

ORASI ILMIAH GURU BESAR

**MIKROBIOM MANUSIA DAN PANGAN
FERMENTASI:
ANALISIS METAGENOM DAN
NUTRIGENOMIK TEMPE INDONESIA**

ORASI ILMIAH

**Guru Besar Tetap
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

Prof Ir Antonius Suwanto, MSc, PhD

**AUDITORIUM REKTORAT,
GEDUNG ANDI HAKIM NASOETION
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
3 Mei 2014**



Ucapan Selamat Datang

Yang terhormat

Rektor IPB

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat IPB

Ketua dan Anggota Senat Akademik IPB

Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar IPB

Para Wakil Rektor, Dekan dan Pejabat Struktural di IPB

Para Pejabat Negara

Para Dosen, Tenaga Kependidikan, Mahasiswa dan Alumni

Keluarga dan para undangan yang saya hormati.

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua.

Puji dan syukur kami persembahkan ke hadirat Yang Maha Kasih sehingga kita semua dapat berkumpul untuk mengikuti orasi ilmiah ini.

Kami telah memulai penelitian tentang rekayasa genetika dan analisis komunitas bakteri sejak lebih dari 20 tahun yang lalu. Objek penelitian meliputi bakteri fotosintetik anoksigenik, bioprospeksi enzim, interaksi patogen tanaman atau hewan, dan pangan fermentasi tradisional Indonesia (tempe dan *nata de coco*).

Sejumlah publikasi ilmiah dan paten telah dihasilkan dari penelitian ini. Meskipun demikian, hasil yang paling membanggakan bagi saya adalah terbentuknya generasi muda yang kritis dan adaptif terhadap perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, khususnya mikrobiologi dan bioteknologi, untuk Indonesia yang lebih sejahtera dan menghargai keragaman.

Presentasi ini merupakan rangkuman hasil penelitian kami tentang tempe yang sebagian telah dipublikasi atau diseminarkan pada sejumlah pertemuan ilmiah baik nasional maupun internasional. Perkenalkanlah saya sebagai guru besar pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor, menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**Mikrobiom Manusia dan Pangan Fermentasi:
Analisis Metagenom dan Nutrigenomik Tempe
Indonesia**

Semoga bermanfaat.



Prof Ir Antonius Suwanto, MSc, PhD



Daftar Isi

Bhinneka Tunggal Ika Tubuh Manusia	1
Mikrobiom Manusia: Teman dan Pelindung Sepanjang Hayat ..	2
Jasad Renik dalam Makanan	4
Mikrobiom Tempe Indonesia	5
Tempe sebagai Paraprobiotik atau Vaksin Oral	12
Bangga sebagai Bangsa Tempe	16
Daftar Pustaka.....	17
Ucapan Terima Kasih	21
Antonius Suwanto dan keluarga	23
Riwayat Hidup.....	25



Daftar Gambar

- 1 Genus bakteri dominan yang ditemukan pada tempe melalui analisis ARDRA.....7
- 2 Pohon filogenetika *Klebsiella pneumoniae* yang dipeoleh dari profil ERIC-PCR isolat tempe. Isolat FK dan tiga 3 isolat ATCC ialah isolat medis 11
- 3 Profil *bacterial-amplified ribosomal intergenic spacer analysis* (B-ARISA) dari *intergenic spacer* yang diamplifikasi dari DNA hasil ekstraksi yang berasal dari beberapa pengrajin tempe di Bogor dan Malang..... 12
- 4 Nilai relatif ekspresi mRNA IgA pada usus tikus yang pakannya disuplementasi dengan tempe EMP dan WJB (kukus dan mentah) relatif terhadap kedelai rebus yang belum diinokulasi sebagai kontrol (*non fermented soybean*) 15



Bhinneka Tunggal Ika Tubuh Manusia

Tubuh manusia terdiri atas sejumlah organ seperti: kulit, otot, darah, tulang, jantung, hati, otak, dan mata yang masing-masing tersusun dari sel dengan morfologi dan fungsi yang berbeda. Secara keseluruhan, seorang individu manusia dewasa terdiri atas sekitar 10 triliun sel atau 10^{13} sel (Bianconi *et al.* 2013). “Masyarakat” sel yang jumlahnya milyaran kali lebih besar daripada penduduk bumi, dengan bentuk dan fungsi yang beraneka ragam itu bekerja sama secara harmonis membentuk tubuh manusia yang bugar. Tidak ada sel yang lebih superior atau inferior, semua jenis sel tersebut dibutuhkan dan berperan sama pentingnya untuk menghasilkan individu manusia yang utuh. Jadi, tubuh manusia adalah bentuk ekspresif “Bhinneka Tunggal Ika” yang sangat alamiah.

Individu manusia yang multiseluler tersebut juga mewadahi beraneka ragam jasad renik atau mikroorganisme. Sel-sel manusia selain berinteraksi antarsesama sel dari jaringan yang sama atau dengan sel dari jaringan yang berbeda, juga berinteraksi seumur hidup dengan mikroorganisme. Seluruh mikroorganisme yang hidup bersama dan merupakan bagian integral dari tubuh manusia disebut sebagai mikrobiom manusia. Berikut ini akan diberikan ulasan singkat tentang asal mikrobiom manusia dan bagaimana pangan fermentasi (dalam hal ini tempe) dapat menjadi faktor penting dalam memodulasi mikrobiom, yang pada gilirannya akan menentukan tingkat kebugaran seorang individu manusia.

Mikrobiom Manusia: Teman dan Pelindung Sepanjang Hayat

Bayi dalam kandungan pada dasarnya steril, alias tidak mengandung sel bakteri atau mikroorganisme lain. Pada waktu bayi dilahirkan melalui vagina maka sang ibu memberikan “hadiah pertama” yang sangat penting bagi kelangsungan hidup bayinya, yaitu “inokulum” berupa sejumlah mikroorganisme dari daerah vagina dan anus. Mikroorganisme ini nantinya akan berperan penting dalam perkembangan anatomi, fisiologi, imunitas, sensitivitas terhadap alergi, intelegensia, dan bahkan tingkah laku sang bayi (Macfarlane dan Cummings 1999; Delcenserie *et al.* 2008; Ley 2010; Spor *et al.* 2011; Johnson dan Versalovic 2012; Maynard *et al.* 2012). Mikroorganisme yang pada umumnya terdiri atas prokariota (*Bacteria* dan *Archaea*) tersebut akan menjadi bagian integral dari tubuh manusia, mulai dari mulut sampai dubur, seluruh permukaan kulit, saluran pernapasan, mata, telinga, termasuk juga saluran reproduksi. Seluruh mikroorganisme penghuni tubuh manusia (mikrobiom manusia) akan selalu setia menemani manusia mulai dari saat lahir sampai akhir hayatnya.

Bagaimana dengan bayi yang lahir tidak melalui vagina? Tentu saja hadiah pertamanya tidak akan diperoleh dari ibunya, tetapi dari sarung tangan dokter, perawat, atau lingkungan rumah bersalin itu sendiri. Itu sebabnya banyak laporan yang menunjukkan adanya perbedaan mikrobiota antara bayi yang dilahirkan secara alami melalui vagina dan yang melalui operasi Caesarean. Perbedaan ini juga akan berpengaruh pada mikrobiom manusia, yang pada gilirannya akan memberikan pengaruh pada fenotipenya (perkembangan anatomi, fisiologi, kognisi, sampai tingkah laku atau interaksi sosial).

