



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Profesor I Nyoman Pugeg Aryantha

**MENDAYAGUNAKAN
MAKHLUK "BIO-GHAIB"
UNTUK KEMASLAHATAN**

21 April 2018
Aula Barat Institut Teknologi Bandung

**Orasi Ilmiah Guru Besar
Institut Teknologi Bandung**
21 April 2018

Profesor I Nyoman Pugeg Aryantha

**MENDAYAGUNAKAN
MAKHLUK “BIO-GHAIB”
UNTUK KEMASLAHATAN**



Forum Guru Besar
Institut Teknologi Bandung

Hak cipta ada pada penulis

Judul: MENDAYAGUNAKAN MAKHLUK “BIO-GHAIB”
UNTUK KEMASLAHATAN
Disampaikan pada sidang terbuka Forum Guru Besar ITB,
tanggal 21 April 2018.

Hak Cipta dilindungi undang-undang.

Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini dalam bentuk apapun, baik secara elektronik maupun mekanik, termasuk memfotokopi, merekam atau dengan menggunakan sistem penyimpanan lainnya, tanpa izin tertulis dari Penulis.

UNDANG-UNDANG NOMOR 19 TAHUN 2002 TENTANG HAK CIPTA

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengumumkan atau memperbanyak suatu ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).

Hak Cipta ada pada penulis
Data katalog dalam terbitan

I Nyoman Pugeg Aryantha
MENDAYAGUNAKAN MAKHLUK “BIO-GHAIB” UNTUK KEMASLAHATAN
Disunting oleh I Nyoman Pugeg Aryantha

Bandung: Forum Guru Besar ITB, 2018
xii+53 h., 17,5 x 25 cm
ISBN 978-602-6624-15-4
1. Bioteknologi 1. I Nyoman Pugeg Aryantha

KATA PENGANTAR

Puji dan panjatan rasa syukur kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan taufik dan hidayah serta kekuatan yang telah dikaruniakan, sehingga naskah orasi ilmiah ini berhasil diselesaikan. Salam dan sholawat semoga tercurahkan kepada Nabi Muhammad SAW, beserta para keluarga, sahabat dan pengikut risalahnya.

Naskah orasi ilmiah ini disusun sebagai pemenuhan janji kepada Forum Guru Besar ITB setelah memperoleh amanah jabatan akademik sebagai Guru Besar. Naskah orasi ini dimaksudkan untuk memberikan sebagian gambaran rekam jejak saya kepada masyarakat dalam perjalanan mengkaji sebagian kecil dari ilmu Tuhan untuk tujuan kemaslahatan.

Judul yang dipilih untuk naskah orasi ini adalah **Mendayagunakan Makhluk “Bio-ghaib” Untuk Kemaslahatan** dengan tanda petik pada istilah “Bio-ghaib” sebagai pengganti istilah “mikroba”. Penggunaan istilah ini semata untuk tujuan *eye catching* dan memberi motivasi dalam mempelajari ilmu Tuhan. Ikhtiar dalam mempelajari ayat-ayat kauniah (disamping qauliah) haruslah setinggi mungkin untuk memperoleh manfaat dalam kehidupan kita. Tentu fenomena yang ghaib sejati adalah merupakan domain dan rahasia Tuhan Yang Maha Esa.

Naskah orasi ini mengandung informasi termasuk gambar hasil penelitian dan sumber lain dari jurnal atau buku on line yang telah

menyertakan referensinya. Naskah ini tidak dimaksudkan untuk dipublikasikan atau untuk tujuan komersial dalam rangka mematuhi aturan perlindungan kekayaan intelektual. Selamat menyimak isi naskah yang apa adanya ini, semoga dapat bermanfaat sebagaimana layaknya.

Akhirnya, saya menghaturkan banyak terima kasih kepada Forum Guru Besar ITB atas kesempatan yang diberikan untuk menyampaikan dan sekaligus mempresentasikan naskah ini di hadapan sidang terbuka Forum Guru Besar ITB. Mohon maaf jika ada ketidakakuratan informasi atau kesalahan dalam penulisan atau pengejaan. Semoga Allah Tuhan Yang Maha Esa senantiasa membimbing kita di jalan kebenaran dan keselamatan, aamiin.

Wassalam hormat

I Nyoman P. Aryantha

PENDAHULUAN

Dalam kehidupan kita terdapat makhluk hidup yang tidak dapat dilihat mata secara langsung yang dalam judul naskah orasi ini diberi julukan makhluk “bioghaib”. Ketidaktampakan makhluk ini oleh mata telanjang dikarenakan ukurannya yang kecil yakni dalam skala mikron sehingga dalam dunia pengetahuan disebut mikroba atau mikro-organisma.

Makhluk ini menghuni hampir seluruh relung di muka bumi mulai kutub utara sampai selatan. Dari segi ruang, area di atmosfer pada ketinggian 50 km di atas permukaan bumi⁽¹⁸⁾ atau area dalam perut bumi sampai kedalaman 19 km⁽¹⁵⁾ dilaporkan merupakan tempat yang dapat dihuni mikroba. Mikroba juga dapat eksis mendiami ekosistem mulai dari temperatur minus (-) 18°C bawah lapisan es di kutub⁽¹⁶⁾ sampai di atas temperatur air mendidih (121°C) di sekitar semburan lava gunung api bawah laut⁽²⁰⁾. Mikroba juga ditemukan dapat hidup secara aktif pada kondisi lingkungan ekstrim tekanan mencapai 1100 bar di dasar perairan palung laut Mariana⁽²¹⁾. Kondisi ekstrim pH rendah (asam) sekitar 0-1 di lingkungan air asam pertambangan atau pH tinggi (basa) di atas 11 di perairan danau Soda juga dapat menjadi habitat mikroba⁽¹⁾. Keadaan udara kering seperti di gurun di Chile dengan kelembaban udara maksimum sekitar 60% juga dapat menjadi habitat mikroba⁽¹³⁾. Bahkan tempat yang terpapar radiasi matahari sekuat 5,000 J/m² atau energi

radioaktif sampai 6000 Gy pun masih dapat ditolerir sehingga mikroba disinyalir eksis di planet selain bumi yang kita huni⁽¹⁾. Mikroba tidak hanya menghuni habitat abiotik terbuka namun juga area di dalam habitat makhluk hidup baik sebagai parasit maupun simbion. Makhluk hidup tingkat tinggi seperti hewan dan tumbuhan tidak ada yang steril dari mikroba. Di dalam tubuh manusia diperkirakan terdapat 39 triliun sel bakteri yang terdiri dari 300 spesies di saluran pencernaan saja yang sebagian besar berperan positif terhadap kehidupan manusia^(2,17). Di dalam salah satu spesies tanaman ditemukan 44 spesies bakteri tidak termasuk fungi dan lain-lain⁽¹¹⁾. Di dalam organisma sel tunggalpun, seperti protista maupun bakteri, dapat ditemukan sel mikroba berupa mikroalga atau bakteri^(10,14). Fakta inilah yang menjadi salah satu faktor menginspirasi para ilmuwan Biologi meyakini teori endosimbiosis dan evolusi bahwa sel eukaryot adalah hasil endosimbiosis antar sel prokaryot dan spesies yang terkini merupakan hasil evolusi dari spesies yang sebelumnya.

Mikroba memainkan peran sangat vital bagi kehidupan di muka bumi. Diperkirakan sejak masa awal kehidupan di bumi mikroba (Cyanobacteria) sudah memfasilitasi kondisi atmosfer bumi yang bersahabat bagi kehidupan melalui proses fotosintesis, sehingga porsi oksigen di udara mencapai kadar seperti yang kita nikmati sekarang. Keseimbangan komposisi gas di atmosfer seperti sekarang adalah sangat tergantung dari aktivitas mikroba di alam. Jika terjadi perubahan signifikan terhadap populasi dan aktivitas bakteri nitrogen (diazotrof,

nitrifikasi, denitrifikasi) tentu akan berpengaruh signifikan terhadap komposisi gas di udara yang sekarang didominasi oleh gas N₂. Demikian juga jika aktivitas respirasi mikroba mengalami lonjakan yang signifikan tentu akan mengkonsumsi oksigen berlebih sehingga kadar oksigen di udara akan menurun drastis dan mengancam kehidupan manusia. Pelajaran gagal dari proyek Biosfir II merupakan hikmah yang sangat penting untuk direnungkan bagaimana vitalnya peran mikroba di alam yang belum dapat kita pahami secara utuh.

Ilustrasi lain akan seriusnya peran mikroba bagi kelangsungan hidup manusia juga tergambar dari berbagai peristiwa endemik penyakit pada manusia, maupun tanaman budidaya yang menopang sumber penghidupan manusia. Peristiwa kelaian penyakit sampar (pes) oleh bakteri *Yersinia pestis* yang menewaskan lebih dari 100 juta orang dan penyakit tanaman kentang oleh *Pythophthora infestans* yang menyebabkan bencana kelaparan dan menewaskan jutaan umat manusia adalah contoh bagaimana seriusnya pengaruh mikroba bagi kelangsungan hidup manusia.

Keberadaan mikroba sangat penting kita pahami untukantisipasi pengaruh negatif yang ditimbulkan maupun untuk dapat kita manfaatkan potensinya sebagai solusi permasalahan kehidupan di masa datang. Permasalahan yang dihadapi umat manusia di masa datang terkait pangan, kesehatan, energi dan kualitas lingkungan dapat ditanggulangi dengan memanfaatkan jasa makhluk bio-ghaib ini.

Ketersediaan lahan pertanian daratan yang kian menyempit tidak akan mencukupi sebagai tempat produksi pangan hanya berbasis organisme tingkat tinggi. Biomasa mikroba dengan ukuran lebih kecil dan siklus hidup yang singkat akan lebih ideal dijadikan sumber pangan masa depan untuk kondisi lahan daratan yang sempit. Lahan akuatik terutama laut yang saat ini belum dimanfaatkan secara luas akan menjadi alternatif lahan budidaya pangan masa depan. Habitat ini lebih memungkinkan dipakai untuk produksi pangan berbasis biomasa mikroba terutama kelompok alga (makro dan mikro) ataupun cyanobacteria. Ketersediaan gas hidrogen sebagai bahan baku pupuk urea juga semakin langka sehingga dapat mengganggu aktivitas pertanian. Bakteri penambat nitrogen yang berlimpah di alam diperkirakan akan menjadi solusi permasalahan pupuk nitrogen di masa datang. Biomasa mikroba jamur yang memiliki nilai gizi tinggi dan tidak kalah dengan daging hewan merupakan alternatif pengganti sumber pangan protein masa depan.

Mikroba juga dapat menjadi sumber penghasil senyawa metabolit untuk menanggulangi berbagai penyakit. Secara preventif, mikroba prozoobiotik adalah benteng pertahanan tubuh terhadap berbagai kasus penyakit. Mikroba patogen makin lama makin banyak yang resisten terhadap antibiotik, sementara itu banyak orang yang sensitif terhadap antibiotik sehingga tidak dapat diberikan antibiotik. Dewasa ini sudah dipraktekkan terapi transplantasi feses untuk memindahkan mikrobioma prozoobiotik dari orang sehat ke orang yang mengalami permasalahan

kesehatan tertentu.

Sumber energi basis fosil makin menipis karena proses pembentukannya yang lama kemungkinan dapat diproduksi di masa datang dari proses fermentasi dengan agen mikroba dalam waktu yang relatif singkat. Belakangan telah ditemukan spesies jamur endofit yang dapat mengkonversi materi selulosa dan lignin tanaman menjadi senyawa hidrokarbon yang mengandung benzene, hexane, dan heptane yang berpotensi sebagai sumber bahan bakar. Mikroba dari kelompok archaea akan semakin intensif dimanfaatkan untuk menghasilkan bahan bakar gas methan (biogas). Teknologi *fuel cell* berbasis hidrogen yang juga cadangannya terbatas, kemungkinan produksinyadi masa datang akan dihasilkan melalui proses fermentasi bakteri⁽¹²⁾.

