dr. Budi Husodo Bisowarno (WR Penelitian, Abdimas, dan Kerma Unpar)

Prof. Bambang Sunendar (ITB)

Dr. Debbie S. Retnoningrum (ITB)

16.00 – 16.30 : **Resume Hasil Diskusi dan Penutupan**

Hingga akhir acara, tercatat sebanyak 90 orang yang hadir pada seminar ini, dengan perincian sbb: 7 orang dari AIPI, 37 orang dari FGB-ITB, 14 orang dosen dari ITB dan PT lain, 28 orang mahasiswa dari ITB dan PT lain, dan 4 orang dari media.

3. RANGKUMAN HASIL SEMINAR

Oleh: Prof. Tutus Gusdinar

Indonesia menghadapi tantangan untuk dapat melaju menjadi masyarakat makmur dunia dengan perekonomian yang dilandasi oleh industri domestik yang dihasilkan anak bangsa, sebagai hasil penelitian yang antara lain dikembangkan di perguruan tinggi. Hambatan utama kemajuan kita terletak pada kelemahan sumberdaya manusia peneliti serta kelembagaan terkait, yang masih harus dikembangkan untuk dapat menghadapi tantangan persaingan dunia.

Harapan untuk mendapat benefit dari bonus demografi, yang konon hanya terjadi satu kali dalam sejarah suatu bangsa, belum juga mendekat. Permasalahan jumlah tenaga produktif usia 15-64 tahun yang akan menjadi bonus tersebut hanya bisa diatasi apabila mereka terinvestasikan dengan baik untuk mampu memiliki pengetahuan dan ketrampilan yang dibutuhkan sesuai pasar kerja pada ketika itu.

Di sisi lain, kelemahan lembaga pendidikan tinggi, khususnya pendidikan pasca sarjana, terutama program doktor (S3), membutuhkan penanganan serius dan segera, serta perlu disediakan anggaran yang memadai agar mampu menghasilkan penelitian orisinal dalam menyumbangkan ilmu pengetahuan dunia.

Beberapa hambatan sedang dihadapi oleh perguruan tinggi di Indonesia, antara lain: a) Pendidikan tinggi belum berkontribusi secara bermakna terhadap ilmu pengetahuan dunia; b) Pendidikan pasca sarjana, terutama program doktor belum mencerminkan budaya penelitian; c) Terdapat inkonsistensi antara kebijakan linieritas ataupun monodisiplin dalam karir akademisi Indonesia dan perkembangan dunia dalam cara pengajaran dan pendekatan penelitian yang bersifat multi-, inter-, dan trans-disipliner; d) Pentingnya peran penguasaan bahasa tulisan masih kurang dipahami oleh para pengambil keputusan, serta kurang perhatian dalam pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan; e) Hambatan dalam melakukan penelitian oleh para dosen pada umumnya karena beratnya beban pengajaran yang harus dipenuhi demi memperoleh kenaikan jabatan dan tunjangan berdasarkan sertifikasi dosen; f) Dana penelitian yang disediakan oleh pemerintah masih sangat terbatas (hanya 0,08% dari PDB); g) Lemahnya pertumbuhan ekonomi dan paradigma pembangunan berpengaruh nyata pada perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia, terutama di bidang ilmu sosial dan humaniora, hal mana berakibat pula pada berkurangnya insentif untuk pengembangan penelitian dan lahirnya gagasan-gagasan konseptual.

Untuk memungkinkan pelaksanaan penelitian bermutu oleh perguruan tinggi niscaya diperlukan kebijakan anggaran dan pendanaan yang tidak terikat dengan aturan birokrasi, serta hendaknya memiliki nomenklatur khusus untuk dana penelitian.

Indonesia harus segera merealisasikan kebijakan yang membangun budaya ilmiah yang unggul (*scientific culture of excellence*), tidak saja cukup dengan pendanaan namun perlu juga menumbuhkan *merit-based system of science and education*. Pada tataran yang demikian itu, kebijakan pembangunan budaya ilmiah yang unggul akan menempatkan sains pada hakikatnya yang bersifat multidimensional, yakni: sebagai alat inovasi, sebagai dasar kebijakan, sebagai suatu pola pikir, sebagai budaya, dan sebagai alat diplomasi.

Sebagai wujud kasat mata, indikator tercapainya pembangunan budaya ilmiah yang unggul adalah hadirnya kehidupan suatu masyarakat yang terbiasa memandang penguasaan ilmu pengetahuan sebagai gaya hidup untuk berkreasi menghasilkan karya ilmiah yang dapat dimanfaatkan banyak orang. Demikian pula kita akan melihat adanya tata kelola perguruan tinggi yang secara konsisten menjadikan syarat universal pengangkatan *assistant professor*, *associate professor* dan *full professor* berdasarkan: *strong publication record*, *excellent funding potential*, *exceptional interest in collaboration*, *interdisciplinary effort*.

Diperlukan kesepakatan nasional untuk menetapkan prinsip-prinsip yang menjadi landasan filosofis bagi setiap pengambilan kebijakan pemerintah tentang perguruan tinggi, yang didasari dengan menempatkan peran kelembagaan perguruan tinggi sebagaimana arti dan makna sebuah *university* menurut definisi UNESCO yang bersifat universal, dengan memperhatikan pula budaya lokal khususnya bagi pemerataan pembangunan hingga daerah tertinggal. Indonesia di mata dunia pada saat ini telah berada di atas posisi negara sedang berkembang, namun disadari masih tidak memiliki cukup dana untuk membiayai penelitian, oleh karena itu diperlukan kebijakan nasional peningkatan mutu *intake* mahasiswa S2/S3, dengan terlebih dahulu menyeleksi beberapa program studi perguruan tinggi terbaik untuk menyelenggarakan pembinaan pendidikan pasca sarjana pada setiap disiplin ilmu yang dikembangkan di perguruan tinggi lainnya.

Pendanaan riset harus dianggarkan berdasarkan *merit-based*, dikelola dengan prinsip otonomi perguruan tinggi dengan sangat memperhatikan prioritas kemampuan peneliti yang mumpuni, agar supaya membawa perguruan tinggi dan kelompok penelitian mampu berkiprah di peringkat internasional.

Penelitian dasar, yang secara hakiki mampu menjawab pertanyaan-pertanyaan riset fundamental, akan menghasilkan pemikir yang handal dan lingkungan ilmiah yang kondusif bagi terciptanya budaya ilmiah yang unggul di perguruan tinggi, dan pada tahap selanjutnya dapat menggerakkan penelitian aplikatif dan teknologi. Apresiasi pemerintah perlu diberikan kepada *best scientists* yang telah mendedikasikan kehidupannya untuk menghasilkan karya nyata dalam melaksanakan *basic research*.

Terwujudnya Kebijakan Nasional Strategis yang menjadi pemandu dan pengarah kebijakan riset secara sistematis, disusun berdasarkan hasil riset dan kajian secara komprehensif melibatkan Perguruan Tinggi dan sektor pemerintah yang menjadi kunci pengambil keputusan: Kemendikbud, Kemenristekdikti, Kemenkeu, Kementan-RB, Bappenas. Oleh karena kesepakatan nasional

ini memiliki prioritas yang berdampak besar kepada kehidupan dan daya saing masa depan bangsa, maka selayaknya pengambil keputusan tertinggi berada pada kewenangan Presiden.

Dalam kebijakan dan tata kelola penelitian hendaknya sistem insentif lebih ditampilkan ke-timbang penyelesaian urusan administrasi. Diperlukan pula *champions* perguruan tinggi yang memiliki *academic leadership* untuk membangun *academic excellence*, termasuk kemampuan mengatasi kendala dan hambatan tata kelola, serta memiliki akses informasi dan peran aktif pada manajemen riset tingkat nasional.

Pada tataran mahasiswa pasca sarjana, upaya membangun budaya menalar perlu diinisiasi sejak pendidikan dasar. Salah satu faktor penting yang mengemuka sebagai kelemahan mahasiswa Indonesia pada saat ini adalah ketidakpedulian mayoritas mahasiswa terhadap pentingnya bahasa Indonesia, padahal membaca dan menulis dengan benar dan baik adalah proses manusiawi yang memaksa seseorang untuk terbiasa berpikir keras. Dibutuhkan pula dosen yang siap dan mampu menceriterakan seperti apa tulisan yang baik dan mana yang buruk; sehingga hal ini akan menstimulasi pula dosen dalam mengembangkan daya analisisnya. Salah satu terobosan untuk mewujudkan harapan tersebut di atas adalah mengubah atau menyesuaikan kurikulum bahasa Indonesia di Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan (LPTK) dengan kebutuhan masa depan anak bangsa, khususnya proses pembelajaran dalam upaya membangun kemampuan bernalar.

Penyusunan kebijakan ilmu pengetahuan dan teknologi mengacu kepada masa depan bangsa Indonesia untuk memanfaatkan potensi lokal dan tradisi yang dimiliki, untuk memenuhi kebutuhan nasional dengan memperhatikan teknologi tepat dan ramah lingkungan, penggunaan sumberdaya yang efisien, serta memperhatikan dampak sosial ekonomi, disertai kajian komprehensif ditinjau dari semua aspek.

Riset multidisiplin di bidang yang menghasilkan banyak terobosan di masa depan dan yang akan membuka banyak kesempatan untuk membuat produk siap pakai, material baru dengan biaya yang lebih murah dan bahan baku sedikit, dipercaya bisa menjawab tantangan sosial dalam menghadapi kebutuhan masyarakat.

Suatu gerakan nasional yang berdampak menyadarkan semua pihak yang terlibat dalam pengambilan kebijakan riset dan kelembagaan perguruan tinggi di Indonesia perlu diwujudkan sebagai tindak lanjut dari (laporan, buku putih) hasil rumusan seminar ini.

Pada akhirnya, semua upaya yang digagas dan didiskusikan di seminar ini hendaknya menghasilkan dokumen *guidance/direction* yang membuahkan pemahaman yang sama tentang sosok kelembagaan perguruan tinggi dan kebijakan riset nasional. Plus, bonus terpenting dari kesamaan dalam pemikiran dan pemahaman tersebut adalah lahirnya kebijakan yang mampu menumbuhkan kreativitas anak bangsa, dengan tata kelola pendanaan dan sistem administrasi yang tidak membebani pelaksana penelitian.

BAGIAN II - KONTRIBUSI PEMIKIRAN DARI ITB

1. RISET DAN PENGEMBANGAN IPTEKS: PENGALAMAN ITB

Oleh: Prof. Bambang Riyanto (Wakil Rektor bidang Riset, Inovasi, dan Kemitraan ITB)

Pengantar

Tidak dapat dipungkiri riset dan inovasi adalah penggerak penting pertumbuhan ekonomi, industri dan lapangan pekerjaan baru, dan standar kehidupan yang tinggi di berbagai belahan dunia. Dalam separuh abad ini, inovasi telah didorong oleh manusia yang berpendidikan dan pengetahuan yang dihasilkan, terutama melalui riset dan pengembangan saintifik dan teknologis. Di negara maju, dan khususnya di Amerika, sumber utama pengetahuan baru dan individu berbakat yang menerapkan pengetahuan baru itu untuk kesehatan, kemakmuran dan kesejahteraan, adalah riset dasar dan program pascasarjana di berbagai universitas riset.

Universitas riset di Amerika, dengan dukungan yang kuat dan berkelanjutan dari pemerintah dan kerjasama industri serta para filantropis, telah dikenal luas memiliki riset dan pendidikan tinggi terbaik di dunia. Meskipun demikian, universitas-universitas riset ini dihadapkan kepada tantangan baru, tantangan ekonomi, munculnya kompetitor global, perubahan demografis dan munculnya teknologi baru yang berkembang cepat.

ITB sebagai institusi yang berperan membawa agen perubahan memandang pengembangan IPTEKS dan riset sebagai elemen penting dalam aktivitas akademiknya. Riset memungkinkan dosen dan peneliti ITB menemukan, menciptakan, mendesiminasikan dan menyimpan pengetahuan. Telah menjadi misi ITB untuk menghasilkan keunggulan riset dengan standar yang tinggi yang didukung oleh periset/dosen dan mahasiswa yang memiliki keunggulan dalam akademik. Dengan pengembangan dan investasi yang berkelanjutan, ITB senantiasa diharapkan mendukung budaya riset dan pengembangan IPTEKS, membangun kepemimpinan dan kapasitas riset dalam lingkungan keskolaran dan profesional. Secara khusus program pascasarjana dipandang sebagai penghela riset dan pengembangan IPTEKS di ITB.

Misi atau pentingnya keberadaan ITB sebagai sebuah lembaga pendidikan tinggi dituangkan dalam SK SA ITB09/SK/I1-SA/OT/2011 yaitu "Menciptakan, berbagai, dan menerapkan ilmu pengetahuan, teknologi, seni dan ilmu kemanusiaan serta menghasilkan sumber daya insani yang unggul untuk menjadikan Indonesia dan dunia lebih baik". Misi ini mengutamakan sinergisme "menciptakan-berbagi-menerapkan" yang diuraikan sebagai berikut: 1) menciptakan ilmu pengetahuan, teknologi, seni dan ilmu kemanusiaan untuk memimpin perkembangan dan perubahan masyarakat secara etis melalui kegiatan tridharma perguruan tinggi yang inovatif, bermutu dan tanggap terhadap perkembangan dan tantangan baik lokal maupun global; 2) berbagi ilmu pengetahuan, teknologi, seni dan ilmu kemanusiaan melalui keunggulan program tridharma perguruan tinggi yang berkualitas dan bersama pemangku

kepentingan memperkaya dan menyebarkannya, untuk menyelesaikan permasalahan serta meningkatkan daya saing bangsa Indonesia; 3) menerapkan ilmu pengetahuan, teknologi, seni dan ilmu kemanusiaan untuk mewujudkan masyarakat kampus yang sejahtera dengan dukungan sumberdaya yang memadai; 4) menerapkan ilmu pengetahuan, teknologi, seni dan ilmu kemanusiaan untuk melayani masyarakat, industri dan pemerintah dalam rangka meningkatkan kualitas kehidupan bangsa dan dunia secara berkelanjutan.

Tantangan perubahan dan perkembangan IPTEKS dunia yang dinamis dan sekaligus kompleks dalam berbagai bidang seperti energi, kesehatan, pangan, transportasi, informasi, material, beserta implikasi sosial dari perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi mengharuskan ITB bersikap lebih tanggap dan adaptif menghadapi tantangan dan perubahan ini.

Dari Universitas Riset Menuju Universitas Entrepreneur

Sejak dimulainya status sebagai badan hukum sekitar lebih dari satu dekade yang lalu, ITB telah mencanangkan dirinya sebagai universitas riset. Klasifikasi sebagai universitas riset ini didasarkan pada Carnegie Classification of Research University, yang antara lain dicirikan oleh mencukupinya jumlah periset, jumlah anggaran untuk riset dan jumlah mahasiswa tingkat doktoral pertahun-nya. Dengan melandaskan pada klasifikasi ini, dalam memperkuat posisinya sebagai universitas riset ITB mengarahkan perhatiannya kepada upaya peningkatan jumlah dosen yang memiliki kapasitas riset, dana anggaran riset dan jumlah mahasiswa dalam program doktoral.

Pengertian Universitas Riset yang dianut oleh Institut Teknologi Bandung dicirikan oleh berikut ini: 1) Budaya riset yang ditunjukkan melalui sikap, perilaku dan etika masyarakat akademik dalam pelaksanaan riset, 2) Memiliki organisasi dan manajemen riset yang efektif dan ditunjang oleh anggaran dan peneliti dalam jumlah dan kualitas yang memadai, 3) Tersedianya sarana dan prasarana riset yang lengkap, mutakhir dan dalam jumlah yang memadai, 4) Menarik bagi best talents (mahasiswa, dosen, peneliti) dari dalam dan luar negeri, 5) Terselenggaranya kegiatan pembelajaran berbasis riset (research based learning), 6) Berorientasi internasional untuk meningkatkan kualitas riset, cross culture dan berperan dalam pemecahan masalah bangsa, 7) Memiliki program yang bersifat antar-disiplin yang mensinergikan berbagai bidang sains, teknologi dan seni. Ciri-ciri ini diharapkan mewarnai riset dan pengembangan IPTEKS di ITB.

Sebagaimana tertuang dalam misi ITB, dengan strategi pengembangan yang digariskan di Renstra, upaya untuk menjadi World Class University dimaksudkan untuk mendukung upaya peningkatan daya saing serta mengangkat nama baik bangsa Indonesia. Sejalan dengan misi ITB tersebut, bidang penelitian dan pengabdian masyarakat di ITB berharap dapat menjalankan peran berikut ini: "Menciptakan dan menerapkan ipteks untuk melayani masyarakat, industri dan pemerintah dalam rangka meningkatkan kualitas kehidupan dan Penyelesaian Masalah bangsa dan dunia secara berkelanjutan". Untuk dapat menjalankan peran di atas secara

maksimal, ITB bersama-sama dengan pemerintah dan kekuatan lain perlu secara aktif mengembangkan dan memperkuat infrastruktur institusional yang kokoh dan kondusif.

Mempertimbangkan peran ITB dan kebutuhan akan infrastruktur pendukung seperti yang dijelaskan di atas, maka upaya percepatan peningkatan kinerja riset di ITB akan diwujudkan melalui dua program strategis berikut ini:

- a. Program strategis IPTEKS untuk penyelesaian masalah bangsa. Program strategis ini akan diimplementasikan melalui dua pilar besar, yaitu:
 - a. pilar penciptaan Ipteks diarahkan pada
 - i. peningkatan kualitas penelitian di ITB
 - ii. peningkatan jumlah publikasi internasional dosen ITB
 - iii. peningkatan keterlibatan jumlah mahasiswa S3 dalam kegiatan riset dan publikasi di ITB, serta
 - iv. peningkatan kapasitas dan produktifitas riset ITB.
 - b. pilar penerapan Ipteks diarahkan pada
 - i. peningkatan jumlah produk – produk riset unggulan
 - ii. peningkatan peran kegiatan riset di ITB dalam menyelesaikan permasalahan bangsa, serta
 - iii. sinergi pemberdayaan masyarakat di wilayah binaan ITB sebagai wujud implementasi hasil kegiatan penelitian di masyarakat.
- b. Program strategis penguatan organisasi dan infrastruktur riset, diarahkan pada :
 - a. revitalisasi peran organisasi pelaksana dan pengelolaan riset (pusat, pusat penelitian, fakultas dan LPPM)
 - b. penyempurnaan sistem quality assurance
 - c. penetapan kebijakan dan kode etik riset
 - d. penyediaan sistem informasi dan peningkatan knowledge sharing, serta
 - e. peningkatan peran Guru Besar.

Secara organisasi, riset ITB dilaksanakan oleh periset/dosen yang terhimpun pada berbagai Kelompok Keilmuan (research group) yang tersebar di berbagai Fakultas/Sekolah. Sebagian besar Kelompok Keilmuan ini didukung oleh laboratorium riset. ITB juga memandang penting riset yang bersifat multi-disiplin, inter-disiplin dan trans-disiplin. Disamping dilaksanakan antar Kelompok Keilmuan dan Fakultas/Sekolah, riset multi-disiplin, inter-disiplin dan trans-disiplin dilaksanakan di Pusat Penelitian dan Pusat. Saat ini ada 7 (tujuh) Pusat Penelitian dan 19 (Sembilan belas) Pusat. Perbedaan keduanya lebih didasarkan kepada apakah inisiatif

pembentukannya bersifat “top-down” (Pusat Penelitian) atau lebih bersifat “bottom-up” (Pusat).

Pusat Penelitian pada awalnya dibentuk untuk melaksanakan riset unggulan ITB. Riset unggulan ini didefinisikan oleh Senat Akademik dan didasarkan kepada tantangan keilmuan, tantangan nasional, tantangan global, kapasitas kepakaran dan rekam jejak riset ITB. Pusat Penelitian yang saat ini ada di ITB adalah :

1. Pusat Penelitian Teknologi Informasi dan Komunikasi
2. Pusat Penelitian Energi Baru dan Terbarukan
3. Pusat Penelitian Infrastruktur dan Kewilayahan
4. Pusat Penelitian Biosains dan Bioteknologi
5. Pusat Penelitian Mitigasi Bencana
6. Pusat Penelitian Produk Budaya dan Lingkungan
7. Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi

Beberapa pusat penelitian ini akan dikembangkan sebagai pusat keunggulan nasional dalam pengembangan IPTEKS dimana riset dan inovasi yang unggul dan berkualitas dalam bidang yang bersifat “cutting edge” dengan dukungan periset yang unggul serta jejaring yang luas menjadi karakteristiknya.

Sejak Tahun 2015, ITB mencanangkan dirinya sebagai Entrepreneurial University, yang dicirikan oleh keunggulan dalam pengajaran, keunggulan dalam riset dan keunggulan dalam inovasi. Pergeseran orientasi ini tidak memperkecil keunggulan dalam riset, bahkan keunggulan dalam riset merupakan prasyarat dari keunggulan dalam inovasi. Dalam konteks pergeseran paradigma ini peran inovasi yang ditunjang oleh keunggulan riset menjadi makin meningkat.

Perkembangan IPTEKS

Perkembangan di dunia yang pesat dalam bidang teknologi informasi, bioteknologi dan nanoteknologi telah mendorong ITB untuk mengkonsolidasikan sumberdayanya dalam meningkatkan riset pada ketiga bidang ini. Diperkirakan perkembangan sains dan teknologi kedepan akan sangat diwarnai oleh “4O” (Info, Nano, Bio, Cogno) dan konvergensi diantara bidang-bidang ini (lihat Gambar 1). Konvergensi itu antara lain tampak dari pengembangan Bio-informatics, yang merupakan sinergi antara bidang biologi dengan bidang informasi. Juga tampak dalam pengembangan nanoteknologi untuk bidang biomedika. Diyakini bahwa pada masa depan dalam bidang ilmu bahan dan sinerginya dengan “4-O”-lah kemungkinan besar kita dapat menemukan solusi permasalahan manusia menyangkut hidup yang berkelanjutan, sumber yang berkecukupan untuk manusia, dan pada saat yang sama menuju hubungan simbiosis dengan alam.

Sementara itu “Grand Unified Theory” untuk gaya-gaya fisis dan hubungan diantara gaya-gaya itu, serta pemahaman terhadap genomics dan proteomics, termasuk interaksi dan peranan dari sel punca (stem cell) dalam membangun protein makin berkembang. Diperkirakan pengetahuan detil tentang kedua aspek fisika dan biologi ini membuka peluang manusia untuk menciptakan struktur yang makin kecil pada semua tingkatan, bahan yang dapat diprogram (programmable material) dalam bahan hibrida dimana interseksi antara nanoteknologi dan biologi menjadi kabur dan merupakan bagian dari suatu kontinum. Diprediksi juga perkembangan yang makin meningkat dalam pemahaman, pengendalian dan stabilisasi plasma, pengetahuan lebih detil tentang molekul, dan implikasi kimia dan fisiologi pada organisme hidup. Kuantifikasi dan kategorisasi kehidupan, kecerdasan, kompleksitas dan skalabilitas, diperkirakan akan dapat menjawab sejumlah misteri dan masalah saintifik yang saat ini belum terpecahkan (Cochrane, 2012).



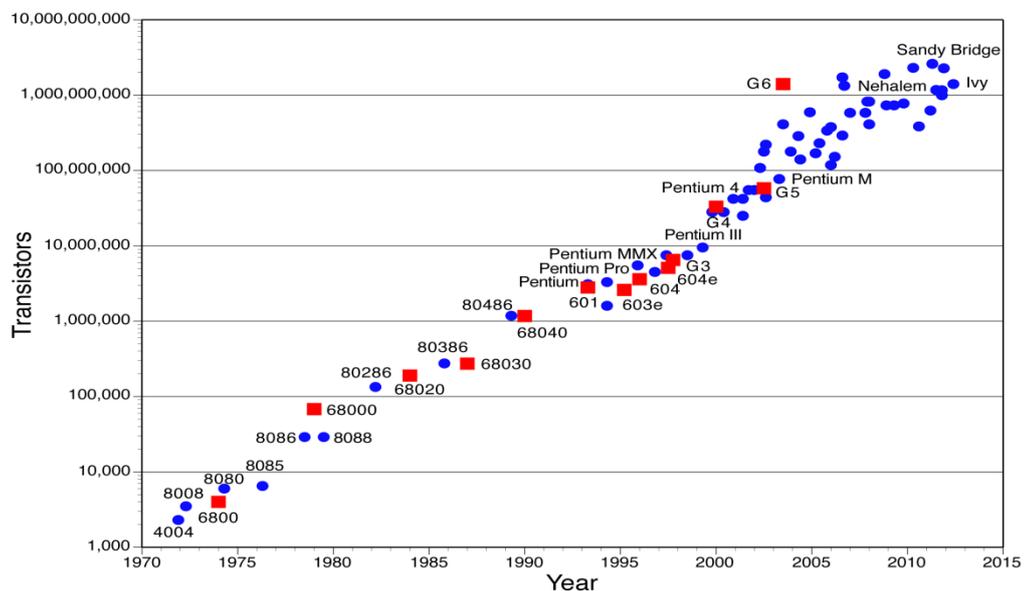
Gambar 1. “4O” (Info, Nano, Bio, Cogno) dan Konvergensinya

Dalam bidang elektronika, tidak dapat dipungkiri bahwa perkembangan mikroprosesor dan berbagai macam bentuk perkembangannya saat ini, seperti “systems on chip”, programmable hardware (FPGA), telah mengubah banyak hal dalam bidang telekomunikasi, industri, komputer, kesehatan, pertanian, perdagangan dan lain-lain. Dalam konteks pengembangan elektronika dikenal Moore’s Law yang menyatakan bahwa jumlah transistor pada rangkaian terintegrasi akan meningkat dua kali untuk setiap dua tahun. Prediksi ini akurat sampai beberapa dekade dan hukum ini diterapkan di industri semikonduktor untuk memandu riset dan pengembangan serta peta jalan rangkaian elektronika terintegrasi: mikroprosesor (lihat Gambar 2), kapasitas memori, sensor dan bahkan diterapkan untuk memprediksi jumlah piksel pada kamera digital. Namun pengembangan rangkaian elektronika terintegrasi melambat dalam beberapa tahun terakhir, mengalami semacam saturasi, dan memerlukan terobosan baru dalam bidang Nanoteknologi, Kuantum dan Fotonik, atau Biologi Molekuler. Kita juga mengamati perkembangan yang cepat dalam bidang perangkat lunak, cloud computing, data mining, media sosial, internet of things, Artificial Intelligence, robotics& unmanned systems,

cyber-physical systems. Dalam kaitan ini, kedepan diprediksi bahwa “kecerdasan” akan sangat dipengaruhi dan dicirikan oleh adanya keterhubungan (lihat Gambar 3).

Prediksi lain perkembangan teknologi untuk bidang-bidang energi dan lingkungan, teknologi informasi, E-commerce, manufaktur dan robotik, obat-obatan dan biogenetik, transportasi dan teknologi ruang angkasa diperlihatkan pada Gambar 4. Pada gambar ini ditunjukkan pula perkiraan waktu penetrasi teknologi di masyarakat sehingga menjadi “main-stream”.

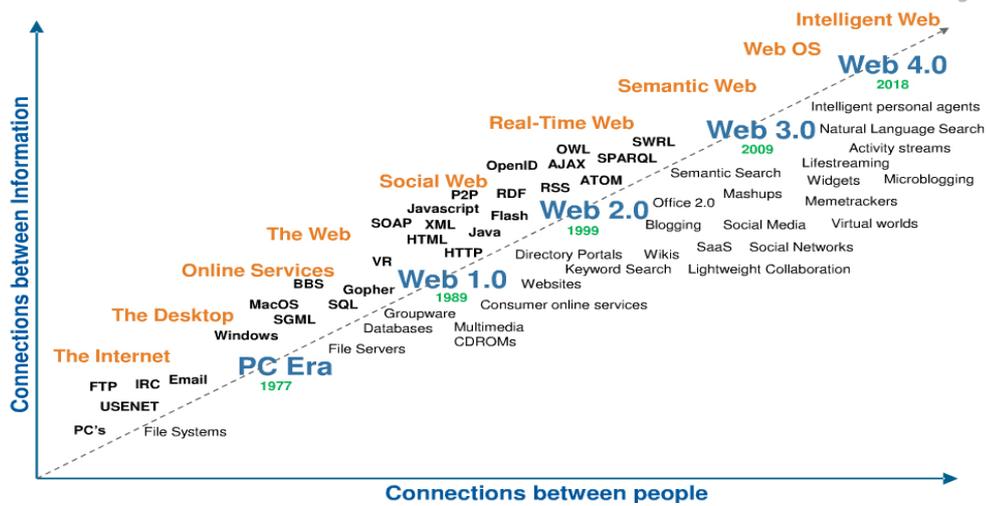
Dalam bidang energi, kita menghadapi tantangan yang tidak ringan. Dalam skala global, energi fosil memiliki cadangan yang terbatas, dan eksploitasi besar-besaran dalam beberapa dekade ini, telah mendorong kita untuk memikirkan energi baru dan terbarukan. Terdapat masalah dalam penggunaan energi ini. Yang pertama, konsumsi energi dalam berbagai bentuknya harus menghadapi beban puncak, apakah itu di kota, industri/pabrik, otomotif, alat-alat teknologi informasi dan berbagai macam instalasi. Masalah yang kedua, sumber-sumber energi yang ramah lingkungan (angin, matahari, gelombang, arus) berifat sporadis, tidak-konsisten dan/atau tidak andal. Dalam konteks ini riset dalam penyimpanan energi menjadi penting. Perkembangan dalam teknologi batere, super-kapasitor akan terus berlanjut, tetapi kedepan diperlukan peningkatan dalam “energy-density storages” dan waktu pengisian. Diperkirakan kombinasi dari struktur nano dengan bahan biologis dan non-biologis dapat memecahkan masalah ini.



Gambar 2. Perkembangan Mikroprosesor berdasarkan Moore’s Law

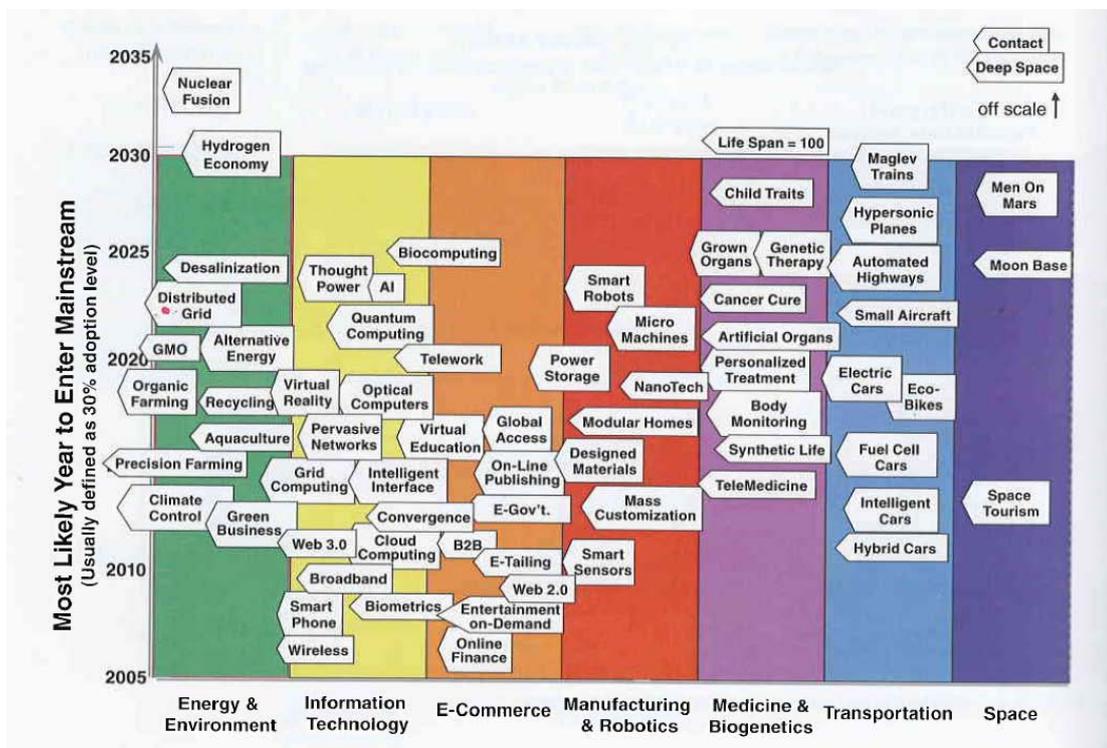
(http://education.mrsec.wisc.edu/SlideShow/images/computer/Moores_Law.png)

The Intelligence is in the Connections



Gambar 3. Kecerdasan dibangun dari keterhubungan

(<https://comparativegeeks.wordpress.com/2013/03/26/advances-will-annihilate-the-adolescent-acrimony-of-anonymity/>)



Gambar 4. Prediksi Perkembangan Teknologi

Jejaring Riset

Dalam masyarakat dunia modern berbasis pengetahuan yang saling terhubung (networked knowledge based society), membangun jejaring merupakan kunci bagi kemajuan masyarakat. ITB telah lama menyadari pentingnya membangun jejaring ini. Saat ini ITB telah membangun kerjasama dengan lebih dari tiga-ratus perguruan tinggi, lembaga riset dan institusi/perusahaan di luar negeri (Jepang, Korea, berbagai negara di Eropah, Amerika, Australia). Kerjasama ini terutama dalam riset bersama, dan pendidikan pascasarjana. Kerjasama dengan berbagai universitas di Jepang dan beberapa negara di Eropah termasuk menonjol. Beberapa diantaranya adalah kerjasama dengan Jepang dalam bidang Carbon Capture Storage (dengan Kyoto University), kerjasama dalam pemodelan lingkungan udara yang tercemar akibat penggunaan bauran energi, kerjasama dalam bidang farmasi, kerjasama riset dalam bidang heavy machinery dengan Perusahaan Komatsu, kerjasama riset dengan Jepang dalam bidang riset proses pemasakan pisang di antariksa, kerjasama riset dengan Jepang dalam bidang elektronika, kerjasama riset dengan Perancis dalam bidang energi terbarukan, kerjasama dengan Belanda dan Jerman dalam bidang penerbangan. Kerjasama dalam bidang ilmu kebumihan telah lama dirintis dengan berbagai negara antara lain Australia, Jepang, Eropah dan Amerika. Kerjasama ini diwujudkan dalam bentuk GREAT (Graduate Research on Earthquake and Active Tectonics). Sedang dirintis juga kerjasama riset dengan Eropah dalam bidang perkeretaapian. Kerjasama riset dalam bidang matematika telah terjalin erat dengan Australia, Jerman (DAAD) dan beberapa negara lain. Kerjasama dalam bidang advanced material, advanced material computation dijalin dengan Jepang, Korea dan beberapa negara lain. Kerjasama dengan beberapa negara di Eropah juga dijalin dalam bidang perubahan iklim, energi terbarukan dan otomotif, smart grid, tsunami early warning system, open source software, protein engineering, optics & photonics dan advanced material. Sementara itu kerjasama dalam bidang Ground Penetrating Radar telah dijalin dengan beberapa mitra di luar negeri. Kerjasama dengan Amerika antara lain dalam riset lapisan tanah di danau di Sulawesi. Beberapa kerjasama diwadahi dalam suatu konsorsium perguruan tinggi dari berbagai negara diantaranya AUN-SEED Net (JICA), PARE Consortium (dikoordinasikan oleh Hokkaido University). Dalam bidang ICT, kerjasama dengan Korea diwujudkan dalam bentuk pengembangan Cyber Security Center, yang memfokuskan risetnya dalam bidang keamanan informasi.