Penelitian mikrobiom yang komprehensif baru dimungkinkan dengan adanya perkembangan dalam teknik biologi molekuler, khususnya *whole genome sequencing* dan analisis bioinformatika. Mikrobiom yang hidup pada individu manusia diperkirakan jumlahnya sekitar 10^{14} sel. Dengan demikian, sel prokariota yang menjadi bagian individu manusia itu jumlahnya 10 kali lebih banyak daripada sel eukariota manusia itu sendiri. Manusia tidak dapat hidup tanpa kehadiran pasangannya yang prokariota. Mikrobiota normal yang hidup pada kulit dan saluran pencernaan manusia merupakan faktor penentu kesehatan kulit (jerawat, sensitivitas terhadap alergi) dan pencernaan (respons imunitas, diare, konstipasi, kanker, dan aspek psikologi) (Macfarlane dan Cummings 1999; Delcenserie *et al.* 2008; Maynard *et al.* 2012). Komposisi komunitas mikrobiota usus besar manusia juga dapat menjadi faktor penentu kegemukan (obesitas) pada manusia (Ley 2010). Penelitian pada lalat buah menunjukkan bahwa komunitas mikrobiota dalam sistem pencernaannya dapat mempengaruhi perilaku preferensi seks pada serangga ini (Sharon *et al.* 2010).

Penelitian tentang mikrobiom manusia yang berlangsung sangat pesat mulai sekitar 20 tahunan ini menunjukkan bahwa keberadaan bakteri sangat penting untuk kebugaran manusia. Kenyataan ini memberikan implikasi bahwa mikroorganisme itu pada umumnya sangat berguna (“baik”) dan mungkin hanya sebagian kecil saja yang dikategorikan sebagai bakteri “jahat” atau sebagai agens penyebab sakit pada manusia.

Selain dari inokulasi awal saat bayi baru lahir, introduksi mikroorganisme dapat berlangsung sepanjang waktu atau dalam periode hidup manusia, antara lain melalui makanan dan minuman, interaksi sosial dan lingkungan. Sejumlah penelitian menunjukkan

bahwa pemberian air susu ibu (ASI) akan memberikan kontribusi mikroorganisme melalui mikrobiota normal dari puting susu ibu atau kulit di sekitarnya yang berbeda dengan mikrobiota pada dot botol susu bayi yang terbuat dari karet atau plastik (Johnson dan Versalovic 2012). Penelitian dari Finlandia menunjukkan bahwa individu yang banyak bermain di luar rumah dan berinteraksi dengan tanaman (*outdoor*) lebih jarang menderita penyakit asma atau alergi daripada yang lebih sering tinggal di dalam rumah (*indoor*). Aktivitas seperti berkebun dan membuka jendela rumah merupakan kebiasaan baik yang dapat memodulasi mikrobiota manusia untuk mencegah asma atau alergi (Hanski *et al.* 2012).

Jasad Renik dalam Makanan

Pangan fermentasi merupakan bahan pangan yang unik. Pangan ini tidak hanya “mempekerjakan” jasad renik, atau berbagi energi dan sumber karbon dalam proses pembuatannya, tetapi dalam banyak hal juga menghadirkan triliunan sel mikroorganisme secara khusus (baik hidup ataupun mati) untuk disantap. Tempe, tape, roti, *nata de coco*, keju, dan *wine* merupakan contoh makanan fermentasi yang sudah sangat dikenal di Indonesia. Meskipun demikian ada banyak sekali makanan khas Indonesia yang menggunakan mikroorganisme yang kurang dipelajari, antara lain: acar, asinan, bekasam, bika ambon, ikan asin, kue mangkok, perut ayam, serabi, telur asin, tempoyak, dan terasi. Dalam makanan atau minuman tersebut sel mikroorganisme telah dipisahkan (contohnya bir dan *wine*) atau dikonsumsi dalam kondisi sudah mati (contohnya bika ambon, roti, tempe). Berbeda dengan produk fermentasi seperti tape (ketan atau singkong) dan yogurt, pada umumnya makanan

tersebut masih mengandung mikroorganisme dalam kondisi hidup (*viable*).

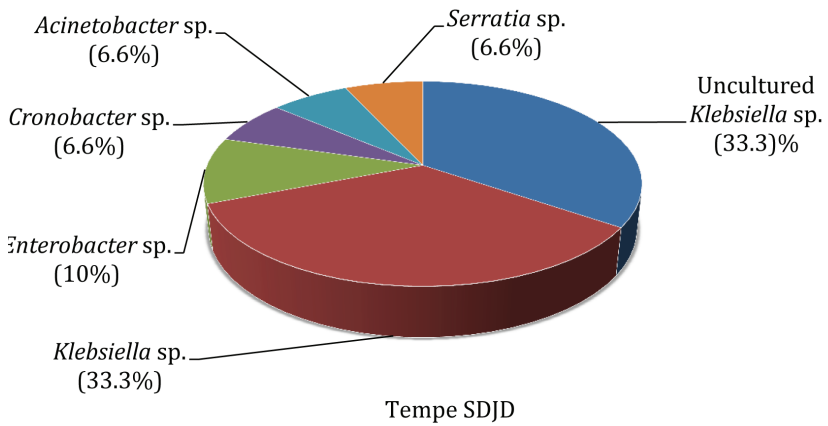
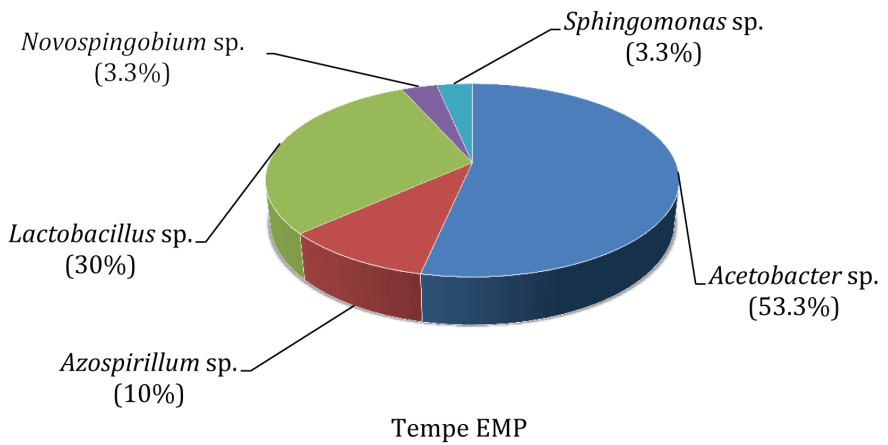
Makanan fermentasi sudah ada hampir setara sejarah peradaban manusia itu sendiri. Pada dasarnya semua bangsa atau etnis di dunia ini mengenal makanan atau minuman fermentasi yang khas sesuai dengan lingkup geografi atau budayanya.