Kualitas lingkungan yang kian menurun akibat pencemaran limbah organik dan anorganik di masa datang akan sangat bergantung penanganannya dari peran mikroba, karena mikroba dapat melakukan proses biokimia dalam kondisi yang ekstrim. Pemanfaatan mikroba sebagai agen bioremediasi lingkungan tercemar sudah banyak dikaji dan diterapkan. Penanggulangan limbah hidrokarbon dari aktivitas perminyakan selama ini sudah dilakukan secara bioremediasi menggunakan agen mikroba baik bakteri maupun fungi. Limbah yang mengandung logam berat dan radio aktif juga dapat diolah secara bioremediasi menggunakan agen mikroba.

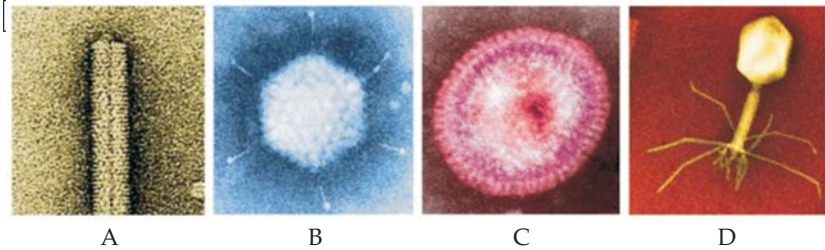
DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PENDAHULUAN	v
DAFTAR ISI	xi
1. CAKUPAN MIKROBA	1
2. PERJALANAN MENGGELUTI MIKROBA	5
2.1 Bermula Dari Permasalahan Senyawa “Sida”	5
2.2 Inovasi Pengembangan Mikroba Profitobiotik	7
2.3 Lebih Jauh Dengan Mikroba Profitobiotik	9
2.4 Pemahaman dan Pemanfaatan Mikroba Prozoobiotik	14
2.5 Berkolaborasi Dengan Mikroba Proekobiotik	19
2.6 Membumikan Potensi Jamur Lokal	22
3. RENCANA KE DEPAN	29
4. PENUTUP	31
5. UCAPAN TERIMA KASIH	32
6. DAFTAR PUSTAKA	37
CURRICULUM VITAE	41

MENDAYAGUNAKAN MAKHLUK “BIO-GHAIB” UNTUK KEMASLAHATAN

1. CAKUPAN MIKROBA

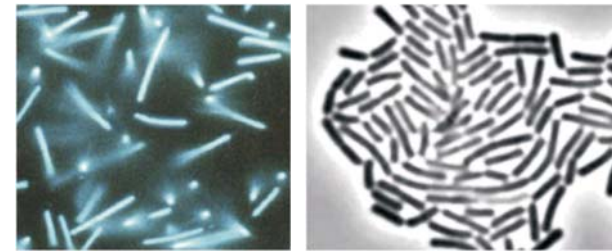
Mikroba secara umum mencakup kelompok virus, archaea, bacteria, fungi, algae dan protozoa. Makhluk bioghaib ini tidak dapat dilihat mata karena ukurannya terlalu kecil (skala mikro bahkan nano) sehingga butuh bantuan alat pembesar (mikroskop). Namun demikian ada sebagian makhluk ini dapat berkoloni atau membentuk tubuh (thalus) multiseluler atau filamentous sehingga dapat teramati langsung dengan mata telanjang seperti cyanobacteria, fungi dan algae makro (Gambar 4). Virus tidak dianggap makhluk hidup sesungguhnya karena tidak dapat hidup mandiri dan juga tidak tersusun atas unit terkecil berupa sel. Virus terdiri atas asam nukleat (DNA atau RNA) yang dikelilingi oleh capsid berupa protein dan sebagian ada yang terbungkus lagi oleh mantel glikoprotein (Gambar 1). Jika bertemu inangnya yang tepat, materi genetik virus akan ditransfer ke dalam sel inang, selanjutnya mesin biologis inang akan “terperdaya” turut mensintesis materi dasar penyusun virus sehingga tanpa disadari sel inang memproduksi virus baru. Jika virusnya bersifat patogen, mesin biologis inang juga akan mensintesis protein-protein yang dapat mengekspresikan sifat virulen virus.



Gambar 1: Aneka virus dengan inang spesifik: Tobacco Mozaic Virus dengan inang tanaman tembakau (A), Adenovirus dengan inang manusia dan hewan (B) Influenza virus dengan inang manusia dan hewan (C) dan Bacteriophage dengan inang bakteri (D) (Sumber gambar : <http://slideplayer.com/slide/9719985/>)

Archaea dan bacteria adalah kelompok mikroba prokaryot yang tidak memiliki inti sel sejati. Dalam sistim klasifikasi “5 Kingdom” bacteria dan archaea masuk dalam kingdom Monera sedangkan dalam klasifikasi sistim domain, keduanya menjadi domain tersendiri. Secara morfologi archaea pada umumnya hampir sama dengan bacteria (Gambar 2). Hanya secara molekuler kedua kelompok ini memiliki perbedaan, seperti kandungan dinding sel dan membran plasma archaea sedikit berbeda dengan bacteria. Dinding sel bacteria tersusun atas peptidoglikan sejati dan membran selnya mengandung lemak yang tersusun atas ikatan glycerol-ester. Sedangkan dinding sel archaea adalah peptidoglikan semu, karena tidak tersusun atas *D-amino acid* dan *N-acetil muramic acid*. Demikian juga membran selnya mengandung lemak yang tersusun atas ikatan glycerol-ether dengan gugus ekor bercabang yang merupakan rantai isoprenoid. Archaea umumnya ditemukan pada daerah dengan kondisi lingkungan yang ekstrim seperti di danau garam, daerah

hydrothermal vent, dan kawah gunung api. Meskipun demikian, karena banyak juga kesamaan sifatnya dengan bacteria maka archaea juga dapat ditemukan di area lain. Rumen hewan ruminansia, area dasar rawa-rawa dan tempat penampungan limbah cair yang anaerob adalah contoh habitat kelompok archaea metanogen.



Gambar 2 : Sel prokaryot archaea genus *Methanopyrus* (kiri) dan prokaryot bacteria genus *Bacillus* (kanan)
(Sumber gambar : http://www.genomenewsnetwork.org/articles/04_02/methanopyrus_genome.shtml dan <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Live-Cell-Imaging-of-Germination-and-Outgrowth-of-Individual-Bacillus-subtilis-Spores-the-Effect-of-pone.0058972.s003.ogv>)



Gambar 3 : Sel mikroalgae genus *Scenedesmus* (kiri) dan sel protozoa genus *Amoeba* dan *Paramecium* yang didalam sel *Paramecium* terdapat mikroalgae genus *Chlorella* (kanan).

(Sumber gambar : http://protist.i.hosei.ac.jp/PDB/Images/Chlorophyta/Scenedesmus/quadricauda/sp_01.html dan www.livescience.com/54281-amoeba-definition.html)



Gambar 4 : Thallus Fungi makroskopik genus Schyzophyllum (kiri) dan Makroalgae genus Chondrus (kanan)

(Sumber gambar : <https://www.designswan.com/archives/stunning-macro-photography-of-fungi-by-steve-axford.html> dan <https://www.pinterest.es/pin/629659591625077018/>)

Fungi dan Protista merupakan mikroba eukaryot dengan keberadaan inti sel sejati dan organel-organel lain. Sesama eukaryot, Fungi berbeda dengan Protista karena keberadaan dinding sel fungi yang mengandung chitin dan sebagian glukan sedangkan Protista sebagian mengandung selulosa sebagian tidak memiliki dinding sel. Fungi termasuk organisme heterotrof berbeda dengan sebagian Protista fotosintetik (algae) dan tumbuhan yang autotrof yang mengandung kloroplast (Gambar 3). Fungi juga berbeda dari sebagian Protista heterotrof (protozoa) dan hewan yang bersifat holozoik yang melakukan proses pemangsaan dan pencernaan terhadap makanan di dalam tubuh. Fungi mendegradasi makanannya

secara enzimatik di luar sel sebelum melakukan penyerapan (absorpsi) terhadap senyawa sederhana hasil degradasi. Namun demikian fungi dan protozoa sama-sama termasuk organisme heterotrof yang membutuhkan makanan berupa sumber karbon organik.

2. PERJALANAN MENGGELUTI MIKROBA

2.1 Bermula Dari Permasalahan Senyawa “Sida”

Keilmuan yang saya tekuni adalah bidang Mikrobiologi terutama fokus pada **interaksi mikroba**. Fokus pada area ini telah dimulai sejak lulus sarjana S1 dimana pada era tersebut sedang ramainya sorotan masyarakat terhadap *issue* pencemaran lingkungan akibat penggunaan senyawa pestisida sintetis. Permasalahan pengendalian penyakit dan hama tanaman budidaya sejak 1970an cenderung dilakukan dengan menggunakan senyawa kimia sintetis yang secara umum dikenal sebagai pestisida (insektisida, fungisida, molusida, nematisida dan senyawa sida lain). Berbagai kajian telah membuktikan bahwa residu senyawa sida sintetis terbukti bertahan di lingkungan pada bagian jaringan tanaman atau ter-bioakumulasi pada jaringan hewan pada tingkatan trofik yang lebih tinggi dan dapat mengganggu keseimbangan ekosistem yang pada akhirnya dapat mengancam kehidupan manusia. Atas dasar pemahaman tersebut saya tertarik memperdalam kompetensi keilmuan pada bidang interaksi mikroba terutama pada fokus pengendalian penyakit tanaman yang disebabkan oleh fungi, dengan menggunakan agen mikroba.

Diperkirakan lebih dari 70% penyakit tanaman disebabkan oleh fungi yang secara keilmuannya dipelajari dalam cakupan sub bidang ilmu Mikologi.

Penelitian yang dirintis sejak diterima menjadi staf pengajar di Biologi ITB adalah topik pengendalian agen fitopatogen Oomycetes dengan menggunakan fungi *Trichoderma* spp dan bakteri *Bacillus* spp. Selanjutnya saya mendapat kesempatan melakukan penelitian dalam program internship di Ohio State University (OSU) USA dengan topik pengendalian secara biologis terhadap hama tanaman dengan menggunakan agen fungi entomopatogen *Metarrhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana* dan *Paecilomyces farinosus*. Setelah kembali dari program internship saya mendapat kesempatan meneruskan studi S2 leading S3 ke Melbourne University Australia. Saya meneruskan minat dalam interaksi mikroba dengan mengambil topik penelitian Pengendalian *Pythophthora cinnamomi* secara biologis dengan bakteri antagonist, aktinomiset dan fungi hiperparasit. Dengan mengevaluasi ratusan isolat bakteri, aktinomiset dan fungi saya berhasil memahami peran positif kelompok mikroba profitobiotik. Kelompok seperti bakteri pembentuk endospora, pseudomonas berpendar (fluorescent pseudomonads), aktinomiset, fungi hiperparasit seperti *Trichoderma* dan *Gliocladium* dapat mengendalikan fitopatogen *P. cinnamomi* penyebab penyakit busuk akar. Hasil-hasil penelitian terkait aspek ini telah dipublikasikan dalam jurnal internasional dan seminar internasional^(3, 5, 8, 9, 19, 23, 24).

2.2 Inovasi Pengembangan Mikroba Profitobiotik

Saya meneruskan penelitian pada bidang interaksi mikroba yang bukan hanya pada pengendalian penyakit tanaman namun juga pada aspek penyuburan tanaman dengan fokus mikroba perakaran yang secara umum dikenal dengan nama Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR). Keberadaan tanaman di hutan yang tumbuh subur dan lestari tanpa ada campur tangan manusia menyadarkan pemahaman saya bahwa telah terjadi interaksi positif antara tanaman dengan mikroba. Sudah terungkap dan terbukti bahwa mikroba adalah merupakan teman setia sehidup semati (*best friend forever*) bagi tanaman di alam. Mikroba terbukti dapat menyediakan unsur Nitrogen melalui proses fiksasi dan amonifikasi, menyediakan unsur Fosfor dari proses pelarutan fosfat, menyediakan berbagai growth faktor (fitohormon) seperti IAA dan GA⁽²²⁾. Mikroba juga membantu dalam akses air dan nutrisi dari keberadaan *network* jalinan mikro kapiler biomasa sel mikroba terutama miselium fungi mikorhiza yang secara signifikan meningkatkan luas permukaan daya serap akar.