Jejaring yang juga patut dicatat adalah kerjasama dengan Korea, Jepang dan Cina dalam bidang Unmanned System Studies dan Intelligent Robotics. Disamping menghasilkan riset dan publikasi bersama kerjasama ini telah menghasilkan organisasi ilmiah bernama International Society on Intelligent Unmanned Systems, dengan tim periset ITB dan Konkuk Univ (Korea) yang mengambil peran besar dalam pembentukan organisasi ilmiah ini. Organisasi ini telah menyelenggarakan international conference secara rutin dan beberapa jurnal yang diterbitkan oleh Emerald (UK) dan Unisys (Korea).

Kerjasama riset ini menghasilkan ilmu pengetahuan baru, maupun desain dan karya baru. Banyak diantaranya yang menghasilkan publikasi bersama di berbagai jurnal internasional.

Pada tingkat individu, banyak dosen yang masih menjalin kerjasama dengan mantan professor pembimbingnya di luar negeri, termasuk menghasilkan publikasi bersama.

Kerjasama ITB dengan berbagai industri telah terjalin dengan baik. Sebagai contoh, adalah riset dan pengembangan Katalis yang bekerjasama dengan Pertamina dan Pupuk Iskandar Muda. Juga bisa disebut di sini kerjasama dengan perusahaan gas dan minyak yang diwadahi dalam Konsorsium Oppinet dan Ogrindo. Konsorsium Oppinet telah menghasilkan sejumlah perangkat lunak untuk optimisasi piping di industri gas dan minyak. Konsorsium ini melibatkan pakar dalam berbagai disiplin: Perminyakan, Matematika, Biologi dan sebagainya. Kerjasama juga dijalin dengan perusahaan/industri multinasional seperti Microsoft Innovation Center, Blackberry Innovation Center, National Instruments dan sebagainya.

Dalam satu-dua tahun terakhir ini, khususnya sejak ITB mendeklarasikan dirinya sebagai Entrepreneur University, kerjasama dalam bidang inovasi mulai terjalin. Beberapa diantaranya kerjasama dengan SAAB(Swedia), EU(Eropah), SKKU(Korea), NEN(India) dan Asean Start-up Network. Selain itu kerjasama dengan industri menjadi bagian sangat penting dalam pengembangan sistem inovasi. Disadari bahwa keunggulan dalam bidang inovasi memerlukan keunggulan dalam bidang riset.

Publikasi Riset

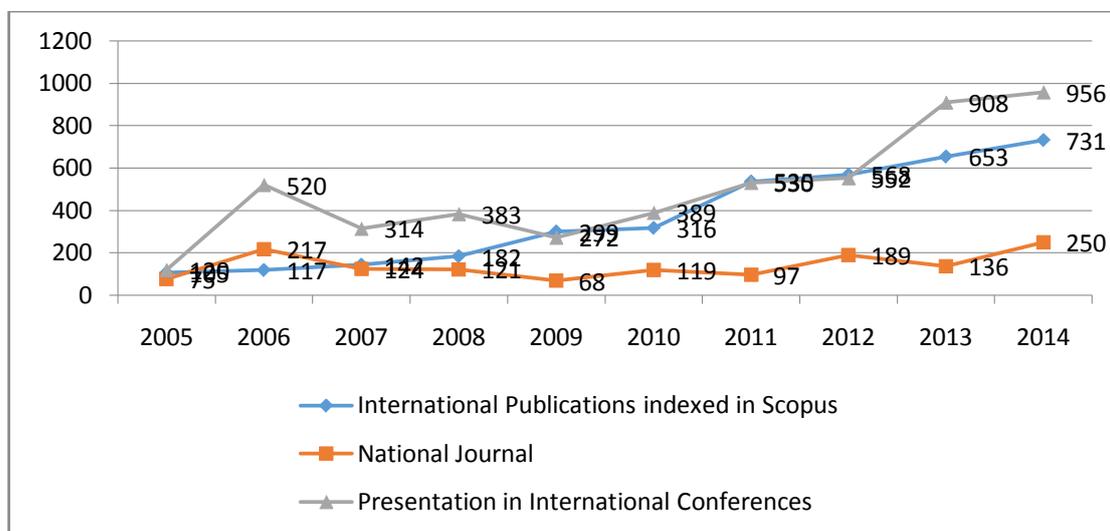
Kualitas riset dapat dicerminkan dari kualitas publikasi yang dihasilkan. ITB sangat mendorong dan memfasilitasi dosen-dosen dan peneliti untuk mempublikasi hasil risetnya pada jurnal internasional. Dalam kaitan ini, ITB melaksanakan program insentif publikasi: dosen memperoleh insentif untuk setiap publikasi yang dihasilkan dari risetnya. Disamping jumlah publikasi, impact riset dapat dilihat dari jumlah sitasi, dan ITB memandang penting jumlah sitasi dosen-dosennya, misalnya diukur melalui H-index individu, publikasi di jurnal ber-impact factor dan sejenisnya. Untuk mendorong publikasi ber-impact tinggi, besaran insentif publikasi juga didasarkan pada impact-factor jurnal.

Data di Scopus memperlihatkan bahwa jumlah publikasi ITB yang terekam di Scopus menempati peringkat pertama di Indonesia seperti diperlihatkan pada Gambar 7. Saat ini (1 September 2015) tercatat total sejumlah 4705 publikasi ITB terekam di Scopus. Demikian pula bila dilihat dari produktivitas publikasi per dosen ITB yang sangat menonjol di Indonesia. Perkembangan jumlah publikasi ITB dalam beberapa tahun yang tercatat di Scopus dapat dilihat pada Gambar 5.a dan 5.b. Terlihat kecenderungan yang meningkat dari sisi jumlah publikasi. Peningkatan sitasi (akumulatif) diperlihatkan pada Gambar 6. Meskipun demikian, harus diakui dalam hal jumlah publikasi, ITB masih tertinggal dari beberapa universitas di ASEAN (lihat Gambar 8). Tentunya ini merupakan tantangan ITB dalam produktivitas publikasi. Kontribusi publikasi setiap Fakultas/Sekolah di ITB diperlihatkan pada Gambar 9. Tampak beberapa Fakultas/Sekolah seperti FMIPA (Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam) dan STEI (Sekolah Teknik Elektro dan Informatika) menonjol dalam menghasilkan publikasi.

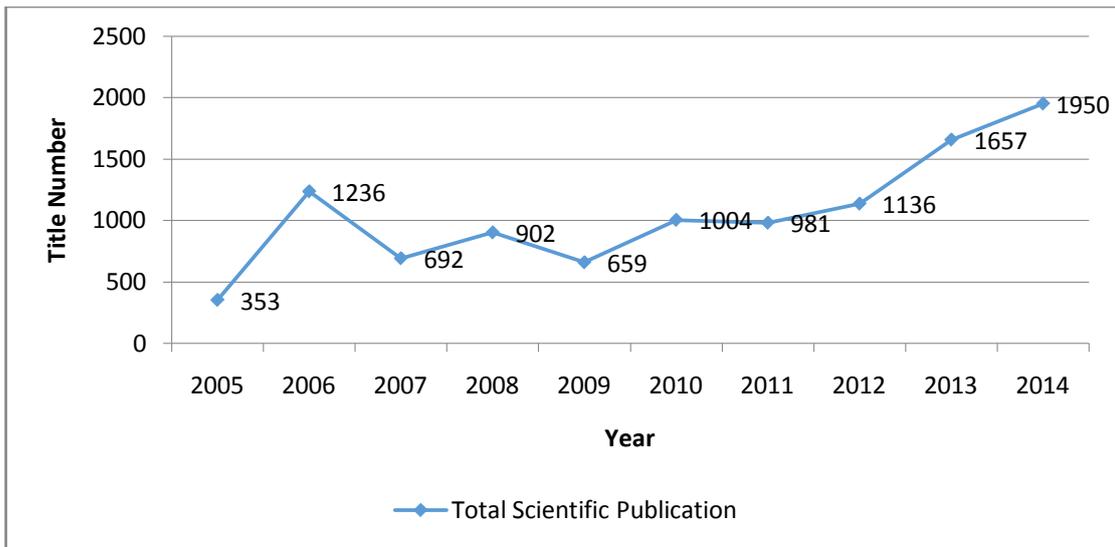
Fakta yang menarik dapat diamati lebih jauh dari Gambar 10. Kurva ini memperlihatkan jumlah mahasiswa S3 yang mencukupi, tentu dengan kualitas yang baik, berkorelasi dengan jumlah publikasi internasional.

Memetakan profil riset universitas perlu dilakukan untuk mengetahui bidang IPTEKS yang menjadi kekuatan dan kelemahannya. Gambar 11 memperlihatkan profil bidang dari publikasi ITB yang terekam di Scopus. Tampak bahwa bidang-bidang Engineering, Computer Science, Physics & Astronomy, Earth and Planetary Sciences, Mathematics dan Material Sciences berkontribusi signifikan pada publikasi ITB. Menarik pula untuk dicermati bahwa dalam pemeringkatan QS untuk bidang Desain & Seni, ITB menempati posisi 51 besar universitas dunia dalam bidang ini.

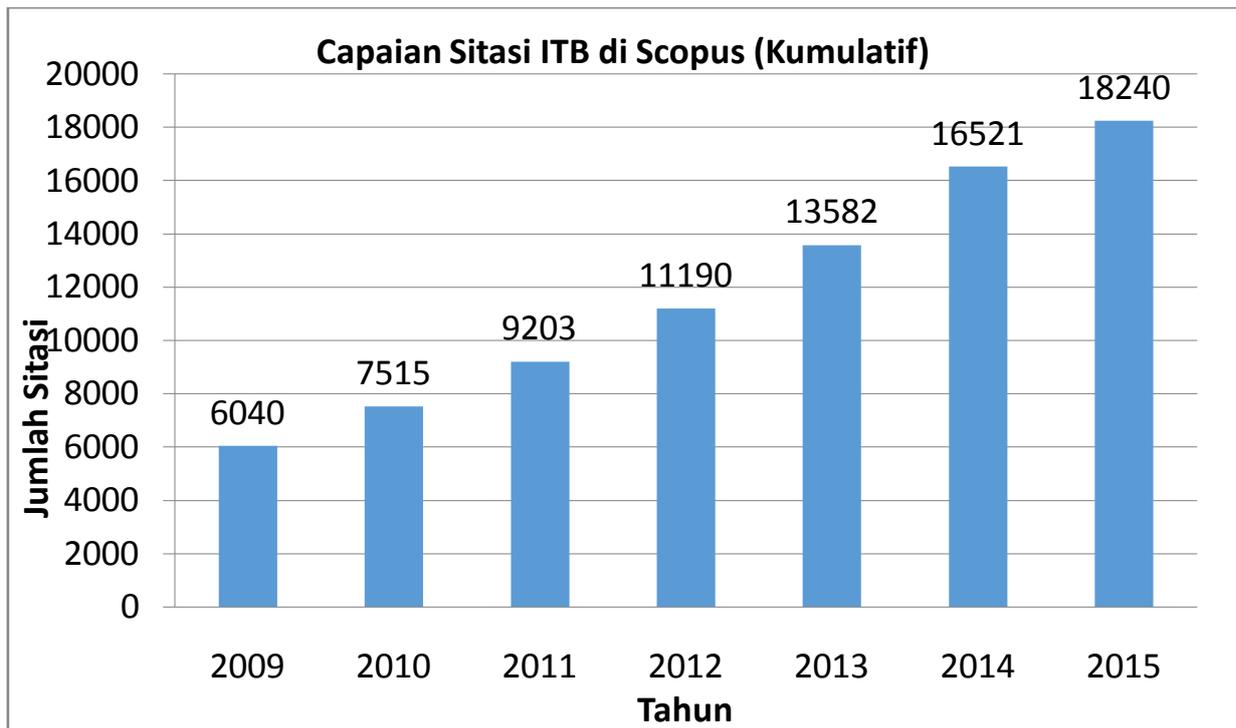
Perlu ditekankan di sini bahwa publikasi hanyalah salah satu bentuk luaran riset ITB. Bentuk luaran lainnya berupa prototipe teknologi dalam skala lab, prototipe teknologi dalam skala komersial, desain, produk/karya lainnya. Beberapa riset menghasilkan paten, bentuk kekayaan intelektual lainnya, usaha baru berbasis teknologi (start-up). Dalam konteks Entrepreneurial University, pengembangan ekosistem inovasi penting untuk diperhatikan sehingga tercipta interaksi universitas-industri-pemerintah (Triple Helix) dalam masyarakat yang berbasis pengetahuan (Thorp & Goldstein 2013, Etzkowitz 2008).



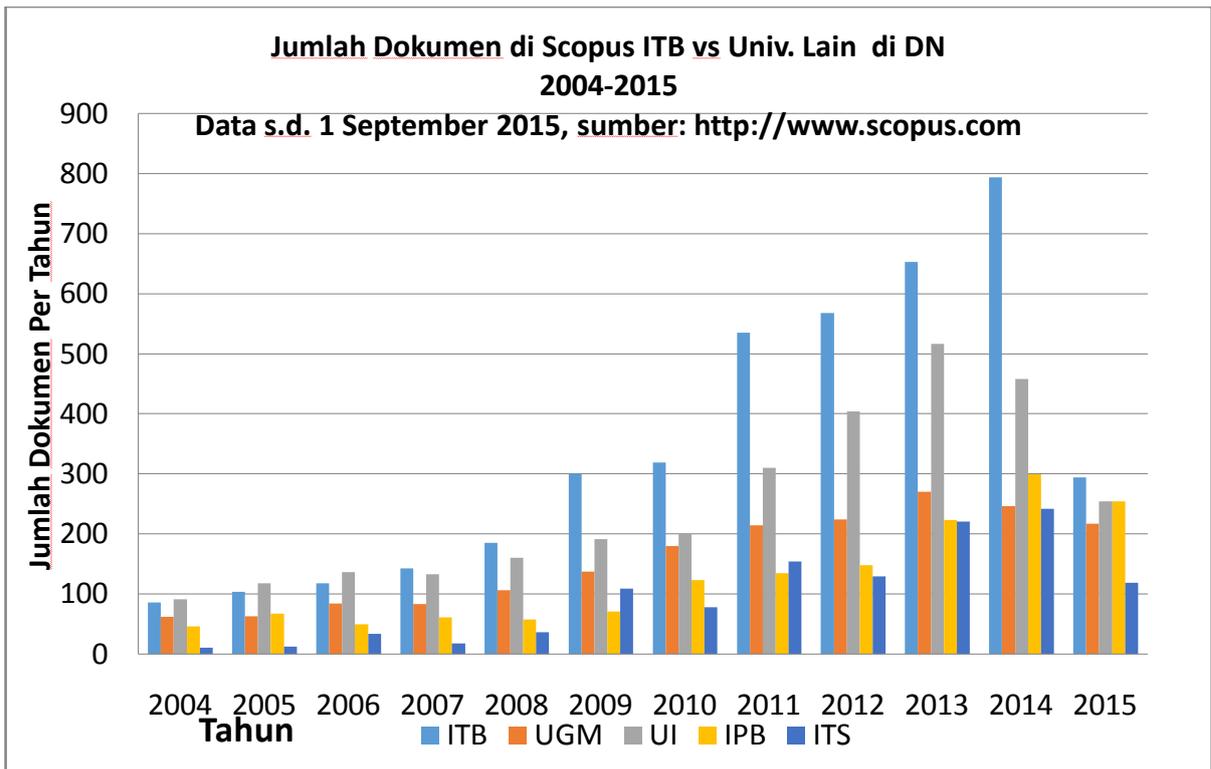
Gambar 5.a. Publikasi ITB



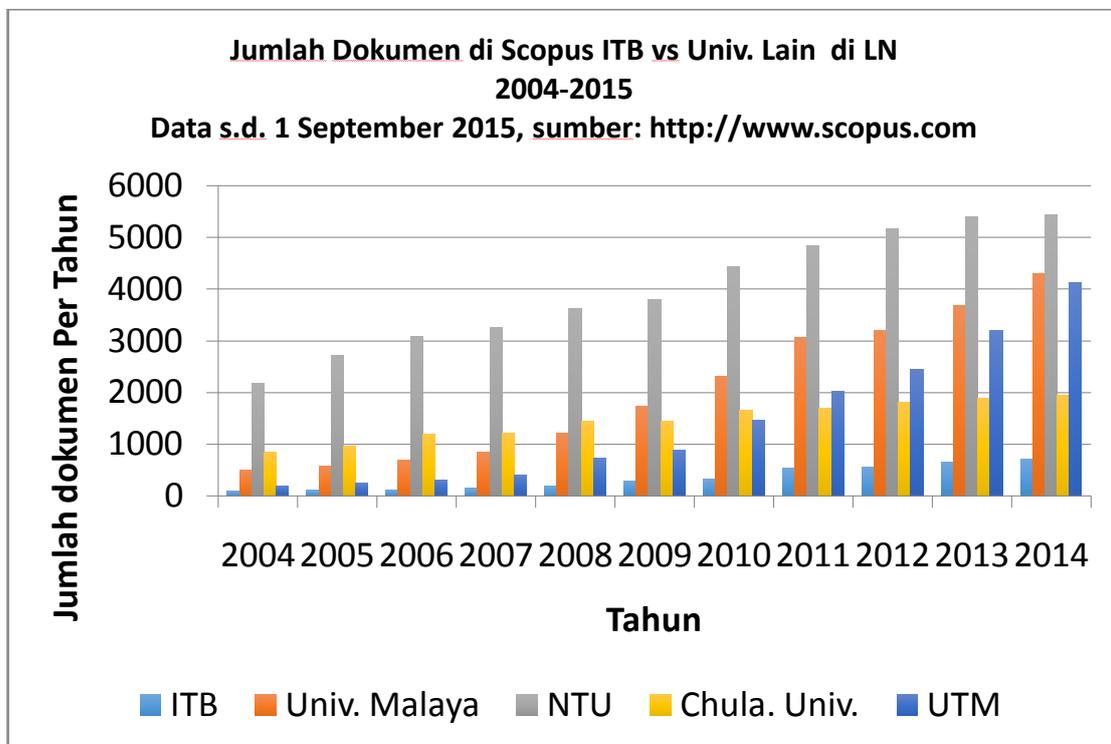
Gambar 5.b. Publikasi Total ITB



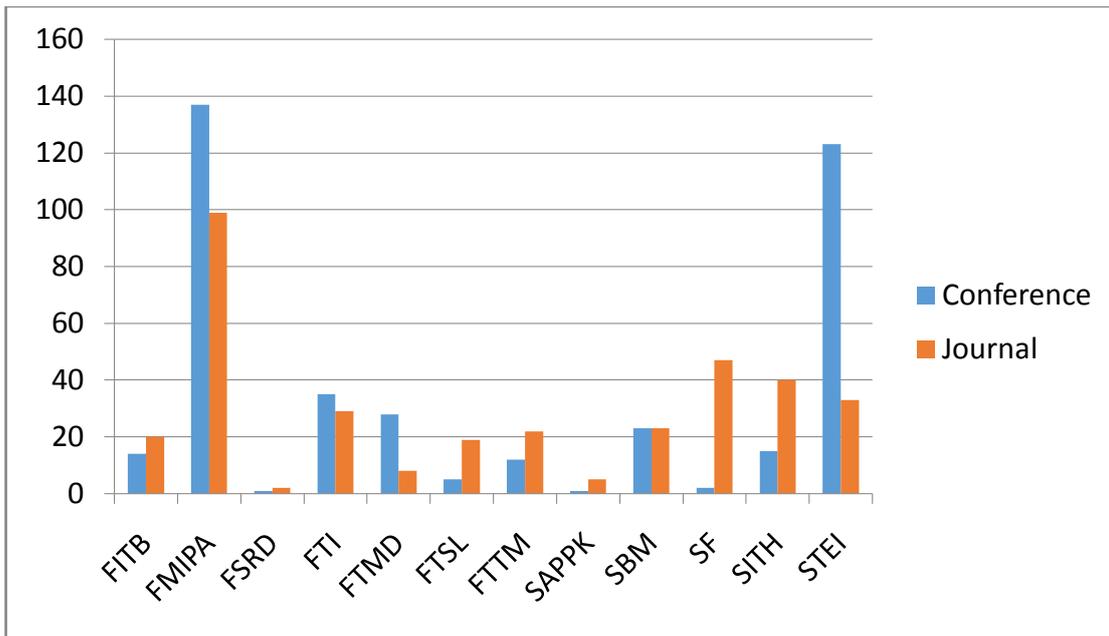
Gambar 6. Sitasi Publikasi Riset ITB



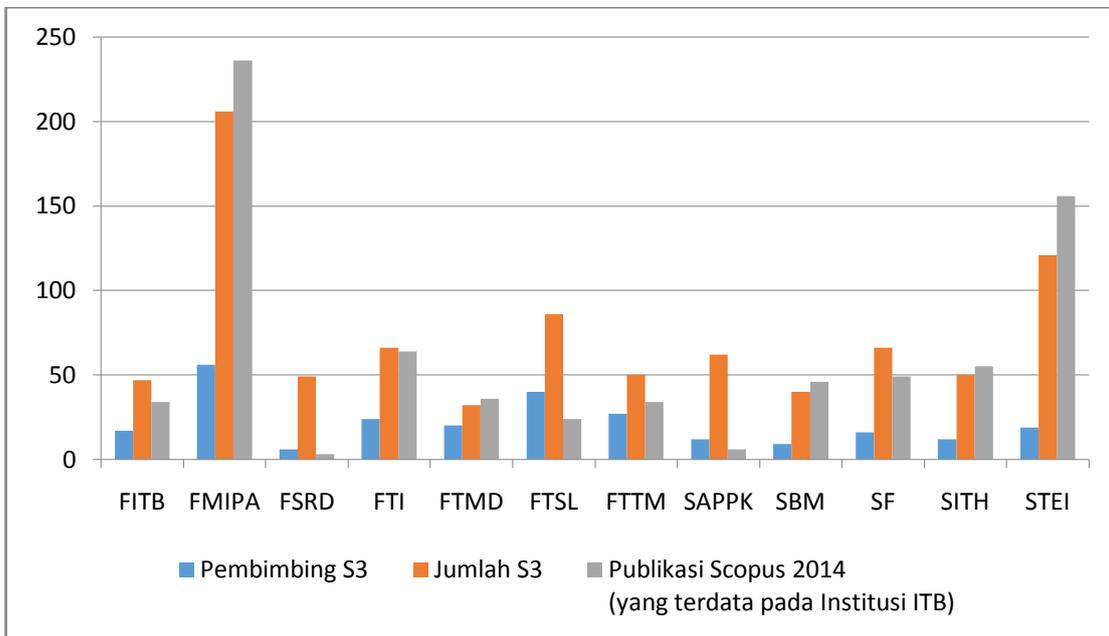
Gambar 7. Perbandingan Jumlah Publikasi Beberapa Perguruan Tinggi di Indonesia



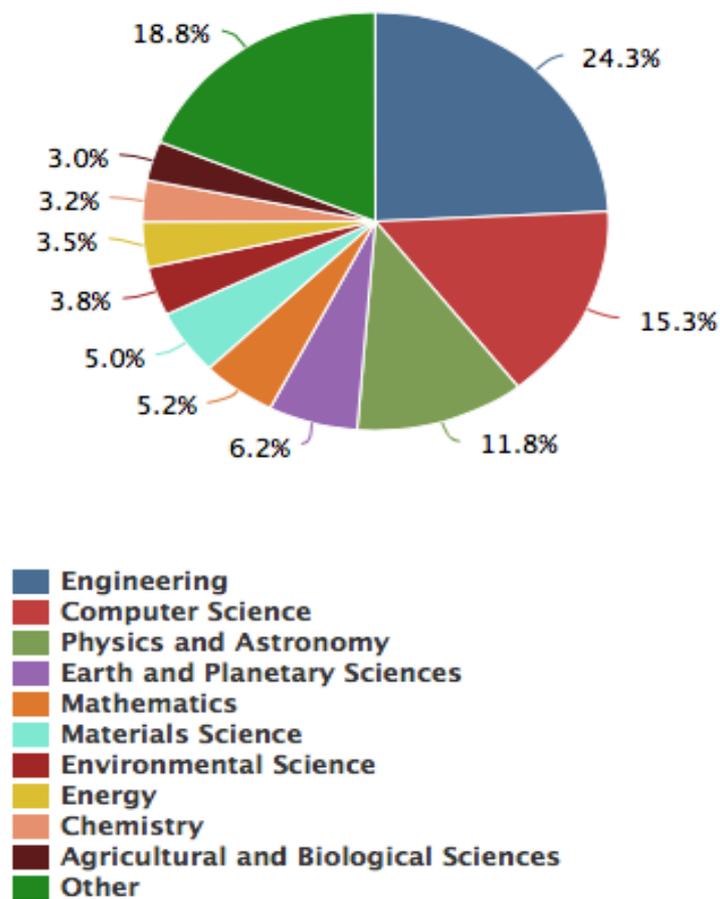
Gambar 8. Perbandingan Jumlah Publikasi ITB dengan Univ di ASEAN



Gambar 9. Publikasi di Jurnal dan Seminar per-Fakultas/Sekolah



Gambar 10. Jumlah Pembimbing S3, Jumlah S3 dan Publikasi



Gambar 11. Profil Publikasi Riset ITB

Fasilitas Riset

Sangat disadari bahwa riset yang maju memerlukan fasilitas riset yang lengkap dan modern. Meskipun fasilitas laboratorium dan riset di ITB masih relatif baik dibandingkan dengan banyak universitas yang lain di Indonesia, saat ini banyak peralatan laboratorium yang memerlukan upgrade dan modernisasi. Keterbatasan anggaran pemerintah dan institut tidak memungkinkan ITB memodernisasi seluruh peralatan laboratorium dan studionya secara serentak.

Pada sekitar 2-3 dekade yang lalu, sejumlah fasilitas riset diadakan dan ditingkatkan dalam bidang-bidang yang terkait dengan Pusat Antar Universitas (PAU) antara lain Mikro-elektronika, Ilmu Rekayasa, Bioteknologi. Fasilitas riset ini telah berperan dalam peningkatan kualitas riset ITB dalam bidang-bidang tersebut. Seiring dengan berjalannya waktu, dirasakan bahwa peralatan riset ini memerlukan modernisasi.

Selanjutnya beberapa fasilitas riset memperoleh kesempatan dimodernisasi melalui berbagai program seperti QUE, PHKI, ImHere dan sebagainya. Dalam beberapa tahun terakhir beberapa

fasilitas riset mendapat kesempatan dimodernisasi: peralatan riset untuk bidang Nanosains dan Nanoteknologi, Unechoic Chamber utk penelitian bidang Akustik, fasilitas riset dalam bidang Imaging, fasilitas riset dalam bidang Struktur, Teknologi Informasi dan Komunikasi khususnya untuk mendukung penelitian dalam bidang Wimax, dan Advanced Robotics. Beberapa Fakultas/Sekolah juga mengupgrade peralatan dan fasilitasnya melalui sumbangan dari perusahaan/industri dan alumni, seperti FTTM, STEI, FTI, FTMD, SF dan beberapa fakultas lainnya.

Saat ini sedang diupayakan upgrading fasilitas riset ITB melalui berbagai program diantaranya fund-raising, kerjasama dengan industri strategis nasional, dan berbagai bentuk skema pendanaan.

Pengelolaan dan Anggaran Riset

Sebagian besar kegiatan riset di ITB dikelola oleh Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat (LPPM). Pengelolaan ini menyangkut kebijakan alokasi anggaran riset, rekomendasi topik riset unggulan, seleksi proposal riset, pengelolaan pelaksanaan riset, monitoring dan evaluasi riset. Sistem informasi riset telah dibangun untuk memfasilitasi pengelolaan riset. Dalam melaksanakan tugasnya, LPPM dibantu oleh Komisi Penelitian, Pengabdian kepada Masyarakat, Inovasi dan Kemitraan (Komisi PPMIK) dan Board of Reviewer (BoR). Keduanya berfungsi dalam memberikan rekomendasi, kajian dan melakukan quality assurance kegiatan riset di ITB, termasuk yang dilaksanakan di Pusat-Pusat Penelitian.

Salah satu ciri penting universitas riset adalah tersedianya anggaran yang memadai untuk melaksanakan riset. Anggaran ini diperlukan untuk berbagai keperluan, pencarian literatur, penyediaan fasilitas riset, analisis data, dokumentasi, diseminasi dan sebagainya. Di ITB anggaran riset secara umum berasal dari dua sumber: anggaran riset dari internal ITB dan anggaran riset dari luar ITB. Anggaran riset dari luar ITB terdiri dari anggaran riset dari Kemenristekdikti dan anggaran riset dari industri dan institusi lainnya. Sejumlah anggaran riset diperoleh melalui kerjasama dengan berbagai pihak di luar negeri.

Faktor Pendukung Tumbuhnya Iklim dan Budaya Riset

Disadari bahwa penumbuhan iklim dan budaya riset bukanlah merupakan upaya mudah dan sesaat, melainkan upaya yang perlu dilakukan secara berkelanjutan di perguruan tinggi. Dari pengalaman ITB, faktor-faktor pendukung tumbuhnya iklim dan budaya riset menurut hemat penulis adalah sebagai berikut :

- Budaya riset memerlukan kepemimpinan institusi dan unit yang kuat untuk menetapkan tujuan riset dan mengkomunikasikannya secara efektif;

- Alokasi sumberdaya yang mencukupi untuk meningkatkan kemampuan riset, seperti pelatihan penulisan proposal riset, penulisan artikel ilmiah, pengelolaan hibah riset;
- Budaya riset memerlukan kolaborasi yang bersifat terbuka diantara dosen/periset/ mahasiswa pascasarjana dari berbagai disiplin;
- Penumbuhan budaya riset perlu melibatkan mahasiswa pascasarjana. Ini dapat dilakukan dengan supervisi kepada mahasiswa pascasarjana, pelatihan, pemahaman tentang metodologi riset, melatih kemampuan membaca kritis (critical reading), melatih kemampuan menulis di jurnal internasional dan sebagainya;
- Rekrutmen dan promosi berdasarkan kinerja riset;
- Penumbuhan motivasi riset dan budaya 'ingin tahu', budaya menalar, dan budaya untuk selalu berusaha mempertanyakan dan mengeksplorasi;
- Peningkatan pengetahuan pada bidang keilmuan tertentu;
- Penyediaan insentif riset;
- Pengembangan pusat-pusat riset;
- Akses kepada perpustakaan dengan literatur yang lengkap, e-library;
- Akses kepada laboratorium riset dan fasilitas riset yang lengkap dan baik;
- Bantuan penyelenggaraan dan/atau partisipasi dalam seminar internasional.

Kesimpulan

Tantangan ITB dalam menjawab perubahan yang sangat dinamis saat ini dan kedepan dalam skala nasional maupun global sangatlah besar. Universitas di Asia berlomba-lomba meningkatkan kualitas akademiknya, khususnya dalam riset dan inovasi. ITB perlu memberdayakan seluruh kemampuan sumber-dayanya dalam rangka menguatkan posisinya dalam percaturan dunia. Peningkatan kapasitas riset dan inovasi, peningkatan jumlah dan kualitas program pascasarjana, peningkatan budaya riset, akselerasi jumlah dan dampak publikasi, peningkatan kerjasama dan jejaring riset, serta pengembangan inovasi, dan program internasionalisasi, merupakan beberapa upaya strategis ITB kedepan dalam berkontribusi bagi pengembangan IPTEKS nasional dan dunia.

Daftar Pustaka

1. Peter Cochrane, 100 Years in the Past and 100 Years in the Future, Proceedings of IEEE, vol. 100, 2012
2. Persistent Forecasting of Disruptive Technologies Vol. 1 & Vol. 2, National Research Council, 2010

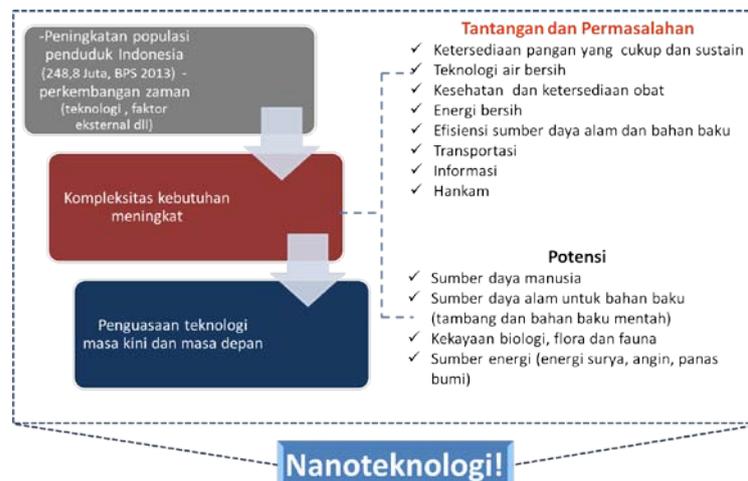
3. Holden Thorp & Buck Goldstein, Engines of Innovation : The Entrepreneurial University in the Twenty-First Century, The University of North Carolina Press, 2013
4. Henry Etzkowitz, The Triple Helix : University-Industry-Government Innovation in Action, Routledge, 2008
5. Rencana Induk Penelitian ITB 2011-2016
6. Scopus, <http://www.scopus.com>
7. Web of Science, <http://apps.webofknowledge.com>
8. Building a Culture of Research : Recommended Practices, Hanover Research, 2014

2. GRAND INISIASI PENGEMBANGAN NANOSAINS DAN NANOTEKNOLOGI: TANTANGAN DAN STRATEGI PENGUASAAN KEILMUAN MASA DEPAN DI PERGURUAN TINGGI

Oleh: Prof. Bambang Sunendar (FTI-ITB)

Pendahuluan

Peningkatan populasi penduduk Indonesia (Data BPS tahun 2013 adalah 248,8 Juta) dan seiring perkembangan zaman menyebabkan kompleksitas kebutuhan penduduk seperti pangan, energi bersih, kesehatan, informasi, transportasi dan hankam akan meningkat pula. Untuk memenuhi kebutuhan-kebutuhan tersebut diperlukan penguasaan keilmuan dan teknologi, baik yang berkembang masa sekarang maupun di masa depan. Indonesia memiliki berbagai macam potensi, antara lain sumber daya manusia, sumber daya alam untuk bahan baku (tambang dan bahan baku mentah), kekayaan biologi (flora dan fauna), dan sumber energi (energi surya, angin dan panas bumi) yang harus bisa dimanfaatkan untuk kesejahteraan sosial. Keilmuan dan teknologi masa depan yang harus dikembangkan untuk memanfaatkan potensi yang dimiliki, bukan hanya untuk meningkatkan kuantitas produk untuk memenuhi kebutuhan tetapi harus berorientasi juga pada penggunaan energi yang efisien, teknologi yang tepat dan ramah lingkungan, serta memperhatikan dampak sosial ekonominya sehingga semua aspek menjadi sinergis.



Gambar 1. Tantangan dan potensi Indonesia dalam penguasaan teknologi masa kini dan masa depan.