Mikrobiom Tempe Indonesia

Hampir semua pangan fermentasi berbasis kacang kedelai berasal dari Cina. Hal tersebut mungkin tidak terlalu mengherankan karena kedelai diperkirakan berasal dari Cina atau Cina merupakan *botanical home* untuk kedelai (*Glycine max*). Tempe yang seringkali ditulis tempeh dalam bahasa Inggris—untuk membedakannya dengan Kota Tempe di Arizona dalam kata kunci pencarian di Internet—merupakan pangan fermentasi kedelai yang berasal dari Indonesia. Tempe yang diperkirakan berasal dari Jawa, telah menjadi salah satu pangan fermentasi kedelai yang paling dikenal di dunia (Shurtleff dan Aoyagi 2007). Tempe juga menjadi sumber protein dan vitamin B12 yang diandalkan oleh para vegetarian (Astuti *et al.* 2000; Babu *et al.* 2009).

Meskipun kapang *Rhizopus* spp. merupakan pemain utama dalam fermentasi tempe, pada kenyataannya tempe—khususnya tempe Indonesia—mengandung berbagai jenis bakteri, khamir, dan kapang yang total populasinya paling sedikit mencapai 10^7 - 10^9 per gram tempe (Mulyowidarso *et al.* 1989; Okada 1989; Barus *et al.* 2008; Sabron 2013).

Analisis metagenom menggunakan teknik *terminal restriction fragment length polymorphism* (T-RFLP), *amplified ribosomal DNA restriction analysis* (ARDRA) dan *next generation sequencing* (NGS) menunjukkan bahwa tempe Indonesia mengandung komunitas bakteri, termasuk bakteri asam laktat dan khamir yang sangat beragam (Barus *et al.* 2008; Seumahu *et al.* 2012b, 2013; Sabron 2013; Suwanto 2013; Suwanto *et al.* 2013). Gambar 1 menunjukkan genus *Bacteria* yang paling dominan yang ditemukan pada tempe EMP dan SDJD melalui analisis ARDRA (Suwanto 2013; Suwanto *et al.* 2013).



Gambar 1 Genus bakteri dominan yang ditemukan pada tempe melalui analisis ARDRA

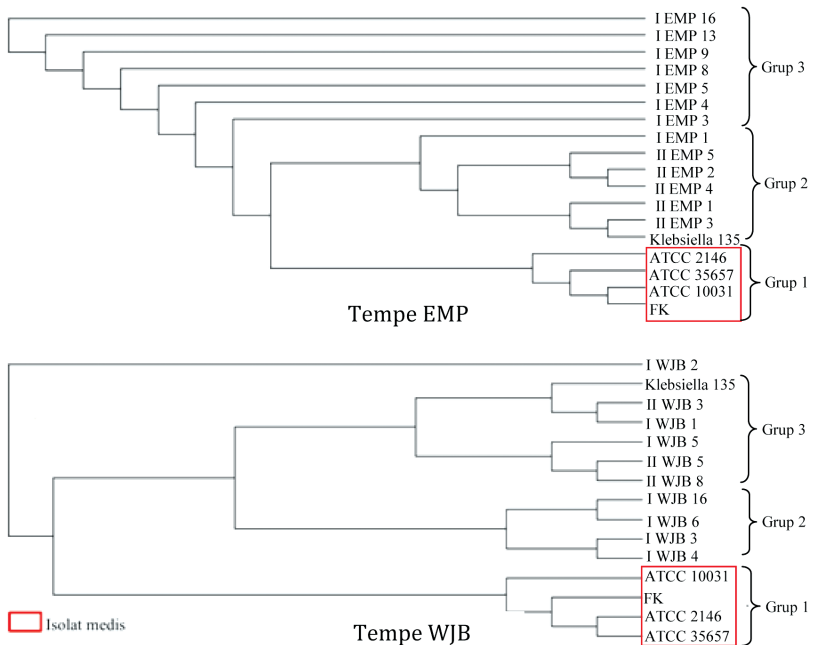
Mikroorganisme pada tempe selain berkontribusi pada nilai gizi tempe (kandungan vitamin B12, *protein and mineral bioavailability, antioxidant and antibiotic properties*) (De Reu *et al.* 1994; Keuth dan Bisping 1994; Baumann dan Bisping 1995; Ruiz-Teran dan Owen 1996; Klus dan Barz 1998) juga dapat memberikan kontribusi melalui triliunan mikroorganisme yang dikonsumsi oleh manusia. Mikroorganisme yang berasosiasi dengan tempe ini mungkin dapat berfungsi sebagai antigen untuk menginduksi sejumlah sistem imun yang berguna untuk memberikan kekebalan atau imunitas pada manusia yang memakannya (Traverniti dan Guglielmetti 2011). Pada gilirannya, biosintesis sistem imun membutuhkan banyak energi sehingga dapat menjadi saluran *energy expenditure* bagi individu yang kelebihan kalori atau kegemukan. Apakah konsumsi tempe memungkinkan orang desa di Jawa lebih tahan terhadap infeksi dan relatif tidak banyak yang kegemukan (*obese*) dibandingkan dengan orang yang konsumsi makanannya “lebih bersih”? Untuk dapat menjawab pertanyaan semacam itu diperlukan penelitian yang serius dan dukungan dari semua lapisan masyarakat Indonesia yang merasa berdaulat terhadap tempe.

Penelitian kami mengenai komunitas mikroorganisme pada tempe menggunakan teknik mikrobiologi konvensional, ARDRA, dan NGS menunjukkan bahwa tempe Indonesia mengandung ratusan jenis mikroorganisme (bakteri, khamir, kapang) dengan populasi bakteri minimal sekitar 10^9 sel per gram tempe (Barus *et al.* 2008; Seumahu 2012a; Sabron 2013). Pada contoh tempe yang dianalisis (tempe EMP dan WJB), bakteri yang dominan pada tempe adalah kelompok *Firmicutes* dan *Proteobacteria*. *Firmicutes*, yang melingkupi semua famili bakteri asam laktat (BAL), selalu terdapat pada kedua contoh tempe; sementara kelompok *Proteobacteria* yang dominan

(*Klebsiella* atau *Acetobacter*) bergantung pada jenis tempe, pengrajin, atau cara pembuatannya (Seumahu 2013; Suwanto *et al.* 2013). *Proteobacteria*, yang melingkupi famili *Enterobacteriaceae*, pada tempe didominasi oleh kelompok *Klebsiella* sp. terkultur (*culturable*) maupun yang yang tidak terkultur (*uncultured Klebsiella* sp.). Galur *Klebsiella pneumonia* telah dilaporkan oleh peneliti sebelumnya (Keuth dan Bisping 1994; Shurtleff dan Aoyagi 2007) karena kehadirannya yang berasosiasi dengan adanya vitamin B12 pada tempe dan yang menjadikan tempe sebagai satu-satunya makanan nabati yang secara alami mengandung vitamin B12. Vitamin B12 merupakan vitamin yang struktur kimianya paling kompleks dan membutuhkan sekitar 30 macam enzim untuk mensintesisnya (Rodionov *et al.* 2003). Vitamin ini sangat penting untuk berbagai tahap dalam metabolisme, termasuk dalam sintesis DNA dan sistem syaraf. Meskipun demikian, manusia, hewan, dan tanaman tidak dapat membentuk vitamin B12 secara *de novo*. Biosintesis vitamin B12 hanya dapat terjadi pada sekelompok *Bacteria* atau *Archaea*.