Hasil-hasil penelitian dalam aspek menunjang pertumbuhan tanaman ini disamping dipublikasikan dalam jurnal dan seminar juga didaftarkan menjadi paten (*granted*) (ID-P0027424-B) dan *trade secret* (No. 004/KMHaKI-ITB/PKP/II/00). Lebih jauh hasil inovasi ini juga dikembangkan menjadi produk komersial dan dilisensikan ke industri terkait atas nama ITB melalui KM-HKI ITB selama sepuluh tahun (2000-

2010) (Gambar 5). Produk formula mikroba profitobiotik ini merupakan yang pertama kali dilisensikan oleh KM HAKI secara terinstitusi atas nama ITB dengan skema pembagian royalti sesuai dengan SK Rektor ITB No. 139/SK/K01.2/HK.2/2001. Program pengembangan produk inovasi ini merupakan sebuah pembelajaran yang sangat baik dalam pengelolaan kekayaan intelektual (hasil penelitian hulu-hilir) secara terinstitusi. Hasil penelitian mula-mula dilindungi hak kekayaan intelektualnya, lalu ditindaklanjuti dalam kerjasama industri dengan skema lisensi teknologi. Keberhasilan mengembangkan model pengelolaan inovasi secara institusi ini telah diapresiasi oleh rektor ITB melalui penganugerahan Award Lisensi Teknologi pada tahun 2001 kepada saya dan tim.



Gambar 5 : Formula pupuk mikroba profitobiotik untuk aplikasi pertanian.

Aplikasi hasil penelitian terkait topik mikroba profitobiotik diimplementasikan juga dalam bentuk program pengabdian masyarakat terutama dalam memberikan pelatihan pembuatan pupuk mikroba (pupuk hayati) dan pupuk organik. Hasil pengembangan pupuk mikroba

diajarkan cara penggunaannya dalam budidaya tanaman sayuran di beberapa daerah seperti Lembang, Parompong, Cibodas, dan Pangalengan. Untuk aplikasi pada tanaman padi dilakukan di daerah Padalarang dan Purwakarta. Pupuk mikroba yang khusus mengandung tambahan bakteri pendegradasi selulosa dikembangkan bersama Balai Besar Penelitian Pertanian (BBPP) Cikole diajarkan aplikasinya di daerah Purwakarta. Peraturan pemerintah yang mewajibkan pengembalian jerami ke sawah menuntut proses pembusukan jerami yang lebih cepat agar siklus panen tetap bisa dipertahankan 3 kali setahun. Aplikasi pupuk hayati ini telah berhasil mempercepat pembusukan jerami di sawah sebelum ditraktor dan diolah lebih lanjut.

Tanpa melanggar kaedah hak kekayaan intelektual dari produk inovasi yang telah dilisensikan, kami juga aktif memberikan pelatihan cara pembuatan pupuk hayati dalam program pengabdian masyarakat yang dikelola LPPMITB dan melalui kerjasama dengan majalah Trubus.

2.3 Lebih Jauh Dengan Mikroba Profitobiotik

Keberadaan berbagai karakteristik tumbuhan yang teramati, terasakan atau terukur oleh kita selama ini tidak sepenuhnya merupakan hasil pengejawantahan cetak biru kode gen dari tumbuhan tersebut. Sebagian dari keberadaan karakteristik tersebut ternyata dimainkan perannya oleh gen mikroba yang ada di dalam jaringan tumbuhan. Rasa manis pada buah, kandungan senyawa aktif berkhasiat obat, ketahanan

terhadap penyakit adalah merupakan contoh-contoh fenomena yang dapat dimainkan perannya oleh mikroba internal tumbuhan. Interaksi sel-sel mikroba di dalam jaringan tumbuhan tersebut diperkirakan mengalami proses koevolusi yang panjang dan dinamis yang menghasilkan hubungan timbal balik yang harmonis sedemikian rupa sehingga mikroba seolah menjadi bagian integral dari tumbuhan. Secara utuh mikroba masih berada dalam bentuk dan entitas yang mandiri atau sudah membentuk entitas hybrid baru dengan inang tergantung perjalanan waktu koevolusinya.

Interaksi positif mikroba profitobiotik dengan tanaman ternyata tidak hanya diperankan oleh mikroba rhizosfir sekitar perakaran. Kami juga banyak mengkaji potensi mikroba internal jaringan tanaman yang lain yang lebih populer dikenal sebagai mikroba endofit. Dari kajian bakteri endofit tanaman kakao dan kelapa sawit, bersama mahasiswa saya membuktikan bahwa bakteri pemfiksasi nitrogen, penghasil fitohormon dan bakteri antagonist tersebar luas pada seluruh jaringan tanaman mulai dari akar, batang, daun, buah dan bahkan biji. Bakteri pemfiksasi nitrogen (*diazotrof*) yang diisolasi dan diinfeksi kembali pada daun sawit terbukti dapat meningkatkan kandungan senyawa nitrogen pada daun sawit. Temuan yang masih tahap awal ini diharapkan dapat menjadi solusi pemupukan masa datang yang tidak perlu lagi dilakukan dengan pupuk nitrogen sintetis melainkan cukup menginfeksi bakteri diazotrof pada daun dalam jumlah yang proporsional. Bakteri yang

diisolasi dari buah (bagian kernel dan sabut) terbukti memainkan peran penting terhadap kandungan asam lemak sawit. Dengan memanfaatkan bakteri-bakteri endofit buah ini kita dapat mengolah crude palm oil (CPO) menjadi asam lemak yang bernilai ekonomi lebih tinggi.

Dari kajian-kajian aplikasi mikroba endofit untuk pengendalian penyakit tanaman sawit, juga ditemukan fenomena keilmuan baru yang diduga merupakan fenomena *quorum quenching* antar mikroba. Dalam penelitian salah seorang mahasiswa doktor yang kami bimbing bersama tim dengan topik pengendalian penyakit tanaman menggunakan agen fungi endofit antagonist, ditemukan sebuah fenomena dimana kehadiran spesies fungi tertentu (*Trichoderma longibrachiatum*) ternyata mengacaukan *quorum sensing* fungi antagonist lain sehingga menihilkan kemampuan fungi *Trichoderma* lain dalam menekan fungsi fitopatogen *Ganoderma boninense*. Fenomena ini dikenal sebagai *quorum quenching*. Fakta ini sepertinya menjawab permasalahan yang kerap dialami oleh para praktisi dalam aplikasi *Trichoderma* yang sering tidak bekerja efektif di lapangan.

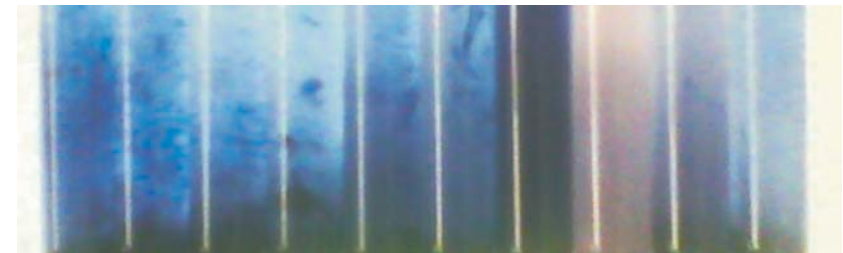
Keberadaan bakteri endofit yang berperan positif pada tanaman lain juga menunjukkan fenomena yang sama. Kami bersama mahasiswa juga mengkaji keberadaan bakteri endofit pada tanaman kakao baik sebagai antagonist fungsi fitopatogen maupun dalam fermentasi pengolahan biji kakao. Bakteri antagonist *Bacillus megaterium* berasal dari tanaman kakao terbukti signifikan dapat menekan pertumbuhan *Phytophthora palmivora*, penyebab penyakit busuk pod pada tanaman kakao. Rasa khas produk

coklat yang berasal dari berbagai tempat di dunia sebagian adalah ditentukan oleh keberadaan bakteri endofit yang terdapat di dalam biji kakao. Dari 7 isolat bakteri endofit yang diperoleh dari biji dan *pulp* kakao terdapat beberapa isolat yang memberikan hasil fermentasi biji kakao terbaik berdasarkan acuan kriteria fermentasi biji kakao seperti penurunan pH, aktivitas enzim pektinase dan penghambatan terhadap *Aspergillus flavus* penghasil aflatoksin⁽⁷⁾.

Salah satu konsep interaksi mikroba endofit dengan tumbuhan adalah terpadunya sistem ekspresi gen yang membawa sifat-sifat tertentu antara mikroba dan inang tumbuhan. Salah satu kajian yang kami berhasil ungkap terkait dengan konsep ini adalah terungkapnya fenomena kemampuan beberapa spesies bakteri endofit dalam mensintesis senyawa yang sama seperti yang dihasilkan oleh tanaman inang. Tanaman obat *Chinchona ladgeriana* terkenal dapat menghasilkan senyawa obat anti malaria. Diantara senyawa obat yang dihasilkan tanaman inang yakni kinin dan kinidin terbukti dapat juga disintesis secara *in vitro* dalam bioreaktor oleh 3 spesies bakteri endofit asal tanaman kina. Temuan ini merupakan informasi baru terkait bakteri endofit dari tanaman kina yang diharapkan kedepan dapat dikaji optimasinya untuk sintesis bahan baku obat malaria dalam waktu yang lebih singkat tanpa membutuhkan lahan perkebunan yang luas.

Seperti disinggung sebelumnya, bahwa ekspresi sifat dari tanaman tidak sepenuhnya berasal dari gen tanaman. Hal ini terbukti dari hasil

kajian pendahuluan bakteri endofit pada buah-buahan seperti pepaya, semangka, mangga, rambutan, apel, salak, pir, pisang dan melon. Dari hasil kajian ini terdapat variasi aktivitas enzim amilolitik bakteri endofit dari berbagai buah yang kemungkinan besar turut menentukan cita rasa manis dari masing buah (Gambar 6). Penelitian lebih komprehensif menggunakan pendekatan “omik” tentu dapat mengungkap lebih akurat seberapa besar peran bakteri endofit terhadap ekspresi sifat yang ditampilkan oleh tumbuhan inang.

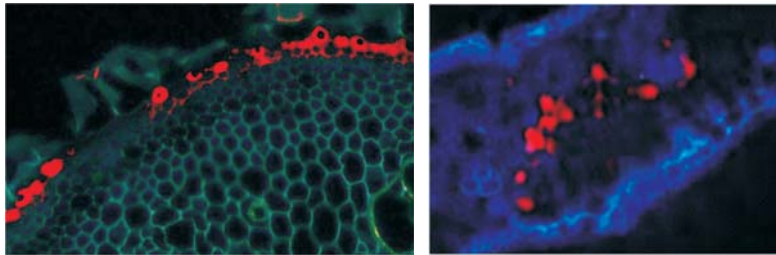


K 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Gambar 6 : Reaksi amilolitik dari berbagai isolat bakteri buah-buahan yang menunjukkan aktivitas enzim yang barvariasi. (k=Kontrol, 1=pepaya, 2=semangka, 3=mangga, 4=rambutan, 5=apel, 6=salak, 7=pir, 8=pisang, 9=melon)

Berkaitan dengan kajian mikroba endofit, juga berhasil dirintis dan dikembangkan teknik pengamatan bakteri yang berada di dalam jaringan tumbuhan dengan teknik *probing* berbasis penanda DNA spesifik (16sRNA) untuk dapat memetakan lokasi kehadiran bakteri di dalam jaringan tumbuhan. Dengan menggunakan teknik *Fluorescent In Situ*

Hybridization (FISH) menggunakan probe DNA yang di tag dengan zat warna berpendar, kami bisa mendeteksi keberadaan bakteri endofit dalam jaringan tertentu tanaman (Gambar 7).

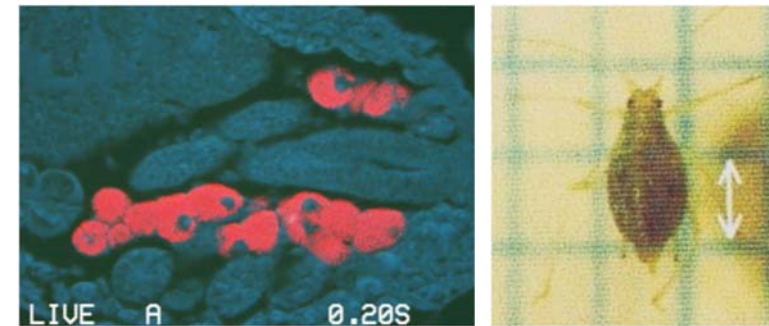


Gambar 7 : Visualisasi keberadaan bakteri endofit di daerah epidermis akar tanaman (kiri) dan mesofil daun (kanan) kelapa sawit dengan teknik FISH dan probe DNA 16sRNA.