Keilmuan yang akan menghasilkan banyak terobosan di masa depan adalah yang berbasis nanosains dan nanoteknologi. Nanosains dan nanoteknologi merupakan keilmuan multidisiplin yang didasarkan pada kontrol desain dan fungsi material pada skala nanometer. Nanoteknologi

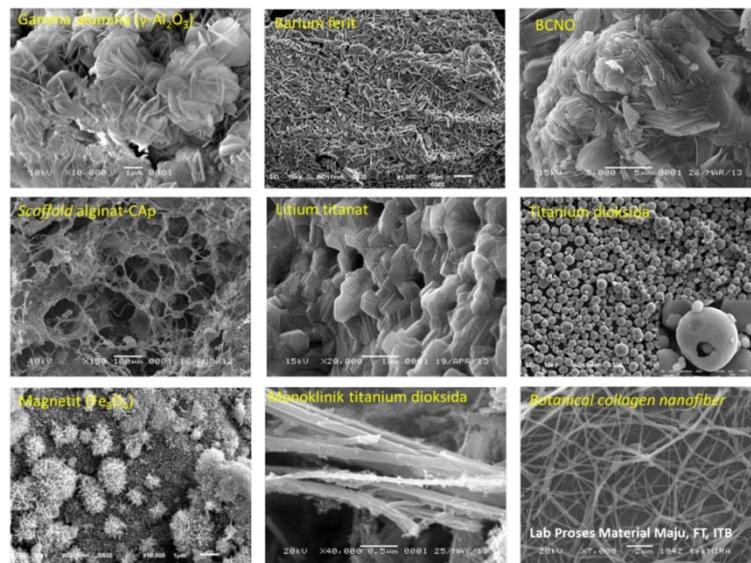
akan membuka banyak kesempatan untuk membuat material-material untuk elektronik, obat-obatan, dan produk konsumen lainnya dengan biaya yang lebih murah dan bahan baku yang lebih sedikit. Nanosains dan nanoteknologi juga akan bisa menjawab tantangan sosial dalam menghadapi kebutuhan bidang medis untuk populasi yang menua, penggunaan sumber daya yang efisien, dan pengembangan energi terbarukan yang efisien. Untuk menuju kemandirian teknologi dan keilmuan masa depan, penguasaan nanosains dan nanoteknologi menjadi suatu keharusan.

Nanosains dan nanoteknologi

Nanosains dan nanoteknologi adalah keilmuan yang berbasiskan kepada sains, teknologi dan rekayasa yang berkaitan dengan pemahaman dan kontrol struktur serta fungsi material dalam rentang skala nano (≤ 100 nm, $1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$). Selain itu, nanosains dan nanoteknologi juga berkaitan dengan desain, karakterisasi, produksi dan aplikasi dari material, devais, dan sistem yang memiliki sifat-sifat unik mengacu pada dimensi skala nano dan komponen-komponennya. Nanosains dan nanoteknologi merupakan hasil kemajuan yang sangat pesat dalam bidang sains material. Pintu menuju nanosains dan nanoteknologi ini dibuka seiring dengan adanya penemuan dan pengembangan alat dan teknik karakterisasi, diantaranya adalah difraksi sinar-X, *Atomic Force Microscopy*, *Scanning Electron Microscopy* dan *Tunneling Electron Microscopy* yang memungkinkan studi mengenai material pada skala nano. Richard Feynman pada tahun 1959 melontarkan pemikiran bahwa prinsip-prinsip fisika memungkinkan dilakukannya manipulasi materi melalui atom per atomnya, yang kemudian terkenal dengan kuliahnya di *American Physical Society lecture* tahun 1959 yang berjudul "there is plenty of room at the bottom" [1]. Istilah nanoteknologi sendiri pada tahun 2000 didefinisikan oleh Sir Richard Smalley sebagai seni dalam membangun devais pada tingkat kemahiran yang paling tinggi yaitu atom per atom.

Susunan material pada skala nano dapat dirancang membentuk struktur 1-, 2- dan 3- dimensi yang memungkinkan interaksi tertentu dan disesuaikan dengan material, muatan, spin dan pertukaran energi antara material yang berbeda. Pengaturan materi dalam skala nano telah menghasilkan banyak fenomena dan sifat-sifat baru material yang berbeda dari sifat material dalam keadaan *bulk*-nya. Fenomena-fenomena kolektif yang dihasilkan oleh material nano yang menarik antara lain sifat termal [2], kelistrikan [3], magnet [4], mekanik [5], katalitik [6], luas permukaan [7], sifat biologi [8], dan lain sebagainya. Material nano memiliki struktur dan keadaan permukaan yang sangat luas yang kemudian menghasilkan sifat-sifat yang berbeda dari keadaan *bulk*-nya, yang memungkinkan interaksi eksponensial antara material dan sekitarnya (lingkungannya). Luas permukaan yang tinggi ini dapat dimanfaatkan, antara lain untuk katalis, antikorosi, fotokatalis, permukaan bioaktif dan lain sebagainya. Dengan pengaturan ukuran dan morfologi material pada skala nano, dimungkinkan untuk membuat

material ringan dengan kekuatan yang tinggi. Material berstruktur nano menjanjikan peningkatan sifat dibandingkan material alloy logam konvensional. Sebagai contoh, kumpulan *single-walled carbon nanotubes* (SWNT) diprediksi memiliki nilai perbandingan paling besar antara kekuatan terhadap beratnya diantara material-material yang ada, dengan modulus elastisitas mencapai 1 TPa, atau mendekati seratus kalinya baja tetapi dengan berat sepertujuhnya [9, 10]. Contoh lain adalah pengaturan ukuran dan morfologi material menjadi skala nano menghasilkan perubahan yang signifikan sifat-sifat elektroda dan elektrolit yang pada akhirnya mengakibatkan perubahan dalam kinerja devais untuk konversi dan penyimpanan energi [11].



Gambar 2. Berbagai jenis morfologi material nanoyang dikembangkan di lab Pemrosesan Material Maju Teknik Fisika ITB.

Gambar 2 menunjukkan beberapa contoh material yang telah berhasil dikembangkan di lab Pemrosesan Material Maju Teknik Fisika ITB. Gambar mikrostruktur *Scanning Electron Microscopy* menunjukkan berbagai macam morfologi dari material nanol yang telah berhasil disintesis untuk berbagai aplikasi. *Flower-like* gamma aluminadisintesis untuk katalis, *nanorod* barium hexaferit untuk magnet keras, BCNO untuk LED, *porous* alginate-karbonat apatit untuk *scaffold*, litium titanat untuk baterai, *nanosphere* dan monoklinik titanium oksida untuk fotokatalis, *flower-like* magnetit (Fe_3O_4) yang sudah terenkapsulasi alginat dan kitosan untuk aplikasi penghantaran obat dan hipertemia, dan *botanical collagen nanofiber* untuk balutan luka maju (*advanced wound dressing*).

Perkembangan nanosains dan nanoteknologi dunia

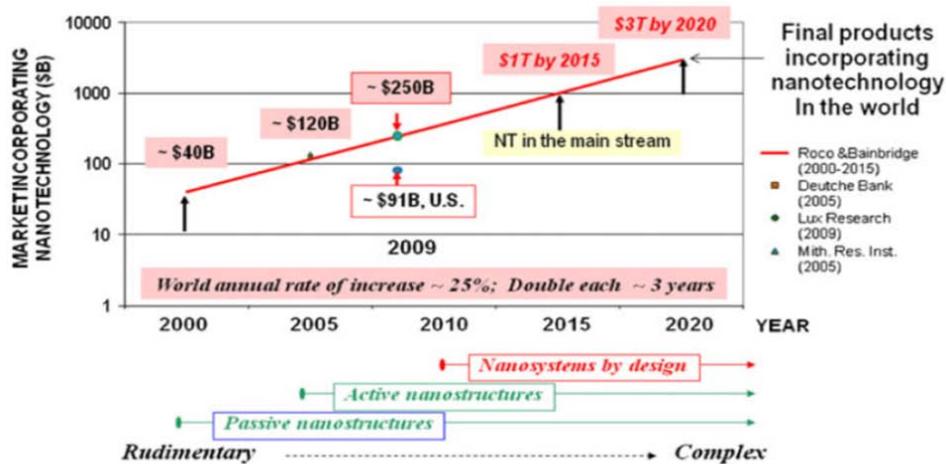
Roco dkk (2011) [12, 13] melaporkan hasil riset Lux pada tahun 2010 mengenai perkembangan produk nanoteknologi dan proyeksi pasar dalam bidang nanoteknologi. Perkembangan

nanoteknologi dibagi menjadi dua dekade berdasarkan produk dan pasar untuk nanoteknologi. Dekade pertama, yaitu pada rentang tahun 2000-2009 dikategorikan sebagai *fundamental discoveries* (Nano1), aktivitas di bidang nanoteknologi berada pada daerah riset dan pengembangan (RnD) dan sekitar tahun 2009 mulai menuju pembuatan nanokomponen. Pasar dunia untuk produk yang berhubungan dengan nanoteknologi pada tahun 2009, dalam hal ini nanokomponen mencapai 254 miliar US\$. Perkembangan dekade ke dua (Nano2), yaitu rentang 2010-2020 produk diprediksi mengalami transformasi dari nanokomponen menjadi nanosistem. Proyeksi pasar untuk produk yang berbasis nanoteknologi diprediksi akan meningkat signifikan pada tahun 2020, dengan perkiraan mencapai 3 triliun US\$ (**Gambar 2(A)**).

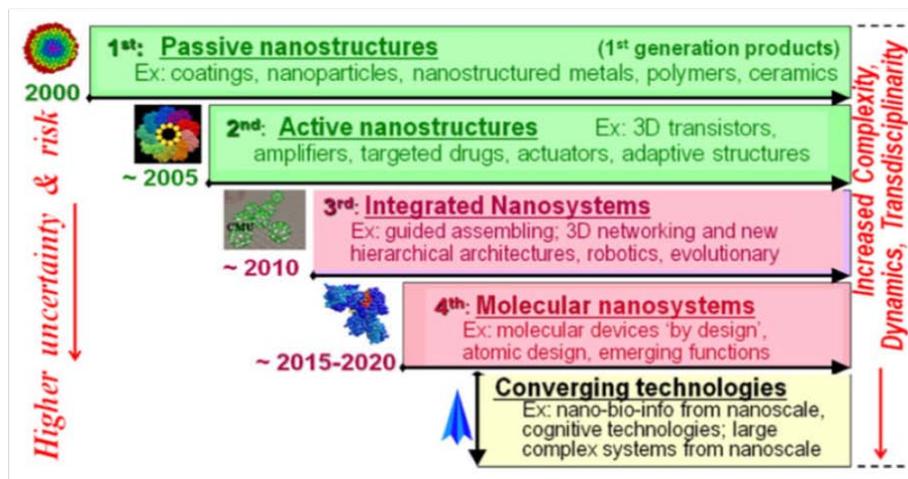
Gambar 2(B) menunjukkan proyeksi perkembangan produk nanoteknologi pada rentang tahun 2010-2020 yang dibagi ke dalam 5 generasi [13]:

1. Generasi pertama “Passive nanostructure” (2000-2005): Produk nanoteknologi memanfaatkan sifat-sifat pasif dari material nano, misalnya ukuran partikel TiO_2 diperkecil tapi untuk aplikasi yang sama, misal sebagai pelapis anti UV.
2. Generasi ke dua “Active nanostructure” (2005-2010): Material nano memiliki kemampuan aktif untuk mengubah keadaannya sebagai respon terhadap lingkungan sekitar. Sebagai contoh pada sistem penghantaran obat, partikel nano memiliki kemampuan mengenali sel kanker kemudian akan melepaskan obat yang terikat pada partikel nano tersebut untuk mencapai target. Pada tahap ini pemahaman yang lebih diperlukan dalam menjelaskan korelasi struktur material nano dengan sifat-sifatnya aktifnya.
3. Generasi ke tiga “Integrated nanosystem” (2010-2015): Komponen-komponen nano bekerjasama dalam sebuah jaringan untuk membuat sistem terintegrasi, misalnya partikel nano melalui proses *self-assembly* bisa membentuk struktur tertentu sehingga sel dapat tumbuh dan memperbaiki jaringan yang rusak.
4. Generasi ke empat “Molecular nanosystem” (2015-2020): Pada periode ini akan mengarah kepada pemahaman yang lebih baik mengenai kontrol dari *building block* dasar dari yang alami sampai yang dibuat manusia. Pada tahap ini riset akan difokuskan pada manipulasi atom atau molekular, misalnya untuk kontrol struktur material untuk biomimetika untuk sistem yang kompleks melibatkan protein/DNA.
5. 2020 dan seterusnya sebagai “Converging nanotechnologies” atau disebut sebagai “The Singularity”: pada generasi ini kemajuan nanoteknologi diprediksi akan mencapai kurva eksponensial atau percepatan yang luar biasa dan tingkat pertumbuhan riset dan produk nanoteknologi menjadi hampir tak terbatas, sistem yang rumit dapat dirancang dan diproduksi dengan nanoteknologi.

(A)



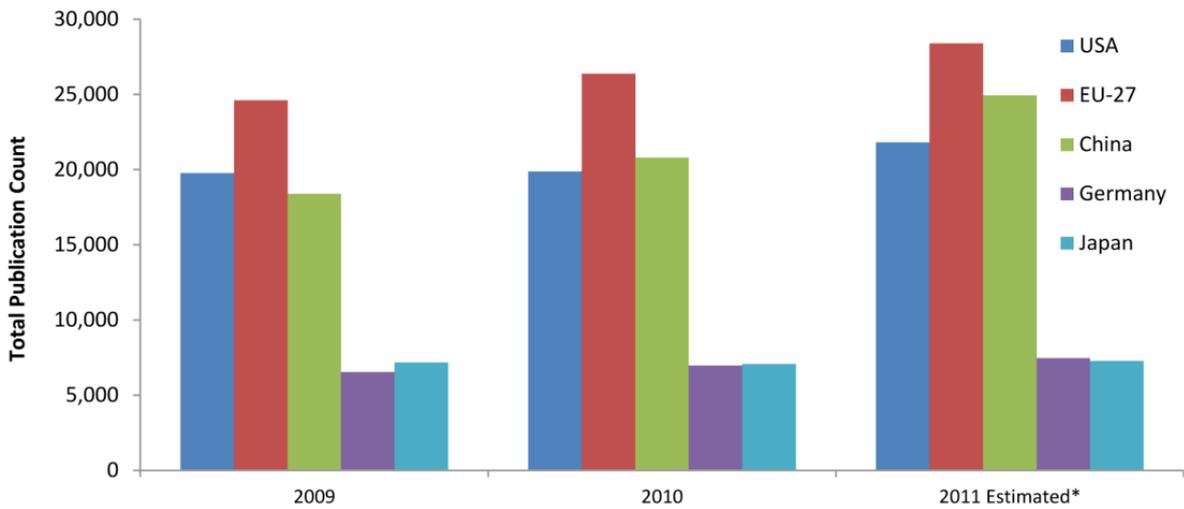
(B)



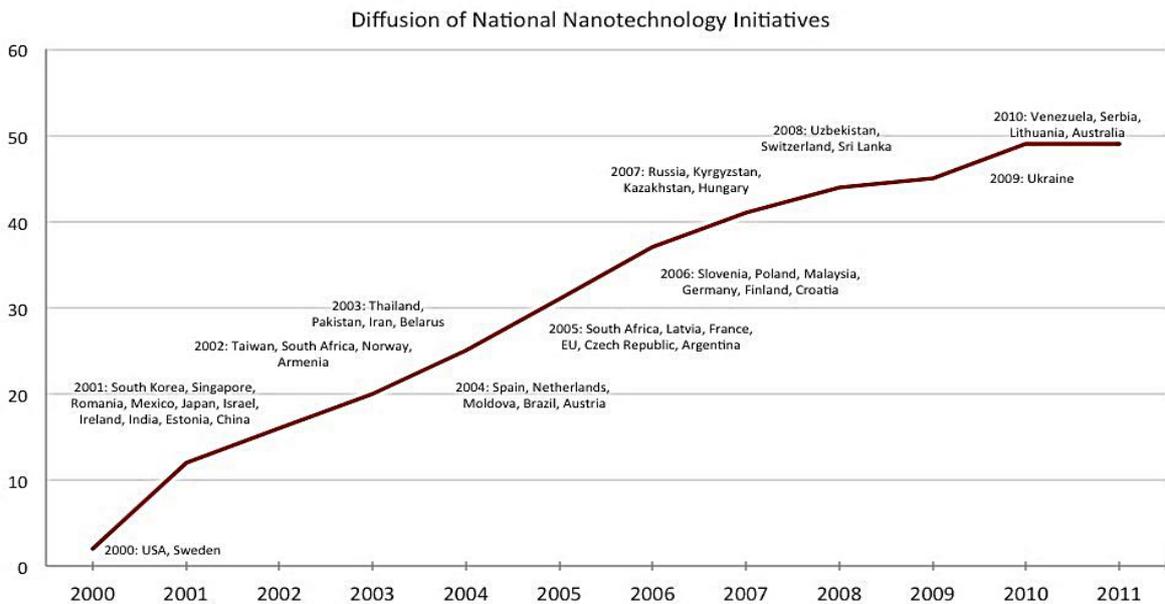
Gambar 3. Proyeksi perkembangan nanoteknologi di dunia pada rentang tahun 2000-2020. [12,13]

- (A) Proyeksi pasar yang berbasis nanoteknologi dengan prediksi proyeksi tahun 2020 mencapai 3 triliun US\$.
- (B) Generasi produk nanoteknologi berdasarkan perkembangan waktu.

Kompetisi dan dinamika yang semakin tinggi antar negara-negara dalam membentuk dan mengembangkan pusat-pusat unggulan (*center of excellent*) serta jejaring antara pusat-pusat unggulan ini dan stake holdernya menunjukkan kebutuhan yang tinggi untuk menghasilkan pengetahuan-pengetahuan baru dan juga teknologi baru untuk masa depan. **Gambar 4** menunjukkan total publikasi internasional yang berhubungan dengan nanoteknologi dan sebaran negaranya [14, 15]. Selain publikasi, pentingnya nanoteknologi terlihat dari banyaknya negara yang membuat inisiasi nanoteknologi nasional sebagai strategi mengembangkan bidang ini dan agar tetap bisa berkompetisi di dunia. Pada periode tahun 2000 sampai 2014 lebih dari 60 negara telah menyusun inisiasi nanoteknologi nasional, mulai dari Amerika, Eropa dan Jepang sampai Rusia, Cina dan Brazil, baru-baru ini Malaysia, Singapura diikuti oleh Nepal, Srilangka dan Pakistan juga telah membuat hal yang sama [14, 15] (**Gambar 5**).

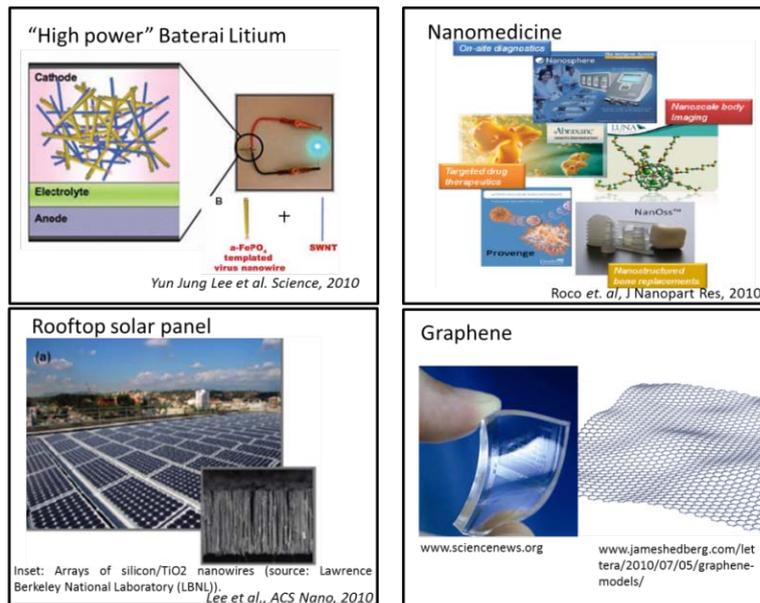


Gambar 4. Jumlah publikasi internasional nanoteknologi berdasarkan sebaran negara pada rentang 2009-2011. [14,15]



Gambar 5. Inisiasi nanoteknologi nasional di negara-negara di dunia. [14, 15]

Gambar 6 menunjukkan berbagai contoh produk nanoteknologi yang sedang dikembangkan maupun yang sudah dalam bentuk produk yang ada di pasaran. Produk nanoteknologi ini meliputi penyimpanan energi (seperti baterai litium), *nanomedicine*, solar sel dan graphene untuk aplikasi elektronik.



Gambar 6. Berbagai contoh produk nanoteknologi.

- (A) High power baterai litium dibuat dengan menggunakan virus sebagai template.[16]
- (B) Produk nanomedicine dan produk kesehatan yang sudah disetujui FDA dan ada di pasaran pada tahun 2010.[12]
- (C) solar sel yang tersusun dari silikon/ TiO_2 nanowires.[17]
- (D) Graphene untuk aplikasi elektronik.[18,19]

Nanosains dan nanoteknologi Indonesia

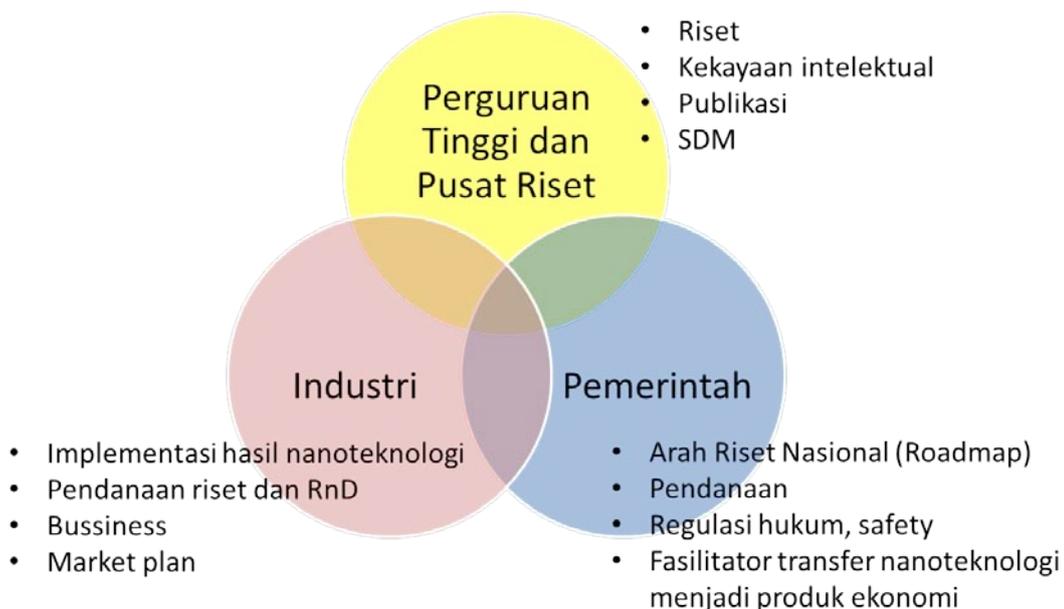
Sebagai negara dengan sumber daya alam yang melimpah, Indonesia memiliki beragam sumber alam seperti mineral sebagai bahan mentah, sumber energi dan biodiversitas flora dan fauna yang beraneka ragam. Di lain pihak, posisi geografis Indonesia yang strategis dan besarnya populasi bangsa Indonesia, menjadikan Indonesia sebagai salah satu area pasar yang menjanjikan. Dengan demikian maka pengembangan nanoteknologi di Indonesia seyogyanya diarahkan untuk mengatur dan menambah nilai sumberdaya alam Indonesia untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri dan secara simultan untuk dapat bersaing dengan produk global dalam rangka meningkatkan daya saing bangsa. Fokus pengembangan nanoteknologi di Indonesia:

1. Nanomaterial: mengelaborasi keunggulan nanoteknologi untuk memproduksi nanomaterial sebagai penyedia produk dasar berbasis nano
2. Nanobioteknologi: mengelaborasi keunggulan nanobioteknologi untuk meningkatkan hasil pangan dan pertanian

3. Farmasi dan kesehatan: meningkatkan kualitas obat Indonesia baik sintetik maupun obat-obatan berbasis bahan alam sehingga diharapkan dapat meningkatkan derajat kesehatan rakyat Indonesia
4. Energi: memanfaatkan nanoteknologi untuk mengisi dan mengkonservasi energi nasional

- Perguruan tinggi/pusat riset-Pemerintah-Industri

Inisiasi dan kesiapan mengembangkan nanosains dan nanoteknologi di Indonesia, setidaknya melibatkan tiga komponen utama, yaitu perguruan tinggi dan pusat riset, pemerintah dan industri. (**Gambar 7**) Perguruan tinggi dan pusat riset berperan dalam mengembangkan riset nanosains dan nanoteknologi untuk menghasilkan kekayaan intelektual, publikasi maupun produk. Komponen pertama inilah sebagai penyedia sumber daya manusia yang memiliki kepakaran dalam bidang nanoteknologi. Pihak kedua adalah pemerintah, yang dapat merumuskan arah riset nasional (roadmap) satu dekade ke depan, atau bahkan 20 atau 50 tahun ke depan. Selain itu pemerintah dapat menjadi fasilitator/sumber dana pendukung nanosains dan nanoteknologi, antara lain dalam penyediaan infrastruktur pusat nano ataupun penyediaan dana penelitian dan peralatan. Pemerintah juga dapat menjadi fasilitator transfer teknologi antara perguruan tinggi/pusat riset dan industri, dari hasil riset menjadi produk ekonomi. Industri sebagai pihak yang berkepentingan dalam mengimplementasikan hasil riset nanosains dan nanoteknologi adalah industri yang harusnya berbasis pengetahuan (knowledge-based), riset dan inovasi. Interaksi antara ketiganya masih belum sinergis.



Gambar 7. Interaksi perguruan tinggi dan pusat riset dengan pemerintah dan industry dalam mendukung nanosains dan nanoteknologi Indonesia

Di bahasan selanjutnya, akan difokuskan pada tantangan dan strategi perguruan tinggi dalam pengembangan riset dalam bidang nanosains dan nanoteknologi. Selain itu dibahas juga beberapa contoh tantangan besar satu dekade ke depan mengenai pencapaian riset bidang nanosains dan nanoteknologi.

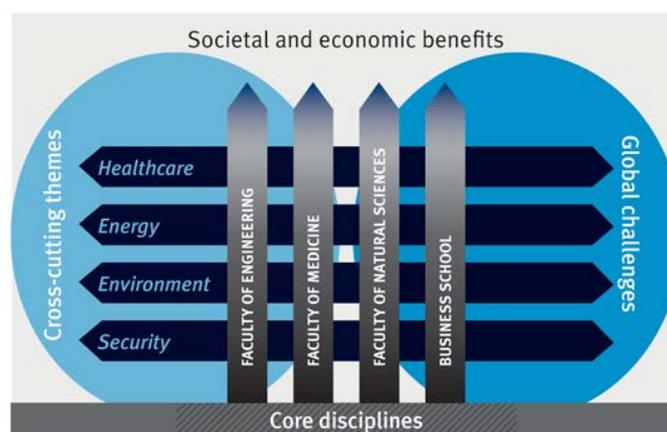
- Tantangan nanosains dan nanoteknologi di Perguruan Tinggi

1. Fragmentasi riset dalam bidang material

Riset dalam bidang material sains di Indonesia merupakan riset yang masih terfragmentasi dan terisolasi, bahkan di dalam satu perguruan tinggi riset material terkotak-kotak di program studi ataupun di kelompok-kelompok keahlian.

2. Tantangan horizontal dengan vertikal (*core disciplines vs cross-cutting themes*)

Gambar 8 menunjukkan berbagai disiplin ilmu yang menjadi bagian yang terlibat dalam pengembangan nanosains dan nanoteknologi (arah vertical). Kerjasama antara disiplin ilmu yang sinergis dalam topic-topik tertentu seperti kesehatan, energi, lingkungan dan hankam (arah horizontal) harus dapat menjawab tantangan global dalam bidang ekonomi social. Nanosains dan nanoteknologi merupakan bidang yang memiliki natur yang multidisiplin. Riset dalam bidang nanomaterial diharapkan dapat mengintegrasikan antara bidang sains dan rekayasa, dan mampu melibatkan komunitas lainnya. Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan nanosains dan nanoteknologi adalah pola riset yang berkembang sekarang, masih dengan pola tradisional (hanya arah vertikal).



Gambar 8. Nanosains dan nanoteknologi sebagai keilmuan multidisiplin, melibatkan interaksi antara disiplin ilmu melalui topik-topik tertentu yang dapat menjawab permasalahan global. [20]

3. Akses terhadap fasilitas dan infrastruktur yang memadai

Desain, kontrol material dalam skala nano memerlukan teknik karakterisasi yang maju oleh karena itu fasilitas dan peralatan yang memadai menjadi suatu keharusan. Akses kepada fasilitas dan infrastruktur yang memadai masih sangat terbatas.

4. Indonesia tahun 2010-2015 baru berada di area Nano 1 (riset fundamental)

Riset dalam bidang nanosains dan nanoteknologi tertinggal hampir 1 dekade, sedangkan proyeksi pasar dunia bidang nanoteknologi pada tahun 2020 diprediksi mencapai 3 triliun US\$ dalam bentuk produk.

5. Adanya gap komunikasi antara lembaga riset/universitas-pemerintah-industri dan tidak ada kerangka yang efisien dalam transfer pengetahuan antara perguruan tinggi/lembaga riset dan industri.

6. Pendanaan riset dalam bidang nanosains dan nanoteknologi

7. Kurangnya kesadaran publik mengenai pentingnya peranan nanosains dan nanoteknologi untuk teknologi masa depan (*urgent technology*)

8. Belum adanya regulasi mengenai manajemen resiko dari dampak nanoteknologi baik untuk diterapkan di perguruan tinggi dengan aktivitas risetnya maupun manajemen resiko yang berhubungan dengan lingkungan dan masyarakat

- Strategi

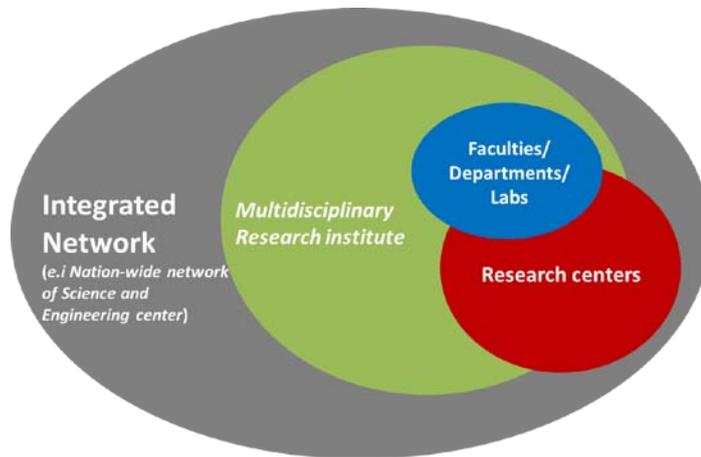
Untuk dapat menjawab banyak tantangan dalam pengembangan nanosains dan nanoteknologi dan memiliki kemampuan berkompetisi dalam berbagai bidang, maka harus dibuat strategi yang tepat dan berorientasi ke depan untuk pengembangan nanosains dan nanoteknologi di perguruan tinggi. Strategi ini harus mencakup penyiapan sumber daya manusia dan infrastruktur penunjang nanosains dan nanoteknologi di perguruan tinggi. Dalam menjabarkan strategi ini, akan dibagi ke dalam empat poin, sebagai berikut:

1. Institusi multidisiplin
2. Fokus Riset
3. *Grand challenges* yang harus diselesaikan 10 tahun ke depan
4. Manajemen resiko

a. Institusi multidisiplin

Untuk dapat berkompetisi dalam kemajuan nanoteknologi, baik dalam riset, inovasi dan pengembangan produk nanoteknologi, maka Indonesia harus berkonsentrasi pada peneliti-peneliti terbaik, infrastruktur riset, fasilitas dan peralatan riset terbaik untuk menjawab

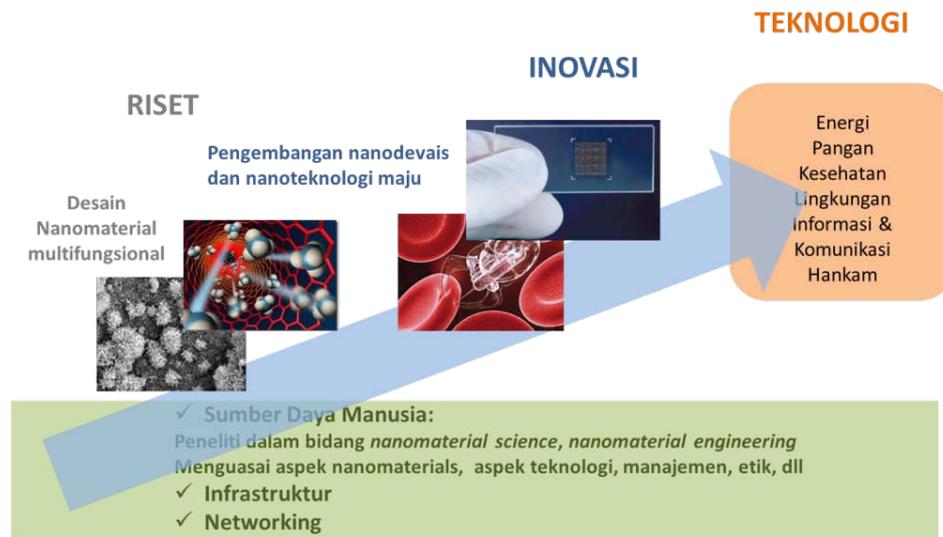
tantangan-tantangan dalam penelitian di bidang material nano. Sebagaimana dijelaskan sebelumnya nanosains dan nanoteknologi memiliki natur yang multidisiplin, maka pendekatan yang paling sesuai dalam mengatasi pola riset yang masih terfragmentasi dan terisolasi adalah dibentuk institusi multidisiplin. Institusi multidisiplin ini bisa dalam bentuk pusat-pusat penelitian ataupun program studi baru. **(Gambar 9)** menunjukkan strategi institusi multidisiplin dalam kerangka jejaring nasional yang terintegrasi.



Gambar 9. Institusi multidisiplin dalam jaringan yang terintegrasi

1. Pusat penelitian nanosains dan nanoteknologi

Nanosains dan nanoteknologi merupakan keilmuan yang multidisiplin, melibatkan banyak disiplin ilmu. Pusat penelitian nanosains dan nanoteknologi harus merupakan kumpulan berbagai macam keilmuan, antara lain sains fundamental (fisika, kimia, biologi), *engineering*, farmasi, medis, dan lain sebagainya. Pusat penelitian nanosains dan nanoteknologi harus didukung oleh SDM yang menguasai semua aspek nanosains dan nanoteknologi, seperti peneliti dalam bidang material sains, *material engineering*, menguasai aspek material, teknologi, juga menguasai aspek manajemen dan etik. **(Gambar 10)**



Gambar 10. Roadmap pusat penelitian nanosains dan nanoteknologi

2. Program studi naosains dan nanoteknologi untuk magister dan doktorat

Kesiapan SDM harus dimulai dari pendidikan. Pendidikan yang cocok untuk pengembangan nanosains dan nanoteknologi ini adalah pendidikan pada jenjang magister dan doktorat.