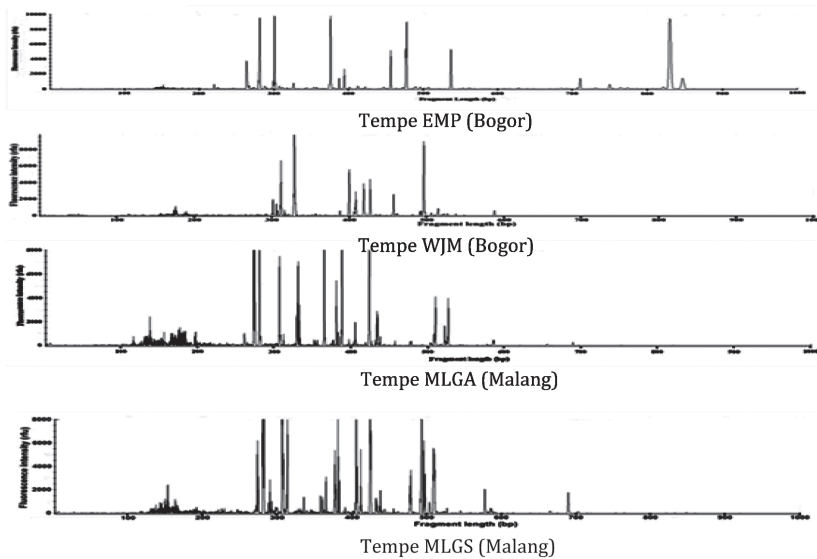
Mengapa sejumlah bakteri pada tempe menghasilkan vitamin B12? Apakah ini terkait dengan simbiosis mutualisme dengan *Rhizopus* spp. yang tidak dapat menghasilkan vitamin B12, tetapi sangat membutuhkan vitamin tersebut untuk pertumbuhannya dalam pembentukan tempe yang bagus? Apakah orang vegetarian atau vegan dapat mengandalkan tempe sebagai sumber asupan vitamin B12? Lagi-lagi, perlu banyak sekali penelitian untuk dapat menjawab pertanyaan tersebut. Penelitian kami juga menunjukkan bahwa secara genetika isolat-isolat *Klebsiella pneumoniae* asal tempe Indonesia berbeda dan berada pada kelompok yang terpisah dari *Klebsiella pneumonia* patogen pada manusia (Gambar 2) (Barus *et al.* 2013; Ayu 2014).

Analisis komunitas mikroorganisme berbasis RNA ribosom (rRNA) seperti T-RFLP dan *amplified ribosomal intergenic spacer analysis* (ARISA) dapat memberikan profil sidik jari komunitas mikroorganisme yang terdapat pada tempe (Gambar 3). Profil tersebut dapat digunakan sebagai penanda molekuler atau *DNA barcodes* unik yang menunjukkan ciri tempe tertentu (Seumahu *et al.* 2012a). Indonesia, sebagai negara asal tempe, memiliki kekayaan ragam tempe luar biasa. Keragaman ini seharusnya dapat dipelihara melalui pengawetan atau konservasi berbagai macam laru tempe dan cara pembuatannya, bahkan akan sangat berguna bila Indonesia mempunyai museum tempe. Keutamaan dalam riset dan konservasi diharapkan dapat membawa Indonesia menjadi referensi utama dunia tentang tempe, antara lain dalam menentukan standar kualitas tempe. Bukan sebaliknya.



Gambar 2 Pohon filogenetika *Klebsiella pneumoniae* yang diperoleh dari profil ERIC-PCR isolat tempe. Isolat FK dan tiga isolat ATCC ialah isolat medis

Acetobacter merupakan kelompok bakteri aerob yang biasanya menghasilkan asam cuka sebagai salah satu produk metabolismenya. Bakteri ini seringkali berasosiasi dengan tanaman dan mungkin berasosiasi dengan kedelai atau kacang-kacangan yang menjadi bahan dasar tempe. Apakah bakteri ini merupakan penyebab rasa asam pada sejumlah tempe? Apa peran bakteri tersebut dan mungkinkah melakukan rekayasa atau manajemen mikroorganismenya sehingga dapat diperoleh tempe yang konsisten dengan kualitas tertentu?



Gambar 3 Profil *bacterial-amplified ribosomal intergenic spacer analysis* (B-ARISA) dari *intergenic spacer* yang diamplifikasi dari DNA hasil ekstraksi yang berasal dari beberapa pengrajin tempe di Bogor dan Malang

Tempe sebagai Paraprobiotik atau Vaksin Oral

Bila kita makan tempe perlu diingat bahwa yang kita makan bukan hanya kedelai, tetapi juga miselium *Rhizopus*, beserta triliunan berbagai jenis khamir dan prokariota yang tertelan bersama dalam sepotong tempe goreng. Sel atau komponennya (seperti peptidoglikan dan protein penyusun membran luar) yang sangat beragam tersebut dapat menjadi sumber antigen yang ampuh. Komponen-komponen tersebut bila dipresentasikan di dalam usus kita akan membentuk

sejumlah antibodi yang pada gilirannya dapat meningkatkan kekebalan tubuh manusia yang mengonsumsinya. Sel bakteri yang sudah mati itu dapat disebut sebagai para-probiotik (Traverniti dan Guglielmetti 2011). Oleh karena itu, tempe dapat berfungsi sebagai paraprobiotik atau “vaksin oral” alamiah. Penelitian awal kami menunjukkan bahwa tikus yang diberi suplemen pakan tempe memberikan nilai IgA yang lebih tinggi daripada kontrol, yaitu tikus yang hanya diberi suplemen kedelai rebus yang belum difermentasi (Soka 2014). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa mikrobiota pada tempe (dalam hal ini tempe EMP dan WJB) berperan dalam meningkatkan sistem kekebalan melalui peningkatan IgA pada usus halus dan usus besar (Gambar 4).