2.4 Pemahaman dan Pemanfaatan Mikroba Prozoobiotik

Sebagaimana halnya tumbuhan, hewan juga tidak hidup sepenuhnya secara mandiri. Sebagian ekspresi positif maupun negatif dari fenomena kehidupan hewan adalah merupakan hasil proses “omik” dari mikroba yang hidup didalam tubuh hewan. Beberapa fenomena interaksi mikroba dengan hewan kami kaji, diantaranya interaksi mikroba dengan serangga, dengan hewan akuatik, dan mamalia. Pengalaman belajar teknik biomolekuler di Laboratorium “Symbiotic Evolution and Biological Functions Research Group”, Bioproduction Research Institute, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Tsukuba Jepang menjadi bekal berharga saya dalam memahami keberadaan

mikroba di dalam tubuh hewan. Kami berhasil membuktikan keberadaan bakteri endosymbion di dalam tubuh serangga menggunakan pendekatan teknik metagenomik dan fluorescent insitu hybridization (Gambar 8).



Gambar 8 : Keberadaan bakteri endosimbion di dalam tubuh serangga (berwarna merah) yang dapat teramati dengan teknik fluorescent in situ hybridization menggunakan probe DNA 16sRNA (kiri) dan serangga Aphid yang sangat lumrah merupakan hama pengganggu tanaman budidaya (kanan).

Keberadaan bakteri di dalam saluran pencernaan serangga kumbang kelapa sawit (*Oryctes rhinoceros*) juga berhasil dibuktikan menggunakan teknik metagenomik dan sequencing DNA isolat yang berhasil diisolasi dalam kultur. Setidaknya berhasil diisolasi 4 isolat dan berhasil diidentifikasi 3 jenis bakteri usus *Oryctes rhinoceros* yaitu *Lysinibacillus sphaericus*, dan *Bacillus sp.*, dan satu isolat memiliki kecocokan dengan referensi data base sebagai *uncultured bacterium*. Sedangkan dengan menggunakan teknik metagenomik *Denaturing Gradient Gel Electrophoresis*

(DGGE) profil bakteri usus *uncultured* menunjukkan terdapat 10 operational taxonomic unit (OTU) yang mengindikasikan terdapat 10 jenis bakteri. Keberadaan bakteri endosimbion maupun bakteri usus terbukti memainkan peran vital bagi serangga terutama dalam mensuplai asam amino esensial dimana serangga tidak dapat memperoleh dari tumbuhan. Dengan memahami keberadaan bakteri endosimbion maupun bakteri usus kita dapat mengembangkan strategi pengendalian hama serangga dengan bakteri antagonist menggunakan pendekatan konsep *quorum quenching*. Gangguan terhadap bakteri endosimbion telah terbukti dapat menurunkan tingkat kelulushidupan serangga.

Keberadaan bakteri saluran pencernaan hewan mamalia (luwak) berhasil dikaji bersama mahasiswa dan kolega secara pendekatan *polyphasic* menggunakan data fenotip maupun data sequencing DNA 16sRNA dari isolat terkultur²⁵. Dari lambung luwak ditemukan 4 jenis bakteri yakni *Enterobacter sp.*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus sp.*, *Lactobacillus brevis*, sementara dari usus halus ditemukan 8 spesies yakni *Pseudomonas sp.*, *Enterobacter sp.*, *Escherichia coli*, *Ochrobactrum sp.*, *Bacillus sp.*, *Lactobacillus brevis*, *Kocuria palustris*, *Pantoea sp.* Kompleksitas bakteri saluran pencernaan luwak mengindikasikan kompleksitas enzim-enzim yang berperan dalam proses pencernaan luwak. Hal ini dapat menjelaskan kompleksitas proses fermentasi biji kopi yang tidak tercerna dalam usus luwak yang menjadikan cita rasa kopi luwak menjadi unik dan istimewa. Pemahaman keberadaan bakteri usus luwak menjadi dasar

untuk pengembangan produk kopi luwak secara fermentasi *in vitro* tanpa melibatkan hewan luwak yang cenderung melanggar etika hewan.

Kami juga melakukan pengembangan produk dalam cakupan mikroba prozoobiotik untuk aplikasi hewan akuatik dan ternak. Bersama mahasiswa dan kolega yang menekuni bidang akuakultur kami melakukan penelitian aplikatif tentang pemanfaatan bakteri prozoobiotik untuk menekan penyakit udang yang disebabkan oleh bakteri *Vibrio*. Dari hasil kajian bakteri-bakteri yang diisolasi dari perakaran tanaman mangrove diformulasikan produk dari beberapa spesies bakteri dan ragi untuk menekan penyakit dan meningkatkan kelulushidupan udang dalam sistim pertambakan air payau. Produk ini juga dilisensikan ke perusahaan secara institusi dengan skema yang sama dengan produk profitobiotik sebelumnya (Gambar 9).

Saya juga berinteraksi dengan kolega yang menekuni bidang Farmasi untuk merintis penelitian aplikatif dalam upaya substitusi antibiotik ternak ayam dengan penggunaan mikroba prozoobiotik ternak menggunakan bakteri asam laktat yang diisolasi dari berbagai produk makanan fermentasi tradisional. Dari hasil penelitian ini juga telah dikembangkan dan dikomersialkan formula mikroba prozoobiotik ternak (Gambar 9).



Gambar 9 : Formula mikroba prozoobiotik untuk aplikasi peternakan (kiri) dan budidaya perairan payau (kanan)

Masih terkait dengan ternak, kami juga mengkaji potensi jamur lapuk putih dalam mendegradasi bahan kaya lignin dan menurunkan nilai anti nutrisinya sebagai sumber bahan pakan ternak pengganti hijauan. Dengan menggunakan agen fungi *Marasmius*, yang belakangan terkoreksi identitasnya menjadi *Marasmiellus palmivorus* (berdasarkan penanda molekuler DNA ITS), kami berhasil mengembangkan pakan ternak dari limbah perkebunan. Dengan fungsi ini saya bersama mahasiswa program doktor dan kolega dosen Peternakan dari Universitas Padjadjaran berhasil memanfaatkan tandan sawit sebagai substitusi pakan hijauan bagi ternak domba mencapai 70%. Dengan fungsi yang sama juga berhasil meningkatkan nilai nutrisi serta menurunkan senyawa anti nutrisi cangkang kakao sehingga dapat dimanfaatkan sebagai komponen ransum unggas sebesar 15% yang sebelumnya hanya dipakai sekitar 5%. Hasil penelitian terkait fungsi *Marasmiellus palmivorus* dalam menjadikan limbah perkebunan sebagai sumber pakan ternak unggas juga telah didaftarkan

kekayaan intelektualnya sebagai paten (*granted*) (ID : 0021180).

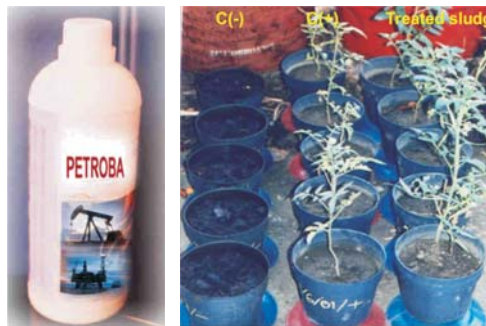
2.5 Berkolaborasi Dengan Mikroba Proekobiotik

Aspek lingkungan merupakan hal penting dalam kehidupan kita. Permasalahan lingkungan yang terjadi belakangan ini semakin kompleks membutuhkan solusi yang serius. Secara alamiah mikroba merupakan agen pelaku siklus di alam yang paling dominan perannya. Siklus yang melibatkan materi organik maupun anorganik, termasuk senyawa yang berbahaya sekalipun dapat dimainkan perannya oleh mikroba. Beberapa kajian dan pengembangan inovasi kami lakukan seperti bioremediasi limbah hidrokarbon dan limbah cemaran logam berat.

Konversi limbah sludge minyak bumi menjadi pupuk organik menggunakan agen bakteri hidrokarbonoklastik skala 15.000 L sempat kami lakukan atas dukungan dana penelitian dari salah satu perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa eksplorasi (Gambar 10). Dari hasil penelitian tersebut dapat dikembangkan paket teknologi pengolahan sludge menjadi pupuk organik cair. Dari hasil kajian tersebut pula, berhasil dikembangkan formula bakteri pendegradasi limbah minyak bumi (Gambar 11). Namun sayangnya formula bakteri pendegradasi limbah hidrokarbon ini belum sempat dikomersialkan.



Gambar 10 : Biodigester sludge minyak bumi skala 15.000 L untuk konversi sludge minyak bumi menjadi pupuk cair.



Gambar 11 : Formula bakteri proekobiotik pendegradasi limbah minyak bumi (kiri) dan hasil uji coba pemakaian pupuk organik dari pengolahan limbah sludge minyak bumi (kanan).

Beberapa kajian bioremediasi menggunakan agen fungi yang belakangan populer dengan istilah mikoremediasi kami lakukan menggunakan beberapa spesies jamur *white rot* seperti *Phanerochaete*, *Pleurotus*, *Ganoderma*, dan *Marasmiellus*. Salah satu kelebihan teknik

mikoremediasi terhadap limbah hidrokarbon dengan jamur *white rot*, disamping mampu medegradasi senyawa hidrokarbonnya juga mampu menyerap unsur logam berat di dalam substrat yang umumnya tidak dapat dituntaskan oleh agen bioremediasi lain seperti bakteri. Miselium jamur dapat memindahkan unsur logam berat dari dalam substrat ke dalam tubuh buah jamur yang selanjutnya dapat dipisahkan dari substrat sehingga kadarnya di dalam substrat bisa menurun signifikan. Tidak demikian halnya jika menggunakan agen bioremediasi dari mikroba uniseluler seperti bakteri. Hasil penurunan kadar Pb sebesar 80,6% pernah dicapai dalam penelitian tugas akhir mahasiswa yang mengerjakan topik mikoremediasi limbah pelumas (oli) bekas menggunakan jamur *Pleurotus ostreatus*.

Permasalahan lingkungan yang sering dialami masyarakat modern dalam pemukiman yang padat adalah permasalahan toilet mampet. Permasalahan ini merupakan fenomena lucu yang terjadi di masyarakat yang gagal paham akan konsep pemeliharaan kamar mandi (toilet) dan peran penting mikroba di dalam *septic tank*. Mendambakan toilet yang bersih, wangi dan higienis tanpa pemahaman yang komprehensif sering berdampak negatif yang sangat merepotkan seperti harus memanggil jasa sedot WC. Bahan-bahan kimia untuk perawatan toilet umumnya mengandung senyawa antiseptik yang apa bila dipergunakan secara tidak proporsional akan membunuh sebagian mikroba di dalam *septic tank* sehingga mengakibatkan *septic tank* tidak berfungsi maksimal. Keadaan

ini mengilhami kami bersama tim melakukan penelitian aplikatif untuk mengembangkan bakteri-bakteri yang dapat mempercepat proses dekomposisi feses. Dari hasil penelitian tersebut dikembangkan produk untuk solusi permasalahan toilet mampet yang juga telah dilisensikan dengan skema yang sama dengan produk sebelumnya (Gambar 12).



Gambar 12 : Formula mikroba proekobiotik pengurai feses untuk aplikasi *septic tank*.