3. Jejaring nasional yang terintegrasi

Dalam menghadapi kompetisi global, perlu dibuat jejaring nasional dalam nanosains dan nanoteknologi yang terintegrasi. Jejaring ini harus dapat merangkul pusat-pusat penelitiandalam bidang material nano di perguruan tinggi. Jejaring ini juga harus dapat mempertemukan berbagai kepentingan tidak hanya perguruan tinggi tetapi juga lembaga riset lain, pemerintah dan industry. Selain itu jejaring ini yang harus menjadi bagian terdepan dalam menghadapi era kemajuan nanoteknologi, yang diprediksi tahun 2020 akan mengalami percepatan yang luar biasa.

ITB sebagai unversitas yang berbasis riset berkewajiban dalam mengembangkan budaya riset dan juga juga berkontribusi dalam pengembangan keilmuan masa depan. Mengacu pada Rencana Akademik ITB 2011 - 2015, akan dikembangkan sedikitnya 3 pusat unggulan riset dan pengembangan, baik riset dasar maupun terapan, yang diwujudkan sebagai Pusat Penelitian. Pusat-pusat unggulan itu memiliki perhatian kuat dalam menggali nilai-nilai kemanfaatan sumber-sumber potensi alam dan budaya bangsa. Salah satu pusat penelitian ini adalah dalam bidang Nanoteknologi dan Rekayasa Kuantum. ITB melalui kerjasama dengan JICA mengembangkan Center for Advanced Science (CAS) yang berfokus pada teknologi dan sains nano. Adapun tujuan dari Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi adalah "To be

national center of excellent in which the ability to understand and control matters at the nanoscale leads to a revolution in innovation of technology and industry that benefits society.” Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi ITB akan dibahas lebih detail pada bagian 6.

b. Fokus riset nanosains dan nanoteknologi Indonesia

Dewasa ini nanoteknologi di Indonesia berada pada area pengembangan riset untuk mengelaborasi struktur dan sifat material dengan karakteristik nano. Tantangan yang dihadapi diantaranya adalah ketersediaan sarana dan prasarana, sumberdaya manusia dan anggaran. Pengembangan nanoteknologi di Indonesia diupayakan berbasis karakteristik lokal bangsa dan ditujukan sepenuhnya untuk kesejahteraan bangsa Indonesia. Area riset yang sejalan diantaranya adalah:

1. Pangan
2. Kesehatan dan Obat-obatan
3. Lingkungan
4. Energi

c. Grand Challenges 2025

Berikut beberapa contoh yang dapat dijadikan *grand challenges* dalam bidang nanosains dan nanoteknologi Indonesia untuk satu dekade ke depan (2015-2025) yang harus diselesaikan melalui penelitian di perguruan tinggi:

1. Desalinasi air laut

Penelitian dalam bidang teknologi desalinasi air laut diharapkan dapat menghasilkan teknologi yang efisien, ramah lingkungan, murah, yang dapat meningkatkan suplai air layak minum secara signifikan. Penelitian dalam bidang material nano misalnya material nanoporous untuk membran desalinasi, nanopartikel sebagai penghilang kontaminan harus mampu menjawab tantangan ini.

2. Pangan: Peningkatan produksi pertanian dan teknologi pasca panen

Peningkatan produksi pertanian tidak hanya berfokus pada kuantitas produk yang dihasilkan untuk memenuhi kebutuhan pangan, akan tetapi nanosains dan nanoteknologi harus dapat menjawab tantangan dalam penggunaan air yang efisien, kesuburan tanah yang terjaga, penggunaan lahan yang efisien. Contoh penelitian yang dapat dikembangkan adalah material nano yang dapat mengikat air/nutrisi di dalam tanah untuk kemudian dilepas perlahan, material nano untuk enkapsulasi pestisida (sistem penghantaran pestisida) dan lain sebagainya. (**Tabel 1**)

Tabel 1. Beberapa terobosan nanoteknologi terbaru dalam bidang pertanian. [21]

Product	Application
Nanocides	Pesticides encapsulated in nanoparticles for controlled release Nanoemulsions for greater efficiency
Buckyball fertilizer	Ammonia from buckyballs
Nanoparticles	Adhesion-specific nanoparticles for removal of <i>Campylobacter jejuni</i> from poultry
Food packaging	Airtight plastic packaging with silicate nanoparticles
Use of agricultural waste	Nanofibers from cotton waste for improved strength of clothing
Nanosensors	Contamination of packaged food Pathogen detection
Precision farming	Nanosensors linked to a global positioning system tracking unit for real-time monitoring of soil conditions and crop growth
Livestock and fisheries	Nanoveterinary medicine (nanoparticles, buckyballs, dendrimers, nanocapsules for drug delivery, nanovaccines; smart herds, cleaning fish ponds (Nanocheck [Nano-Ditech Corp., Cranbury, NJ, USA]), and feed (iron nanoparticles)).

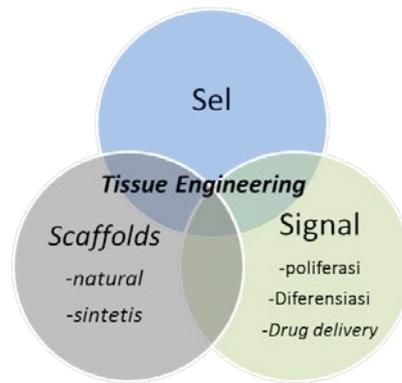
3. Kesehatan

a) Pengembangan nanomedicine, misalnya untuk penyembuhan kanker

Menurut prediksi WHO jumlah kasus kanker akan terus meningkat sebesar 45% dari tahun 2007-2030, dari jumlah kematian 7,9 juta menjadi 11,5 juta. Pengembangan nanomedicine dalam terapi kanker (melalui system penghantaran obat, *targeted nanoparticle-based therapeutics*) ataupun dalam diagnosis penyakit (nanosensor, nanobiomarker dll) adalah salah satu tantangan dalam bidang medis. Melalui pengembangan penelitian dalam bidang nanomedicine diharapkan dapat meningkatkan angka hidup pasien. Pengembangan nanomedicine tentu saja tidak hanya untuk terapi penyakit kanker tetapi juga untuk penyembuhan penyakit lainnya. Nanomedicine melibatkan desain material carrier, obat terapi, desain penghantaran nanopartikel agar dapat mencapai target dan lain sebagainya. Penelitian dalam bidang biosensor dan biomarker melibatkan desain material nano yang memiliki aktivitas spesifik terhadap target dan memberikan respon tertentu yang dapat mempermudah deteksi penyakit, misalnya nanopartikel untuk deteksi dan pencitraan sel-sel yang terkena kanker.

b) Nanobiologi

Dalam bidang nanobiologi, fokus nanosains dan nanoteknologi harus dapat diprioritaskan dalam pengembangan rekayasa jaringan, sistem penghantaran obat, sel artifisial, scaffold, dan penelitian dalam bidang biomolekular (DNA, sel). Kontrol terhadap desain, ukuran dan fungsi biomolekul (protein dan DNA) merupakan salah satu bidang yang diprediksi akan banyak menghasilkan terobosan di bidang biomedis masa depan.



Gambar 11. Tiga komponen utama dalam rekayasa jaringan

4. Energi bersih

Nanosains dan nanoteknologi harus mampu menjawab tantangan dalam pemanfaatan sumber-sumber energi yang dimiliki, seperti energi matahari, angin dan panas bumi. Penelitian-penelitian yang harus dikembangkan adalah penelitian material nano untuk magnet keras (untuk aplikasi penyimpan energi), organic solar cell dan lain sebagainya.

1. Desain dan sintesis material secara presisi

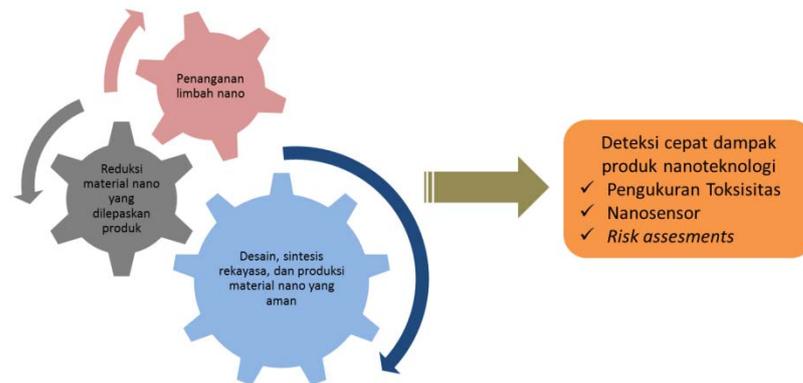
Nanosains dan nanoteknologi yang dikembangkan untuk masa depan adalah desain dan sintesis material yang presisi dengan atom sebagai *building blocks*. Penelitian yang dapat dikembangkan adalah penelitian di bidang katalis nano, penelitian di bidang devais berbasis nanoteknologi dan penelitian di bidang modeling material nano.

d. Manajemen resiko dampak nanoteknologi

Dampak kemajuan dalam nanoteknologi akan diikuti oleh perubahan sosial, ekonomi, etik dan lingkup ekologi. Pengembangan lebih jauh produk nanoteknologi akan bergantung kepada penerimaan masyarakat sebagai konsumen. Prediksi percepatan luar biasa dari nanoteknologi pada tahun 2020 harus diikuti oleh kesiapan dalam menangani dampak/resiko negatif nanoteknologi, terutama yang berhubungan dengan kesehatan dan lingkungan. Peran serta perguruan tinggi dalam manajemen dampak resiko nanoteknologi, sebagai lembaga pendidikan dan riset adalah:

1. Mengembangkan metode yang aman dalam desain, sintesis, rekayasa dan produksi material nano.
2. Mengembangkan kepakaran dan menyediakan layanan untuk melakukan evaluasi material nano yang dilepaskan produk ke lingkungan serta penanganannya.

3. Penanganan limbah nano (manajemen limbah)
4. Melakukan penelitian dibidang deteksi cepat dampak produk nanoteknologi, misalnya dengan penelitian nanosensor dan toksisitas
5. Meningkatkan kesadaran publik, baik melalui jalur pengajaran maupun melalui jalur pengabdian masyarakat. Pendidikan mengenai pengenalan dan dampak nanosains dan nanoteknologi yang paling tepat adalah dimulai di tingkat sekolah dasar.



Gambar 12. Manajemen resiko dampak nanoteknologi

Rekomendasi

1. Nanosains dan nanoteknologi diprediksi akan memberikan banyak terobosan teknologi di masa depan dan solusi untuk banyak permasalahan di bidang sosial ekonomi, maka diperlukan kolaborasi dari semua disiplin ilmu.
2. Penelitian nanosains dan nanoteknologi dalam bidang pangan, energi, kesehatan, lingkungan dan hankam harus menjadi prioritas
3. Nanosains dan nanoteknologi yang berbasiskan kearifan lokal harus menjadi salah satu prioritas
4. Disusun roadmap nasional dan regulasi bidang nanosains dan nanoteknologi Indonesia untuk 20 tahun kedepan
5. Dibangun infrastruktur yang memadai yang mendukung perkembangan nanosains dan nanoteknologi di indonesia
6. Dibentuk dan dikembangkan pusat-pusat riset dalam bidang nanosains dan nanoteknologi
7. Adanya kolaborasi dan jaringan luas antara institusi riset, pemerintah dan industri
8. Memetakan pusat-pusat penelitian dalam nanosains dan nanoteknologi kemudian membentuk jejaring nasional. Yang akan membahas mengenai urgensi nanosains nanoteknologi,

kebutuhannya di masa depan, untuk mengartikulasikan tantangan riset dasar, kebutuhan di masyarakat dan potensi industri

9. Dibuat regulasi dalam manajemen resiko dampak nanoteknologi, melibatkan perguruan tinggi, industri dan pemerintah sebagai pembuat regulasi.

Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi ITB (*Nanocenter*)

- Riset nanosains dan nanoteknologi di ITB

Penelitian dalam bidang nanosains dan nanoteknologi di ITB telah dimulai sejak sekitar tahun 2000, dan dilakukan secara terpisah-pisah di beberapa fakultas, misalnya FMIPA, FTI, SF dan SITH. Keterbatasan anggaran dan peralatan mengakibatkan sulitnya pertumbuhan riset dalam bidang ini.

Sekurangnya terdapat 4 topik utama riset yang dilakukan oleh dosen/peneliti di ITB, yaitu :

- a) Nanomaterial; pada topik ini beberapa peneliti dari FMIPA dan FTI, melakukan kajian dan penelitian terkait dengan pemanfaatan material nano untuk pengembangan energi alternatif, isu-isu lingkungan dan aplikasi sains dalam kehidupan manusia. Untuk itu pengetahuan dan teknik pengolahan material menjadi partikel nano menjadi fokus, beberapa hasil telah diperoleh untuk penggunaan dalam bidang energi, biomaterial dan pengembangan nanostruktur di temperatur rendah.
- b) Nanomedicine; pengembangan dalam nanomedicine dipelopori oleh SF, yang lebih difokuskan pada pengembangan produk farmasi, pengembangan metode terapi dan pengembangan vaksin. Dua bentuk nanostruktur dikembangkan termasuk di dalamnya drug nanocrystal dan drug nanocarrier. Pengembangan ini ditargetkan dapat menjawab masalah kesehatan nasional dengan keunikan penggunaan nano material sebagai dasar. Penelitian lebih diarahkan pada eksplorasi potensi alam Indonesia.
- c) Nanobiologi; penelitian yang dilakukan oleh SITH dalam adalah penggunaan nano material untuk pengembangan produk pasca panen diantaranya mengatur kematangan buah-buahan tropis dengan tujuan akhir melakukan perbaikan produk pertanian lokal untuk ekspor. Selain itu nano material juga dapat digunakan untuk pengendalian proses biologis, misalnya penggunaan miRNA yang di gabung dengan nano material untuk pengendalian proses fisiologis, misalnya untuk menginduksi telur udang betina untuk produksi benih berkelanjutan. Nanobiologi di level DNA, RNA maupun protein memungkinkan pembuatan self assembly protein untuk tujuan pengembangan device sensor dan vaksin seperti virus like particle. Dibantu dengan genetic engineering dan bioinformatik sebagai platform dapat menghasilkan penemuan baru dibidang sains dan teknologi yang berguna bagi perbaikan mutu lingkungan

maupun kualitas bioproduct termasuk dibidang biomedik seperti pengembangan rekayasa sel dan jaringan tumbuhan maupun hewan.

d) Nanosensor; penelitian ini dilakukan oleh banyak peneliti di ITB , khususnya dari FTI dan FMIPA. Nanostruktur metaloksida semikonduktor digunakan untuk mendeteksi kadar gas berbahaya seperti LPG, CO, Sox dan VOC. Pengamatan dan penelitian dilakukan dengan menggunakan metoda penumbuhan kristal basah (wet method crystal growth) seperti chemical bath deposition, hydrothermal dan spray pyrolysis. Kinerja nanostruktur akan digunakan sebagai early warning system yang berbasis pada teknologi informasi. Teknologi ini (IT/NT) diharapkan dapat memantau kondisi lingkungan dan digunakan dalam membantu membuat kebijakan-kebijakan yang terkait dengan lingkungan, termasuk di dalamnya warga Indonesia yang membutuhkan informasi ini.

- Aktivitas Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi

Aktivitas Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi dirancang untuk dapat mendukung perkembangan teknologi nano material untuk kebutuhan industri serta kesejahteraan komunitas dan peningkatan kualitas lingkungan, dengan memanfaatkan sumber daya hayati dan alam Indonesia. Keberadaan Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi akan mendukung kebijakan pemerintah dalam melakukan eksplorasi sumber-sumber alam dan hayati Indonesia sehingga dapat lebih memberikan nilai tambah secara ekonomi dan teknologi. Disisi lain, keberadaan Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi juga akan memberikan dampak positif dalam peningkatan kualitas sumber daya manusia Indonesia dalam bidang material, khususnya bidang nanoteknologi.

Memperhatikan dari sisi aktivitas yang berkaitan dengan pengembangan SDM dan kemampuan teknis, aktivitas Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi akan meliputi edukasi, riset serta layanan kepakaran, Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi juga berperan dalam penguatan dan peningkatan kualitas SDM khususnya dalam bidang material dan nanoteknologi. Disadari kebutuhan akan tenaga ahli dalam bidang ini akan makin dibutuhkan dalam tahun-tahun mendatang. Kebutuhan industri material akan SDM dengan kemampuan tinggi ditahun mendatang akan semakin meningkat, disisi lain, kebijakan pemerintah dalam bidang ini perlu didukung dengan penyediaan tenaga ahli yang kompeten dalam bidangnya, keberadaan Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi yang terdiri dari unsur perguruan tinggi dan lembaga-lembaga penelitian dalam bidang material tentunya sangat dibutuhkan.

Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi juga berelasi dengan pemerintah, masyarakat serta industri dalam pemanfaatan SDA dan SDH Indonesia melalui aktivitas riset dengan kolaborasi antar Industri, pemerintah serta kebijakan lokal (komunitas) dalam pemanfaatan sumber daya tadi. Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi sebagai pusat pengembangan dan penelitian nanomaterial dan material maju akan dapat menjadi penghubung antara

seluruh stakeholder melalui kajian ilmiah dan akademis yang dapat dipertanggungjawabkan. Aktivitas Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi berorientasi pada inovasi fungsional material sehingga dapat langsung terasa manfaatnya untuk kepentingan bangsa dan negara.

Untuk menjaga kesinambungan dari kegiatan-kegiatan yang akan dilaksanakan maka, secara singkat kegiatan-kegiatan yang akan diadakan adalah sebagai berikut :

- a. Kolaborasi Riset; Kolaborasi riset dengan institusi riset baik di dalam negeri ataupun di luar negeri. Kolaborasi ini haruslah memberi manfaat yang positif untuk institusi. Untuk meningkatkan kualitas riset Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, sumber-sumber dana diharapkan dari sumber dana yang tidak mengikat
- b. Kerjasama Industri; Kolaborasi dengan industri akan difokuskan pada riset-riset aplikasi yang dapat direalisasikan dalam skala produksi dan dapat memberikan penambahan nilai yang positif untuk Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi dan industri terkait, Kolaborasi ini diperkirakan akan meningkatkan skala penelitian di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi dan pemanfaatan sumber-sumber alam nasional secara optimum. Diharapkan pula adanya imbas teknologi yang meluas secara nasional yang berdampak pada peningkatan derap industri dan perekonomian bangsa.
- c. Program S2 dan S3; dengan adanya program pasca sarjana, akan lebih memacu pertumbuhan riset nanoteknologi di Indonesia. Selain itu dengan adanya fasilitas yang memadai di ITB, lulusan program ini diharapkan telah memiliki pengalaman praktis yang dapat digunakan di industri dan lembaga riset di Indonesia.
- d. Layanan Kepakaran dan Karakterisasi; dengan adanya layanan ini, Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi dapat menjadi salah satu simpul dalam pengembangan nanoteknologi di Indonesia, dan dapat melayani kebutuhan penelitian dalam bidang nano, khususnya untuk institusi yang belum memiliki fasilitas yang memadai. Dengan demikian riset nanoteknologi dapat dilakukan di banyak tempat di Indonesia, dan ketergantungan dengan luar negeri (dalam hal peralatan) dapat dikurangi.

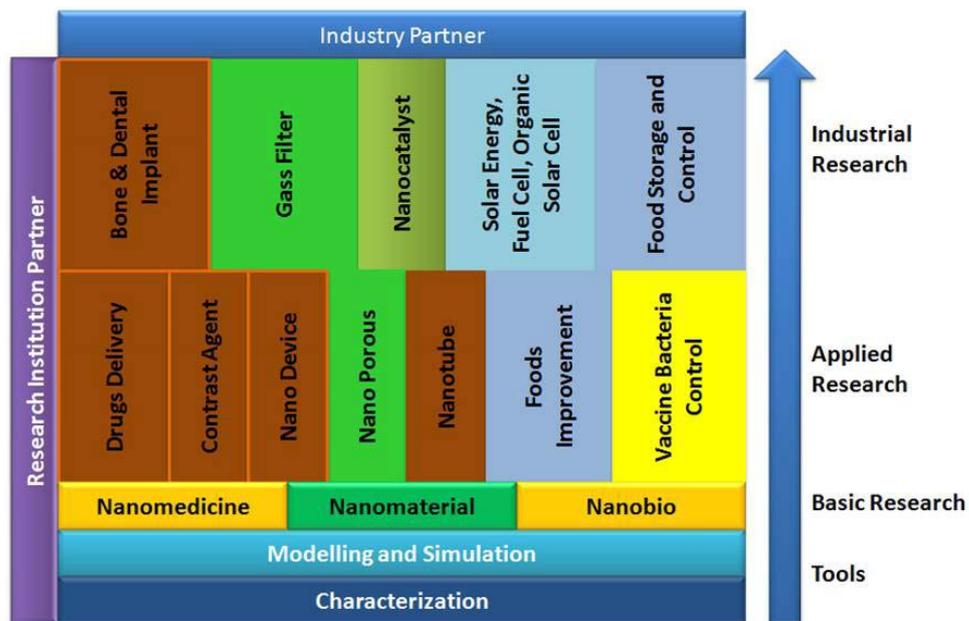
- Visi dan Misi Pusat Nanosains dan nanoteknologi ITB

1. Membentuk pusat dalam penelitian dan pengembangan dalam bidang nanosains dan teknologi untuk kemajuan bangsa;
2. Sebagai pusat pengembangan sumberdaya manusia berskala nasional berpengetahuan dalam bidang nanosains dan teknologi dalam rangka meningkatkan kompetitif global;
3. Sebagai pusat pendidikan dan promosi nanosains dan teknologi melalui peningkatan sumber daya manusia, metoda pendidikan dan material pembelajaran. NRCN harus dapat menjadi pusat pengembangan dari para peneliti dan tenaga edukasi dari berbagai perguruan tinggi lain di seluruh Indonesia;

4. Sebagai pusat layanan dan konsultasi pada aplikasi nanosains dan teknologi untuk meningkatkan kualitas industri nasional;
5. Sebagai jendela nasional dalam membina kerjasama internasional dalam penelitian dan pengembangan nanosains dan teknologi.

- Strategi riset dan kerjasama

Untuk tujuan tersebut tercapai dan memperhatikan luasnya cakupan dalam bidang nanosains dan nanoteknologi, maka strategi riset yang akan dilakukan Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi adalah riset yang berorientasi pada produk dengan kemandirian teknologi yang menggunakan bahan baku lokal (Indonesia). Hal ini juga untuk menunjang Agenda Riset Nasional yang ditetapkan oleh (Dewan Riset Nasional)DRN, dimana pengembangan riset dilakukan secara komunal dengan berbagai institusi riset nasional lain. Gambar 2, menunjukkan diagram kerjasama dan kajian-kajian riset yang mungkin akan dilakukan oleh P Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi.



Gambar Y. Strategi riset dan kerjasama institusi riset pusat penelitian nanosains dan nanoteknologi ITB

- Infrastruktur dan Peralatan

Saat ini gedung Center for Advanced Sciences (CAS) untuk keperluan Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi di Institut Teknologi Bandung, Jl. Ganesha No.10 sudah selesai dibangun. Gedung ini memiliki luas lantai total 8373.97 m2, terdiri dari 1 basement dan 7 lantai bersama dengan Program Studi Matematika dan Astronomi. Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi menempati 4 lantai yang akan diisi dengan peralatan karakterisasi, laboratorium proses nanomaterial dan high performance computing.

Secara umum, ruang dan gedung Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi akan difokuskan pada laboratorium Karakterisasi, Laboratorium Proses Nanomaterial, Laboratorium Nano Device, Laboratorium Nanobiologi serta Laboratorium Nanomedicine masing masing akan berada di lantai yang berbeda.

Untuk mendukung kegiatan yang akan dilaksanakan di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi, sebagian besar peralatan akan disediakan melalui proyek JICA. Adapun rincian peralatan utama akan ditempatkan di beberapa laboratorium yang akan dikembangkan seperti pada Tabel 2 berikut ini.

Tabel 2. Laboratorium di Pusat Penelitian Nanosains dan Nanoteknologi ITB

No	Nama Laboratorium	Peralatan
1	Laboratorium Karakterisasi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>High Resolution Transmission Electron microscopy</i> • <i>Scanning Electron Microscopy</i> • <i>TEM-SEM Preparation equipment</i> • <i>Ion Slicer and Cross Section Polisher</i> • <i>Optical Properties Characterization</i> • <i>Structure and Particle Analysis</i> • <i>Composition and thermal Analysis</i> • <i>Electrical Properties Characterization</i> • <i>Magnetic Properties characterization</i>
2	Laboratorium Proses Material	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Wet and Dry process</i> • <i>Sol-gel process</i> • <i>Vacuum process</i> • <i>Clean room</i>
3	Laboratorium Bioproses	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Biology equipment [DNAetc]</i> • <i>Molecular biology facility</i> • <i>Culture room</i>
4	Laboratorium nanomedicine	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Preparation and characterization</i> • <i>Bio characterization equipment [HPLC etc]</i>
5	Laboratorium Komputasi	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Computing server</i> • <i>Cluster computing facility</i> • <i>High performance computing 640 core</i>

Referensi

1. Richard Feynman, American Physical Society lecture, "there is plenty of room at the bottom, 1959.
2. Gang Zhang, Baowen Libc, *Nanoscale* **2010**, 2:1058-1068.
3. Jiangtao Hu, Min Ouyang, Peidong Yang, Charles M. Lieber, *Nature* **1999**, 399:48-51.
4. G. A. Prinz, *Science* **1998**, 282:1660.
5. Stephane Cuenot, Christian Fretigny, Sophie Demoustier-Champagne, Bernard Nysten, *Phy. Rev. B* **2004**, 69, 165410.
6. Zhi-You Zhou, Na Tian, Jun-Tao Li, Ian Broadwell, Shi-Gang Sun, *Chem. Soc. Rev.*, **2011**, 40:4167-4185.
7. Jürgen Biener, Arne Wittstock, Theodore F. Baumann, Jörg Weissmüller, Marcus Bäumer, Alex V. Hamza, *Materials* **2009**, 2:2404-2428.
8. OV Salata, *Journal of Nanobiotechnology* **2004**, 2.
9. J.-P. Salvetat, G. A. D. Briggs, J.-M. Bonard, R. R. Bacsa, A. J. Kulik, T. Stöckli, N. A. Burnham and L. Forro, *Phys. Rev. Lett.* **1999**, 82:944.
10. P. Poncharal, Z. L. Wang, D. Ugarte and W. A. de Heer, *Science* **1999**, 283:1513.
11. Antonino Salvatore aricò, Peter Bruce, Bruno Scrosati, Jean-Marie Tarascon, Walter Van Schalkwijk, *Nature Materials* **2005**, 4:366-377.
12. Mihail C. Roco, Chad A. Mirkin, Mark C. Hersam, *J. Nanopart. Res.* **2011**, 13:897-919.
13. Mihail C. Roco, *J. Nanopart. Res.* **2011**, 13:427-445.
14. S. Arora, A.L. Porter, Y. Youtie, S. Shapira, Capturing new developments in nanotechnology scientific output: A search strategy for publication records, STIP White Paper, Atlanta Georgia, **2011**.
15. Anne Clunan, Kristen Rodine-Hardy, Nanotechnology in a globalized world, strategic assessments of an emerging technology, **2014**.
16. Yun Jung Lee, Hyunjung Yi, Woo-Jae Kim, Kisuk Kang, Dong Soo Yun, Michael S. Strano, Gerbrand Ceder, Angela M. Belcher, *Science* **2009**, 324:1051.
17. Jaesang Lee, Shaily Mahendra, and Pedro J. J. Alvarez, *ACS Nano* **2010**, 4:3580-3590.
18. <http://www.sciencenews.org>, diakses tanggal 24 Agustus 2015.
19. <http://www.jameshedberg.com/lettera/2010/07/05/graphene-models/>, diakses tanggal 24 Agustus 2015.
20. <http://www3.imperial.ac.uk/collegestrategy/research>, diakses tanggal 24 Agustus 2015.
21. Siddhartha S Mukhopadhyay, *Nanotechnology, Science and Applications* **2014**, 7:63-71.

3. STATUS TERKINI DAN PERKEMBANGAN KE DEPAN BIOTEKNOLOGI DI ITB

Oleh: Dr. Debbie S. Retnoningrum (SF-ITB)

PENDAHULUAN

Produk bioteknologi merupakan produk yang banyak terdapat dalam kehidupan kita. Sehari-hari kita mengkonsumsi tempe, ketan dan yoghurt. Kedelai juga dapat dihasilkan dari tanaman transgenik, tanaman yang telah direkayasa genetik dan tempe yang kita konsumsi sehari-hari barangkali dibuat dari kedelai transgenik. Produk bioteknologi juga digunakan dalam pengobatan, misalnya insulin untuk terapi penyakit diabetes mellitus, eritropoetin untuk penderita gagal ginjal kronis dan interferon yang digunakan dalam pengobatan hepatitis B dan C. Selain itu, pencegahan penyakit juga menggunakan produk bioteknologi misalnya vaksin Hepatitis B. Perkembangan penggunaan sel punca untuk pengobatan berbagai penyakit juga telah banyak dilaporkan.

Bioteknologi didefinisikan sebagai disiplin keilmuan luas yang melibatkan proses biologi, organisme, sel atau komponen sel untuk mengembangkan teknologi dan produk baru untuk berbagai tujuan seperti penelitian, pertanian, industri dan klinik (www.nature.com/biotech/). Bioteknologi adalah teknologi berbasis biologi yang menggunakan sel dan proses biomolekul untuk mengembangkan teknologi dan produk untuk memperbaiki kehidupan dan kesehatan di planet kita (<https://www.bio.org>). Ciri bioteknologi adalah multidisiplin, melibatkan berbagai keilmuan dan menghasilkan produk langsung yang dapat digunakan masyarakat.

BIOTEKNOLOGI DAN PRODUK BIOTEKNOLOGI

Bioteknologi dapat diklasifikasikan menjadi bioteknologi tradisional (konvensional) dan bioteknologi molekuler. Bioteknologi tradisional menggunakan sel, organisme atau komponen sel yang tidak mengalami rekayasa atau modifikasi genetik. Bioteknologi molekuler melibatkan teknologi DNA rekombinan (TDR) dimana pada TDR melibatkan penggabungan molekul DNA dari berbagai sumber untuk menciptakan molekul DNA dengan fungsi baru. TDR melibatkan isolasi DNA dari suatu sumber (DNA pengkode protein yang kita) kemudian digabungkan dengan molekul DNA pembawa (misalnya plasmid) untuk menghasilkan molekul DNA baru, plasmid rekombinan. Plasmid rekombinan tersebut kemudian dimasukkan ke dalam suatu sel inang menggunakan suatu cara tertentu untuk menghasilkan sel rekombinan yaitu sel yang mengandung plasmid rekombinan. Tergantung dari DNA terkandung dalam plasmid rekombinan, sel tersebut dapat digunakan untuk menghasilkan tanaman transgenik (misal tanaman tahan hama), untuk membersihkan buangan toksik di alam (bioremediasi), untuk menghasilkan protein yang melarutkan gumpalan darah (terapi serangan jantung), dan untuk

menghasilkan hormon pertumbuhan (untuk mengobati pertumbuhan anak yang terhambat). Selain itu, DNA yang telah terkandung di dalam plasmid dalam digunakan untuk penelitian misalnya untuk menghasilkan varian gen atau protein baru dengan sifat lebih unggul yang disebut dengan rekayasa genetika. Sampai saat ini, produk bioteknologi masih diproduksi dengan bioteknologi tradisional dan bioteknologi molekuler.

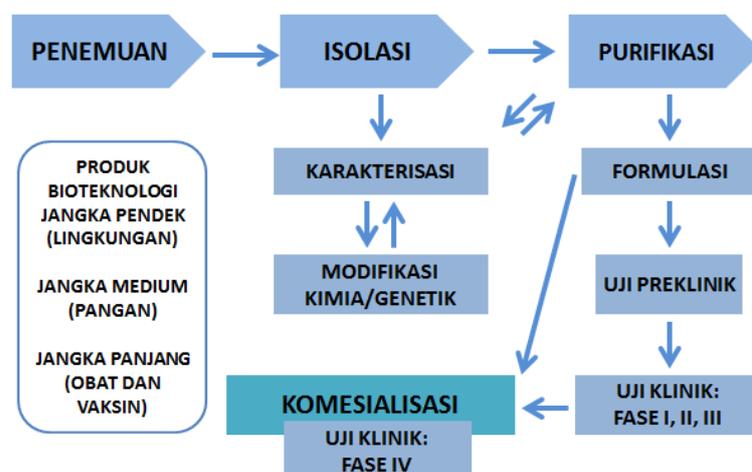
Bioteknologi molekuler telah berkembang dengan pesat dengan menghasilkan berbagai produk. Di bidang farmasi/kesehatan, produk terbanyak adalah berupa protein dan dari periode 1982-2014 sebanyak 193 protein (140 protein rekombinan dan 53 antibodi monoklonal) telah disetujui oleh badan pengawasan dunia (FDA, EU) untuk penggunaannya pada manusia. Contoh produk protein rekombinan adalah insulin manusia untuk terapi diabetes dan eritropoetin digunakan pada pasien gagal ginjal. Antibodi monoklonal merupakan produk yang sangat berpotensi dan jumlahnya meningkat secara bermakna dengan berjalannya waktu. Produk antibodi monoklonal karena kerjanya sangat spesifik mengenali sel kanker maka banyak digunakan dalam terapi kanker. Protein rekombinan juga dapat digunakan dalam industri tekstil (enzim amilase), pembuatan bahan baku obat (siklodekstrin glukotransferase untuk pembuatan siklodekstrin), enzim untuk bioremediasi, dan industri makanan (enzim amilase). Tanaman galur alami dan transgenik serta kultur jaringan tanaman banyak digunakan untuk berbagai tujuan, misal tanaman tanah hama dan pestisida, tanaman padi penghasil beras, gandum, tomat dengan sifat unggul, penghasil biomaterial misalnya kayu, biofuel dan bioplastik, tanaman penghasil protein obat. Produk bioteknologi berbasis asam nukleat juga telah dikembangkan yaitu terapi gen dan vaksin DNA. Sel punca juga berpotensi dalam terapi berbagai penyakit seperti *stroke*, Alzheimer, Parkinson, sirosis, berbagai kanker dan kerusakan jantung akut.

Bioteknologi terkait dengan berbagai keilmuan dan produk yang dihasilkan. Kaitan bioteknologi dengan bidang pertanian menghasilkan bioteknologi pertanian dengan produknya berupa energi dari sumber baru terbarukan dan pengolahan limbah pertanian. Irisan bioteknologi, bidang pertanian dan teknologi genetik menghasilkan rekayasa genetik tanaman dan hewan untuk menghasilkan tanaman/hewan unggul. Bioteknologi dan keilmuan farmasi (bioteknologi farmasi) menghasilkan berbagai produk obat misalnya produk berukuran kecil (antibiotik, vitamin, steroid) dan produk berukuran besar (insulin dan interferon). Bioteknologi dan teknologi pangan menghasilkan produk fermentasi misalnya anggur, bir, keju, yoghurt dan ragi. Dengan bidang lingkungan menghasilkan bioteknologi lingkungan dengan produk untuk dekontaminasi lingkungan (air, udara, tanah), biosensor untuk pemantauan lingkungan, pencegahan polusi dan minimalisasi limbah. Pada suatu forum diskusi pada tahun 2010, produk bioteknologi terbanyak dibutuhkan di Asia adalah bahan aktif farmasi, kosmetik, deterjen disusul oleh bahan tambahan makanan, agrokimia, polimer dan serat serta bahan kimia organik.