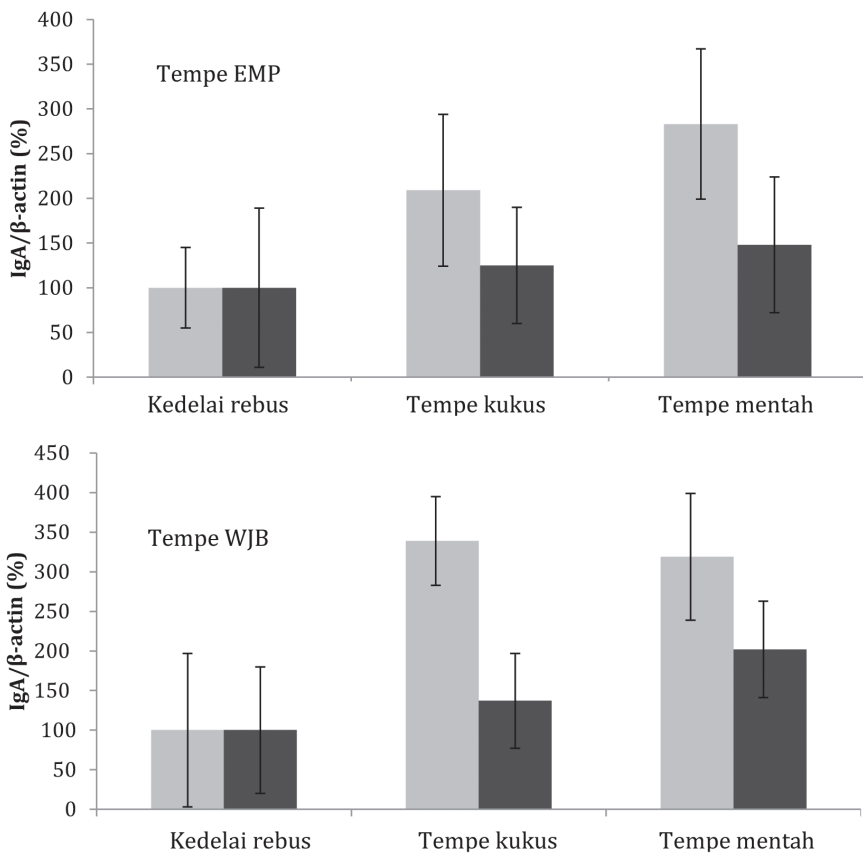
Yang menarik ialah bahwa tempe kukus atau tempe mentah memberikan efek yang hampir sama dalam meningkatkan nilai IgA. Meskipun demikian, setiap jenis tempe memberikan respons peningkatan nilai IgA yang berbeda. Dengan demikian, sel-sel bakteri yang telah mati itu dapat menjadi faktor antigen penting yang memberi peran tempe sebagai agens imunomodulator atau sebagai vaksin oral.

Pemakaian antibiotik atau antibakteri seringkali merusak komunitas mikrobiom pada saluran pencernaan, kulit, atau bagian lainnya. Mikroorganisme yang “baik” tergantikan oleh yang patogen atau “jahat”. Oleh karena itu, konsep membasmi mikroorganisme tidak selalu berkonotasi positif. Awalnya mau membunuh bakteri patogen, tetapi malah seluruh mikrobiom (yang hampir semuanya bakteri “baik”) jadi berantakan dan mengancam kebugaran manusianya.

Dalam kasus tertentu, misalnya infeksi bakteri yang ganas atau dalam proses operasi bedah, memang diperlukan pemakaian antibiotik.

Namun, selama pasca operasi atau infeksi, sang pasien dapat diberi probiotik atau dalam beberapa kasus sulit bahkan diperlukan transplantasi feses dari orang yang sehat untuk mempercepat pemulihan “komunitas mikroorganisme yang baik” (Lawrence 2012). Dalam hal ini pemberian diet tempe Indonesia, dengan mikrobiomnya, mungkin dapat menjadi alternatif paraprobiotik yang alamiah dan murah.

Mikrobiom manusia dan tempe Indonesia juga mengungkapkan kenyataan bahwa hampir semua jasad renik itu mempunyai fungsi yang menguntungkan bagi manusia, hewan, tanaman, dan lingkungan. Oleh karena itu, usaha untuk membuat kehidupan normal selalu bebas bakteri, selain tidak mungkin juga bukan tindakan yang bijaksana. Itu sebabnya pada sejumlah hewan ada kebiasaan *coprophagy* (makan fesesnya sendiri) dan pada suku tertentu ada ritual khusus untuk memakan sejumput tanah (1 gram tanah yang subur dapat mengandung 10^{13} sel bakteri). Kata kunci untuk hidup bersama jasad renik bukanlah membasmi, tetapi saling mengasihi. *Let us be kind to our invisible but invincible friends!*



Gambar 4 Nilai relatif ekspresi mRNA IgA pada usus tikus (■ usus halus dan ■ usus besar) yang pakannya disuplementasi dengan tempe EMP dan WJB (kukus dan mentah) relatif terhadap kedelai rebus yang belum diinokulasi sebagai kontrol (*non fermented soybean*) (Soka 2014)

Bangga sebagai Bangsa Tempe

Paparan di atas hanyalah sekelumit pemandangan yang dapat kita intip dari kotak “Harta Karun” tempe yang masih penuh misteri. Penelitian yang lebih mendalam memungkinkan kita untuk melakukan rekayasa komunitas mikroorganisme sehingga tempe dapat menjadi sumber vitamin B12 nabati, antioksidan, prebiotik, paraprobiotik, atau probiotik yang konsisten dalam bentuk pangan yang *trendy* dan disukai.

Keunikan individu manusia merupakan produk interaksi antara genetika dan lingkungan (*nature and nurture*). Makanan merupakan faktor lingkungan penting karena dapat memodulasi epigenom dan mikrobiom manusia. Tempe merupakan makanan unik asal Indonesia yang dapat memberikan efek probiotik dan prebiotik sekaligus. Kita dapat lebih menggali dan memanfaatkan nilai positif tempe dengan mempelajarinya dengan lebih dalam dengan memanfaatkan perkembangan dalam biologi molekuler dan bioteknologi.

Melalui studi lintas disiplin seperti rekayasa mikrobiom dan nutrigenomik, diharapkan apresiasi masyarakat akan tempe dan pangan fermentasi lainnya dapat ditingkatkan, yang pada gilirannya akan meningkatkan rasa bangga sebagai bangsa tempe. Peningkatan citra tempe dan makanan fermentasi Indonesia bukan hanya sebagai bagian dari ketahanan pangan, tetapi juga untuk kemandirian dan kedaulatan.

Hanya tempe Indonesia yang punya ragam potensi nutrigenomik sebagai konsekuensi dari biodiversitas komunitas mikroorganismenya yang luar biasa. *Let us transform the lowly Indonesian tempeh into global nutraceuticals.*

Daftar Pustaka

- Astuti M, Meliala A, Dalasis FS, Wahlqvist ML. 2000. Tempe, a nutrition and healthy food from Indonesia [review article]. *Asia Pacific J Clin Nutr.* 9:322–325.
- Ayu E. 2014. *Klebsiella pneumoniae* from Indonesian tempeh were genetically different from that of pathogenic isolates [tesis]. Jakarta (ID): Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya.
- Babu PD, Bhakyaraj R, Vidyalakshmi R. 2009. A low cost nutritional food “tempe” - a review. *World J Dairy Food Sci.* 4:22–27.
- Barus T, Hanjaya I, Sadeli J, Lay BW, Suwanto A, Yulandi A. 2013. Genetic diversity of *Klebsiella* spp. isolated from tempe based on enterobacterial repetitive intergenic consensus – polymerase chain reaction (ERIC-PCR). *Hayati J BioSci.* 20:171–176.
- Barus T, Suwanto A, Wahyudi AT, Wijaya H. 2008. Role of bacteria in tempe bitter taste formation; microbiological and molecular biological analysis based on 16S rRNA gene. *Microbiol Indones.* 2:17-21.
- Baumann U, Bisping B. 1995. Proteolysis during tempe fermentation. *Food Microbiol.* 12:39–47.
- Bianconi E, Piovesan A, Facchin F, Beraudi A, Casadei R, Frabetti F, Vitale L, Pelleri MC, Tassani S, Piva F, Perez-Amodio S, Strippoli P, Canaider S. 2013. An estimation of the number of cells in the human body. *Ann Hum Biol.* 40:463–471.
- De Reu JC, Ramdaras D, Rambouts FM, Nout MJR. 1994. Changes in soya bean lipids during tempe fermentation. *Food Chem.* 50:171–175.