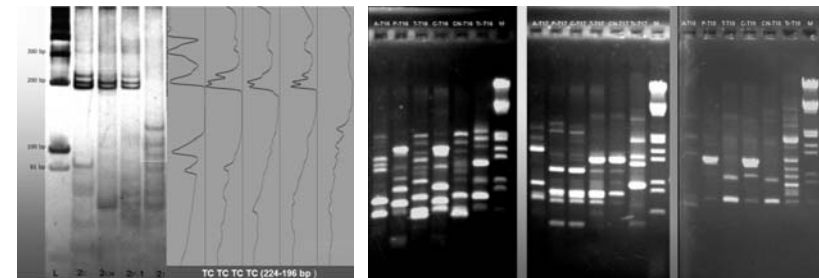
2.6 Membumikan Potensi Jamur Lokal

Kekayaan biodiversitas Indonesia masih menjadi kebanggaan pada tataran wacana. Terkait dengan jamur pangan, sampai sekarang belum ada jamur budidaya komersial yang merupakan hasil pengembangan spesies lokal Indonesia. Kami mengkaji potensi beberapa jamur lokal dari kelompok Basidiomycetes sebagai bahan nutrasetika untuk aplikasi bidang kesehatan dan sebagai sumber protein mikoseluler. Beberapa fungi spesies lokal yang telah kami kaji terbukti potensial sebagai anti kolesterol seperti *Laetiporus* sp dan *Pleurotus* sp. Sementara itu fungi lokal

lain yang terindikasi potensial sebagai anti kanker dan menurunkan kadar gula darah adalah *Ganoderma tropicum* yang banyak tumbuh pada batang pohon di daerah Bandung (Gambar 13)⁽⁴⁾. Pengkajian jamur lokal membutuhkan *tool* untuk karakterisasinya. *Tool* karakterisasi berbasis DNA mikrosatelit dan RAPD untuk spesies jamur kuping berhasil dikembangkan (Gambar 14)⁽⁶⁾.



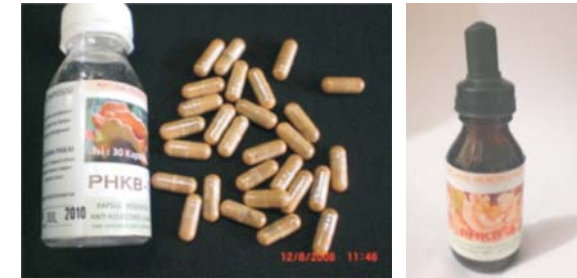
Gambar 13: Jamur berkhasiat obat lokal genus *Ganoderma* (kiri) dan *Laetiporus* (kanan)



Gambar 14 : Hasil pengembangan marka DNA mikrosatelit (kiri) dan RAPD (kanan) untuk karakterisasi jamur kuping level sub spesies

Dari pengalaman penelitian dan pengembangan produk nutrasetika tersebut kami mendapat dukungan fakultas untuk mengusulkan program dengan mengusung tema nutrasetika dan akuakultur dan berhasil memperoleh dana Hibah Kompetensi B dari DIKTI. Dari program tersebut, kami mendapat kesempatan belajar melakukan penelitian terintegrasi mencakup keempat aspek Catur Dharma dosen yakni pendidikan, penelitian, pengembangan inovasi, dan implementasi hasil inovasi dalam bentuk bakti sosial pengabdian masyarakat atau komersialisasi industri. Secara institusi, program ini merupakan salah satu landasan pendukung visi-misi kami dalam penguatan Bioindustri. Secara fisik program ini memberikan banyak kontribusi dalam pengadaan dan perbaikan fasilitas pendidikan dan penelitian. Untuk aspek pendidikan program ini berkontribusi terhadap proses perkuliahan dan tugas akhir mahasiswa. Untuk aspek penelitian dan pengembangan, program ini berhasil mengembangkan produk prototipe senyawa anti kolesterol lovastatin berupa kapsul dan formula drop (Gambar 15) disamping publikasi ilmiah dan paten (*granted*) (ID: P 000044661 B). Pengalaman dalam bekerjasama dengan instansi lain seperti Divisi Riset perusahaan BUMN dan klinik swasta juga merupakan nilai positif dari program PHKB tersebut. Dalam pengujian efikasi anti kolesterol dari produk yang dikembangkan yang melibatkan pasien dan dokter di klinik swasta kami dapat mengevaluasi potensi dari produk yang dikembangkan. Kontribusi positif lain juga banyak didapat dari berbagai

skema kegiatan yang pada dasarnya dapat meningkatkan atmosfer akademik di kampus. Hanya sayangnya produk nutrasetika yang telah dikembangkan ini belum berhasil dikomersialkan.



Gambar 15: Prototipe pengembangan produk nutrasetika berbahan dasar jamur obat *Laetiporus* lokal Indonesia.

Disamping itu, kami berhasil menemukan satu spesies jamur lokal di daerah Bandung yang punya potensi sebagai alternatif substitusi protein hewani. Jamur yang sama juga ditemukan dan sempat menggemparkan masyarakat Garut karena ukurannya yang sangat besar (Gambar 16). Jamur tersebut telah berhasil kami kaji secara komprehensif mulai dari karakterisasinya berbasis marka DNA ITS, efek toksisitas, nilai gizi sampai teknik produksinya (Gambar 17). Jamur tersebut diberi nama populer *Indo Fried Chicken Mushroom* karena rasanya yang lezat. Secara saintifik jamur ini teridentifikasi sebagai *Tricholoma giganteum* (Gambar 17) yang berkerabat dekat dengan jamur *Matsutake* yang termahal di Jepang. Hasil penelitian dalam bidang mikologi aplikatif lain juga telah

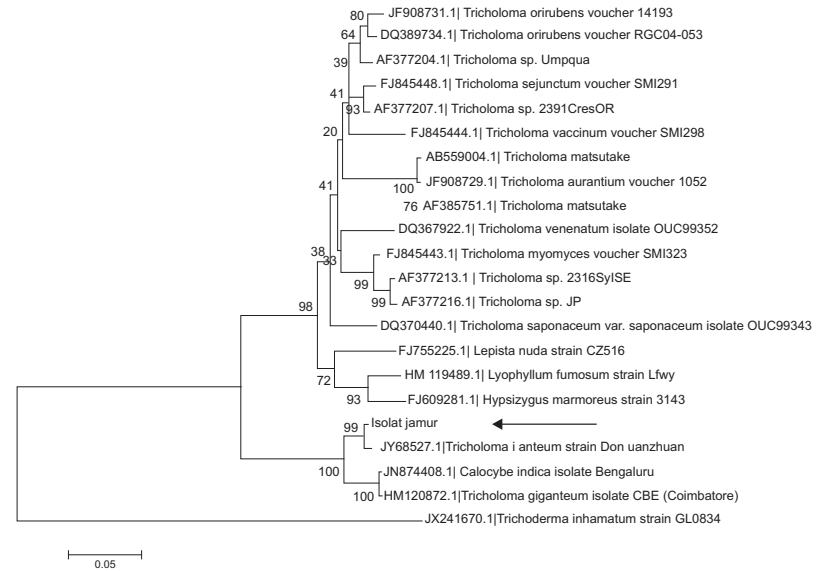
didaftarkan dalam bentuk paten (*Granted ID : P000049101*) dan prototipe produk komersial.



Gambar 16 : Jamur pangan lokal *Tricholoma giganteum* yang ditemukan di Bandung (kiri) dan di Garut (kanan)



Gambar 17 : Teknik budidaya yang berhasil dikembangkan untuk jamur Indo Fried Chicken (*Tricholoma giganteum*) dengan menggunakan teknik baglog dan casing.



Gambar 18 : Filogeni jamur pangan lokal yang teridentifikasi sebagai *Tricholoma giganteum* (tanda panah)

Terkait teknologi jamur, saya aktif melakukan kegiatan pengabdian masyarakat dalam bentuk pelatihan, pendampingan, pemagangan, maupun program konsultasi. Aspek pembibitan jamur merupakan kendala utama dalam kegiatan budidaya jamur di Indonesia. Tidak banyak masyarakat yang paham tentang cara pembibitan jamur secara teknis maupun secara pemahaman teori keilmuan. Saya aktif memberi pelatihan terkait teknik pembibitan dan budidaya jamur mencakup jamur kompos maupun jamur kayu.

Produktivitas jamur di masyarakat cenderung berfluktuasi dari hari

ke hari atau musim ke musim. Faktor kelembaban udara merupakan parameter yang sangat krusial dalam produksi jamur untuk menghasilkan tubuh buah yang relatif konstan. Fakta di lapangan menunjukkan jika terjadi hujan dimana kelembaban udara tinggi maka produksi tubuh buah jamur cenderung meningkat. Pengkondisian kelembaban udara tinggi sekitar 85% dan konstan merupakan faktor penting untuk diajarkan ke masyarakat agar produksi tubuh buah jamur yang dihasilkan relatif konsisten tinggi. Inovasi-inovasi teknik pengkondisian udara agar tetap lembab telah banyak diajarkan dalam beberapa pelatihan. Beberapa teknik pengaturan kelembaban seperti cara pengkabutan dengan teknik *spraying*, *fogging* maupun *mistifying* telah diajarkan ke masyarakat pembudidaya jamur.

Program pengabdian dalam teknologi jamur telah dilakukan secara sporadis di beberapa tempat di Indonesia seperti: Cisarua Lembang, Cililin Bandung Barat, Garut, Tasikmalaya, Pangandaran, Sumedang, Jati Sari Karawang, Sanur - Denpasar, Blora Jawa Tengah, Jepara Jawa Tengah, Maninjau Sumatera Barat, dan kecamatan Seimenggaris kabupaten Nunukan Kalimantan Timur (daerah perbatasan Malaysia). Program pelatihan yang dilakukan dengan mendatangkan peserta ke dalam kampus juga cukup sering dilakukan. Program pengabdian dan pembinaan masyarakat dalam kegiatan budidaya jamur yang cukup berhasil adalah yang dilakukan di Kecamatan Todanan Kabupaten Blora Jawa Tengah. Kelompok yang tergabung dalam wadah LSM yang bernama Upat-Upat Bumi saat ini telah menjadi sentra produksi jamur di

Kabupaten Blora. Berdasarkan aktivitas program pengabdian masyarakat saya diberikan penghargaan sebagai Dosen Berprestasi ITB Bidang Pengabdian kepada Masyarakat pada tahun 2012.

Dari hasil-hasil penelitian dan pengembangan inovasi yang berhasil diaplikasikan ke masyarakat secara lisensi komersial maupun dalam bentuk program pengabdian masyarakat, saya pernah diusulkan sebagai penerima penghargaan dari Persatuan Insinyur Indonesia (PII) dan berhasil dianugerahkan penghargaan Adhikara Award pada tahun 2003. Dari penghargaan tingkat nasional tersebut kemudian diajukan ke tingkat lebih tinggi yakni Asean, saya berhasil memenangkan penghargaan Asean Federation of Engineering Organization (AFEO Award) pada tahun yang sama.

3. RENCANA KE DEPAN

Sesuai prediksi masa datang di mana bidang pangan, energi dan lingkungan merupakan masalah serius bagi umat manusia, saya mencanangkan akan lebih fokus ke depan untuk mengkaji potensi mikroba lokal (terutama jamur) sebagai sumber pangan, sumber energi dan agen solusi permasalahan limbah.

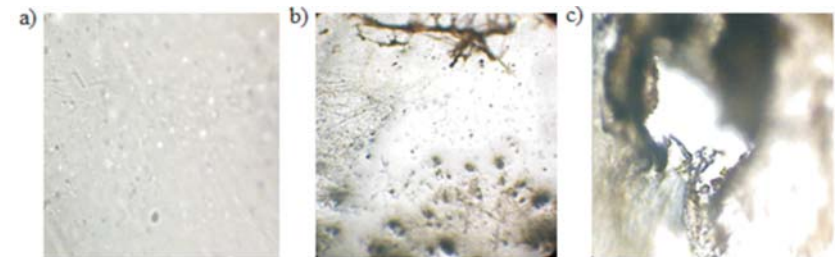
Pangan protein diperkirakan akan semakin mahal di masa datang sementara sumber protein hewani yang ada sekarang disamping mahal juga punya risiko lain bagi kesehatan karena kandungan asam lemak jenuhnya yang merupakan pangkal utama permasalahan penyakit

kardiovaskuler. Biomasa mikroba dari jamur, mengandung asam amino esensial yang lengkap, sama dengan protein hewani, namun biomasa jamur bebas dari asam lemak jenuh, bahkan kaya dengan asam lemak tak jenuh. Disamping keunggulan nilai nutrisinya, jamur juga dapat diproduksi dalam bioreaktor dengan bioproses sinambung sehingga tidak membutuhkan lahan yang luas dan waktu terlalu lama. Dengan teknik bioproses sistim sinambung, dimungkinkan untuk memproduksi biomasa protein dalam hitungan jam, berbeda dengan protein hewani yang butuh waktu bulanan bahkan tahunan. Saat ini ada beberapa kandidat jamur lokal yang sudah dan sedang kami kaji bersama mahasiswa untuk dikembangkan sebagai sumber protein masa depan.