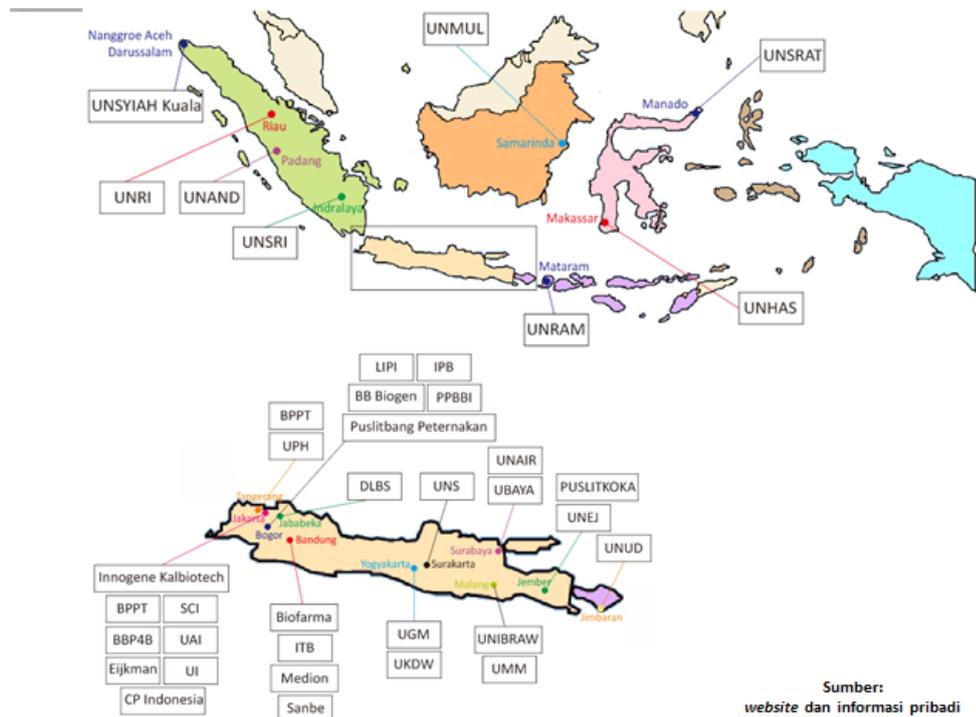
Topik hangat di bidang bioteknologi yang banyak didiskusikan pada tingkat internasional dan nasional adalah produk biosimilar. Biosimilar didefinisikan sebagai produk biologi yang mempunyai kemiripan dalam aspek mutu, keamanan dan khasiat dengan produk biologi yang sebelumnya telah disetujui sebagai obat (produk inovator atau originator). Produk inovator dihasilkan melalui proses yang melibatkan beberapa tahap yaitu isolasi DNA, ligasi DNA ke vektor ekspresi untuk menghasilkan vektor rekombinan, introduksi vektor rekombinan ke dalam sel inang, pertumbuhan sel inang dan produksi protein dan purifikasi dan formulasi protein. Produk biosimilar dapat menggunakan DNA pengkode yang sama tetapi vektor dan sel inang yang digunakan serta proses manufaktur berbeda. Dalam proses bioteknologi, proses manufaktur yang berbeda mengakibatkan produk protein yang dihasilkan mempunyai kemiripan tetapi tidak identik dengan produk inovator dalam aspek mutu, keamanan dan khasiat.

Tahap menuju komersialisasi untuk produk bioteknologi pada umumnya mengikuti jalur sebagai berikut (Gambar 1). Tahap pertama adalah penemuan target molekul melalui penelitian dasar. Kemudian dilanjutkan dengan isolasi target atau DNA pengkode protein target. Pada tahap selanjutnya, protein target dipurifikasi untuk memperoleh protein target dengan kemurnian tertentu. Protein hasil purifikasi dianalisis dan jika diperlukan, perbaikan sifat protein dapat dilakukan dengan modifikasi kimia atau genetik. Protein murni yang telah memenuhi persyaratan, kemudian diformulasi untuk memperoleh sediaan yang baik dan stabil. Untuk produk obat dan vaksin, dilanjutkan tahap uji pada hewan (preklinik). Jika uji preklinik lolos, maka dilanjutkan uji pada manusia sehat dan sakit pada uji klinik fase I, II dan III. Tahap selanjutnya adalah komersialisasi dan pada saat obat dan vaksin beredar di masyarakat, uji klinik fase IV. Berdasarkan jalur ini, maka produk bioteknologi dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu produk jangka pendek misalnya produk untuk lingkungan, produk jangka menengah misalnya produk makanan dan produk jangka panjang yaitu obat dan vaksin.

TAHAP MENUJU KOMERSIALISASI



Gambar 1. Tahap-tahap menuju komersialisasi produk bioteknologi



Gambar 2. Peta institusi yang melakukan penelitian Bioteknologi di Indonesia

BIOTEKNOLOGI DI INDONESIA: STATUS PENELITIAN DAN KOMERSIALIASI PRODUK BIOTEKNOLOGI

Di Indonesia belum ada direktori institusi yang melakukan penelitian di bidang Bioteknologi. Dengan menggunakan kata kunci bioteknologi dan institusi (universitas, prodi, jurusan, fakultas, pusat) dan berdasarkan informasi pribadi, ditemukan 38 institusi yang melakukan penelitian bioteknologi dan komersialisasi produknya (Tabel 1). Bila dikelompokkan berdasarkan jenis institusi terdapat 22 universitas, 8 lembaga penelitian dan 8 industri farmasi. Untuk industri selain industri farmasi, belum diperoleh informasinya. Pada umumnya, institusi berlokasi di pulau Jawa dan tidak banyak yang berlokasi di luar pulau Jawa (Gambar 2).

Topik bioteknologi yang paling banyak dilakukan oleh institusi adalah protein rekombinan obat/biosimilar, vaksin untuk manusia/biosimilar, kit diagnostik untuk manusia, kultur jaringan tanaman, genetika tanaman, dan eksplorasi/diversitas mikroba termasuk mikroba laut (Tabel 2).

Sejak tahun 2011, telah didirikan konsorsium riset vaksin nasional berdasarkan konsep *academia, business and government*(ABG) yang anggotanya terdiri atas universitas/lembaga penelitian (anggota dari pihak akademia), PT Biofarma (pihak industri) dan kementerian riset

dan teknologi (sebagai pihak pemerintah). Pada awalnya konsorsium dan *working group* (kelompok kerja) ditujukan untuk penelitian vaksin, namun saat ini ada konsorsium untuk protein terapetik (biosimilar) dan sel punca. Saat ini ada lima konsorsium yaitu konsorsium vaksin tuberculosis baru, demam berdarah, *Human Immunodeficiency Virus* (HIV), hepatitis B dan konsorsium eritropoetin (protein terapetik, biosimilar). Sementara untuk kelompok kerja ada tujuh yaitu influenza, malaria, rotavirus, sel punca, *Pneumococcus* dan sistem penghantaran, *Human Papillomavirus* (HPV), dan kebijakan. Sebagai contoh, konsorsium vaksin hepatitis B bertujuan untuk mengembangkan vaksin hepatitis B berbasis protein rekombinan subunit dari isolat Indonesia. Institusi yang terlibat adalah ITB, UAI, Lembaga Biologi Molekuler Eijkman, BPPT dan PT Biofarma.

PETA JALAN PENELITIAN BIOTEKNOLOGI DI INDONESIA

Semua penelitian di Indonesia mengacu pada Agenda Riset Nasional. Pada tahun 2001-2003, Kementerian Ristek bersama Konsorsium Bioteknologi Indonesia dan Pusat Penelitian Bioteknologi ITB sebagai koordinator menyusun rencana umum penelitian bioteknologi di Indonesia. Fokus penelitian ditetapkan pada bidang bioteknologi medik/farmasi, bioteknologi pertanian/peternakan, bioteknologi lingkungan dan bioteknologi industri. Sayangnya tindak lanjut dari rencana umum tersebut sampai saat ini belum ada.

BIOTEKNOLOGI DI INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Peta jalan penelitian bioteknologi disusun oleh Kelompok keahlian Bioteknologi pada tahun 2004 dengan topik bioteknologi berbasis enzim karbohidrat. Saat ini, ITB mempunyai Pusat Penelitian Biosains dan Bioteknologi (PPBB) ITB (*Biosciences and Biotechnology Research Center-BBRC ITB*). PPBB adalah merupakan salah satu pusat penelitian di ITB yang koordinasinya dilakukan oleh Wakil Rektor Bidang Riset, inovasi dan Kemitraan (WRRIM). Pembentukan PPBB didasarkan pada Surat Keputusan Rektor ITB yang ditanda tangani oleh Wakil Rektor Bidang Sumberdaya dan Organisasi (WRSO) pada tanggal 14 November 2014 berdasarkan SK: 820/I1.B03/KP/SK/2014 tentang penggabungan Pusat Penelitian Pangan, Kesehatan dan obat-obatan (PPPKO) dan Pusat Ilmu Hayati (PIH) menjadi Pusat Penelitian Biosains dan Bioteknologi (PPBB). Sejak penggabungan PPPKO dan PIH Hayati maka fokus penelitian juga diarahkan untuk pengembangan topik riset yang relevan dengan kedua fokus Pusat tersebut. Walaupun proses penggabungan dan pemberian nama baru dilakukan pada tahun 2014, namun PPBB telah mempunyai sejarah panjang dan atmosfir riset yang cukup baik sejak pertama didirikan dengan nama Pusat Antar Universitas (PAU) di ITB, dengan berbagai dinamika riset dan organisasi serta penyesuaian dengan perkembangan keilmuan dan teknologi serta infrastruktur riset serta organisasi di ITB.

Tabel 1. Institusi pelaku penelitian bioteknologi dan komersialisasi produknya

No	Nama institusi dan alamat website	Fokus penelitian
1	Universitas Syah Kuala	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman
2	Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya http://biologi.mipa.unsri.ac.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman
3	Universitas Andalas http://pasca.unand.ac.id/id/program-magister/program-magister-multidisiplin/bioteknologi/	<ul style="list-style-type: none"> • Nanobioteknologi • Aplikasi bioteknologi untuk pengolahan limbah peternakan • Rekayasa genetik dan <i>proteomic</i> profiling untuk pengembangan metode penanggulangan penyakit akibat infeksi virus dan jamur pada tanaman
4	Jurusan Biologi Fakultas MIPA Universitas Sriwijaya http://biologi.mipa.unsri.ac.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Mutagenesis untuk memperoleh galur unggul • Optimasi produksi enzim • Studi pewarisan sifat pada hewan, tumbuhan, dan mikroba
5	Kelompok Riset Mikrobiologi dan Bioteknologi Universitas Mataram http://lemlit.unram.ac.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Variasi genetik tanaman kacang tanah lokal • Analisis gen pada hasil persilangan antarspesies kacang hijau dan kacang beras • Pengembangan jamur patogen pada eceng gondok sebagai agen pengendali gulma
6	Fakultas Kehutanan Universitas Mulawarman	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman • Genetika hutan • Aplikasi bioteknologi untuk pemuliaan hutan

	http://fahatan.unmul.ac.id/	
7	Jurusan Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin http://www.unhas.ac.id/tekpert/index.php/	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan produk-produk fermentasi tradisional • Pengembangan produk pati terlarut, gum xanthan, dekstrin, dan siklodekstrin
8	Universitas Samratulangi	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi bakteri resisten merkuri • Pengayaan nilai nutritif sekam berbasis bioteknologi
9	Universitas Indonesia	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan produk berbasis karbohidrat/ bahan baru • Pengembangan vaksin dan kit diagnostik • Sel punca
10	Prodi Bioteknologi Universitas Al Azhar Indonesia http://fst.uai.ac.id/biotek/	<ul style="list-style-type: none"> • Identifikasi ekologi untuk konservasi air tanah • Uji serologi infeksi <i>Avian</i> influenza • Pengembangan vaksin hepatitis B, kultur mikroalga untuk produksi biodiesel • Analisis bioinformatika dan eksplorasi enzim
11	Prodi Bioteknologi Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Pelita Harapan http://biotech.fast.uph.edu/id	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur sel dan jaringan • Pengembangan Teknologi Fermentasi
12	Lembaga Biologi EIJKMAN http://www.eijkman.go.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan vaksin malaria • Pengembangan dan produksi vaksin hepatitis B rekombinan
		<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan teknologi <i>stem cell</i> untuk terapi regeneratif dan

13	Stem Cell and Cancer Institute Indonesia (SCI, Kalbe Farma) http://www.sci-indonesia.org/	seluler <ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan biomarker kanker • Pengembangan Biosimilar
14	BB Litbang Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (BBP4B) http://www.bbp4b.litbang.kkp.go.id/laboratorium-bioteknologi	<ul style="list-style-type: none"> • Eksplorasi dan pengembangan pemanfaatan mikro dan makroorganisme laut dan hasil perikanan (limbah, enzim atau protein, metabolit untuk pangan, kosmetik, biomedis, dan nutrasetikal
15	Charoen Pokphand	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi dan pengembangan enzim untuk pakan ayam dari cendawan dan dengan rekayasa genetik (protein rekombinan)
16	Innogene Kalbiotech (Kalbe Farma) http://www.innogene-kalbiotech.com/	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan Ab monoklonal untuk terapi kanker tertarget
17	Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) http://www.bppt.go.id/index.php/profil/organisasi/deputi-tab	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman • Rekayasa teknologi protein rekombinan pakan aditif (hormon pertumbuhan) • Produksi senyawa aktif farmasi dengan memanfaatkan mikroba • Penggunaan mikroba untuk meningkatkan kualitas tanah (pupuk bioorganik) • Pengembangan protein terapeutik termasuk biosimilar
18	Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi & Sumber Daya Genetik Pertanian (BB Biogen) http://biogen.litbang.pertanian.go.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Analisis genom dan pemetaan genetik komoditas pertanian • Rekayasa genetik untuk bibit unggul (tanaman transgenik) • Kultur jaringan tanaman

19	Intitut Teknologi Bandung ^{*)} http://www.itb.ac.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi protein rekombinan (terapetik) • Pengembangan vaksin dan kit diagnostik • Pengembangan kultur murni jamur, ragi • Budidaya jamur • Kultur jaringan • Bioteknologi Tanaman
20	Biofarma http://www.biofarma.co.id	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan produk vaksin virus, bakteri, dan kombinasi, serta antisera dan kit diagnostik • Pengembangan protein rekombinan untuk vaksin dan terapetik termasuk biosimilar
21	PT Medion	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi dan pengembangan vaksin untuk hewan ternak (<i>Avian Influenza, Avian Encephalomyelitis, Fowl Pox</i>) menggunakan telur SPF (<i>Specific Pathogen-free</i>)
22	PT Sanbe Farma	<ul style="list-style-type: none"> • Bioproses: fermentasi, produksi senyawa bioaktif menggunakan sel mamalia dan bakteri • Pengembangan metode analisis berbasis bioteknologi • Pengembangan diagnosis dan deteksi dini penyakit infeksi dan noninfeksi (kanker) berbasis DNA • Karyotiping kelainan genetik bawaan
		<ul style="list-style-type: none"> • Bioteknologi pertanian (perbaikan genetik tanaman, hewan, dan

23	Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati & Bioteknologi (PPSHB) Institut Pertanian Bogor http://kspi.ipb.ac.id/index.php/en/research-center/ppshb	mikroba melalui penerapan genetika, biologi sel dan molekuler untuk peningkatan produksi) <ul style="list-style-type: none"> • Rekayasa bioproses untuk menghasilkan bahan baru (bioplastik, biosurfaktan, bioselula, biozim, biopestisida, biofertilizer)
24	Pusat Pengembangan Penelitian Bioteknologi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) http://www.biotek.lipi.go.id/ http://pembimbingan-bioteknologi.blogspot.com/	<ul style="list-style-type: none"> • Produksi protein rekombinan (vaksin, obat) termasuk biosimilar • Rekayasa protein untuk diagnostik • Rekayasa genetika tanaman (rekayasa metabolik jalur biosintesis tanaman) • Kultur jaringan tanaman
25	Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbang Peternakan) http://peternakan.litbang.pertanian.go.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Perbaikan genetik ternak • Karakterisasi dan manipulasi bakteri • Pengembangan vaksin veteriner
26	Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia (PPBBI) http://iribb.org/	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman • <i>Somatic embryogenesis</i> untuk tanaman
27	Prodi Bioteknologi Universitas Gajah Mada http://www.pasca.ugm.ac.id/v3.0/prodi/id/23	<ul style="list-style-type: none"> • Studi molekuler penyakit dan sistem deteksi dini • Rekayasa dan produksi enzim • Pengembangan tanaman transgenik • Pengembangan vaksin rekombinan • Pengembangan produksi antibodi
		<ul style="list-style-type: none"> • Kloning gen penyandi protein

28	<p>Puslitbang Bioteknologi dan Biodiversitas Universitas Sebelas Maret http://p3bb.lppm.uns.ac.id/</p>	<p>struktural HCV</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analisis molekuler HIV dan HCV • Pembuatan <i>database</i> epidemiologi HIV, HBV, HCV, HDV, HTLV ½, dan TTV di Jawa Tengah • Budidaya anggrek <i>in vitro</i>
29	<p>Prodi Bioteknologi Universitas Surabaya http://profil.ubaya.ac.id/program-s1-biologi-bioteknologi.html</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan terapi antigen • Pengembangan biosensor untuk deteksi bakteri patogen • Identifikasi genus dan spesies <i>Archaea</i> metanogen • Pengembangan DNA <i>fingerprint</i> produk fermentasi biogas
30	<p>Universitas Airlangga</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan bioteknologi perikanan dan kelautan • Rekayasa sistem instrumentasi medis dan pengembangan biomaterial untuk aplikasi medis
31	<p>Grup Riset Bioteknologi dan Rekayasa Genetik Universitas Udayana http://penelitian.unud.ac.id/ind/grup-riset-2/bioteknologi-dan-rekayasa-genetik/</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Isolasi dan identifikasi bakteri patogen pada tanaman • Pengembangan deteksi penyakit tanaman berbasis bioteknologi • Pembuatan tanaman transgenik tahan penyakit CVPD
32	<p>Puslitkoka</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan klon dan varietas unggul kopi dan kakao
33	<p>Center for Development of Advanced Sciences and Technology (CDAST) Universitas Jember http://cdast.unej.ac.id/divisi/biologi-molekular-dan-biologi-teknologi</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Bioteknologi tumbuhan (identifikasi gen kunci produktivitas tanaman dan gen kunci patogenisitas mikroorganisme, pengembangan teknologi transformasi genetik, modifikasi genetik faktor

		virulensi, identifikasi molekuler, pemanfaatan, dan pengendalian mikroorganisme
34	Pusat Pengembangan Bioteknologi Universitas Muhammadiyah Malang http://bioteknologi.umm.ac.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman • Pengembangan bioteknologi pertanian (pembibitan <i>edible mushroom</i>), produk fertilisasi berupa pupuk kompos azzola, pemanfaatan limbah usaha tani)
35	Laboratorium Sentral Ilmu Hayati (LSIH) Universitas Brawijaya http://lsih.ub.ac.id/	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan metode imunokimia untuk deteksi adhesin <i>S. Thypi</i> • Karakterisasi protein udang terinfeksi virus <i>White Spot Syndrome</i> • Pengembangan imunostimulan dari tanaman • Karakterisasi bakteri di perairan <i>mangrove</i>
36	Fakultas Bioteknologi Universitas Kristen Duta Wacana http://www.ukdw.ac.id/id/page/view/18-fakultas-bioteknologi	<ul style="list-style-type: none"> • Kultur jaringan tanaman • Teknologi fermentasi • Konservasi air dan lingkungan
37	Dexa Laboratory for Biomolecular Sciences (DLBS)	<ul style="list-style-type: none"> • Protein alami dan rekombinan untuk tujuan terapeutik termasuk biosimilar
38	Daewong Infion	<ul style="list-style-type: none"> • Pengembangan biosimilar

Keterangan: *) dibahas lebih lanjut

Tabel 2. Topik bioteknologi dan institusi terkait

Topik bioteknologi	Nama institusi
Fermentasi	ITB, UNHAS, UPH, SANBE, UNSRAT
Produk berbasis karbohidrat/bahan baru	ITB, UNHAS, IPB, UI
Enzim	ITB, UNSRI, UAI, UGM
Protein rekombinan obat/biosimilar	ITB, LIPI, BIOFARMA, DLBS
Vaksin manusia/biosimilar	ITB, UI, LIPI, BIOFARMA, EJKMAN, UAI, UGM, UNAIR
Kit diagnostik untuk manusia	ITB, LIPI, MATARAM, BIOFARMA, BRAWIJAYA, UGM, UI, SANBE
Sel punca	SCI, UI
Biomarker kanker	SCI, SANBE
Antibodi monoklonal	ITB, INNOGENE KALBIOTECH, UGM, IPB
Mutagenesis (galur unggul)	UNSRI
Kultur jaringan tanaman	ITB, UNMUL, LIPI, BB BIOGEN, BPPT, PPBBI, UDAYANA, UPH, UMM, UKDW, DLBS, UNRI, UNSYIAH
Genetika tanaman	ITB, UNMUL, MATARAM, LIPI, BB BIOGEN, UNEJ, IPB, UMM
Pemuliaan tanaman	UNMUL, PUSLITKOKA
Pengendalian gulma	MATARAM
Tanaman transgenik	ITB, BB BIOGEN, UGM
Genetika ternak	PUSLITBANG PETERNAKAN
Vaksin hewan	PUSLITBANG PETERNAKAN, MEDION
Protein rekombinan (pakan aditif)	BPPT, CHAROEN POKPHAND
Senyawa aktif mikroba	ITB, BPPT
Mikroba untuk perbaikan kualitas tanah	BPPT
Eksplorasi/diversitas mikroba	ITB, PUSLITBANG PETERNAKAN, USM, US, UAI, UNSRAT
Eksplorasi mikroba laut	ITB, BBP4B, UNAIR
Bioteknologi lingkungan/pertambangan	ITB

Sebagai sebuah Pusat Penelitian di bawah ITB, maka PPBB selalu secara terus menerus berusaha menjadi sebuah *center of excellent* yang menghasilkan luaran riset dalam bentuk pengembangan keilmuan, teknologi dan produk yang bisa dimanfaatkan oleh masyarakat banyak di berbagai segmen kehidupan. Usaha ini merupakan wujud tanggung jawab PPBB dalam berkontribusi untuk kemandirian ITB dan bangsa Indonesia. Dalam menjalankan programnya PPBB telah merumuskan visi untuk menjadi *center of excellence* penghasil produk riset unggulan dan andalan nasional di bidang biosains dan bioteknologi yang terapan di masyarakat dan industri. Untuk mencapai visi tersebut PPBB mempunyai misi melaksanakan riset unggulan di bidang biosains dan bioteknologi, dalam rangka dan upaya pengembangan produk, penguasaan iptek strategis, fasilitasi dan pelatihan riset serta pendampingan teknologi bagi masyarakat dan industri. Penelitian di PPBB dilakukan oleh staf pengajar dari berbagai kelompok keahlian di prodi terkait sehingga PPBB merupakan tempat dimana pada staf pengajar dari berbagai keilmuan dapat berdiskusi antar disiplin keilmuan.

Dalam upaya mempercepat tercapainya target pemanfaatan hasil riset yang dilakukan PPBB maka riset yang menjadi unggulan PPBB pada tahun 2015 adalah merupakan kelanjutan dari riset-riset yang telah diinisiasi oleh peneliti yang aktif sebelumnya di PPBB melalui eks Pusat Penelitian Hayati dan eks Pusat Penelitian Pangan, Kesehatan dan Obat serta riset lanjutan yang telah dikembangkan oleh peneliti di fakultas atau sekolah masing-masing. Adapun topik riset terkait bioteknologi adalah: (1) riset Inovasi pemanfaatan bahan alam bagi kesehatan dan pangan yang didukung oleh beberapa laboratorium diantaranya Laboratorium Mikologi, GeoMikrobiologi, Kultur Jaringan, Rekayasa Tanaman, Bioproses dan Laboratorium tanaman transgenik, (2) riset untuk produksi enzim, vaksin dan protein terapeutik yang didukung utamanya oleh Laboratorium Rekayasa Genetika, Biokatalis, dan Lab Bioteknologi dan (3) riset bioteknologi untuk kesehatan, pangan, lingkungan dan energi yang didukung oleh Laboratorium Biokonversi, Bioteknologi Lingkungan, Bioremediasi Lingkungan. Walaupun topik riset dibagi dalam 3 kelompok dan didukung oleh laboratorium utama seperti yang disebutkan di atas, dalam pelaksanaannya terjadi sinergis yang kuat dalam penguatan riset dan melibatkan sumber daya manusia di berbagai prodi sehingga mengkatalis pencapaian luaran riset yang diinginkan.

Kegiatan riset unggulan PPBB 2015 (Dana PP dari ITB) yang terkait bioteknologi dirangkum dalam uraian berikut: (1) produksi enzim, vaksin dan protein terapeutik, (2) pembuatan koleksi hibridoma sebagai tahap awal untuk pengembangan *humanised* antibodi monoklonal untuk terapi Hepatis B, (3) kajian degradasi pewarna tekstil oleh lakase *Marasmiellus palmivorus* dengan metode *high throughput screening*, (4) potensi produksi bioetanol dari akar wangi (*Vetiveria zizanioides* Stapf) sebagai tanaman fitoremediasi lahan bekas tambang bauksit, dan (5) transformasi gen utama pada biosintesis artemisinin, farmesil phosphate synthase (*fps*) dan amorfadiene synthase (*ads*) pada *Sacharomyces cerevisiae* untuk produksi obat malaria artemisinin.

Penelitian bioteknologi juga dilakukan di Sekolah Farmasi yang meliputi penelitian mengenai protein rekombinan (obat, vaksin), enzim, kultur jaringan, dan rekayasa metabolisme tanaman obat. Protein yang dijadikan sebagai topik penelitian adalah protein thrombolitik (streptokinase, nattokinase, Douchi Fibrinolytic Enzyme), enzim superoksida dismutase bakteri dan jeruk, enzim pengkonversi pati menjadi siklodekstrin (CGTase), dan kolagenase bakteri. Nattokinase, DFE dan dua CGTase diperoleh dari sumber keanekaragaman hayati Indonesia. Untuk penelitian vaksin hepatitis B dilaksanakan dalam skema penelitian konsorsium vaksin Hepatitis B bersama SITH dan Biokimia, Kimia di bawah koordinasi PPBB. Pencarian senyawa anti faktor virulensi juga dilakukan untuk virus Hepatitis B dan virus influenza. Konstruksi vektor ekspresi dengan promotor autoinduksi dan skrining bebas antibiotik untuk sel inang *Escherichia coli*. Topik lain adalah kultur Jaringan tumbuhan obat dalam rangka meningkatkan kadar zat berkhasiat dan bibit tanaman obat, biotransformasi, elisitasi senyawa berkhasiat (metabolit sekunder) dari tanaman dan rekayasa genetika tanaman obat untuk meregulasi biosintesis metabolit sekunder.

Di SITH, penelitian mengenai rekayasa tanaman diantaranya produksi vaksin dan protein terapeutik pada tanaman, pengendalian pematangan buah yang meliputi rekayasa genetika tanaman (*knock out gene*), pengembangan *edible coating* dari bahan laut (cangkang udang dan rumput laut), penyimpanan buah dari bamboo dan teknologi nano partikel, dan pengaruh mikrograviti. Selain itu, pengembangan vaksin hepatitis B dan pencarian berbasis target molekul senyawa anti tuberkulosis baru/anti infeksi, dan pengembangan antibodi monoklonal untuk HBsAg dan diagnostik. Bioteknologi lingkungan, bioenergi dan pangan juga menjadi focus penelitian bioteknologi di SITH.

Di prodi Kimia (Biokimia), penelitian bioteknologi mengenai penggunaan mikroba dan enzim termofilik, eksplorasi mikroba halofilik, penggunaan microalgae dan makroalgae, enzim karbohidrat dari sumber laut, dehalogenase, produksi protein rekombinan untuk vaksin, terapeutik dan diagnostik. Di FTTM, penelitian bioteknologi terkait penggunaan mikroba untuk eksplorasi dan pemrosesan minyak dan pertambangan. Di Teknik Kimia, bioteknologi terkait dengan bioenergi dan bioproses. Di Teknik Lingkungan, terkait dengan bioteknologi lingkungan misalnya bioremediasi.

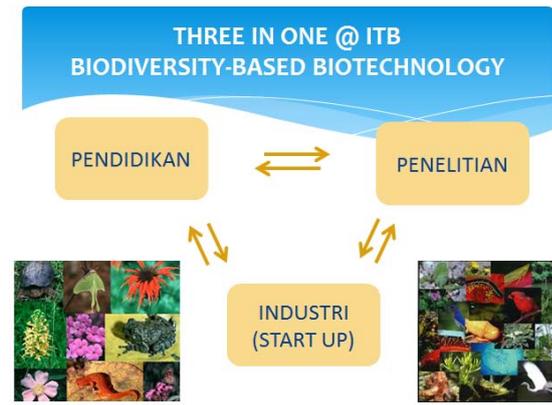
BIOTEKNOLOGI MASA DEPAN DI INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG

Negara di dunia ini dikelompokkan menjadi empat klasifikasi berdasarkan tingkat keanekaragaman hayati dan bioteknologinya. Negara timur tengah seperti Saudi Arabia merupakan contoh negara dengan keanekaragaman hayati miskin dan bioteknologi tidak maju. Negara-negara maju seperti Amerika, Jerman, Inggris dan Jepang merupakan contoh negara dengan keanekaragaman hayati miskin tetapi bioteknologinya maju. Negara yang keanekaragaman hayatinya kaya tetapi bioteknologinya kurang maju adalah Amerika Selatan,

Asia Tengah dan Afrika serta Indonesia. Dengan demikian, kekayaan keanekaragaman hayati Indonesia bisa menjadi suatu kekuatan dimana negara lain tidak mempunyai. Berdasarkan hal tersebut, rekomendasi yang disampaikan untuk dikembangkan di ITB adalah bioteknologi berbasis keanekaragaman hayati. Keanekaragaman hayati Indonesia mencakup keanekaragaman flora dan fauna, mikroba penyebab penyakit, vektor penyakit, dan suku bangsanya. Dengan berbasis keanekaragaman hayati, penelitian dapat menemukan molekul baru dan mekanisme baru, yang memungkinkan penemuan penggunaan baru. Dengan memanfaatkan mekanisme molekuler berbagai penyakit yang telah dipublikasi dan teknologi yang telah ada, dimungkinkan untuk memperoleh molekul baru untuk pengobatan dan pencegahan penyakit. Keanekaragaman mikroba penyakit dan keunikan keanekaragaman genetik suku bangsa di Indonesia juga merupakan modal kuat untuk penemuan molekul sebagai kandidat obat dan vaksin baru. Dengan demikian, ITB diharapkan dapat menjadi *center of excellent* penelitian bioteknologi yang dengan memanfaatkan keanekaragaman hayati Indonesia dapat membuahakan molekul, mekanisme, dan penggunaan baru dengan nilai tawar yang tinggi untuk komersialisasi, paten dan publikasi internasional yang bergengsi.

Pengembangan biosimilar juga menjadi hal penting yang perlu menjadi fokus penelitian bioteknologi di ITB. Hasil penelitian ini akan menghasilkan produk bioteknologi sebagai substitusi import. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari WHO, menyebabkan kematian di Indonesia tertinggi pada tahun 2012 adalah *stroke* (21%), penyakit jantung iskemik (8,9%) dan diabetes mellitus (6,5%). Penyebab kematian bila ditinjau dari kelompok penyakit yang lebih luas adalah penyakit jantung dan pembuluh darah (tertinggi) dan disusul oleh kanker (http://www.who.int/gho/countries/idn/country_profiles/en/). Infeksi hepatitis B dan C juga merupakan masalah di Indonesia karena penyakit ini dapat berkembang menjadi penyakit kronik. Sebuah penelitian di tahun 2012 menunjukkan bahwa kanker terbanyak yang menyerang wanita adalah kanker payudara, leher rahim, dan kanker rahim, sedangkan untuk laki-laki, kanker terbanyak adalah kanker bronkus dan paru, kolorektal, hati, faring dan prostat. Untuk anak-anak adalah leukaemia and restinoblastoma.

Berdasarkan data di atas, produk biosimilar yang direkomendasi adalah protein untuk terapi penyakit jantung dan pembuluh darah yaitu yang meliputi senyawa thrombolitik dan antikoagulan, insulin dan analog insulin untuk terapi diabetes mellitus, erithropoeitin dan analognya untuk terapi kegagalan ginjal kronik, yang sering terjadi pada penderita diabetes mellitus. Interferon alfa 2 juga menarik untuk dikembangkan karena dapat digunakan untuk terapi Hepatitis B dan C. Produk biosimilar juga dapat digunakan untuk terapi kanker payudara dan kanker kolorektal. Mengingat kanker leher rahim dan infeksi hepatitis B menjadi masalah penting di Indonesia, maka vaksin Hepatitis B dan *human papilloma virus* (HPV) dapat dikembangkan sebagai produk biosimilar.



Gambar 3. Konsep *three in one* untuk integrasi kegiatan bioteknologi

Pembentukan sistem yang disebut dengan *three in one* yaitu keberadaan dan keterkaitan yang erat antara pendidikan, penelitian (di pusat penelitian) dan *start-up company* di ITB perlu dipertimbangkan (Gambar 3). Pendidikan yang berorientasi pada penelitian, penelitian yang berorientasi pada pendidikan dan industri dapat memperlancar produk penelitian ke komersialisasi dan pendidikannya dapat bernuansa penelitian dan industri. Mahasiswa sarjana, magister dan doktor melakukan penelitian tugas akhirnya terkait pada tema penelitian pada pusat penelitian yang bernuansa industri. Pendidikannyapun dapat dirancang berbasis penelitian dan bernuansa industri. Produk bioteknologi yang dipilih dapat diatur dengan produk berjangka pendek misalnya produk bioremediasi atau ekzim industri, produk berjangka menengah misalnya produk pangan dan produk berjangka panjang misalnya produk biosimilar. Dengan demikian, tahap untuk komersialisasi tidak harus menunggu terlalu lama. Kegiatan ini dapat melibatkan bidang-bidang lain di ITB misalnya teknik industri, manajemen bisnis dan seni rupa untuk menyempurnakan kegiatan tersebut.

KESIMPULAN

Penelitian bioteknologi di ITB direkomendasikan berbasis keanekaragaman hayati dan produksi biosimilar terkait dengan penyakit kronik yang umum terdapat di Indonesia. Kegiatan bioteknologi yang disebut dengan *three in one* meliputi pendidikan, penelitian dan kegiatan *start-up company* yang terkoordinasi dan terintegrasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Sdr. Miftahus Sa'adah SSi dan Anindyajati MSi dari Laboratorium Bioteknologi Farmasi, Sekolah Farmasi, ITB yang telah membantu mengumpulkan dan merekapitulasi data penelitian Bioteknologi di Indonesia.