- Delcenserie V, Martel D, Lamoureux M, Amiot J, Boutin Y, Roy D. 2008. Immunomodulatory effects of probiotics in the intestinal tract. *Curr Issues Mol Biol.* 10:37–54
- Hanski I, von Hertzen L, Fyhrquist N, Koskinen K, Torppa K, Laatikainen T, Karisola P. 2012. Environmental biodiversity, human microbiota, and allergy are interrelated. *PNAS.* 109:8334–8339.
- Johnson CL, Versalovic J. 2012. The human microbiome and its potential importance to pediatrics. *Pediatrics.* 129:950–960.
- Keuth S, Bisping B. 1994. Vitamin B12 production by *Citrobacter freundii* or *Klebsiella pneumonia* during tempeh fermentation and proof of enterotoxin absence by PCR. *Appl Environ Microbiol.* 60:1495–1499.
- Klus K, Barz W. 1998. Formation of polyhydroxylated isoflavones from the isoflavones genistein and biochanin A by bacteria isolated from tempe. *Phytochemistry.* 47:1045–1048.
- Lawrence JB. 2012. Fecal transplantation for the treatment of *Clostridium difficile* infection. *Gastroenterol Hepatol (NY).* 8:191–194.
- Ley RE. 2010. Obesity and the human microbiome. *Curr Opinion Gastroenterol.* 26:5–11.
- Macfarlane GT, Cummings JH. 1999. Probiotics and prebiotics: can regulating the activities of intestinal bacterial benefit health. *Br Med J.* 318:999-1003.
- Maynard CL, Elson CO, Hatton RD, Weaver CT. 2012. Reciprocal interactions of the intestinal microbiota and immune system. *Nature.* 489:231–241.

- Mulyowidarso RK, Fleet GH, Buckle KA. 1989. The microbial ecology of soybean soaking for tempe production. *Int J Food Microbiol.* 8:35–46.
- Okada N. 1989. Role of microorganisms in tempeh manufacture. *JARQ.* 22:310-316.
- Rodionov DA, Vitreschak AG, Mironov AA, Gelfand MS. 2003. Comparative genomics of the vitamin B12 metabolism and regulation in prokaryotes. *J Biol Chem.* 278:41148–41159.
- Ruiz-Teran F, Owen JD. 1996. Chemical and enzymatic changes during the fermentation of bacteria-free soya bean tempe. *J Sci Food Agric.* 71:523–530.
- Sabron E. 2013. *Dinamika populasi dan keragaman bakteri asam laktat dan khamir selama produksi tempe [disertasi].* Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Seumahu C, Barus T, Suwanto A. 2012a. Metagenome analysis revealed the power of bacterial community as a signature of tempeh quality. *International Scientific Conference on Probiotics and Prebiotics; 2012 Jun 12–14; [presentasi].* Kosice (SK): <http://www.probiotic-conference.net/>
- Seumahu CA, Suwanto A, Rusmana I, Solihin DD. 2012b. Comparison of DNA extraction methods for microbial community analysis in Indonesian tempe employing amplified ribosomal intergenic spacer analysis. *Hayati J Biosci.* 19:93–98.
- Seumahu CA, Suwanto A, Rusmana I, Solihin DD. 2013. Bacterial and fungal communities in tempeh as reveal by amplified ribosomal intergenic sequence analysis. *Hayati J Biosci.* 20:65–71.

- Sharon G, Segal D, Ringo JM, Hefetz A, Zilber-Rosenberg I, Rosenberg E. 2010. Commensal bacteria play a role in mating preference of *Drosophila melanogaster*. PNAS. 107:20051–20056.
- Shurtleff W, Aoyagi A. 2007. History of tempeh. History of soybeans and soyfoods: 1100 BC to the 1980. Lafayette, (US): Soyinfo Center.
- Soka S. 2014. Effects of tempeh consumption on IgA presentation in rat intestines. [buram untuk disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Spor A, Koren O, Ley R. 2011. Unravelling the effects of the environment and host genotype on the gut microbiome. Nat Rev Microbiol. 9:279–290.
- Suwanto A. 2013. Metagenomic studies on Indonesian tempeh employing semiconductor DNA sequencing [presentasi YouTube]. San Diego (US): <http://youtu.be/Zfzx7xReHgA>.
- Suwanto A, Seumahu CA, Luo R. 2013. Metagenome analysis of Indonesian tempeh as revealed by next generation sequencing [poster]. American Society for Microbiology 113th general meeting; 2013 May 18–21. Denver (US): ASM.
- Traverniti V, Guglielmetti S. 2011. The immunomodulatory properties of probiotic microorganisms beyond their viability (ghost probiotics: proposal of paraprobiotic concepts). Genes Nutr. 6:261–274.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, Ketua dan Anggota Senat Akademik IPB, Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar IPB. Kepada Rektor IPB, Prof Herry Suhardiyanto dan jajaran Wakil Rektor IPB: Prof Yonny Koesmaryono, Prof Hermanto Siregar, Prof Anas M Fauzi dan Dr Arief Imam Suroso, atas terselenggaranya Orasi Ilmiah Guru Besar ini.

Terima kasih juga kami sampaikan kepada Kepala Bagian Mikrobiologi, Ketua Departemen Biologi dan Dekan FMIPA IPB serta Ketua dan Anggota Senat Akademik FMIPA IPB. Terima kasih kepada rekan-rekan dosen dan karyawan di Departemen Biologi, FMIPA, IPB atas dukungan dan kerja samanya selama ini. Kepada Direktorat Administrasi dan Kependidikan IPB, terima kasih untuk dukungan dalam persiapan acara orasi ilmiah ini.

Ucapan terima kasih dan penghargaan juga kami sampaikan kepada guru-guru kami dari SD sampai SMU, serta pembimbing kami Dr Ir Srikandi Fardiaz (almh) dan Prof Samuel Kaplan, PhD atas bimbingan dan dukungan selama kami menempuh pendidikan dasar sampai S3. Beliau-beliau ini telah berpengaruh sangat besar dalam kehidupan kami. *TO TEACH IS TO TOUCH A LIFE FOREVER*

Untuk seluruh mahasiswa bimbingan kami sejak tahun 1985 sampai sekarang yang tidak bisa kami sebutkan satu per satu, baik yang telah lulus maupun yang masih dalam bimbingan, kami sampaikan terima kasih dan penghargaan atas kerja sama, dukungan, serta kerja keras yang telah ditunjukkan selama ini. Semoga sukses selalu.

Terima kasih dan penghargaan kami untuk tim peneliti tempe: Dr Tati Barus, Dr Cecilia Anna Seumahu; Dr Efriwati Sabron; Susan Soka MSc; Eveline Ayu MSc; dan Cidy Alvin atas kerja sama, dukungan, serta kerja keras yang telah ditunjukkan selama berlangsungnya penelitian tentang tempe.