Terinspirasi dari temuan jamur endofit yang dapat mensintesis senyawa hidrokarbon, saya merasa yakin dapat memperoleh isolat jamur endofit lokal yang juga dapat mensintesis senyawa hidrokarbon sebagai sumber bahan bakar. Berdasarkan konsep keterpaduan gen mikroba endofit dengan tanaman inang, besar kemungkinan kita dapat menemukan isolat jamur endofit yang dapat mensintesis senyawa hidrokarbon pada tumbuhan inang tertentu.

Permasalahan lingkungan yang serius belakangan ini adalah permasalahan limbah plastik. Plastik merupakan senyawa sintetik baru yang belum ada jalur degradasinya oleh mikroba secara umum di alam. Namun demikian, penemuan secara tidak sengaja mengindikasikan salah satu isolat jamur endofit yang berpotensi sebagai agen mikroherbisida

dapat juga mendegradasi plastik. Saat menyiapkan starter sebelum dilakukan ekstraksi untuk isolasi senyawa herbisidanya, kami menengarai kantong plastik berbahan polypropilene (PP) mengalami kerusakan berlobang oleh aktivitas jamur ini (Gambar 19). Bersama mahasiswa magister kami telah mengevaluasi potensinya untuk agen pendegradasi plastik. Kajian lebih jauh dan intensif terhadap isolat jamur lokal ini menjadi salah satu fokus yang akan saya tekuni ke depan.



Gambar 19. Permukaan plastik polypropilene tanpa perlakuan (A),diberi perlakuan fungi endofit masa inkubasi 2 minggu (B) dan kondisi berlobang setelah 4,5 bulan (C)

4. PENUTUP

Makhluk "bio-ghaib" atau mikroba meskipun berukuran mikroskopis dan tidak tampak langsung oleh mata, namun memainkan peran yang sangat dahsyat dalam kehidupan di muka bumi ini. Dengan memahami keberadaan dan peran positifnya, kita dapat mendayagunakannya untuk kemaslahatan. Dengan memahami peran negatifnya kita dapat menghindar dari dampak-dampak negatifnya yang merugikan kehidupan kita.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Segala puja dan puji serta ungkapan rasa syukur kepada Allah Tuhan Yang Maha Esa, atas segala limpahan taufik dan hidayah yang telah diberikan. Pada kesempatan berbahagia ini, saya menghaturkan apresiasi setingginya dan ucapan terima kasih setulusnya kepada semua pihak yang telah berkontribusi secara langsung maupun tidak langsung, melalui bantuan doa, pemikiran, tenaga, maupun materi, sehingga saya berhasil memperoleh pengetahuan yang membawa saya pada level seperti sekarang ini.

Ucapan terima kasih pertama ditujukan kepada pemerintah Republik Indonesia melalui Menteri Riset dan Pendidikan Tinggi yang telah memberikan amanah jabatan Guru Besar, Rektor serta jajaran pimpinan ITB juga dekanat dan KK Bioteknologi Mikrobiologi SITH atas pengusulan jabatan Guru Besar, tim TPAK atas penilaian berkas usulan Guru Besar, ketua serta anggota Senat Akademik ITB juga senat SITH atas persetujuan pengusulan jabatan Guru Besar ini. Apresiasi dan terima kasih yang tulus kepada Prof. Djoko Iskandar, Prof. Tati Suryati Samsudin, Prof. Sri Nanan B. Widiyanto, Prof. Intan Ahmad, Prof. Ahmaloka, Prof. Sukrasno, Prof. Lisdar Sudirman, Prof. Siti Subandiyah, Prof. Netty Widyastuti, Prof. Amin Abdullah dan Prof. David Ian Guest atas rekomendasinya. Apresiasi dan terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada ketua serta anggota Forum Guru Besar atas kesempatan yang diberikan untuk menyampaikan orasi ilmiah dalam forum yang terhormat ini.

Apresiasi, terima kasih setulusnya, serta tabik dihaturkan kepada ibunda dan ayahanda tercinta (nunas sugra) Ni Ketut Damuh dan I Ketut Tamba atas segala doa, kesabaran, jasa dan pengorbanan beliau yang tiada tara, serta permohonan maaf atas segala pikir, lisan dan tindakan ananda yang tidak berkenan, semenjak SMP telah pergi merantau meninggalkan ayah bunda. Terima kasih yang tulus dihaturkan kepada almarhum ayah mertua dan ibu mertua Prof. Dr. H. Sayuti Hasibuan dan Dr. Hj Sofia Rangkuti yang banyak memberikan doa serta dorongan. Terima kasih yang tulus disampaikan kepada istri tercinta Siti Mualimah Maharani, SE, MSc, Ananda tercinta Marwah Zanirah Aryantha dan Hasna Firdaus Aryantha yang banyak memberikan doa, dukungan serta kesabaran. Terima kasih dan apresiasi yang tulus disampaikan kepada kakanda tercinta I Wayan Sada, BSc dan Dra. Komang Nirwati sekeluarga dan Dra. Ni Nengah Sutini dan I Ketut Sukerta, SH sekeluarga atas segala doa dan dukungannya.

Apresiasi dan terima kasih yang tulus disampaikan kepada alm Drs. Unus Suriawiria dan Dra. Nuryati Juli, MS. yang menjadi pembimbing tugas akhir dan wali S1 Biologi ITB, Prof. David Ian Guest yang menjadi pembimbing program S2-S3 di University of Melbourne Australia, Prof. Roland Seymour yang menjadi pembimbing program internship pra S2 di Ohio State University USA, Prof. Takema Fukatsu yang menjadi pembimbing program training di National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Tsukuba Jepang, para guru di

lingkungan departemen Biologi ITB, baik yang masih ada maupun tiada (alm Dra. Inge Birsyam MSc., alm Prof. Soelaksono Sastrodihardjo, alm Prof. Edy Noerhadi, alm Prof. Sri Sudarwati, Prof. R.E Soeriaatmadja, alm Dr. Mumu Sutisna, alm Dra. Arbayah Siregar MSc., alm Dra. Hasiana Kramadibrata, MSc., Dra. Tjan Kiauw Nio, Dr. Lien Sutasurya, Dr. Tien Wiyati Surjono, Dra. Tjitjih Hidajat, alm. Dr. Oey Biau Lan, Drs. Dardjat Sasmitamihardja MS., Drs. Undang Ahmad Dasuki MS., Dr. Adiando, Dr. Tatang Suradinata, alm Dr. Budi Kosasih, alm Dr. Darmadi Goenarso, alm Drs. Kartolo S Wulangi, alm Drs. Suripto, Dr. Ama Rustama, Dr. Sri H Widodo dan Drs. Ibnu Utomo) yang telah banyak mengajarkan ilmu Hayati dan bimbingan kepada saya.

Apresiasi dan terima kasih yang tulus disampaikan kepada Prof. Darah Ibrahim yang telah memberikan kesempatan sebagai ko-pembimbing program doktor di Univerity Sains Malaysia, Prof. Harsono, Prof Udju dan Prof. Jeti Nurhajati, yang telah memberikan kesempatan untuk menjadi ko-pembimbing program doktor Peternakan dan Biologi UNPAD, Prof. Nuryati Rustaman yang telah memberi kesempatan sebagai ko-pembimbing program doktor Pendidikan UPI. Apresiasi dan terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada Prof. Akhmaloka atas kesempatan yang diberikan sebagai ko-pembimbing program doktor Kimia, alm Prof. Soelaksono, Prof. Tati Suryati dan Dr. Tjandra Anggraeni untuk program doktor Biologi ITB, Prof. Afifah Bambang Sutjiatmo atas kerjasama dan memberi kesempatan membimbing mahasiswa S1 di UNJANI.

Apresiasi dan terima kasih yang tulus kepada Dr. Noorsalam Rahman Nganro dan Prof. Sukrasno yang telah banyak memberi inspirasi, dukungan dan kesempatan untuk berkiprah dan berinovasi di Pusat Penelitian Ilmu Hayati ITB. Terima kasih yang tulus kepada segenap staf peneliti dan teknisi di Pusat Penelitian Ilmu Hayati : Dr. Maria Imaculata, Dra. Wiwin Kusmaningati, MS. APt., Drs. Takdir Nurmedi, Drs. Didi R. Galih, Drs. JPN Sumarno, Drs. Erwin MT, Dra. Nefrida Hayati, Bapak Tedy, Ibu Safitri, Bapak Hikmat, Ibu Heny, Ibu Endang, Bapak Rivai, Bapak Selamat, Bapak Nana dan Bapak Sugiri.

Terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada ibu bapak dosen di KK Bioteknologi Mikroba: Dr. Pingkan Aditiawati, Dr. Dea Indriani Astuti, Dr. Gede Suantika, Dr. Sri Harjati Suhardi, Dr. Eng Isty Adhitya, Dr. Lenny Situmorang, Intan Taufik MSi., Dr. Mustika Dewi, Noor Rahmawati MSi, Mamat Kandar, MP., Neil Priharto, MT, Kamarisima, MSi., Fenryco Pratama, MSi., Dzulianur Mutsa, MT atas segala dukungan dan kerjasamanya.

Apresiasi dan ucapan terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada para kolega di LPPM dan LPIK ITB : Prof. Khairurrijal, Prof. Budi Sulistyanto, Prof. Edy Soewono, Prof. M. Syahril Badri Kusuma, Dr. Joko Sarwono, Dr. Irwan Meilono, Dr. Dudy Wiyancoko, Prof. Suhono Harso Soepangkat, Dr. I Wayan Suweca, Dr. Ary Setijadi, Dr. Rajesri Govindaraju dan Ahdiar Romadoni, MBA atas segala dukungan dan kebersamaannya.

Terima kasih yang tulus juga kepada ibu-bapak dosen dan tendik

SITH dari KK Agroteknologi dan Teknologi Bioproduk, KK Ekologi, KK Fisiologi Perkembangan Hewan dan Sains Biomedik, KK Genetika Bioteknologi Molekuler, KK Manajemen Sumber Daya Hayati, KK Sains Bioteknologi Tumbuhan, dan KK Teknologi Kehutanan atas segala dukungannya.

Terima kasih yang tulus juga disampaikan kepada para mahasiswa bimbingan program S1 Biologi ITB, S1 Mikrobiologi ITB, S1 Farmasi UNJANI, S1 Biologi UNPAD, S2 Biologi ITB, S2 Bioteknologi ITB, S2 Biomanajemen ITB, S3 Biologi dan Kimia ITB, S3 Peternakan dan Biologi UNPAD, S3 Pendidikan UPI, S3 USM atas kerjasama dan kontribusinya secara tulus turut memperkaya keilmuan saya di bidang Mikrobiologi.

Apresiasi dan terima kasih yang tulus juga ditujukan kepada para pihak instansi pemerintah maupun swasta yang memberikan dukungan pendanaan dan fasilitas untuk menyelenggarakan program penelitian selama ini seperti : Kementerian Ristek Dikti, Kementerian Pertanian, Kementerian Kelautan dan Perikanan, Kementerian Kehutanan dan Lingkungan Hidup, PT. Rekayasa Sumber Daya Hayati, PT. Rekayasa Agri Utama, PT. Astra Agro Lestari, PT. Freeport Indonesia, PT. Symbiosciences Indonesia, PT. Dimas Utama, Divisi Riset dan Kebun Tanaman Obat PT. Kimia Farma, PT. Gagas Asri Reksawana, dan Klinik Integrated Health Center (IHC Bandung).