DAFTAR PUSTAKA

1. Buyel JF, 2015, Process Development Strategies in Plant Molecular Farming.Curr Pharm Biotechnol. 2015; 16(11):966-82.
2. Elfahmi, 2015, Pusat Penelitian Biosains dan Bioteknologi (PPBB) ITB.
3. http://www.who.int/gho/countries/idn/country_profiles/en/
4. <https://www.bio.org>
5. Klappa P., The Future of Biotechnology, Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering), 59, Suppl 1, 1–2
6. Marć MA, Domínguez-Álvarez E, Gamazo C., 2015, Nucleic acid vaccination strategies against infectious diseases., Expert Opin Drug Deliv. 2015; 12:1-15.
7. Moshelion M, Altman A. 2015. Current challenges and future perspectives of plant and agricultural biotechnology. Trends Biotechnol. 2015; 33(6):337-42.
8. Prazeres DM, Monteiro GA. 2014. Plasmid Biopharmaceuticals.Microbiol Spectr. 2014; 2(6).
9. Singh U, Rani B, Chauhan A K, Maheshwari R, Vyas M K, 2012, role of environmental biotechnology in decontaminating polluted water, Int. J. LifeSc. Bt & Pharm. Res. 32-46.
10. Yang H, Li J, Shin HD, Du G, Liu L, Chen J. 2014. Molecular engineering of industrial enzymes: recent advances and future prospects. Appl Microbiol Biotechnol. 2014; 98(1):23-9.
11. Zuba-Surma EK, Józkowicz A, Dulak J. 2011, Stem cells in pharmaceutical biotechnology.Curr Pharm Biotechnol. 2011; 12(11):1760-73.
12. www.nature.com/biotech/

BAGIAN III - KONTRIBUSI PEMIKIRAN DARI AIPI

1. MENDAMBAKAN UNIVERSITAS SKALA DUNIA

Oleh: Prof. Mayling Oey-Gardiner (KIS-AIPI)

Pendahuluan

Pergulatan memperbaiki mutu pendidikan di Indonesia, terutama pada tingkat pendidikan pasca sarjana telah banyak ditekuni, namun hasilnya belum memuaskan. Sebut saja otonomi perguruan tinggi sebagai prasyarat agar **ada** perguruan tinggi yang dapat mengembangkan diri menjadi terbaik, tidak hanya dalam negeri tetapi juga di dunia, hingga kini belum berhasil direalisasikan. Perjuangan memperoleh otonomi untuk perguruan tinggi, walaupun telah berhasil dimenangkan di Mahkamah Yudisial, akhirnya tetap dihadapkan hambatan pada tingkat pelaksanaan, baik dari segi substansi maupun keuangan. Walaupun Indonesia menjunjung tinggi keragaman yang digelorkan sebagai Bhineka Tunggal Ika, namun pada tatanan empiris dorongan populis dan keseragaman sering mengungguli harapan kualitas, yang dengan sendirinya secara implisit mendukung persaingan (*meritokrasi*) dan menghargai perbedaan, termasuk perbedaan dalam keunggulan kemampuan. Alhasil hampir tidak ada PT Indonesia yang berhasil bersaing memperoleh nilai yang memungkinkannya tergolong 400 PT dunia terbaik dalam Times Higher Education World University Rankings tahun 2014-2015.¹

Tantangan

Indonesia dihadang beberapa tantangan untuk dapat melaju menjadi masyarakat makmur dunia dengan perekonomian yang dilandasi oleh industri domestik yang dihasilkan oleh anak bangsa sebagai hasil penelitian yang dikembangkan di perguruan tinggi Indonesia. Gejala tersebut dikemukakan karena tidak ada negara makmur tanpa memiliki perguruan tinggi ternama yang bergema di dunia karena kekuatan hasil penelitiannya mengisi kebutuhan masyarakat yang dihasilkan oleh industri domestiknya.

Diingatkan bahwa setelah menikmati pertumbuhan ekonomi rata-rata sekitar 6% selama hampir satu dasawarsa Indonesia berhasil 'naik kelas' pindah dari negara miskin menjadi masyarakat berpendapatan menengah. Gejala tersebut menimbulkan optimisme untuk terus berkembang namun ada pula yang mengingatkan bahwa jalan yang kita hadapi tidak terlalu mulus dan cukup terjal. Makalah ini mengajukan pendapat bahwa hambatan utama kemajuan

*Anggota Komisi Ilmu Sosial, Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, dan Ketua program ini.

¹The *Times Higher Education World University Rankings 2014-2015* belum mencatat satupun PT Indonesia dalam 400 PT dunia terbaik. Namun, Perusahaan yang sebelumnya bergabung dengan Times Higher Education, QS, yang lebih banyak mengandalkan pendapat telah mencatat satu PT Indonesia dalam 400 PT dunia terbaik.

kita terletak pada kelemahan SDM dan kelembagaan terkait yang masih harus dikembangkan untuk dapat menghadapi tantangan persaingan dunia.

Sementara harus disadari bahwa Indonesia menghadapi tantangan Jebakan Kelas Menengah² dan belum ada titik terang untuk dapat keluar terus melaju menjadi anggota masyarakat makmur. Namun sebaliknya telah dan sedang terjadi – perlambatan pertumbuhan ekonomi kita sebagai anggota perekonomian global. Bahkan belakangan ini terkait perlambatan perekonomian China yang berdampak pada pelemahan Rupiah hingga berkelanjutan pada keterbatasan kesempatan kerja dan sebaliknya peningkatan pengangguran hingga penurunan dalam *'purchasing power'* rumah tangga, semuanya menjauh dari harapan berlanjutnya pertumbuhan ekonomi.

Di samping itu, harapan menikmati keuntungan bonus demografi belum juga mendekat atau bisa juga melewati begitu saja. Gejala *yang hanya terjadi satu kali dalam sejarah suatu bangsa* awal abad ini diperkirakan terjadi dalam dasawarsa 2020an ketika penduduk usia produktif 15-64 tahun merupakan proporsi tertinggi.³ Tentu saja, mereka dapat menghasilkan bonus bagi keseluruhan penduduk kalau dan hanya kalau mereka memang produktif, karena bangsa telah melakukan investasi yang akan memperkuat umumnya karena memiliki pengetahuan dan keterampilan yang dibutuhkan pasar kerja ketika itu.

Hambatan yang kita hadapi dalam perjalanan menjadi masyarakat makmur disebabkan oleh kelemahan lembaga pendidikan kita, khususnya lembaga pendidikan tinggi. Adalah pendidikan pasca sarjana khususnya program doktoral S3, yang sebenarnya menghasilkan penelitian orisinal menyumbang pada ilmu pengetahuan dunia, belum memperoleh perhatian dan pendanaan yang diperlukan. Secara khusus dapat diajukan hambatan berikut yang dihadapi dunia pendidikan tinggi Indonesia.

Pertama, Indonesia belum **berkontribusi terhadap ilmu pengetahuan dunia** secara berarti. Hal ini mendukung perkiraan yang sedang diverifikasi melalui program dan acara ini. Pasti hadirin tahu bahwa perkembangan ilmu pengetahuan disumbangkan oleh penelitian, yang disebar luaskan karena banyak dibaca dan dijadikan acuan, dan oleh peneliti disosialisasikan dalam pengajarannya. Mengingat bahwa salah satu kewajiban PT adalah melakukan penelitian (UU Sisdiknas Pasal 20) disamping tentu saja pendidikan dan pengabdian pada masyarakat, dan Indonesia memiliki ribuan PT⁴, maka tentu saja perlu dipertanyakan mengapa peran Indonesia dalam perkembangan ilmu pengetahuan masih terbatas?

²Bangsa Asia yang berhasil melewati JKM meliputi Jepang, Taiwan, Korea Selatan, Hong Kong dan Singapore, yang kini telah tergolong sebagai negara maju, kaya.

³Ketika angka kelahiran tinggi maka beban ketergantungan ditentukan oleh banyaknya anak (0-14 tahun) yang memerlukan dana untuk kesehatan dan pendidikan, namun setelah periode 'bonus demografi' maka proporsi lansia meningkat dengan cepat memerlukan pendanaan untuk kesehatan.

⁴Pusdatin, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi mencatat 3,107 PT, di luar PT Kedinasan, dan di bawah tanggung jawab Kementerian Agama.

Kedua, sebenarnya, perguruan tinggi di Indonesia masih bersifat **PT Pengajaran** (*teaching institutions of higher education/TIHE*) dan negara belum memiliki PT Riset (*research institutions of higher education RIHE*) dalam arti perguruan tinggi yang kegiatannya didominasi oleh penelitian. Sementara pendidikan pasca sarjana, terutama S3, belum mencerminkan budaya penelitian, yang ditandai oleh keberadaan Gurubesar, dosen dan mahasiswa doktoral di kampus bersama melakukan penelitian – bekerja di laborator dan/atau ruang kerja masing-masing membaca dan menulis. Hal ini akan dapat berdampak pada kemungkinan re-generasi atau pengembangan generasi penerus pemikiran gurubesar Indonesia.

Kemudian, hasil seminar KIS-AIPI memperkuat observasi, yang walaupun masih bersifat anekdotal, adanya berbagai masalah yang menghambat pengembangan kualitas pendidikan tinggi kita serta kontribusi anak bangsa pada ilmu pengetahuan dunia umumnya.

Ketiga, Adanya inkonsistensi antara kebijakan **linieritas** atau **mono-disiplin** dalam karier akademisi Indonesia dan perkembangan dunia dalam cara pengajaran dan pendekatan penelitian yang bersifat multi-, inter-, dan bahkan trans-disipliner. Dalam pendidikan-pengajaran misalnya telah terjadi perubahan dari mengajarkan secara disipliner menjadi kemampuan, keterampilan (berpikir, menulis, membaca, meneliti, dan sebagainya), ataupun topik (lingkungan, pemanasan global, gender, HAM, dsb) yang diajarkan dari berbagai disiplin (multi-disiplin), atau diterapkan ketika mengajarkan disiplin tertentu (inter-disiplin), dan lebih jauh sebagai '*problem-based learning*' membutuhkan pengetahuan berbagai pemangku kepentingan (trans-disiplin) seperti pengembang, produsen, dan konsumen.

Keempat, pentingnya peranan **penguasaan bahasa tulisan** masih kurang dipahami oleh pengambil keputusan sehingga belum mendapat perhatian dalam pendidikan dan pengembangan ilmu pengetahuan. Pengajar dihadapkan pada banyak mahasiswa yang kurang membaca dan menulis hingga juga kurang mengikuti perkembangan ilmu pengetahuan di bidangnya sendiri. Hal ini menerangkan dan mendukung kesukaran melakukan penelitian dan menuliskan hasilnya yang dapat diterima untuk diterbitkan dalam jurnal ilmiah internasional terakreditasi, dan kemampuan berkontribusi pada pengembangan dunia pengetahuan umumnya.

Kelima, dosen masih mengalami berbagai **hambatan melakukan penelitian**. Salah satu penyebabnya adalah beratnya beban pengajaran yang harus dipenuhi untuk dapat memperoleh tunjangan sebagai dosen yang telah disertifikasi. Di samping itu Indonesia belum mengenal PT Riset, PT yang memprioritaskan penelitian sebagaimana ditunjukkan oleh komposisi mahasiswa serta pembagian waktu dosen dan Guru Besar antara pengajaran dan penelitian.

Keenam, sementara **dana penelitian** yang disediakan pemerintah masih sangat terbatas. BD menyatakan bahwa Indonesia hanya mengalokasikan 0,08% dari PDB untuk dana penelitian, jauh di bawah alokasi negara tetangga sekalipun, terutama seperti Singapura, Jepang dan

negara maju lainnya yang cenderung mengalokasikan 2,5-3,0% dari PDB negaranya untuk penelitian yang mendasari industri negara bersangkutan. Disamping itu, aturan penggunaan dana penelitian pemerintah sangat rumit, dengan pertanggungjawaban yang membutuhkan waktu bahkan bisa melebihi waktu yang tersedia untuk melakukan penelitian itu sendiri, dan bahkan hanya diperoleh untuk satu tahun sedangkan penelitian baik sering memerlukan waktu lebih lama. Masih diperlukan tersedianya dana penelitian tahun ganda.

Ketujuh, di sisi lain, **pertumbuhan ekonomi** dan **paradigma pembangunan** juga berpengaruh pada perkembangan ilmu pengetahuan di Indonesia terutama ilmu sosial dan humaniora. Pada satu sisi, kompetisi global dan menguatnya peran ekonomi Indonesia di pentas global menciptakan stimulus bagi pertumbuhan ilmu-ilmu yang berorientasi pada penguasaan teknologi atau pada pemenuhan kebutuhan sumberdaya pasar. Di sisi lain, ilmu sosial dan humaniora yang cenderung tidak bisa memberikan output yang cepat dan *tangible*, mendapatkan tekanan tambahan bukan hanya agar mampu mempertahankan relevansinya tetapi juga agar bisa menyesuaikan dengan permintaan pasar untuk bergeser menjadi ilmu-ilmu yang lebih terapan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya insentif untuk mengembangkan keilmuan di bidang sosial dan humaniora yang berorientasi pada penciptaan gagasan-gagasan yang lebih konseptual dan menyumbang pada produksi pengetahuan.

Harapan dan Saran

Sesuai dengan judul dan sejalan dengan kegelisahan Menteri Ristek dan Pendidikan Tinggi, diharapkan agar dalam waktu tidak terlalu jauh, ada lebih banyak PT Indonesia yang masuk dalam daftar PT unggulan dunia. Oleh karena penilaian keunggulan PT ditentukan oleh 'mutu' penelitian yang dihasilkan oleh PT bersangkutan, yang tentu saja tidak berdiri sendiri tetapi didukung oleh sumber daya dan dana serta organisasi yang mengelolanya.

Untuk memungkinkan pelaksanaan penelitian yang bermutu oleh perguruan tinggi diperlukan adanya dana penelitian yang tidak terikat oleh aturan birokrasi seperti keterbatasan siklus anggaran pemerintah dan SBU yang berlaku untuk birokrasi tetapi tidak menyediakan nomenklatur untuk penelitian. Karenanya diharapkan dukungan terlaksananya Dana Ilmu Pengetahuan oleh Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia, yang dapat mengatasi beberapa hambatan birokrasi anggaran pemerintah.

Agar lebih banyak PT Indonesia menjadi PT penelitian maka tugas pengajaran harus dapat dikurangi. Secara khusus hal ini berdampak pada alokasi waktu tenaga pendidikan PT, yang hingga kini didefinisikan harus memenuhi persyaratan waktu mengajar. Perubahan harus menyangkut kemungkinan beberapa orang lebih banyak mengalokasikan waktunya untuk penelitian. Tidak disarankan agar ada tenaga yang hanya meneliti tanpa mengajar karena melalui pengajaran peneliti dapat menyebar luaskan fakta empiris yang ditemukannya.

Sebaliknya, tekanan pada pengajaran saja, tidak mendukung pengembangan ilmu pengetahuan domestik.

Mengingat perkembangan dalam ilmu pengetahuan mengarah pada kerjasama, terutama antar bidang ilmu pengetahuan kearah inter- dan multi-disiplin dan bahkan pemangku kepentingan dalam trans-disiplin, diperlukan perubahan dalam pelaksanaan aturan linieritas.

Untuk maju kita harus berani mengakui kelemahan kemampuan mahasiswa kita mengembangkan dan mengungkapkan pemikirannya secara tertulis dalam berbahasa Indonesia yang baik dan benar. Sedangkan, ukuran keberhasilan penelitian berupa tulisan di mana ilmuwan mampu mengemukakan tidak hanya pendapatnya tetapi juga dengan memberikan keterangan dukungan argumentasi. Oleh karenanya disarankan agar mahasiswa Indonesia harus memenuhi persyaratan penguasaan bahasa Indonesia tulisan, termasuk tulisan akademis, yang baik dan benar.

Bagaimana keadaan dan kemanakah arah perkembangan perguruan tinggi umumnya dan pasca sarjana khususnya di wilayah Bandung dan sekitarnya akan kita dengar dari pembicara pada seminar hari ini.

***NURTURING SCIENTIFIC CULTURE OF
EXCELLENCE***

MEMBANGUN BUDAYA ILMIAH UNGGUL

Seminar Sehari
Pengembangan Sistem Pendidikan Tinggi Indonesia
ITB Bandung, 5 September 2015

Sangkot Marzuki
Ketua – Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia



Dr. Bruce Alberts as US Special Envoy for Science, 10-19 May 2010



Visited universities and research institutions
Three days in Ternate with 40 select young scientists

**Consistent message – lack of funding for research
and incentives for scientific excellence**



... I spent a very productive eleven days in Indonesia. I met with President Susilo Bambang Yudhoyono for an hour and visited some of Indonesia's leading science centers. But even more impactful for our future activities was the 3-day meeting that Marzuki organized on the remote 'spice island' of Ternate. He had invited 40 of Indonesia's best younger scientists, ages 35 to 40, in order to solicit from them what they most wanted from a scientific partnership with the United States.

Most memorable for me was their repeatedly stated desire for a "merit-based system of science and education." (original statement – "scientific culture of excellence")

Bruce Alberts. My Life as a Science Envoy. Cultures 1:11-17

What is Scientific Culture of Excellence?

Apakah Budaya Ilmiah Unggul Itu?

Oxford English Dictionary

Science

The intellectual and practical activity encompassing the systematic study of the structure and behaviour of the physical and natural world through observation and experiment: *the world of science and technology*

Excellence

The quality of being outstanding or extremely good: *awards for excellence a centre of academic excellence*

Kamus Besar Bahasa Indonesia

unggul /ung-gul / **1** *a* lebih tinggi (pandai, baik, cakap, kuat, awet, dsb) dp yg lain-lain; utama (terbaik, terutama): *jenis ikan bibit --; pemain-pemain kita masih lebih -- dp lawan*; **2** *v* menang: *pembalap-pembalap Indonesia -- di Malaysia*;

unggulan/ung-gul-an/ *n* yg diunggulkan: *tim ~ berguguran dl kejuaran basket itu*;

Endowed Chair in Cancer Innovation : Atlanta, GA, United States

The Winship Cancer Institute of Emory University (Winship) and Emory University School of Medicine invites applications from outstanding candidates with national and international stature for the open tenure-track position and endowed professorship in cancer innovation. The candidate's research interests should complement or reinforce the strengths of Winship and any of the unique programs of Emory University School of Medicine, which also include joint efforts between the School of Medicine and Georgia Institute of Technology (such as the Wallace H. Coulter Department of Biomedical Engineering – www.bme.gatech.edu).

Successful candidates will have an exceptional record of innovative, cancer-relevant research that is demonstrated through peer-reviewed publications in high quality journals and is supported with a strong history of external funding. The candidate's research should be focused on advancing the field of cancer research through the application of innovative technology to cancer diagnostics and/or therapeutics. The candidate's academic credentials will include a Ph.D. and/or M.D. degree.

Emory offers a highly competitive salary and fringe benefits package.

***Merit Based Academic System is the Basis for
Scientific Culture of Excellence***

Faculty Positions in Biomedical Engineering and/or Mechanical Engineering (possibility of other joint appointments) Prosthetics and Brain-Computer Interfaces

The University of California at Davis has two or more positions available in the areas of Prosthetics and Brain-Computer Interfaces. Senior ranks are preferred but all ranks will be considered. Appointments in Biomedical Engineering and Mechanical & Aerospace Engineering are preferred, but joint appointments in other departments within the College of Engineering, School of Veterinary Medicine, School of Medicine, College of Biological Sciences and College of Letters and Science are possible.

To be considered, applicants must have a Ph.D. degree or equivalent (including M.D./Ph.D.) in any field of engineering or a related field including Neuroscience. All ranks will be considered; however, senior candidates will be preferred and must have experience that merits appointment to the tenured title of Associate or Full Professor. Also, applicants must possess an excellent record of accomplishment in research, and a demonstrated track record of obtaining extramural research support. Applicants must be able to teach and develop undergraduate and graduate courses in engineering related to their disciplines.

Do We Need Scientific Culture of Excellence?

Apa Perlu Budaya Ilmiah Unggul?

Unprecedented advances in science and technology — first in physics and, more recently, in biology — have drawn science and cultural values closer together in a difficult but enlightened debate over fundamental principles concerning nothing less than the meaning and goodness of life.

The gap in scientific capacity between the North and South, however, means that many of these advances are made by scientists working in well-equipped laboratories in developed countries primarily for the benefit of people in the North.

I am sure that we all agree that the developing world will not break out of its unending cycle of poverty and material deprivation unless it embraces a similar culture of excellence in science and technology.

MHA Hassan. Towards a Culture of Scientific Excellence in the South in a Changing World. Royal Academy of Overseas Sciences, Brussels 2003T

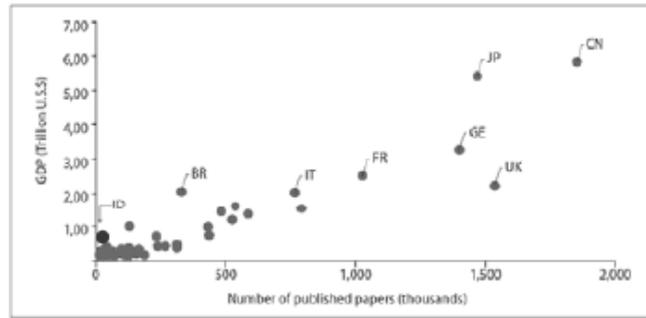
Faculty Positions : Hangzhou, Zhejiang, China

The Zhejiang University Interdisciplinary Institute of Neuroscience and Technology (ZIINT) is seeking faculty in systems neuroscience. ZIINT is a new center established at Zhejiang University to foster interdisciplinary interactions between neuroscience and other disciplines. This center will house 20 laboratories, a non-human primate facility, MRI center for both human and animal work, two-photon and microscopy facility, computing cluster, machine shop, and histological services.

Positions will be filled at the Assistant Professor, Associate Professor and Professor levels. Faculty research interests may include, but are not limited to, sensory and motor systems, cognition and decision making, emotional and social behavior, and development. We seek in particular candidates with strengths in non-human primate work, modern neurophysiological methods, computational neuroscience, molecular anatomical and viral techniques, neuroimaging, and neurotechnology. Successful candidates will have a strong publication record, excellent funding potential, and exceptional interest in collaborative, interdisciplinary efforts. Salaries and startup packages are competitive.

Indonesia Does Not Produce Knowledge nor Technology as It Should

FIGURE 2. GDP (2010) VERSUS NUMBER OF PAPERS PUBLISHED: SELECTED COUNTRIES, 1996-2010. U.S. NOT INCLUDED



Sources: Table 6 and World Bank (<http://data.worldbank.org/country/>)

TABLE 6. NUMBER OF PATENTS GRANTED BY U.S. PATENT AND TRADEMARK OFFICE, SELECTED YEARS

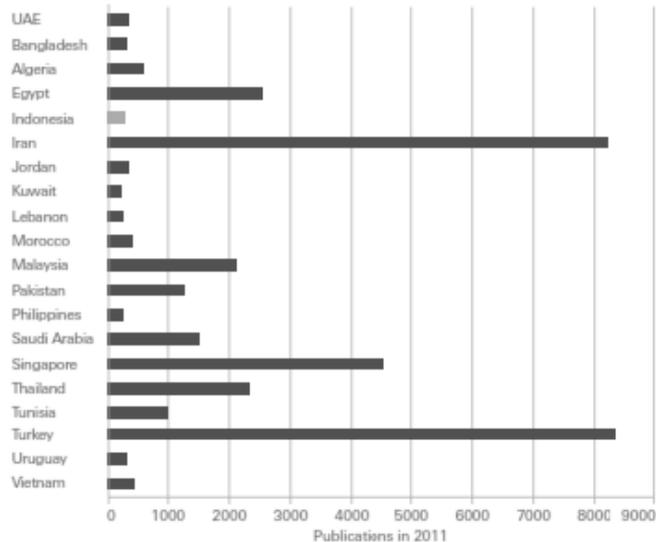
Economy	1992	2000	2008
Japan	23,151	32,922	36,679
Singapore	35	242	450
Taiwan, China	1,252	5,806	7,779
Korea, Rep.	586	3,472	8,731
Malaysia	11	47	168
Thailand	2	30	40
China	41	163	1,874
Indonesia	9	14	19
Philippines	7	12	22
Vietnam	0	0	0

Source: USPTO data.

¹ Master Plan for Acceleration and Expansion of Indonesia Economic Development Jakarta: Coordinating Ministry for Economic Affairs, 2006, p. 2

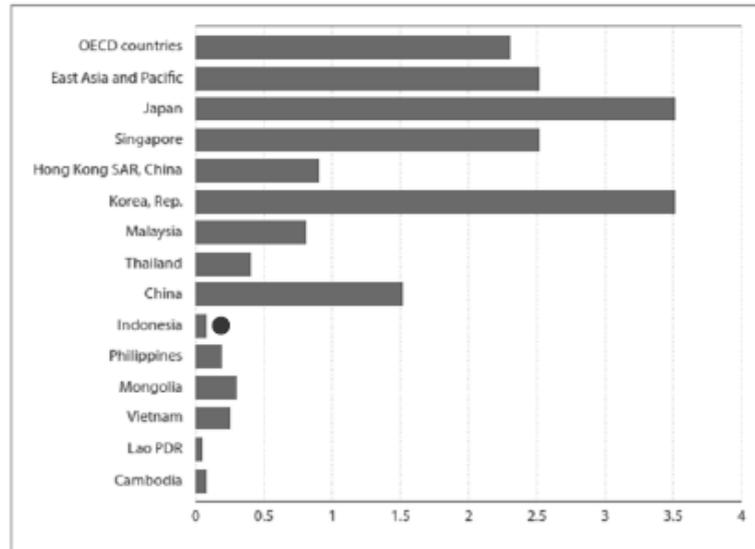


Figure 1.13 Publications in OIC and ASEAN countries in 2011¹⁰⁶



Indonesia is Not Investing Enough in Science

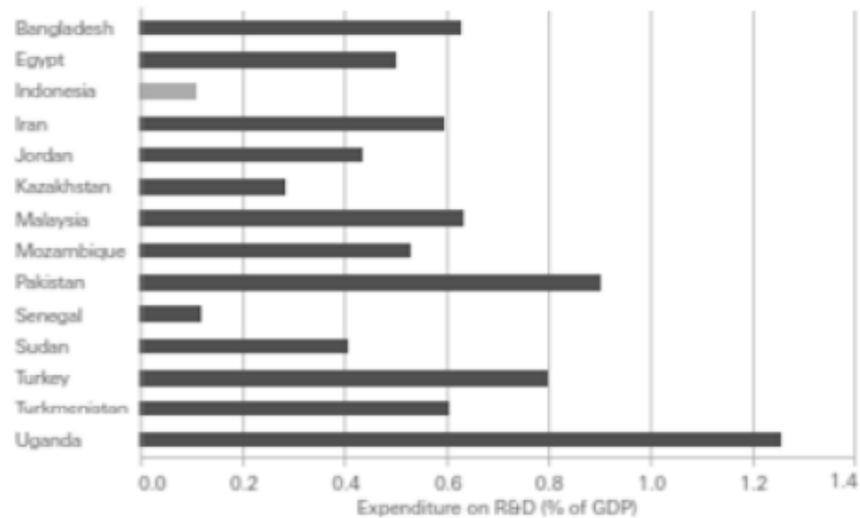
FIGURE 1. GROSS EXPENDITURE ON R&D AS A PERCENTAGE OF GDP, EAST ASIA AND OECD



Source: World Development Indicators database (latest year, 2002-07).



How Indonesia's R&D spending as a percentage of GDP compares with other OIC member states⁹⁶



*Nurturing Scientific Culture of Excellence is
Essential for the Future of the Nation but Need
Long Term Commitment*

Pembangunan *Scientific Culture of Excellence*
Mutlak Perlu Untuk Masa Depan Bangsa, Tetapi
Memerlukan Komitmen Jangka Panjang

SAINS ITU MULTI DIMENSI

- ❖ **Sains sebagai alat inovasi:** pertumbuhan ekonomi dan kesejahteraan sosial
- ❖ **Sains sebagai dasar kebijakan**
- ❖ **Sains sebagai pola pikir:** peningkatan kapabilitas manusia Indonesia melalui pendidikan
- ❖ **Sains sebagai budaya:** perangai ilmiah dan budaya unggul bagi seluruh warga negara
- ❖ **Sains sebagai alat diplomasi:** pendekatan Barack Obama pada dunia Islam

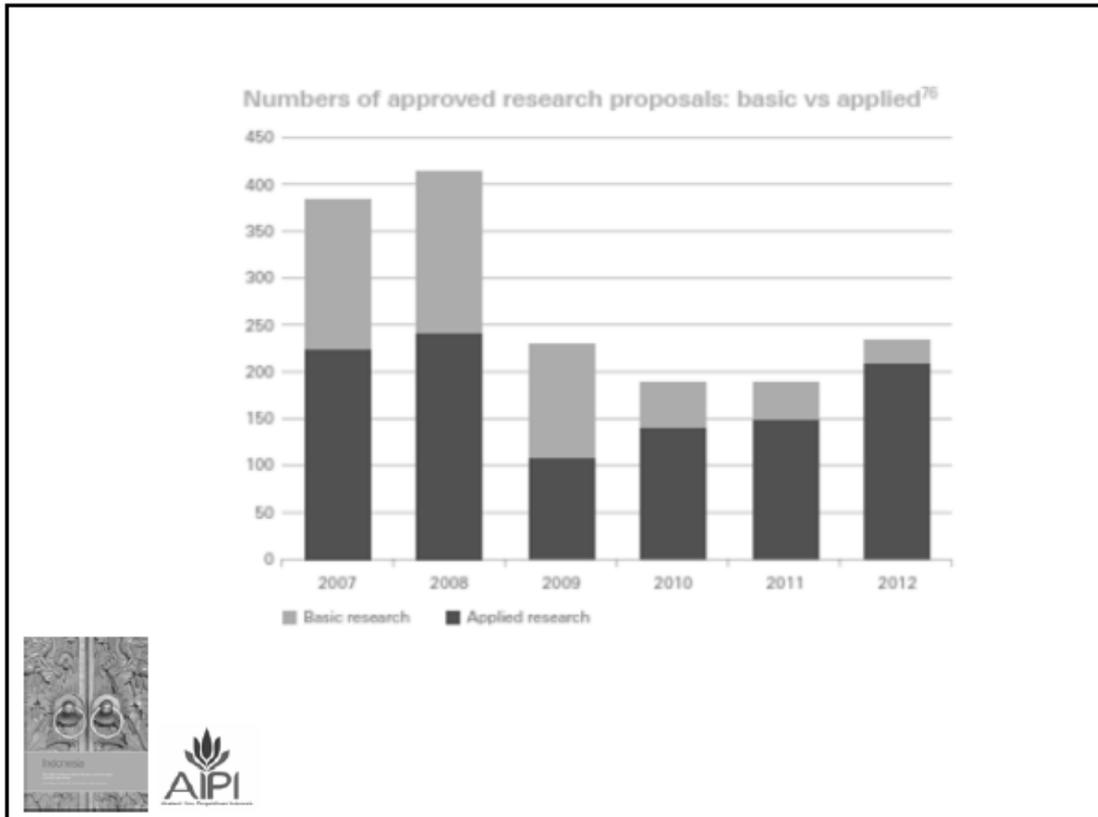
Quantity and Quality

Kalbe's success is due in large part, says Setijono, because the founders had the foresight to realise that R&D can take years to pay off. Kalbe also cherry-picks from the best scientists, looking in particular for those who have been trained abroad. "In Indonesia, we have a lot of PhDs, but many don't have the right mind-set. If they are trained in universities or government institutions, they lack a systematic approach and the ability to see the bigger picture". Setijono would like to see the government offer tax incentives or subsidies to encourage them to invest more in R&D.



..... researchers interviewed argue that the country needs a strong foundation of basic research to produce robust applied research; Indonesia is trying, and failing, to leapfrog this essential step in the development of a science and technology system. This means that applied research is often done without the expertise, innovation, or resources to make it really successful.





"Few scientists have the courage, confidence or independence to pursue a problem that appears irrelevant to their colleagues... the pursuit of curiosity about the basic facts of nature has proven... to be the most practical and the most cost-effective route to successful drugs and devices"

Arthur Kornberg

"The Golden Helix"

What is the Role of AIPI as a National Science Academy?

INDONESIAN ACADEMY OF SCIENCE (AIPI)

FOUNDED IN 1990 WITH LAW NO. 8/1990 OF RI



BJ Habibie



Fuad Hasan



Samaun Samadikun

- is independent and non structural in nature, and it is not a government body nor part of such a body (Article 4)
- bring together Indonesian most prominent scientists to give opinions, suggestions, and advice on their own initiative and/or on request on the acquisition, development and application of science and technology to the government and society (Article 3)
- membership is based on election (Article 8)

Indonesian Academy of Sciences - Priorities

- Build capacity to deliver science based policy advise (joint reports)
- Empower young scientists of Indonesia (Indonesian-American Kavli Frontiers of Science symposium – Indonesian Science Agenda)
- Sustainable merit based competitive research funding mechanism (Indonesian Science Fund)



Science Policy Discussion Forum Promoting Scientific Culture of Excellence



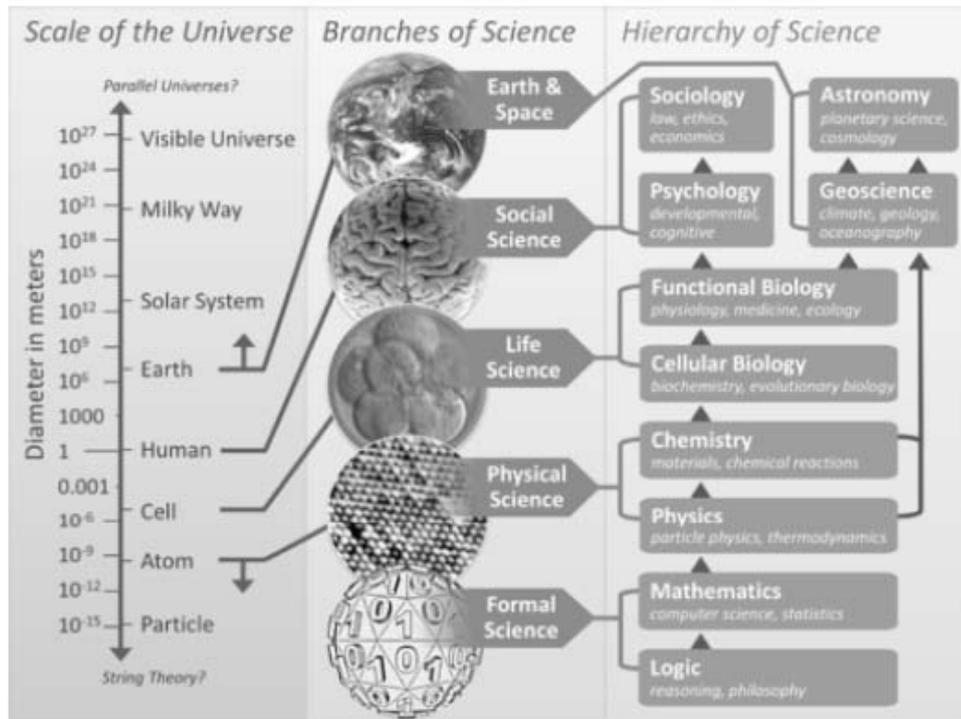
Release of Consultation Draft
Creating an Indonesian
Science Fund



API 25 tahun: 1990 -2015

Publication list of an alumni Eijkman-Monash MSc program:

- Thedja MD, Muljono DH, **Ie SI**, Sidarta E, Turyadi, Verhoef J, Marzuki S. 2015. Genogeography and Immune Epitope Characteristics of Hepatitis B Virus Genotype C Reveals Two Distinct Types: Asian and Papua-Pacific. PLoS One. 10(7).
- Turyadi, Thedja MD, **Ie SI**, Harahap AR, El-Khobar KE, Roni M, Muljono DH. 2013. HBsAg, HBeAg and HBV DNA level changes and precore/basal core promoter mutations in the natural history of chronic hepatitis B in Indonesian patients. Hepatol Int. 7:969-80.
- **Ie SI**, Thedja MD, Roni M, Muljono DH. 2010. Prediction of conformational changes by single mutation in the hepatitis B virus surface antigen (HBsAg) identified in HBsAg-negative blood donors. Virol J. 7:326.
- Thedja MD, Roni M, Harahap AR, Siregar NC, **Ie SI**, Muljono DH. 2010. Occult hepatitis B in blood donors in Indonesia: altered antigenicity of the hepatitis B virus surface protein.. Hepatol Int. 4:608-14.