Ucapan terima kasih dan penghargaan secara khusus kami sampaikan kepada Prof Dr Andi Hakim Nasoetion (alm); Dr Muhammad Jusuf (alm); Prof Sediono MP Tjondronegoro; Dr Puspa Dewi Tjondronegoro (almh); Agustin Wydia Gunawan MS; Prof Dr FG Winarno; Tedja Imas MS; Prof Dr Sri Lestari Angka; Dr Budi Tjahjono; Prof Dr Sitanala Arsyad; Prof Dr Maggy T Suhartono; Prof Dr Siswadi; Prof Dr Alex Hartana; Dr Ence Darmo Djajasupena; dan Dr Ratna Siri Hadioetomo atas segala perhatian, dukungan, dan bantuannya dalam perjalanan karier kami.

Kepada Ibunda Theresia Sugiati, saya menghaturkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas dukungan, pengorbanan, doa, dan kasih sayang ibu sehingga saya berhasil meraih cita-cita menjadi pendidik.

Kepada adik-adik Ir AM Suwarno; Sr Theodora Suwarni SPM; dan Jayanto Ginon Warjoyo, SSn, MDs; terima kasih atas dukungan dan doanya selama ini.

Yang terakhir namun paling penting dalam hidup, istri saya Annita dan putra saya Harry, terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya atas dukungan, pengorbanan, doa, dan kasih sayang kalian dalam mendampingi saya selama ini.



Antonius Suwanto dan Keluarga



RIWAYAT HIDUP

IDENTITAS

Nama: Prof Ir Antonius Suwanto, MSc, PhD
Jabatan Fungsional: Guru besar, 1 November 2002
NIP: 19581130 198503 1 003
Kota, Tanggal Lahir: Jember, 30 November 1959
Nama Istri: Ir Annita F Chandrah
Nama Anak: Harry Chandra Suwanto, BA
Alamat Rumah: Jalan Seruni II no 25, Taman Yasmin,
Bogor 16112
Alamat Surat Elektronik: antoniussuwanto@gmail.com
Alamat Kantor: Departemen Biologi, FMIPA, IPB
Jalan Agatis
Gedung Fakultas Peternakan, Wing 1
Lt 4,
Kampus Darmaga, Bogor 16680
Nomor Telepon /Faks: 0251. 8622833
Mata Kuliah yang Diampu: Pengantar Bioteknologi
Rekayasa Genetika Mikrob
Bioteknologi Molekuler
Pengalaman Karier: Ekspresi Gen dan Pengendaliannya
Dekan Fakultas Teknobiologi,
Universitas Katolik Indonesia Atma
Jaya, Jakarta.
Tahun 2002-2009
Keanggotaan Profesi:
American Society for Microbiology (ASM), sejak 1987 (Ambassador
to Indonesia 2012 – 2015)
Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI), sejak 1992
(Pengurus Pusat dan Cabang Bogor)

Malaysian Society for Molecular Biology and Biotechnology (MSMBB), sejak 1993

Asia-Pacific International Molecular Biology Network (A-IMBN), sejak 1998

Akademi Ilmu Pengetahuan Indonesia (AIPI), sejak 2013

PENDIDIKAN

1979–1983. S1–Cum Laude, Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor (ID)

1987–1989. S2, Microbiology and Molecular Genetics, University of Illinois at Urbana-Champaign (US)

1989–1992. S3, Microbiology and Molecular Genetics, University of Illinois at Urbana-Champaign (US)

1992. Studi Pasca Doktoral bidang Genetika Bakteri, Dept. Microbiology and Molecular Genetics, UTHSC-Houston (US)

1994–1995. Studi Pasca Doktoral bidang Genetika Bakteri, Dept. Microbiology, National University of Singapore, Singapore (SG)

1994. Microbial Diversity Course. Marine Biological Laboratory, Woods Hole, Massachusetts (US)

1995–1997. Studi Pasca Doktoral bidang Genetika Molekuler, Dept. Microbiology and Molecular Genetics, UTHSC-Houston (US)

1998. Studi Pasca Doktoral bidang Ekologi Molekuler Mikroorganisme, School of Biosciences. Univ. Wales, Cardiff (UK)

PENELITIAN

- 1993–1996. Genetika molekular *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*: pemetaan fisik dan genetik genom. RUT (ID)
- 1994–1997. Biokondisioner untuk tambak udang di Indonesia. RUK (ID); IFS (SE)
- 1995–1998. Genetically engineered *Rhodobacter sphaeroides* for δ -aminolevulinic acid overproduction. Dikti (ID); Rockefeller Foundation (US)
- 1995–1999. Genetika molekular *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*: keragaman genetik isolat, deteksi dini, dan pengembangan biokontrol untuk penyakit bisul bakteri pada kedelai. URGE (ID); FEMS (UK)
- 1997–1999. Genetic diversity of ampicillin-resistant bacteria isolated from biawak (*Varanus* sp.). Ministry of Education (DE)
- 1998–1999. Study on the antibiotic resistance of *Vibrio harveyi*. National University of Singapore (SG)
- 1999–2001. Exploration of the Indonesian hyperthermophiles: screening of novel hydrolytic enzymes and construction of environmental DNA libraries. URGE (ID); SEAMEO-Biotrop (ID); Diversa Corp (US)
- 2009–2011. Bakteri penghasil vitamin B12 pada tempe. Dikti (ID)
2010. Optimasi ekstraksi DNA dari epitel mulut. Swasta (ID)
2010. Analisis komunitas mikrob pada fruktosfer kelapa sawit. Swasta (ID)
2010. Penapisan enzim hidrolitik untuk industri hilir kelapa sawit. Swasta (ID)

2010–2012. Analisis metagenom tempe. Dikti (ID)

2013. Pengembangan nutrigenomika tempe Indonesia: analisis metagenom bakteri penghasil vitamin B12 serta potensinya sebagai agen imunomodulator. Dikti (ID)

PUBLIKASI

Suwanto A, Kaplan S. 1989. Physical and genetic mapping of the *Rhodobacter sphaeroides* 2.4.1 genome: Genome size, fragment identification, and gene localization. *J Bacteriol.* 171:5840–5849.

Suwanto A, Kaplan S. 1989. Physical and genetic mapping of the *Rhodobacter sphaeroides* 2.4.1 genome: Presence of two unique circular chromosomes. *J Bacteriol.* 171:5850–5859.

Suwanto A, Kaplan S. 1992. Chromosome transfer in *Rhodobacter sphaeroides*: Hfr formation and genetic evidence for two unique circular chromosomes. *J Bacteriol.* 174:1146–1157.

Suwanto A, Kaplan S. 1992. A self-transmissible narrow host-range endogenous plasmid of *Rhodobacter sphaeroides* 2.4.1: physical structure, incompatibility determinant, origin of replication and transfer functions. *J Bacteriol.* 174:1135–1145.

Suwanto A. 1994. Pulsed-field gel electrophoresis: a revolution in microbial genetics. *Aspac J Mol Biol Biotechnol.* 2:40–46.

Suwanto A. 1994. Evolusi mikroba dan kaitannya dengan sistematik molekuler. *Hayati.* 1:26–31.

Suhartono MT, **Suwanto A**, Likumahua MY. 1994. Identification by pulsed-field gel electrophoresis of protease-producing bacteria isolated from tofu-waste. *Aspac J Mol Biol Biotechnol.* 2:193–199.