6. DAFTAR PUSTAKA

1. "NASA Astrobiology Strategy" (PDF). NASA. 2015. p. 59.
(https://nai.nasa.gov/media/medialibrary/2015/10/NASA_Astrobiology_Strategy_2015_151008.pdf)
2. Abbot, A., 2016, <https://www.nature.com/news/scientists-bust-myth-that-our-bodies-have-more-bacteria-than-human-cells-1.19136>. Web. Maret 2018.
3. Aryantha, I.P. & D. Guest, 2004, Phosphonate (PO₃-) effectiveness against *Phytophthora cinnamomi* Rands on *Tryptomene calycina*, *Banksia grandis* and *Banksia spinulosa*, Plant Pathology Journal, Vol. 3 No. 1 p : 19-25
4. Aryantha, I.P., A. Adinda & S. Kusmaningati, 2001, Occurrence of triperpenoids and polysaccharides on *Ganoderma tropicum* with *Ganoderma lucidum* as reference, J. Australasian Mycologist, v.20 (2) : 123-129
5. Aryantha, I.P., R. Cross & D.I. Guest, 2000, Suppression of *Phytophthora cinnamomi* Rands in potting mixes amended with uncomposted and composted animal manure's, Phytopathology (J) 90 (7), 775-782.
6. Aryantha, INP., R. Arifudin, & Y. Mulyani, 2008, Penanda DNA mikrosatelit untuk karakterisasi kualitas bibit jamur kuping (*Auricularia polytricha*), JMS, 13 (1): 7-15
7. Aryantha, IP & A. Trilunggani, 2007, Suppression on the Aflatoxin-B production and the growth of *Aspergillus flavus* by Lactic Acid Bacteria (*Lactobacillus delbrueckii*, *Lactobacillus fermentum* and *Lactobacillus*

- plantarum*), Biotechnology Journal, Vol. 6(2), 257-262.
8. Aryantha, IP & D.I. Guest, 2006, Mycoparasitic and antagonistic inhibition on *Phytophthora cinnamomi* Rands by microbial agents isolated from manure compost, Plant Pathology Journal, 5(3): 291-298.
 9. Aryantha, IP., D.P. Lestari & N.P.D.Pangestu, 2004, Potensi isolat bakteri penghasil IAA dalam peningkatan pertumbuhan kecambah kacang hijau pada kondisi hidroponik, Jurnal Mikrobiologi Indonesia, Vol. 9 No. 2, hal 43-46
 10. Balukjian, B., 2013, <http://articles.latimes.com/2013/jun/21/science/la-sci-sn-bugs-bacteria-20130621>. Web Maret 2018.
 11. Bhore, Subhash J., Vijayan Komathi, and Kodi I. Kandasamy. "Diversity of Endophytic Bacteria in Medicinally Important Nepenthes Species." *Journal of Natural Science, Biology, and Medicine* 4.2 (2013): 431–434. PMC. Web. Mar. 2018.
 12. Dutta D, Debojyoti De, Chaudhuri S, and Bhattacharya SK. "Hydrogen Production by Cyanobacteria." *Microbial Cell Factories* 4 (2005): 36. PMC. Web. 4 Mar. 2018.
 13. Firestone, M.K., 2018, <http://www.pnas.org/content/115/11/2670>. Web. Maret 2018
 14. Geraschenko, 2000, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/1097-0320%2820001101%2941%3A3%3C209%3A%3AAID-CYTO8%3E3.0.CO%3B2-U>. Web. Maret 2018.
 15. Hadhazi, A., 2015, <https://www.astrobio.net/extreme-life/life-might-thrive-dozen-miles-beneath-earths-surface/> Web Mar. 2018.
 16. Kerry KR, Grace DR, Williams R, Burton HR (1977) Studies on some saline lakes of the Vestfold Hills, Antarctica. In: Llano GA, editor. Adaptations within Antarctic ecosystems. Washington, D.C.: Smithsonian Institution. 839–858.
 17. Loyd-Price, Jason, Galeb Abu-Ali, and Curtis Huttenhower. "The Healthy Human Microbiome." *Genome Medicine* 8 (2016): 51. PMC. Web. Mar. 2018.
 18. Parry, W., 2013, <https://www.livescience.com/41173-sky-high-microbes-how-far-up-can-life-exist.html>. Web. Mar. 2018
 19. Rayati, J., I.P. Aryantha and P. Arbiyanto, 2000, The optimization of nutrition factors in spore production of *Paecilomyces fumosoroseus* (Wize) Brown & Smith with submerged-surface fermentation system, J. Proc. ITB, 32 (3) p 85-71
 20. Schrenk MO, Kelley DS, Delaney JR, Baross JA. "Incidence and Diversity of Microorganisms within the Walls of an Active Deep-Sea Sulfide Chimney." *Applied and Environmental Microbiology* 69.6 (2003): 3580–3592. PMC. Web. 18 Mar. 2018.
 21. Sinhai, K., 2013, <https://timesofindia.indiatimes.com/home/science/Mariana-Trench-bottom-found-to-be-teeming-with-microbes/articleshow/19053321.cms>. Web. Maret 2018

22. Syam'un E., A.Dahlan, INP. Aryantha, G. Suantika, 2006, Respons Dua Varietas Padi Terhadap Isolat Bakteri *Azotobacter* sp., *Agrivigor*. Vol 6, No 1 (2007)
23. Umrah, T. Anggraeni, R.R. Esyanti, INP. Aryantha, 2009, Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *Phytophthora palivora* pada buah kakao, *J. Agroland* 16(1): 9-16
24. Umrah, T. Anggraeni, R.R.Esyanti dan I.N.P. Aryantha, 2009, Pengembangan Formula Substrat Inokulum *Trichoderma* sp. Sebagai Agen Pengendali Hayati Terhadap Penyakit Busuk Buah Kakao, *Jurnal Ilmiah Agrisains* vol. 10 (2), hal. 78-82
25. Suhandono, S, H. Setiadi, T. Kristianti, A. B. Kusuma, A. W. Wedaringtyas, D. T. Djajadi, I N. P. Aryantha. (2016). Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaproditus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Jurnal Microbiology Indonesia*; Vol 10, No 2

CURRICULUM VITAE



Nama : **I NYOMAN PUGGEG
ARYANTHA**
 Tmpt. & tgl. lhr. : Denpasar, 22 Mei 1965
 Nama Istri : Siti Mualimah Maharani
 Nama Anak : - Marwah Zanirah Aryantha
 - Hasna Firdaus Aryantha
 Alamat : Jalan Ganesha 10 Bandung

I. RIWAYAT PENDIDIKAN

- SD 1 Pipitan - Kec Kuta - Kab Badung
- SMP Negeri 2 Denpasar
- SMA Negeri 1 Denpasar
- S1 Biologi (ITB)
- Pra S2 Mikologi (Ohio State University Columbus Ohio USA)
- S2-S3 Botany (University of Melbourne Australia)
- Training Biomolekuler (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology Tsukuba Jepang)

II. RIWAYAT KERJA DI ITB

- Dosen Biologi FMIPA
- Staf Peneliti Pusat Antar Universitas Ilmu Hayati ITB
- Konservator Pusat Penelitian Antar Universitas Ilmu Hayati ITB
- Sekretaris Kelompok Penelitian dan Pengembangan Ilmu Hayati ITB

- Kepala Pusat Ilmu Hayati ITB
- Ketua Kelompok Keilmuan Mikrobiologi dan Genetika Biologi Molekuler SITH ITB
- Kaprodi Magister dan Doktor Biologi SITH ITB
- Kepala Divisi Hak Kekayaan Intelektual LPIK ITB
- Sekretaris Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat ITB
- Dekan SITH ITB

III. RIWAYAT DALAM ORGANISASI PROFESI KEILMUAN

- Australasian Plant Pathology Society
- Australasian Mycological Society
- Asean Microbial Biotechnology
- Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia
- Perhimpunan Mikologi Indonesia (Mikoina)
- Masyarakat Kelapa Sawit Indonesia (MAKSI)
- Masyarakat Agribisnis Jamur Indonesia
- Kelompok Kerja Nasional Jamur Indonesia

IV. PUBLIKASI JURNAL DAN SEMINAR 10 TAHUN TERAKHIR

- **Aryantha, I.N.P.**, S. Kusmaningati, A. B. Sutjiatmo, Y. Sumartini, A. Nursidah and S. Narvikasari, 2010, *The effect of Laetiporus sp.* (Bull. ex Fr.) Bond. Et Sing. (Polyporaceae) extract on total blood cholesterol level, *Biotechnology*, 9(3): 312-318
- Nurhajati, J.; Atira; **Aryantha, I. N. P.**; Indah, D. G. K., 2012, The curative action of *Lactobacillus plantarum* FNCC 226 to *Saprolegnia*

parasitica A3 on catfish (*Pangasius hypophthalmus* Sauvage)., *International Food Research Journal* Vol. 19 No. 4 pp. 1723-1727

- Viera, B.V.E., Madayanti, F., **Aryantha, I.N.P.**, & Akhmaloka, 2012, Succession of eukaryotic communities during traditional composting of domestic waste based on PCR-DGGE analysis, *J. Pure Appl. Microbiol.*, 6(2), 525-536.
- Rashid, S.A., Ibrahim D., & **Aryantha, I.N.P.**, 2013, Effect Of Cultural Conditions On Lovastatin Production By *Aspergillus Niger* Sar I Using Combination Of Rice Bran And Brown Rice As Substrate, *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 4(2): 150-156
- Rashid, S.A., Ibrahim D., & **Aryantha, I.N.P.**, 2014, Isolation and Screening of Lovastatin Producing Fungi: *Fusarium pseudocircinatum* IBRL B3-4 as a Potential Producer, *JOURNAL OF PURE AND APPLIED MICROBIOLOGY*, Vol. 8(3), p. 1763-1772
- Rashid, S.A., Ibrahim D., & **Aryantha, I.N.P.**, 2014, A New Latent Lovastatin Producer viz. *Fusarium pseudocircinatum* IBRL B3-4, Produced in Laboratory Tray System, *JTAS* Vol. 37 p.
- Tjandra Anggraeni, Umrah, Rizkita R Esyanti and **I Nyoman P Aryantha**. 2014. Promoting *Dolichoderus thoracicus* as an agent to disperse *Trichoderma* sp., a fungi that control the black pod disease, in Center of Sulawesi – Indonesia. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 46: 41-49.
- Yurnaliza, **I N.P. Aryantha**, Rizkita Rachmi Esyanti and Agus Susanto, 2014, Antagonistic Activity Assessment of Fungal Endophytes from Oil Palm Tissues Against *Ganoderma boninense* Pat, *Plant Pathology Journal*, 13 (4) : 257-267

- Santoso, P.J., **I.N.P. Aryantha**, A. Pancoro, S. Suhandono, 2015, Identification of Pythium and Phytophthora associated with durian (*Durio sp.*) in Indonesia: Their molecular and morphological characteristics and distribution, *Asian Journal of Plant Pathology*, 9(2): 59-71.
- Aulifa, DI, **I N P Aryantha**, Sukrasno, 2015, Antifungal *Phytophthora Palmivora* From Clove Buds (*Syzygium Aromaticum L.*), *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, Vol 7, Issue 7, 2015, 325-328. ISSN- 0975-1491
- Kusumawaty, D., Pancoro, A., **Aryantha, I. N. P.** and Suhandono, S, 2016, Evaluation of Identification Techniques for the Fish Pathogen, *Aeromonas hydrophila*, from Indonesia, *Malaysian Journal on Microbiology*, on line version <http://mjm.usm.my/index.php?r=cms/entry/view&id=76>
- Mustika Dewi, Rizkita Rachmi Esyanti and **I. Nyoman Pugeg Aryantha**. Diversity of Suillus Fungi from Pine (*Pinus merkusii*) Stands at Various Locations in Bandung Area, Indonesia. *Plant Pathology Journal* Volume: 15 | Issue: 3 | Page No.: 95-101 ,2016. DOI: 10.3923/ppj.2016.95.101
- Suhandono, S, H. Setiadi, T. Kristianti, A. B. Kusuma, A. W. Wedaringtyas, D. T. Djajadi, **I N. P. Aryantha**. (2016). Diversity of Culturable Bacterial in Various Parts of Luwak's (*Paradoxurus hermaprodithus javanica*) Gastrointestinal Tract. *Jurnal Microbiology Indonesia*; Vol 10, No 2
- Yurnaliza*1, Rizkita Rachmi Esyanti2 , Agus Susanto3 , **I Nyoman Pugeg Aryantha**, 2017, The chitinase activity of oil palm (*Elaeis guineensis Jacq.*) roots against fungal endophytes and pathogenic