R. P. Feynman, *The Feynman Lectures on Physics*, Vol.1, Chaps.1,2,&3

Science Development Through Enhancing Academic Publications

Prof. Dr. Armida Salsiah Alisjahbana
Universitas Padjadjaran – KIS AIPI

Seminar Pengembangan Sistem Pendidikan Tinggi Indonesia:
“Kondisi dan Prospek Kemampuan Pendidikan Tinggi
Mengembangkan Ilmu Pengetahuan”

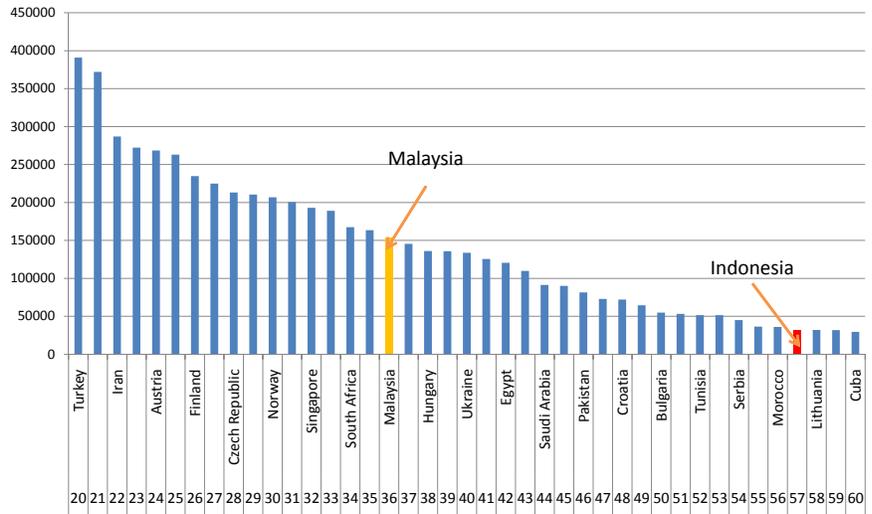
KIS AIPI dan ITB
Bandung, 5 September, 2015

- Why enhancing academic publications?
 - Research based
 - Publications in reputable academic journals
 - Citations (THE: shows research influence; how much the university is contributing to the sum of human knowledge; whose research has stood out, has been picked up and built on by other scholars....)

- Indonesia's Publications in Comparative Perspective
- Benchmark to other countries (neighbor country: Malaysia)
- "Walk the talk" for the case of Indonesia

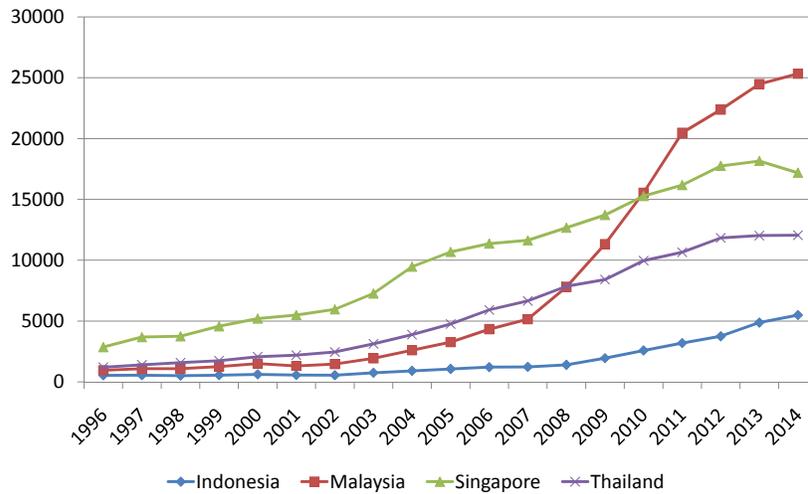
Indonesia's Publications in International Perspective

Total Publications (SCOPUS) In 2014: Indonesia in International Perspectives



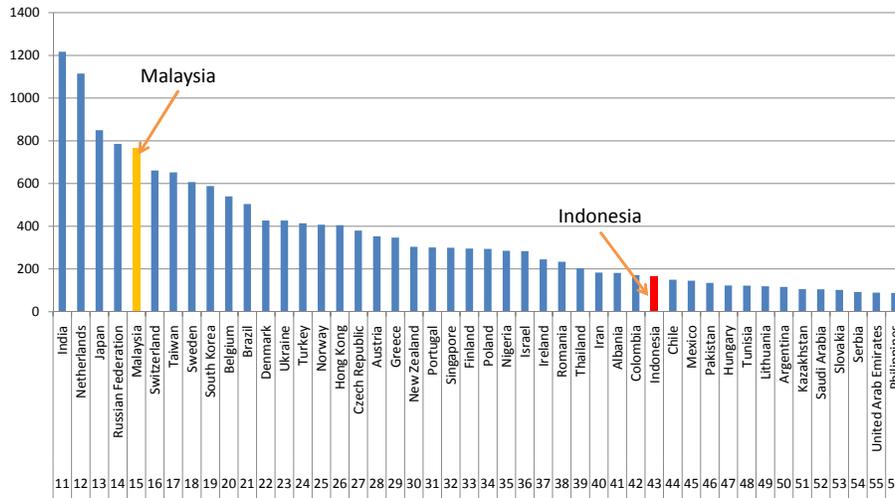
Source: www.scimagojr.com

Total Publications (SCOPUS) Trajectory 1996-2014: Indonesia, Malaysia, Singapore and Thailand

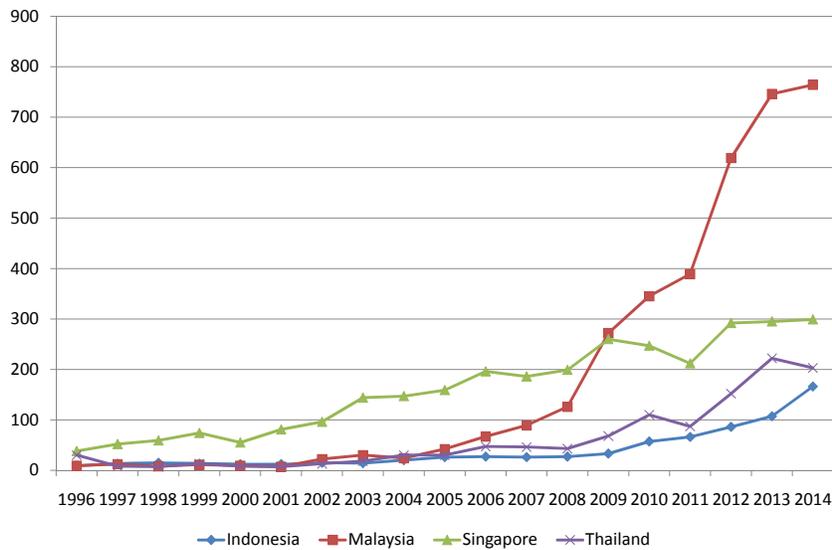


Source: www.scimagojr.com

Economics, Econometrics and Finance Publications (SCOPUS) 2014: Indonesia in International Perspectives



Economics, Econometrics and Finance Publications 1996-2014: Indonesia, Malaysia, Singapore, Thailand



Benchmark: Malaysia

POLICIES AND STRATEGIES

Benchmark: The Case of Malaysia (Othman, 2014)

- Clear National Policies on Education**
 - National Higher Education Strategic Plan Beyond 2020 (launched 2007)
 - National Higher Education Action Plan 2007-2010
- Attractive Academic/Lecturer Scheme**
- Identification of Research Universities**
- Adequate Resources and Infrastructure**
 - Research Grants Scheme
 - Research Governance

❑ Research Niches, Research Groups and Networking

- Acknowledgement and Empowerment

❑ Explicit Signals and Incentives

- Key Performance Indicator
- Publication in quality journals as a competitive factor
- Student-lecturer co-authorships
- Publication requirement in graduate programs

❑ Efficient Monitoring, Evaluation and Control

- Online systems (application and evaluation)
- Individual performance monitoring (Journal ranking, Impact Factor, H index, citation)

**Walk the Talk for
the Case of Indonesia**

How About Indonesia?

- ❑ **National Policies on Education**
 - National Higher Education Strategic Plan?
 - National Higher Education Action Plan?
 - **Rencana Strategis Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi? (Jangka Menengah dan Tahunan, bagaimana dengan Jangka Panjang?)**
- ❑ **Attractive Academic/Lecturer Scheme**
 - Research and international publication is **a full time job!**
 - Tunjangan remunerasi (adequacy) and its implementation
 - Publication incentives
- ❑ **Identification of Research Universities**
 - A Research University? And/or
 - Variation in teaching and research load on an individual basis
- ❑ **Adequate Resources and Infrastructure**
 - Research Grants Scheme
 - Research Governance (termasuk ketentuan dalam kenaikan pangkat/jabatan akademik)

Research Grant Schemes

1. DIKTI (Ministry of Research, Technology and Higher Education):

- ❑ Skim Penelitian Desentralisasi Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi
 - Penelitian Tim Pascasarjana
 - Penelitian Fundamental
 - Penelitian Hibah Bersaing
 - Penelitian Kerjasama Antar Perguruan Tinggi (Pekerti)
 - Penelitian Disertasi Doktor
 - Penelitian Dosen Pemula
- ❑ Skim Penelitian Kompetitif Nasional Penelitian Unggulan Strategis Nasional
 - Penelitian Kerjasama Luar Negeri Dan Publikasi Internasional
 - Penelitian Strategis Nasional
 - Penelitian Kompetensi
 - Riset Andalan Perguruan Tinggi Dan Industri (Rapid)

□ Other scheme:

- Insentif riset dasar
- Insentifi riset terapan
- Insentif Peningkatan Kapasitas Iptek Sistem Produksi
- Insentif Percepatan Difusi dan Pemanfaatan Iptek

2. LPDP (Ministry of Finance)

- Innovative-Productive Research
 - Commercial RISPRO Funding
 - Implementative RISPRO Funding

3. Other Ministries e.g. Ministry of Agriculture:

- Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan *Pertanian* Nasional (*KKP3N*), etc

4. University Specific Research Grant Scheme

Highly Potential and still untapped:

Research Based/Evidence Based Policy!

→ Needs to be discussed in a separate session

Publication Benchmarking (Journal)

Rujukan Tim Penilaian Angka Kredit (PAK) DIKTI untuk Jurnal Internasional:

1. ISI Knowledge -Thomson Reuter (USA)
2. SCOPUS (Netherland)
3. Microsoft Academic Search
4. Ulrich'sPeriodicals Directory (Proquest)
5. Academic Search Complete (EBSCO)
6. Zentralblatt MATH (Springer – Verlag)
7. DOAJ (Lund University Swedia)
8. Peridoque (EP Lausanne Switzerland)
9. SHERPA/RoMEO (Nottingham University, UK)
10. Index Copernicus(Poland)
11. Google Scholar

Research Niches, Research Groups and Networking

- Acknowledgement and Empowerment?

Explicit Signals and Incentives

- Key Performance Indicator?
- Publication in quality journals as a competitive factor?
- Student-lecturer co-authorships?
- Publication requirement in graduate programs?

Efficient Monitoring, Evaluation and Control

- Online systems (application and evaluation)?
- Individual performance monitoring (Journal ranking, Impact Factor, H index, citation)?

Concluding Remarks

CONCLUDING REMARKS

What we need to enhance academic publications:

- Human Resources Capacity and Capability (Research and Publication)
- Systematic Capacity Building
- Built-in Incentives Schemes
- Effective and Efficient Research Mechanism
- Research Networking and Collaboration
- Indicator for Academic Career Advancement

And, guided/directed by Strategic National Policies

BAGIAN IV - KONTRIBUSI PEMIKIRAN DARI UNPAD DAN UNPAR



MEMBANGUN RISET BERBASIS KEARIFAN LOKAL YANG BERDAYA SAING : Mengembangkan IPTEKS yang lebih bermakna bagi kehidupan

Wawan Hermawan
Ketua LPPM UNPAD

Seminar Sehari FGB-ITB –KIS-AIPI
Bandung, 5 September 2015

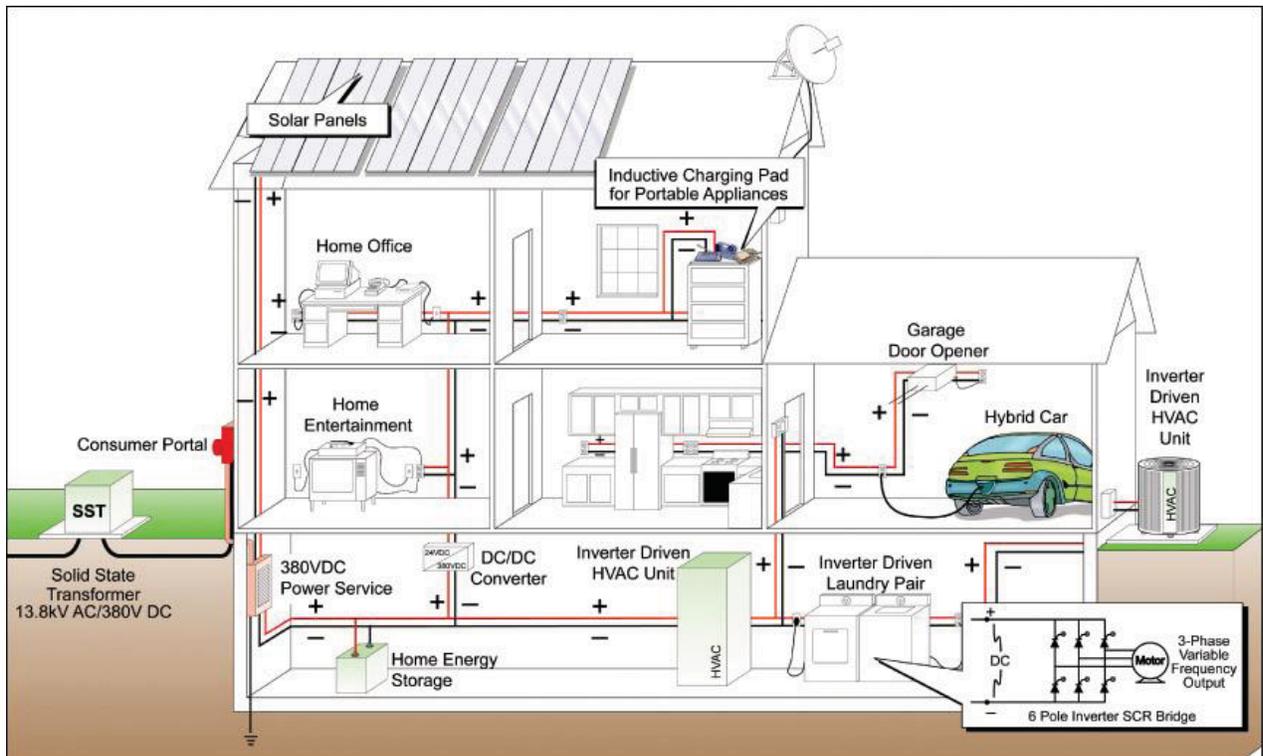
“DOMBA PADJADJARAN”



Industrial Sweet Potato New Types Varieties



DC HOUSE UNTUK RUMAH MODERN

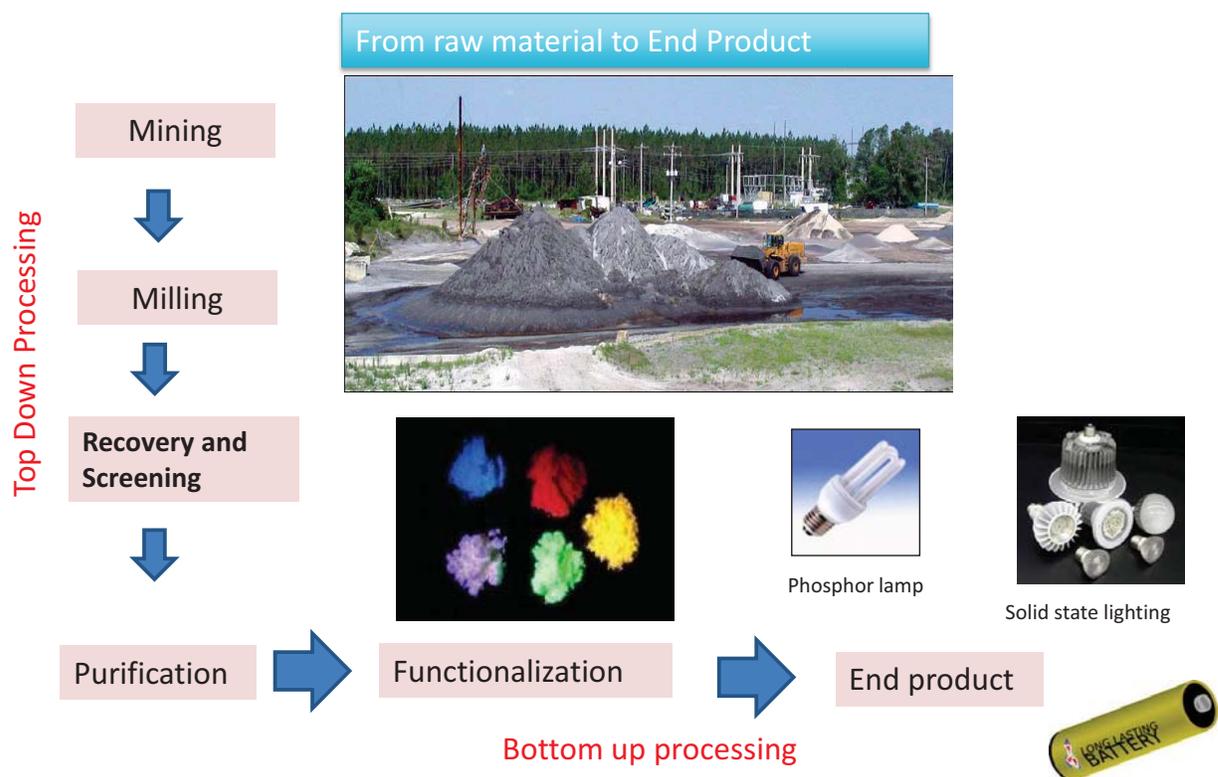


Instalasi Sumber Energi Terbarukan



Inovasi Teknologi dan kerjasama: Grafindo Nusantara Ltd.

Combined Approach to Nanofabrication



NanoTechnology and Graphene Center: Synthesis of Nanostructured Materials

Pembuatan Website



Melakukan workshop sistem control Industri



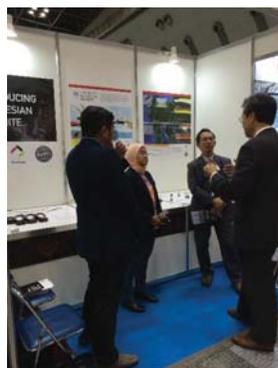
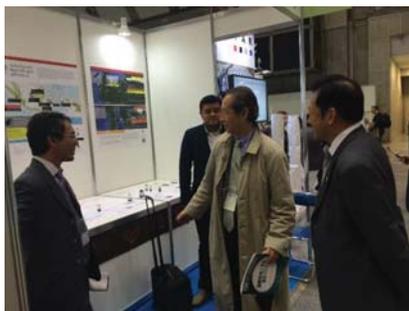
Membangun Komunitas yaitu **Asosiasi Powder Indonesia**



Indonesian Graphite and carbon Association

Nano Technology and Graphene Center : Synthesis of Nanostructured Materials

Indonesian Graphite and Carbon Association



Keterbatasan Infrastruktur Perdesaan



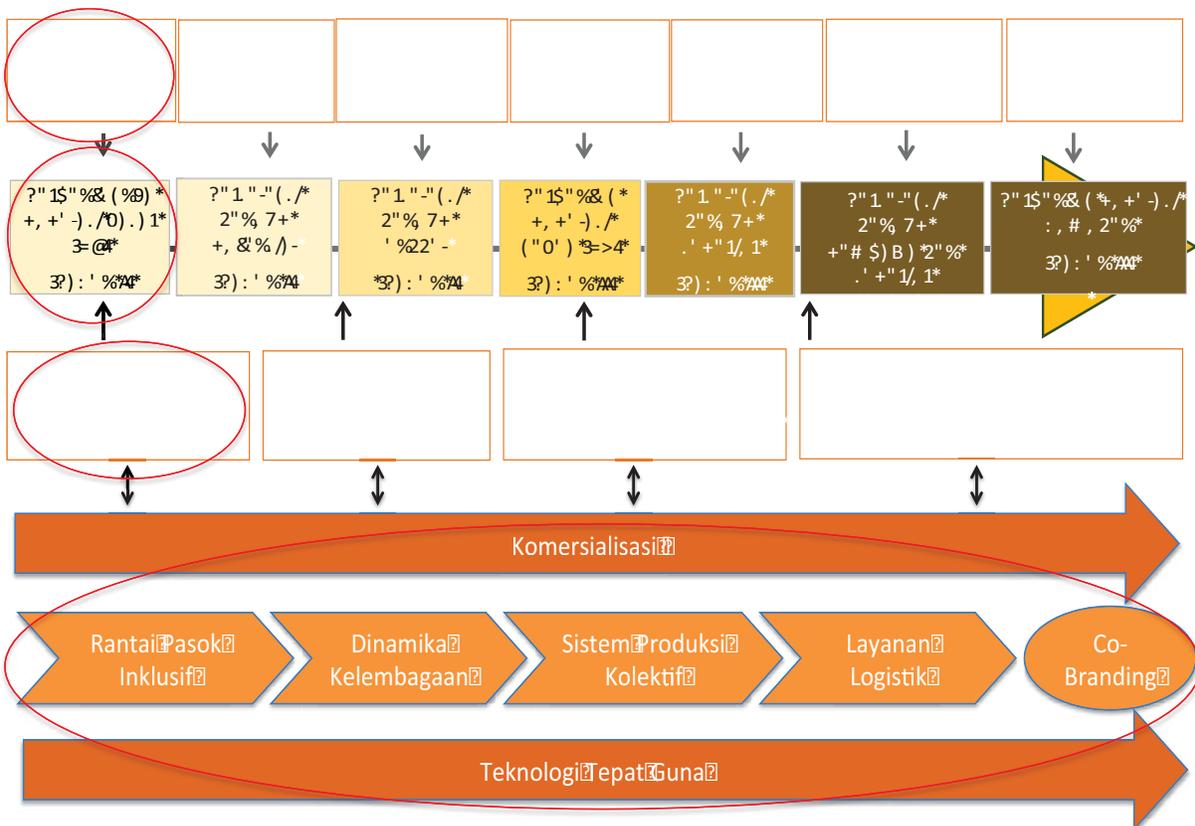
SASAK APUNG



REKAYASA IPTEK DAN SOSIAL BERBASIS PASAR DALAM PENGEMBANGAN SISTEM RANTAI PASOK SAYURAN UNTUK HERO SUPERMARKET GROUP



Skema Rekayasa IPTEK dan Sosial Berbasis Pasar



Model Triple Helix

Pengembangan Sistem Rantai Pasok Sayuran



Area Pengembangan Sistem Rantai Pasok Sayuran (Penelitian Unggulan Strategis Nasional)



- Desa Margamekar
- Desa Wanasari
- Desa Tribakti Mulya
- Desa Pangalengan
- Desa Margamukti
- Desa Sukaluyu
- Desa Margaluyu
- Desa Pulosari

Kolaborasi Inovasi (*Co-Innovation*)



Unpad dan PT Hero Jalin Kerjasama Membina Petani Lokal

BANDUNG RAYA | 44 menit lalu



PUPUK HAYATI Bion-UP

- Tujuan Aplikasi Bion-UP: MENURUNKAN DOSIS PUPUK NPK & MENINGKATKAN HASIL
- Target produksi 2014; 10.000 L per tahun
- Mikroba Potensial Tanah:

Azotobacter chroococcum

Azotobacter vinelandii

Azosprilium sp.,

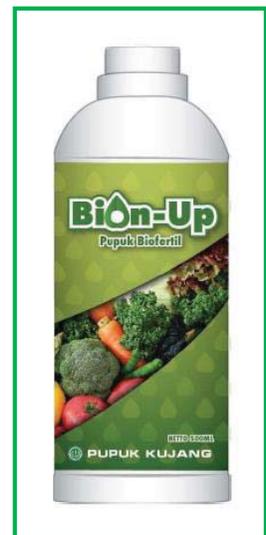
Acinetobacter sp.,

Pseudomonas cepacia

Penicillium sp.

Konsentrasi bakteri: 10^8 cfu/mL

Konsentrasi jamur: 10^6 cfu/mL



Meningkatkan ketersediaan unsur hara makro esensial nitrogen dan fosfat serta menstimulasi pertumbuhan tanaman sayuran dan pangan melalui fitohormon yang dihasilkan mikroba

Fermentor Unpad-Pupuk Kujang



BIO-BRIKET : POTENSI DAN KEUNGGULANNYA

BAHAN BAKU UNTUK BIOBRIKET ADALAH BIOMASSA (TERUTAMANYA) LIMBAH ORGANIK



- Ketersediaan bahan baku Biomassa (limbah) masih melimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal.
- Biobriket akan mudah didapat karena bahan baku bersifat *sustainable*
- Harga biobriket murah, karena bahan baku berupa limbah.

19

PROSES PEMBUATAN BRIKET SANGAT MUDAH & SEDERHANA



Karbonisasi



Pencampuran



Pencetakan



Produk Briket

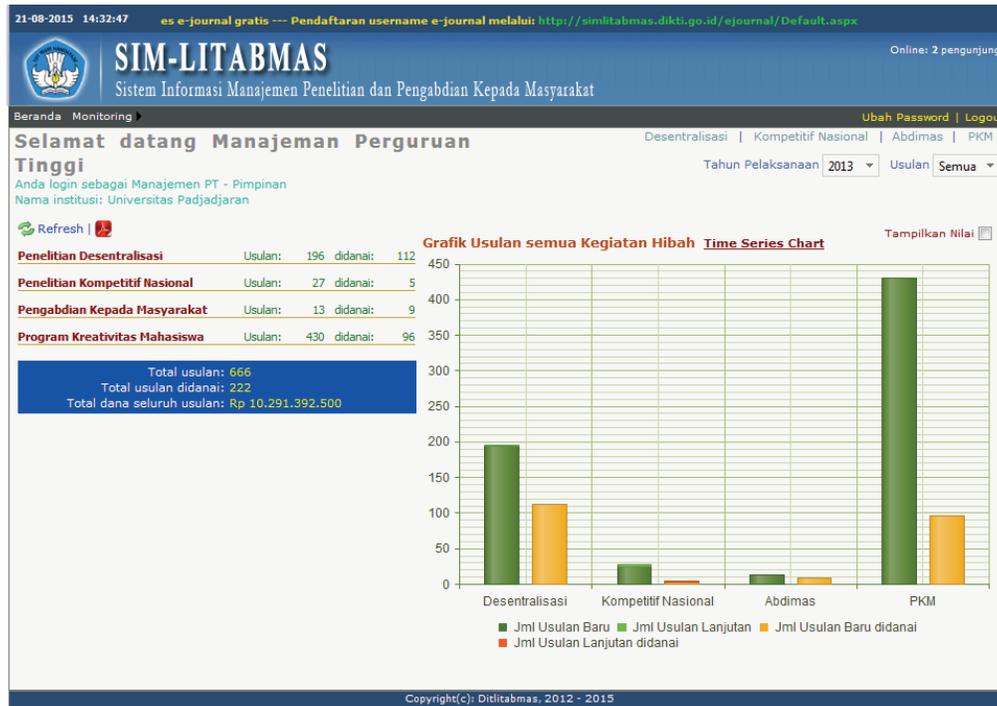
sehingga, sangat realistis untuk diaplikasikan kepada masyarakat pedesaan



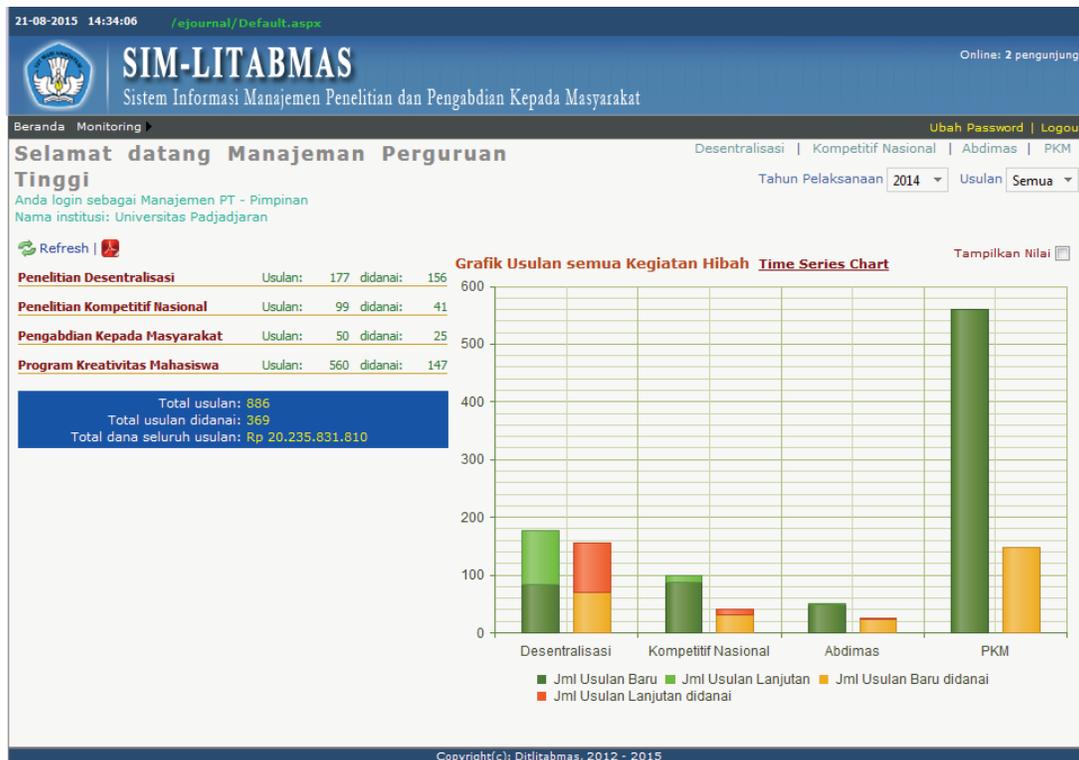
Untuk pengembangan ekonomi pedesaan

20

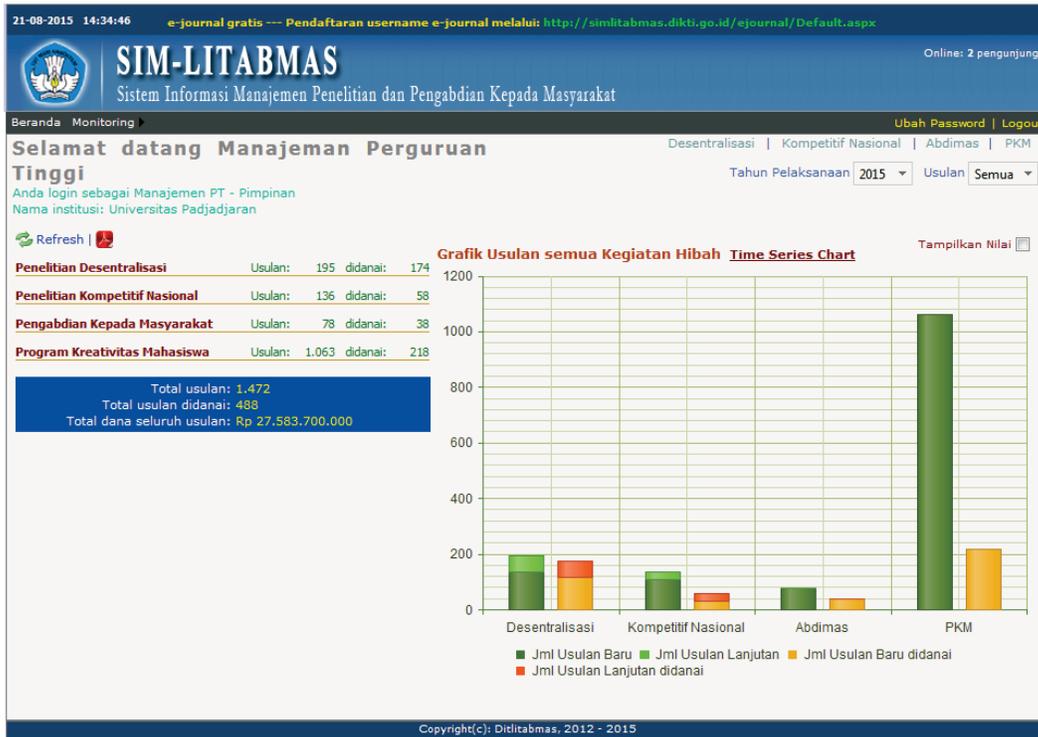
Perolehan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi(PUPT) dan Kompetitif Nasional di Universitas Padjadjaran 2013



Perolehan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi(PUPT) dan Kompetitif Nasional di Universitas Padjadjaran 2014



Perolehan Penelitian Unggulan Perguruan Tinggi (PUPT) dan Kompetitif Nasional di Universitas Padjadjaran 2015



LAPORAN PENELITIAN KINERJA PENELITIAN PERGURUAN TINGGI TAHUN 2010 - 2012

NO	NAMA PERGURUAN TINGGI	BINTANG EMAS
1	INSTITUT TEKNOLOGI BANDUNG	★★★★★
2	UNIVERSITAS GADJAH MADA	★★★★★
3	UNIVERSITAS INDONESIA	★★★★★
4	UNIVERSITAS PADJADJARAN	★★★★★
5	INSTITUT PERTANIAN BOGOR	★★★★☆
6	UNIVERSITAS SEBELAS MARET	★★★★☆
7	UNIVERSITAS HASANUDDIN	★★★★☆
8	UNIVERSITAS DIPONEGORO	★★★★☆
9	UNIVERSITAS BRAWIJAYA	★★★★☆
10	UNIVERSITAS AIRLANGGA	★★★★☆

Jakarta, Mei 2014
 Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi,
 Djoko Santoso

Tahapan Pengembangan Unpad

2012-2016:

Universitas Riset dan Layanan Unggul

Misi III:

Mengelola/menyelenggarakan riset kelas dunia berbasis keunggulan lokal dalam pengembangan ilmu dan pemecahan masalah

Universitas Riset 2012-2016

TUJUAN :

- Terwujudnya peta potensi riset berbasis keunggulan lokal;
- Terwujudnya riset yang dapat meraih keunggulan komparatif dan kompetitif;
- Terwujudnya kerjasama untuk meraih pengakuan internasional dan global.

Universitas Riset 2012-2016

STRATEGI :

- Eksplorasi dan pemetaan potensi riset berbasis keunggulan lokal;
- Peningkatan riset unggulan lokal sesuai bidang ilmu untuk meraih keunggulan komparatif;
- Peningkatan kerjasama riset internasional untuk meraih keunggulan kooperatif;
- Pengembangan proses riset untuk meraih keunggulan kompetitif.