Ganoderma boninense, *Plant Omics Journal*, 10 (05) :247-251

- Karmawan, LU, Dwivany, FM, Esyanti, RR, and **Aryantha, INP**. 2018, Improved in vitro bioassay for *Musa acuminata* cv. Pisang Ambon Kuning (AAA group) based on quantitative analysis of necrosis area and biomass changes during Foc4 infection, *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, submitted Nov 16, 2017 accepted Mar 20, 2018
- **Aryantha, INP**, N.D.P. Pangesti, S.K. Chaerun, R.R. Esyanti, K.Toyota, 2008, Biogeochemical and agricultural significance of sediments : microbial diversity and activity of sediment from three largest dam reservoirs (Saguling, Cirata and Jatiluhur) in West Java Province, Indonesia, 2nd USM Penang International Post Graduate Convention, 18-20 June 2008
- Jumiarni, D., S.K. Chaerun, **INP Aryantha**, R.R. Esyanti, T. Sato, 2008, Sediment from three largest dam reservoirs (Saguling , Cirata and Jatiluhur) in West Java Province, Indonesia as natural biomineral fertilizers: an agricultural implication, 2nd USM Penang International Post Graduate Convention, 18-20 June 2008
- Chaerun, S.K., **INP Aryantha**, R.R. Esyanti, K. Toyota & T. Sato, 2008, Chemical and mineralogical characterization of sediment from three largest dam reservoirs (Saguling , Cirata and Jatiluhur) in West Java Province, Indonesia, 2nd USM Penang International Post Graduate Convention, 18-20 June 2008
- Chaerun, S.K, **INP Aryantha**, R.R. Esyanti1, K. Toyota and T. Sato, 2008, Biogeochemistry of sediments II: mineralogical and chemical characterization of sediments from three largest dam reservoirs (Saguling, Cirata, Jatiluhur) in West Java Province,

- Indonesia, The 12th International Symposium on Microbial Ecology (ISME 12), Cairns, Australia, August 17 - 22, 2008
- Miryanti A. and **INP Aryantha**; 2008, Proteolytic bacteria Study In Production Of Cheese By Fermentation; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung 28-30 October 2008
 - Supriatin, Y. **INP Aryantha**, Siti Khadijah Chaerun; 2008, Study Of Methane Production By Methanogenic Consortium Bacteria With A Substrate Of Jatropha Curcas Seed Pressed Cake; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 28-30 October 2008
 - Parnidi, Rizkita R. Esyanti, **INP Aryantha**, Siti Khadijah Chaerun; 2008, Influence Of Sediment Application Collected From Saguling Dam Reservoir (West Java, Indonesia) As Natural Biomineral Fertilizer On Growth Of Rice (*Oryza sativa*) variety Situ Bagendit; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 28-30 October 2008
 - Sanjaya, RT. Rizkita R. Esyanti, **INP Aryantha**, Siti Khadijah Chaerun, Parnidi, Deri Hendrawandi; 2008, Influence Of Sediment Application Amended With *Azotobacter chroococcum* As Biomineral Fertilizers On Growth Responses And Productivity Of Red Chili Plant; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 28-30 October 2008
 - Oktari, A. **INP Aryantha**; 2008, The Study Of Sulphur Bacteria To Generate Electrical Energy In Microbial Fuel Cell (MFC) System; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 28-30 October 2008

- Jamilah and **INP Aryantha**; 2008, The Study Of Hydrogen Bacteria On Producing Electrical Energy In Microbial Fuel Cell (MFC) System; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 28-30 October 2008
- **Aryantha INP** and Jamilah; 2008, The Study Of Microbial Fuel Cell (MFC) Using Microbial Consortium From Organic Wastes; 2nd International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 28-30 October 2008
- Pangesti, NPD, Tri Yuliana, Firman Ardiansyah, Rizka Utami Putri, Rizkita Rachmi Esyanti, **INP. Aryantha**; 2009, The Potency of Endophytic Bacteria from Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) to Inhibit the Growth of *Ganoderma boninense*, to Fix Nitrogen and to Produce Phytohormone In Vitro; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- **Aryantha INP** and Reny Maria Angraeni; 2009, Electrical Potential by Ammonifying Bacteria (*Xanthomonas* sp) in Microbial Fuel Cell (MFC) System; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- Puspitasari I.N and **INP Aryantha**; 2009, Developing Microbial Fuel Cell (MFC) System Using Gamma Irradiated Nitrogen Bacteria (*Xanthomonas* sp.); International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009

- Munfarida I and **INP. Aryantha**; 2009, Electricity Generation from Iron-Bacteria Fuel Cell System; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- Swandjaja, L.W.P., Rizkita Rachmi Esyanti, Parnidi, Siti Khodijah Chaerun and **INP. Aryantha**; 2009, The Role of *Bacillus cereus* in Increasing Paddy Rice Growth and Productivity; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- Karlesa A. and **INP Aryantha**; 2009, The Growth of *Lyophyllum* sp. on Several Solid Substrates; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- Asarina S. and **INP Aryantha**; 2009, The Electrical Voltage Production of Gamma-Irradiated Iron Bacteria (*Pseudomonas* sp) in Microbial Fuel Cell (MFC) System; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- Annisa J. and **INP Aryantha**; 2009, Optimization of Microbial Fuel Cell (MFC) Using Gamma-Irradiated Hydrogen Bacteria (*Pseudomonas hydrogenovora*); International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-

26 November 2009

- **Aryantha INP** and Jamilah; 2009, Modification of Membrane, Cathode Electrolite and Anodic Materials in Microbial Fuel Cell (MFC) System; International Conference And Exhibition-Science & Technology In Biomass Production: Optimizing University-Industry Collaboration, ITB Bandung, 25-26 November 2009
- Chaerun SK, NPD Pangesti, D Jumiarni, **INP Aryantha**, K Toyota and Okuno M, Biogeochemical characterization of sediments from three largest dam reservoirs (Saguling, Cirata, Jatiluhur) in west Java province, Indonesia, Internasional symposium on Southeast Asian Water Environment, Pukhet, Thailand, 24-26 October 2010
- Melia, S and **INP. Aryantha**, 2010, The Effects of Chitosan on Antifungal Activity of *Trichoderma harzianum* Rifai against *Fusarium oxysporum*, The 2nd International Biotechnology & Biodiversity Conference (BIOJOHOR 2010), July 6-8, 2010, Johor Bahru, Johor, Malaysia
- **Aryantha, INP**, R. Canto and B. Anggoro, 2010, The Effect of Magnetic Field Induction on Fruiting Body Emergence and Lovastatin Production by *Laetiporus* sp., 4th International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 23-25 November 2010
- **Aryantha, INP** and R. D. Nurhapsari, 2010, The optimization of mycelial pellet biomass production on *Penicillium roqueforti* (Thom) and *Rhizopus oligosporus* (Saito), 4th International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 23-25 November 2010

- **Aryantha, INP**, Siti Khodijah Chaerun, Rizkita Rachmi Esyanti, Rizka Utami Putri, Myrna Haryathi, 2010, The Potency of Sediment from Saguling Dam (West Java) as Organic Fertilizer for Rice Plant, 4th International Conference on Mathematics and Natural Sciences (ICMNS), Bandung, 23-25 November 2010
- Kurniawan, C., **I N. P. Aryantha** dan S. Asarina, 2010, Kajian potensi limbah whey sebagai sumber tenaga listrik dalam sistem mfc (*microbial fuel cell*) bakteri asam laktat, 2nd International Conference on Bioscience and Biotechnology, Denpasar 23-24 September 2010
- **Aryantha INP** and S. Asarina, 2010, Development Of Microbial Fuel Cell With Bacterial Cathodic, The 4th International Conference on Engineering and Management, Senggigi, Lombok, 1-4 December 2010.
- **Aryantha, INP** and Y. Maryana, 2012, Optimasi Produksi Tubuh Buah Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*), Prosiding Seminar Nasional Mikologi, 15-16 Mei 2012, Universitas Jenderal Seodirman, Purwokerto.
- **Aryantha, INP**, 2012, Cendawan sumber pangan masa depan : bergizi dan menyehatkan, Invited speaker, Seminar Nasional Mikologi, 15-16 Mei 2012, Universitas Jenderal Seodirman, Purwokerto.
- Cempaka, L and **I N P. Aryantha**, 2014, Effect of glucose concentration on the production of glucan by *Saccharomyces cerevisiae*, The 2nd Asian-Australasian Dairy Goat Conference, April 25-27, 2014 Bogor Indonesia
- **Aryantha INP**, N. Esita2, 2014, The increase of Lovastatin

production by *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) P. Kumm. through mutation, The 10th International Mycological Congress, Bangkok, Thailand 3-8 August 2014

- **Aryantha INP**, F. Mustikasari, D. Karamita, M. Arfindari, A. Muntiyara, A. Karlesa, 2014, Vegetative growth optimization and fruiting body production of a giant Indonesian Tricholoma, The 10th International Mycological Congress, Bangkok, Thailand 3-8 August 2014.

V. KEKAYAAN INTELEKTUAL

1. Nganro, .N R., **Aryantha, INP** Sukrasno, 1998, Teknologi mikroba probiotik indigen untuk aplikasi pertanian, perikanan, dan bioremediasi (Trade Secret dan Lisensi teknologi : Kontrak No. 004/KMHaKI-ITB/PKP/II/00)
2. Suhermiyati, S, **Aryantha, INP**, E. Musnandar, Soeharsono, U.D.Rusdi, S. Darana 2008, Poultry feedstock component from bioprocessed cocoa husk waste (*Patent* Granted ID : 0021180)
3. **Aryantha, INP**, Jamilah, I. Munfarida, R.M. Angraeni & A. Oktari, 2009, Sel bahan bakar menggunakan bakteri litotrof (*Patent* Pending No. P00200900)
4. **Aryantha, INP**, D.P. Lestari & N. Puri, 2011, Proses produksi paket mikroba penghasil fitohormon dan paket mikroba yang dihasilkan dengan proses tersebut (*Patent* Granted ID : P0027424 B)
5. **Aryantha, INP** & Waluyajati, R, 2017, Metode produksi senyawa anti kolesterol Lovastatin dengan kultur biomassa jamur Tiram (*Pleurotus ostreatus*) (*Patent* Granted IDP : 000044661 B)

6. **Aryantha, INP.**, 2018, Ekstraksi non-kimiawi kultur biomasa miselium jamur *Ganoderma tropicum* untuk pembuatan minuman kesehatan (*Patent granted ID P000049101*).

VI. PENULISAN BUKU DAN BAB DALAM BUKU

1. Sukrasno, **INP. Aryantha**, N.R. Nganro, 1998, Prosiding Seminar Tantangan Dan Prospek Hayati Dalam Meningkatkan Ketahanan Ekonomi Nasional, 30 Juni & 1 Juli 1998 by Institut Teknologi Bandung, ISBN 9798591836 (979-8591-83-6)
2. **Aryantha, INP.** & R. Basuki, 2000, Teknologi budidaya jamur, KPP Ilmu Hayati ITB, Bandung
3. **Aryantha, INP.** 2001, Dasar-dasar pembibitan jamur, KPP Ilmu Hayati ITB, Bandung
4. **Aryantha, INP.** 2006, Protein mikoseluler, Program Hibah Kompetensi DIKTI
5. **Aryantha, INP.** 2010, Inovasi Pengelolaan Mikroba (Chapter dalam buku EKONOMI INOVASI Ed: D. Wiancoko, S. H. Supangkat, INP. Aryantha), Lembaga Pengembangan Inovasi dan Kewirausahaan ITB

VII. PENGHARGAAN

1. Lisensi Teknologi Award oleh rektor ITB, 2001
2. Adikhara Rekayasa Award : Persatuan Insinyur Indonesia 2003
3. AFEO Award : Asean Federation of Engineering Organization 2003
4. Satya Lencana 10 Tahun Republik Indonesia 2004

5. Penghargaan Dosen Berprestasi Pengabdian Masyarakat ITB 2012
6. Satya Lencana 20 tahun Republik Indonesia 2013
7. Asahi Glass Foundation Research Awards 2015