Universitas Riset 2012-2016

KEBIJAKAN :

- Menemukan, menerapkan dan mengembangkan hasil riset yang mendukung pembangunan nasional yang mengacu kepada bina mulia hukum dan lingkungan hidup;
- Meraih keunggulan komparatif, kooperatif dan kompetitif dalam penyelenggaraan riset baik nasional maupun internasional dengan kekhasan bina mulia hukum dan lingkungan hidup (PIP Unpad).

Universitas Riset 2012-2016

SASARAN :

- Riset berbasis keunggulan lokal;
- Citra keunggulan riset komparatif;
- Citra keunggulan riset kompetitif;
- Kolaborasi dengan pihak *Academic, Business, Community* dan *Government* (ABCG);
- Kemitraan dengan pihak ABCG;
- *User-relationship* (kerjasama dengan pengguna)

Universitas Riset 2012-2016

PROGRAM :

- Merancang, menerapkan dan meningkatkan riset unggulan potensi lokal;
- Mengidentifikasi dan mengembangkan sumber daya riset;
- Menggali keunggulan proses riset yang memiliki nilai tambah (*value added*) tinggi;
- Mengembangkan sumber daya riset yang memiliki nilai tambah yang tinggi;
- Memperluas jaringan kemitraan strategis dengan sumber pasokan (input);
- Meningkatkan raihan penghargaan riset (*research award*);
- Memperluas jaringan kemitraan strategis dengan pemangku kepentingan (*Stakeholders - ABCG*) yang saling menguntungkan;
- Memenuhi penelitian tuntutan kebutuhan kompetensi pengguna;
- Mengembangkan program kurikulum relevan dengan kebutuhan pengguna berbasis hasil riset.

KEBIJAKAN PENELITIAN SEBELUM 2012

Penelitian merupakan penelitian individual BUKAN
Penelitian institusional, dan bersifat *Bottom Up
Strategy*

Belum ada orientasi yg jelas walau sudah ada Rencana
Induk Penelitian

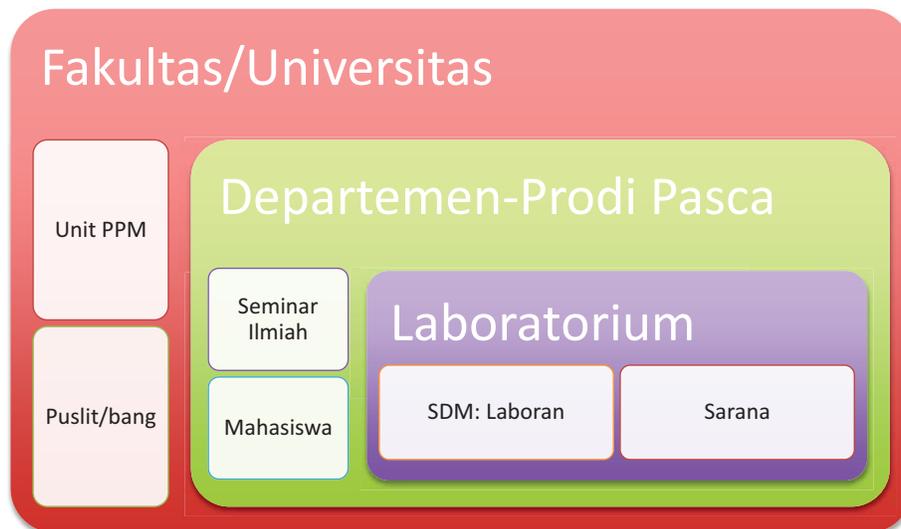
KEBIJAKAN PENELITIAN SETELAH 2012

Penelitian harus bersifat institusional

Sifat Penelitian *Top Down Strategy*
(Penugasan) *via.Champion Reserachers*

Sumber dana titik tekannya *non*
BOPTN(melalui kerjasama ABCG).

Strategi implementasi



PENELITIAN INTEGRATIF-PRODUKTIF-TRANSDISIPLINER

Renop LPPM (2012-2016)

1. Integrasi penelitian dalam pendidikan
2. Menghasilkan produk penelitian yg diperlukan oleh masyarakat

Langkah Teknis

- Penetapan Cluster Penelitian dalam 5 Pilar
- Penyusunan *Roadmap* Penelitian Cluster (sampai dengan produk/hasil akhir penelitian untuk menjawab permasalahan).
- Penyusunan *Man-Money-Materials-Method* (operasionalisasi dari roadmap, detail tahun 2013 dan seterusnya).
- *Money*: Dana Unpad (APBN,PNBP,BOPTN), luar Unpad (kompetitif-kolaboratif).

Tindak Lanjut

(Strategi I : Integrasi Penelitian dalam Pendidikan)



- Sinkronisasi penjadwalan Pendidikan-PPM → pembimbingan, penetapan topik penelitian pascasarjana sesuai RIP Unpad.
- Asistensi penyusunan proposal penelitian (UP) dan review (*coaching clinics*).
- *Research grant channeling*: desentralisasi, kompetitif eksternal
- Asistensi pelaksanaan penelitian dan progress report seminar.
- Asistensi penulisan artikel ilmiah (Tesis/Disertasi) dan review (*coaching clinics*)

Piramida PPM Produktif Unpad

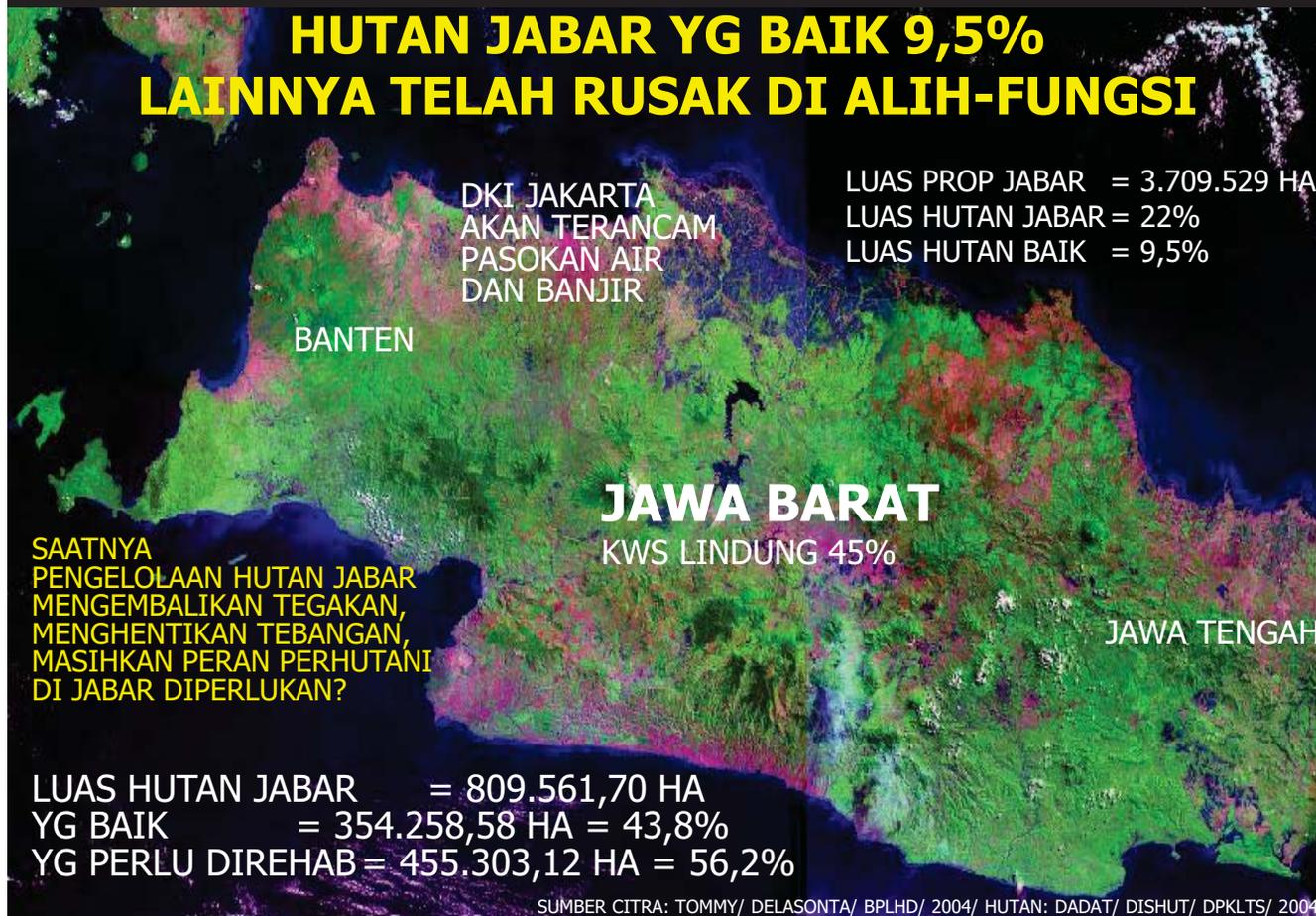


PETA HITAM KERUSAKAN LINGKUNGAN JABAR



PANTAUAN SATELIT:

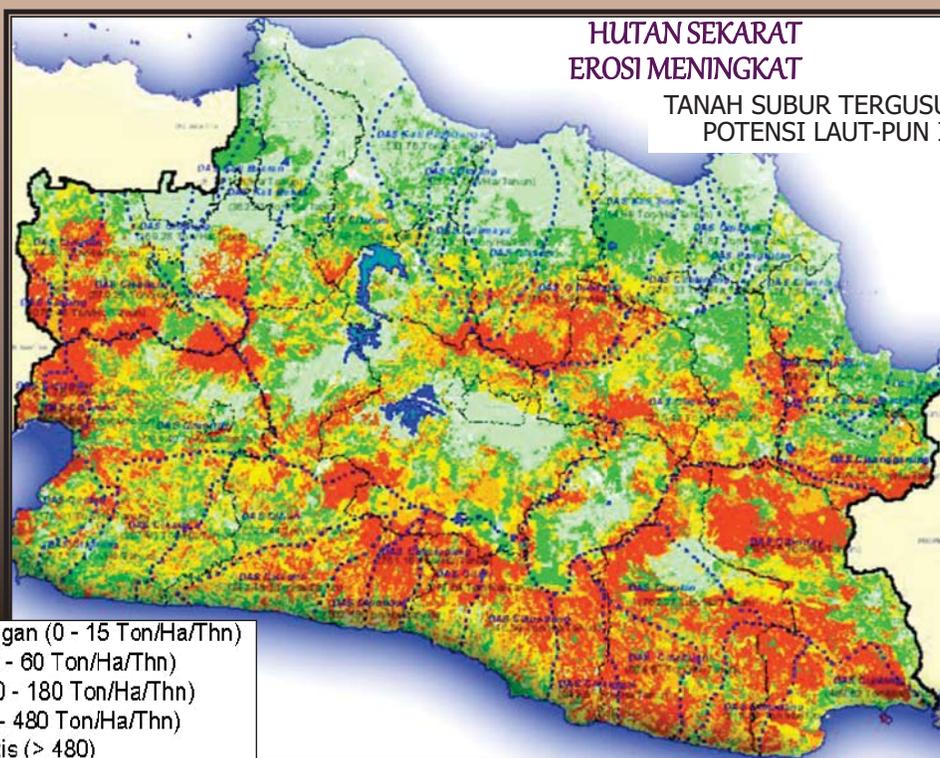
HUTAN JABAR YG BAIK 9,5% LAINNYA TELAH RUSAK DI ALIH-FUNGSI



RATA-RATA EROSI PROPINSI JAWA BARAT

32.931.061 TON/TH

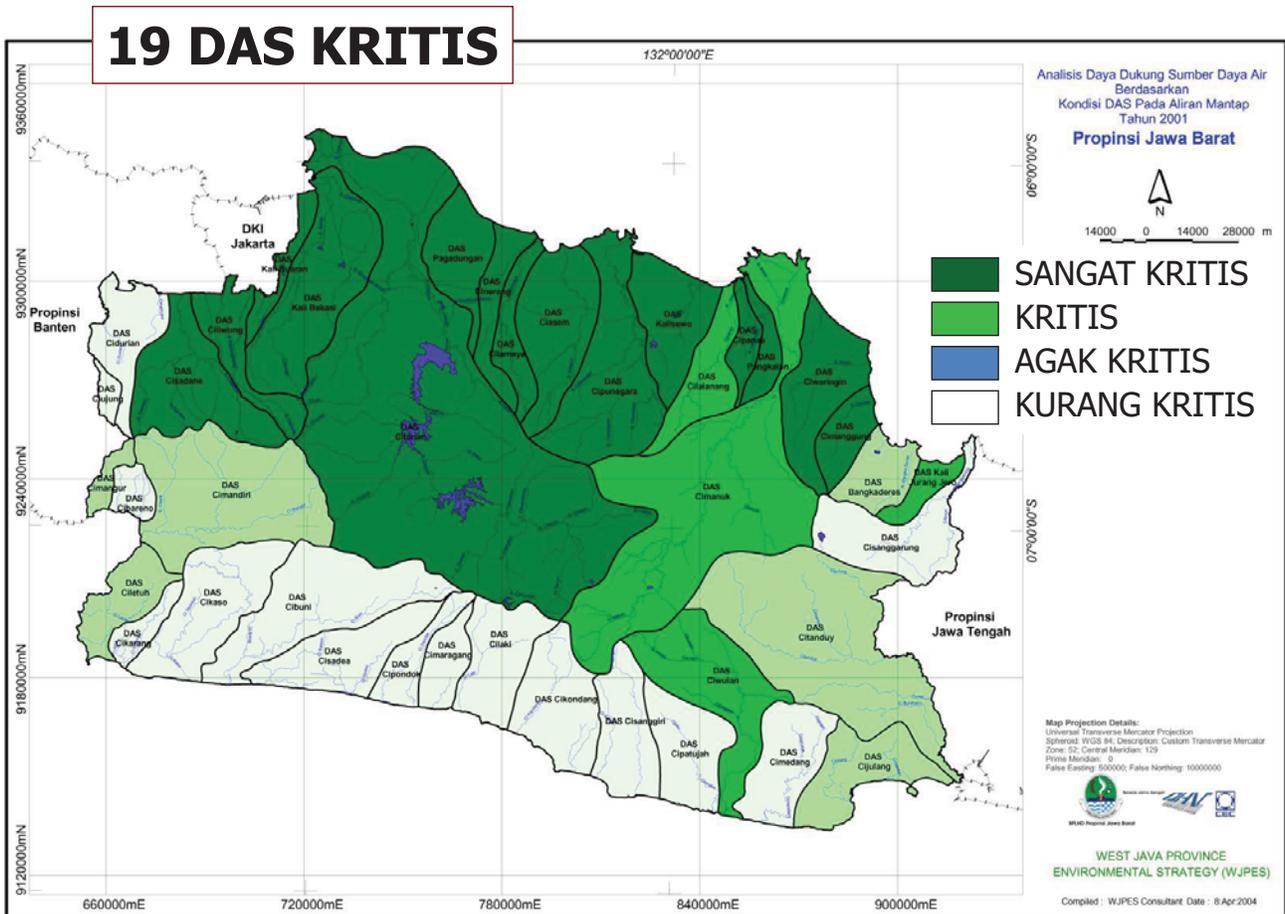
SETARA DG 1 JUTA TRUK TRONTON @ 30 TON



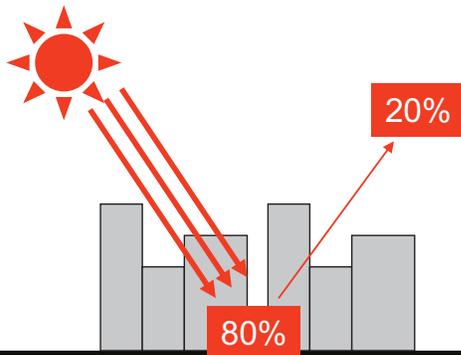
POTENSI SUMBERDAYA AIR DI JAWA BARAT



MODIFIKASI: NERACA KUALITAS LINGKUNGAN HIDUP DAERAH PROP JABAR 2000/ POWER POINT: SOBIRIN/ DPKLTS 2003

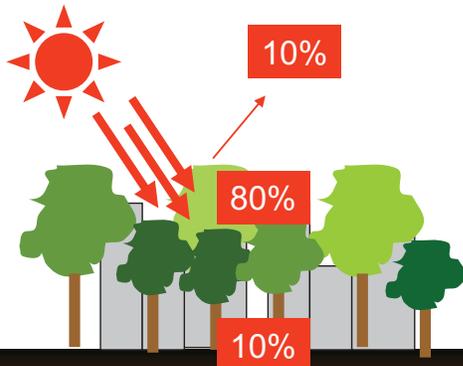


KOTA BANDUNG MENGUKIR PRESTASI DI BULAN OKTOBER 2004 PANAS MENCAPAI 33,6° C



STOP PEMBANGUNAN KOTA
YG TDK BERWAWASAN LINGKUNGAN

- PANAS MATAHARI DISERAP KOTA 80%
- 20% KEMBALI KE ANGKASA
- SEHINGGA MENJADIKAN PULAU PANAS KOTA (HEAT ISLAND)



SELAMATKAN ALAM BANDUNG
DG MEMPERBANYAK HUTAN KOTA

- PANAS MATAHARI DISERAP KOTA DG HUTAN KOTA 90%
- 80% UTK FOTOSINTESA YG MENGHASILKAN OKSIGEN SEHINGGA PANAS KOTA HANYA 10%
- 10% LAINNYA KEMBALI KE ANGKASA
- SEHINGGA MENJADIKAN KOTA SEJUK DAN SEGAR
- HUTAN KOTA: UU 41/ 1999 DAN PP 63/ 2002

PETER HEHANUSSA/ 29 APRIL 2003

SUNGAI2 BESAR JABAR BARAT SAKIT PARAH SUNGAI2 KECIL SEKARAT

SUMBER DATA: RACHLAN DAN LAIN2/ 2004/
FOTO: SOBIRIN/ DPKLTS 2003/ 2004



CITANDUY: DEBIT MAX= 1.325 M3/DET,
MIN= 0,9 M3/DET (IDEAL MAX/MIN=20)



CITARUM: PENUH SAMPAH,
PENCEMARAN MENCAPAI 47,1%



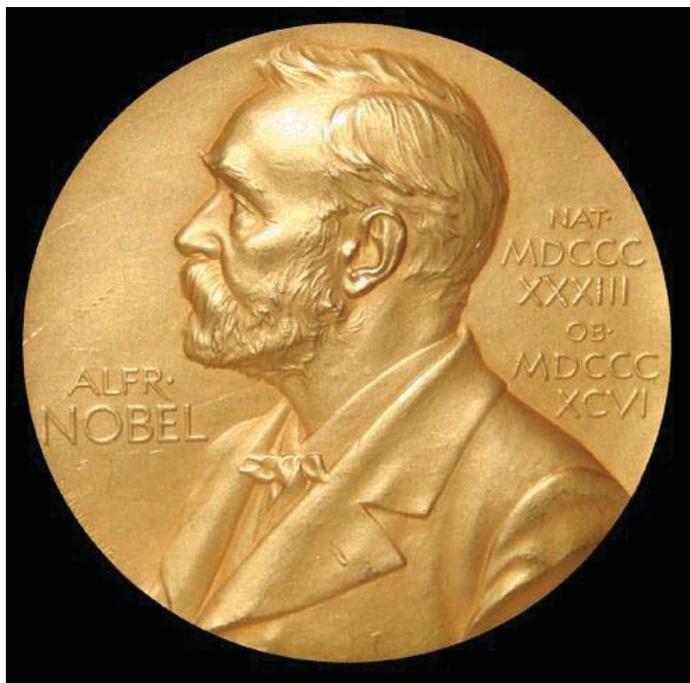
CIMANUK: KWS LINDUNG DI HULU
169.635 HA KRITIS, EROSI 8,5 JUTA TON/TH

Kondisi dan Prospek kemampuan PT Mengembangkan Ilmu Pengetahuan yang bermakna bagi kehidupan?

Pasti bisa. Kenapa? Karena ada ITB, UNPAD, UI, IPB, UPI, UIN, UNSIKA, UNSIL, NHI dan PTS-PTS yang tersebar di Jawa Barat.

Mekanisme: Kerjasama antar PT dengan PEMDA, SWASTA, INDUSTRI dan MEDIA yg berorientasi untuk menyelesaikan permasalahan di JABAR dengan kompetensi masing-masing yang berkesinambungan demi anak cucu kita.

The Nobel Prize





INDONESIA KAPAN YA...?

The Nobel Prize

Awarded for	Outstanding contributions in Physics , Chemistry , Literature , Peace , Physiology or Medicine , and Economic Sciences
Country	Sweden Norway (Peace Prize only) Swedish Academy
Presented by	Nobel committee of Royal Swedish Academy of Sciences Nobel committee of Karolinska Institutet Norwegian Nobel Committee
First awarded	1901
Official website	nobelprize.org



Terima Kasih

Kritik dan saran:
lppm@unpad.ac.id
wr3@unpad.ac.id

Renstra, Kepemimpinan dan Kinerja Penelitian



Budi H. Bisowarno
Universitas Katolik Parahyangan
budih@unpar.ac.id
[+62 22 2032655 ext. 10004](tel:+62222032655)
[+62 81 320 150 735](tel:+6281320150735)

Bandung, 5 September 2015

Outline

1. Pengantar
 2. Rencana Strategis (Renstra) Penelitian
 3. Kepemimpinan
 4. Kinerja Penelitian
 5. Kesimpulan
-

Pengantar - Visi Unpar

*Menjadi komunitas akademik humanum religiosum yang **mengembangkan potensi lokal** menuju tataran internasional*

*demi **peningkatan martabat manusia dan keutuhan alam ciptaan,***

*berdasarkan sesanti **Bakuning Hyang Mrih Guna Santyaya Bhakti***



Peran Renstra Penelitian:

- Mewujudkan visi Unpar
- Diwajibkan Program Desentralisasi Penelitian, Dikti

Renstra Unpar 2015-19

Research plans

The OECD study of research management places a strong emphasis on formal planning procedures leading to the preparation of an institutional research strategy (including reference to research priorities and resource allocation). However, the approach of the six research universities was much less convincing. Universities B and E had no formal, institutional research plan; universities C, D and F had plans but were openly sceptical about their value as either strategic or operational documents. The prevailing view was best summarised by University A where a senior officer commented as follows:

“A general research plan is no use. To produce a plan with more specific targets is inappropriate because the situation is changing all the time. Research changes so much and so rapidly that a detailed plan would be too restrictive; we would have to change it day to day. Sometimes we have to produce a plan to meet the requirements of external funding bodies; we just prepare something meet their needs... In research management, you must be able to respond to new opportunities and new ideas; formal planning is no use.”

Taylor, J., 2006, *Managing the Unmanageable: the Management of Research in Research-intensive Universities*, Higher Educ. Man. & Policy, 18, 2.

Renstra Penelitian - Unpar

2.2. Kebijakan Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat

Universitas Katolik Parahyangan sudah menentukan kebijakan program prioritas penelitian dan pengabdian kepada masyarakat untuk dijadikan pedoman dan arah pengembangan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat untuk mewujudkan keunggulan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat di Universitas Katolik Parahyangan.

1. Visi dan misi Universitas Katolik Parahyangan seperti dicantumkan pada Statuta dan Rencana Strategis Universitas Katolik Parahyangan, yang memuat sejumlah kata kunci:
 - a. Menekankan *preferential option for the poor*
 - b. Mengangkat potensi lokal
 - c. Pemenuhan martabat manusia dan keutuhan alam ciptaan
 - d. Memprioritaskan penelitian dan pengabdian multidisiplin
 - e. Berorientasi pada dampak / *outcome*

Renstra Penelitian dan Abdimas Unpar 2012 - 2015

Renstra Penelitian - Unpar

2. Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat difokuskan pada Bidang Unggulan:
 - a. Pengentasan kemiskinan
 - b. Energi baru dan terbarukan
 - c. Ketahanan dan keamanan pangan
 - d. Otonomi daerah dan desentralisasi
 - e. Infrastruktur, transportasi dan teknologi pertahanan
 - f. Teknologi informasi dan komunikasi

Peta penelitian dan pengabdian kepada masyarakat dalam bentuk rincian topik unggulan untuk setiap bidang unggulan disajikan pada Lampiran A.

Catatan: Unpar bergabung dengan jaringan *Global Entrepreneur Monitor* (GEM) sejak 2013; bidang UKM menjadi unggulan Unpar

Program Strategis

1. Meningkatkan kuantitas dan kualitas penelitian, pengabdian kepada masyarakat dan publikasi karya ilmiah dosen melalui berbagai dukungan dan pelatihan untuk memperoleh hibah penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.
2. Mengembangkan, memelihara dan menghargai unit-unit penelitian untuk menghasilkan karya penelitian, pengabdian kepada masyarakat dan publikasi karya ilmiah yang unggul melalui penataan sistem penghargaan (insentif) untuk karya penelitian, pengabdian kepada masyarakat dan publikasi karya ilmiah.
3. Mengembangkan, memelihara dan menghargai upaya-upaya untuk menjalin kerjasama di bidang penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.
4. Mengembangkan materi dan proses pembelajaran berdasarkan hasil-hasil penelitian dan pengabdian kepada masyarakat.
5. Mendorong dan mengembangkan ilmu pengetahuan, teknologi dan seni yang melibatkan berbagai disiplin ilmu untuk mengangkat potensi lokal bagi penyelesaian berbagai masalah nyata di masyarakat.

Unpar

- Universitas Katolik Parahyangan
 - Mapan sebagai *teaching university*
 - PTS 'kecil'
- Pengelolaan
 - Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat
 - Pusat / Laboratorium (Penelitian)
 - Peneliti
- Kinerja Penelitian (Kuantitas dan kualitas)



- Alokasi sumber daya >> Renstra
 - Sumber daya: Pengelola, peneliti, dana
-

LPPM

- ❑ Fasilitator dan regulator → kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat pada bidang unggulan yang berorientasi kepada luaran/dampak;
 - ❑ Alokasi sumber daya yang didasarkan pada evaluasi berbasis kinerja penelitian dan pengabdian kepada masyarakat;
 - ❑ Pelembagaan dalam pengelolaan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat, dengan menyempurnakan Sistem Penjaminan Mutu;
-

Pusat / Lab. (Penelitian)

- ❑ Merencanakan dan melaksanakan kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat
 - ❑ Mengelola sumber daya untuk kegiatan penelitian dan pengabdian kepada masyarakat

 - ❑ Multidisiplin (LPPM):
CoE Small and Medium Enterprises Development, CoE Urban Infrastructure, Pusat Gender?, Pusat Masyarakat Sipil?
 - ❑ Monodisiplin (Fakultas)
 - Pusat: *International Studies, Business Studies, Transportasi, Geoteknik, Arsitektur Tropis, ...*
 - Lab.: *Struktur, Sumber Daya Alir, Konversi Biomassa, Rekayasa Produk, Pangan dan Bioproses, ...*
-



CoE Small and Medium Enterprises Development, 2011-15

Pusat / Lab. (Penelitian)

Kondisi Kepala Pusat/Lab.:

1. Kepala yang mumpuni, dalam wibawa akademik-ilmiah, cenderung bersifat tetap.
2. Kepala yang *reluctant*, dipilih karena pertimbangan usia dan rotasi kerja – tetap mewajibkan bergelar Doktor.
3. Kepala yang muda, bersifat administratif dan belum berperan sebagai pemimpin penelitian.

Sumber Pendanaan:

1. Alokasi dana dari Rencana Kerja dan Anggaran LPPM
 2. Skema Hibah Internal
 3. Skema Hibah Eksternal
-

Leadership Characteristics

1. Communication skills
As part of having great communication skills the leader absolutely must be a great listener. Listening to employee's ideas, thoughts and any frustrations is the key to working on problems together.
2. Team Building
The leader should identify the goals, set the expectations, and engage the team members' participation.

Campo, M.A., *Leadership and Research Administration*, Research Management Review, Volume 20, Number 1 (2014)

Leadership Characteristics

3. Interpersonal Skills

Having the ability to connect with people and get along with everyone makes you an approachable person, which is an absolute must as a research administrator.

4. Positive 'can-do' attitude

A great research administrator will have a 'can do' attitude and always attempt to achieve a 'win/win' situation.

Performance management

Whilst the research universities preferred not to engage in active
Among the key performance indicators used in the research universities were the following:

- Input measures:
- Research income (by source)
 - Numbers of research students
 - Numbers of research staff
 - Numbers and percentage of research-active staff (especially in the United Kingdom)
 - Applications for research funding (by whom, to what sources)
 - Success rates in applications
- Output measures:
- Numbers of publications (by outlet *e.g.* peer reviewed journals)
 - Citations*
 - Completed research student theses
 - Applications of research (patents, licences)
 - Academic distinctions (editorships, special awards)

Taylor, J., 2006, *Managing the Unmanageable: the Management of Research in Research-intensive Universities*, Higher Educ. Man. & Policy, 18, 2.

Kriteria Kinerja Penelitian

1. Sumber Daya Penelitian
 - Dosen
 - Peneliti (termasuk peneliti asing)
 - Staf pendukung
 - Sumber pendanaan
 - Kelembagaan (termasuk unit penelitian)
2. Manajemen Penelitian
3. Luaran Penelitian
 - Publikasi jurnal
 - Buku
 - Makalah pertemuan ilmiah
 - HAKI
4. *Revenue Generating*

Simlitabmas, diakses 30 Agustus 2015

Dosen - Peneliti

- Jumlah dosen peneliti : 334 orang
- Jumlah dosen peneliti – Doktor/S-3 : 125 orang (37%)
- Jumlah dosen peneliti – Guru Besar : 15 orang (4,5%)
- Jumlah dosen peneliti – Lektor Kepala : 34 orang (10,2%)

- Unpar tidak mempunyai peneliti-bukan dosen
- Jumlah peneliti asing: ± 5 orang/tahun

- Apakah jumlah ini sudah mencapai *critical mass* untuk kegiatan penelitian?

Data Simlitabmas 2014

Sekolah Pascasarjana

- ❑ 4 Program Doktor : 109 mahasiswa
- ❑ 8 Program Magister : 447 mahasiswa

- ❑ Semua program pascasarjana mewajibkan mahasiswa menulis makalah sebagai prasyarat kelulusan.

- ❑ Jumlah (dan kualitas) mahasiswa pascasarjana masih harus ditingkatkan, untuk peningkatan kinerja penelitian.

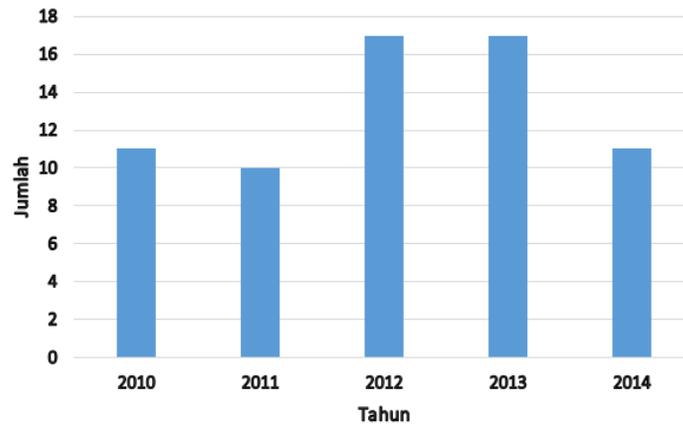
50 Perguruan Tinggi Indonesia Paling Produktif Menurut Scopus (+ 5 Lembaga Penelitian Nasional dan UKM Malaysia yang secara khusus dicuplik sebagai Pembanding)

Angka pada kolom keempat dan seterusnya menyatakan jumlah publikasi per tanggal pemantauan

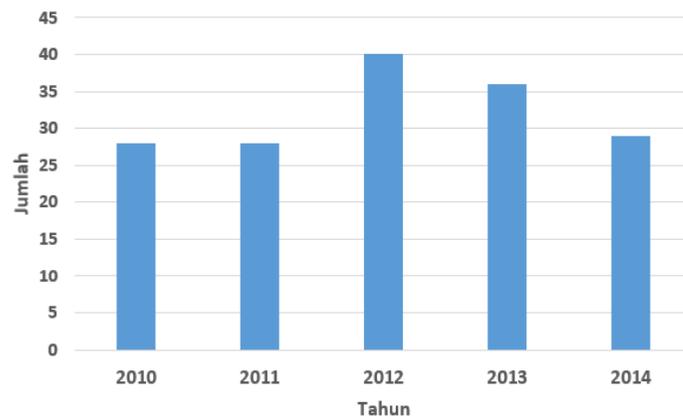
0	Pembanding: UKM Malaysia	Bangi, Selangor	16571	18714	19878	21336
			^	^	^	
			tanggal ---> 22/01/14 05/08/14 28/01/15 07/08/15			
			v	v	v	
1	Institut Teknologi Bandung	Bandung	3302	3872	4094	4668
2	Universitas Indonesia	Jakarta	2906	3273	3484	3832
3	Universitas Gadjah Mada	Yogyakarta	1675	1884	1981	2169
4	Institut Pertanian Bogor	Bogor	1226	1440	1551	1741
i1	Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia	Jakarta	1032	1156	1233	1364
5	Institut Teknologi Sepuluh November	Surabaya	832	1016	1115	1269
i2	Pusat Penelitian Kehutanan Internasional	Bogor	745	807	887	958
6	Universitas Brawijaya	Malang	463	608	697	863
7	Universitas Diponegoro	Semarang	586	700	746	823
8	Universitas Padjadjaran	Bandung	552	626	669	778
20	Universitas Sam Ratulangi	Manado	175	190	206	228
21	Universitas Kristen Petra	Surabaya	151	172	200	224
22	Universitas Riau	Pekanbaru	159	175	190	208
23	Universitas Jenderal Soedirman	Purwokerto	117	146	157	181
i5	Lembaga Eijkman	Jakarta	149	157	164	178
24	Universitas Islam Indonesia	Yogyakarta	108	132	147	162
25	Universitas Pendidikan Indonesia	Bandung	88	115	127	161
26	Universitas Trisakti	Jakarta	121	132	138	146
27	Universitas Katolik Parahyangan	Bandung	113	134	146*	143
28	Universitas Negeri Malang	Malang	75	80	122	141
29	Universitas Jember	Jember	106	121	125	140
30	Universitas Ahmad Dahlan	Yogyakarta	89	110	117	137

Dikompilasi dari <http://www.scopus.com>
oleh Hendra Gunawan (FMIPA ITB Bandung)

Publikasi Buku



Publikasi Jurnal Internasional



Kinerja Penelitian - Unpar

- ❑ **Klaster Utama** pada Pemetaan Kinerja Penelitian Dikti
 - ❑ Mekanisme insentif – pengumpulan publikasi karya ilmiah (makalah, buku)
 - ❑ Penerbitan buku penghargaan karya ilmiah dosen

 - ❑ Mencita-citakan *research performance index (RPI)*
 - *Kuantitas dan kualitas karya ilmiah*
 - *Kuantitas lulusan program pascasarjana*
-

Kesimpulan

1. Didorong visinya, Unpar sedang bertransformasi menjadi lebih ke *research university*;
 2. Kontribusi terhadap pengembangan pengetahuan secara nasional terbatas tapi punya potensi untuk ditingkatkan;
 3. Penegasan Bidang Unggulan Penelitian perlu dievaluasi untuk mengoptimalkan pemanfaatan sumber daya dan kontribusi secara nasional
-