- Tjahjadi MR, Angka SL, **Suwanto A.** 1994. Isolation and evaluation of marine bacteria for biocontrol of luminous bacterial disease in tiger shrimp larvae (*Penaeus monodon*, Fab.). *Aspac J Mol Biol Biotechnol.* 2:347–352.
- Suwanto A.** 1995. Bacterial fingerprinting in the investigation of hospital infection. Di dalam: Ngeow YF, Hiramatsu K, editor. *Asean-Japan Seminar and Workshop on Hospital Infection.* Oct 30 – Nov 4. Kuala Lumpur (MY): Universiti Malaya.
- Suwanto A.** 1996. Penyakit sapi gila dan mekanisme infeksi oleh prion. *Hayati.* 3:64–67.
- Suwanto A,** Friska H, Sudirman I. 1996. Karakterisasi *Pseudomonas fluorescens* B29 dan B39: profil DNA genom, uji hipersensitivitas, dan asai senyawa bioaktif. *Hayati.* 3:15–20.
- Suwanto A,** Salyers A. 1997. Research and development of GMF's from microorganisms in Indonesia: the potential challenge. *Proceedings of the Seminar on Release and Biosafety of Genetically Modified Foods.* Sept 10–11. Jakarta (ID): The Indonesian Academy of Sciences.
- Wahyudi AT, **Suwanto A,** Imas T, Tjahjoleksono A. 1998. Evaluation of the survival of *Bradyrhizobium japonicum* in soil using molecular probes. *Aspac J Mol Biol Biotechnol.* 5:13–20.
- Suwanto A.** 1999. Genetically engineered *Rhodobacter sphaeroides* for the overproduction of δ -aminolevulinic acid. *Appl Microbiol Biotechnol.* 51:794–799.
- Widjaja R, **Suwanto A,** Tjahjono B. 1999. Genome size and macrorestriction map of *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* YR32 chromosome. *FEMS Microbiol Lett.* 175: 59–68.

- Rosana L, Suhartono MT, **Suwanto A**. 1999. Characterization of transposon-generated protease mutant of *Xanthomonas campestris* pathovar *glycine* 8ra. Enzyme activity, cloning, and mapping of flanking DNA. *Mol Biotechnol* 11:129–131.
- Desiliyarni T, **Suwanto A**, Suhartono MT, Purwadaria T. 1999. Genetic diversity analysis of thermophilic bacteria from Candradimuka Crater in Central Java employing PCR-RFLP of 16S-rRNA gene. *Biotropia*. 14:1–9.
- Haris N, **Suwanto A**. 1999. Isolation of environmental DNA from soil of oil-palm plantation and detection of prokaryotes employing dot blot hybridization. *Menara Perkebunan*. 67:23–31.
- Chaidamsari T, **Suwanto A**, Winata L, Santoso D. 1999. Transformasi dan ekspresi gen GUS pada beberapa jaringan tanaman kakao. *J Bioteknologi Pert.* 4:28–35.
- Budiani A, **Suwanto A**, Lay BW, Santoso D. 1999. Cloning of *cryIA* fragment encoding toxin domain using pGEM-T vector. *J Bioteknologi Pert.* 4:12–17.
- Suwanto A**. 2000. Tanaman transgenik: bagaimana kita menyikapinya? *Hayati*. 7:26–30.
- Suwanto A**. 2000. Produk transgenik dan risiko transfer gen pada mikroorganisme. *Hayati*. 7:56–60.
- Kwong S, Yeow CC, **Suwanto A**, Poh CL. 2000. Characterization of endogenous plasmid from *Pseudomonas alcaligenes* NCIB 9867: DNA sequence and mechanism of transfer. *J Bacteriol.* 182:81–90.

- Teo JWP, **Suwanto A**, Poh CL. 2000. Novel β -lactamase genes from two environmental isolates of *Vibrio harveyi*. *Antimicrob Agents Chemother.* 44:1309–1314.
- Rukayadi Y, **Suwanto A**, Tjahjono B, Harling R. 2000. Survival and epiphytic fitness analysis of non-pathogenic mutant of *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* YR32. *Appl Environ Microbiol.* 66:1183–1189.
- Widanarni, **Suwanto A**. 2000. Genetic diversity of ampicillin-resistant *Vibrio* isolated from various stages of tiger shrimp larvae development. *Biotropia.* 15:36–47.
- Aini N, **Suwanto A**. 2000. Presence of *hemA*-like and *hemT*-like genes in a number of anoxygenic photosynthetic bacterial isolates from Indonesia and soil samples from Bogor area. *Biotropia.* 15:26–35.
- Suryanto D, **Suwanto A**. 2000. Seleksi dan isolasi bakteri pengurai senyawa hidrokarbon aromatik. *J Mikrobiol Indones.* 5:39–42.
- Mangunwardoyo W, Suhartono MT, **Suwanto A**. 2000. Study on cloning of protease gene from *Xanthomonas campestris* into *Escherichia coli*. *I J Biotech.* 5:413–422.
- Dirnawan H, **Suwanto A**, Purwadaria T. 2000. Eksplorasi bakteri termofil penghasil enzim hidrolitik ekstresekuler dari sumber air panas Gunung Pancar. *Hayati.* 7:52–55.
- Nuranisa C, **Suwanto A**, Tjondronegoro PD. 2000. Isolasi dan penapisan bakteri permukaan buah untuk mempertahankan kesegaran cabai merah (*Capsicum annuum* ‘Hot Beauty’). *Hayati.* 7:61–65.

- Adijuwana S, **Suwanto A**, Tjondronegoro PD, Rukayadi Y. 2000. Isolasi dan penapisan bakteri filofser jagung dan singkong yang dapat menekan pertumbuhan *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*. Hayati. 7:75–79.
- Susilowati DN, Saraswati R, **Suwanto A**, Tjahjoleksono A. 2000. Skisotipe bakteri bintil akar kedelai berdasarkan analisis pulsed-field gel electrophoresis (PFGE). J Bioteknol Pert. 5:70–76.
- Mubarik NR, **Suwanto A**, Suhartono MT. 2000. Isolasi dan karakterisasi protease ekstraseluler dari isolat bakteri termofilik ekstrim. Di dalam: Suwahyono U *et al.*, editor. Prosiding Seminar Nasional Industri Enzim dan Bioteknologi II. Jakarta (ID): Direktorat Teknologi Industri, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi.
- Yogiara, **Suwanto A**, Erdelen W. 2001. Antibiotic resistance and genetic diversity of *Escherichia coli* isolated from Indonesian monitor lizards (*Varanus* spp.). J Mikrobiol Indones. 6:45–49.
- Suryanto D, **Suwanto A**, Meryandini A. 2001. Characterization of three benzoate degrading anoxygenic photosynthetic bacteria isolated from the environment. Biotropia. 17:9–17.
- Tan I, **Suwanto A**, Suhartono MT, Purwadaria T. 2001. Characterization of xylanase from a xylanolytic thermophilic bacterium isolated from Gunung Pancar hot spring, West Java. Biotropia. 17:1–8.
- Pratiwi E, **Suwanto A**, Gunarto L, Adijuwana H. 2001. Karakterisasi mutan biosintesis asam indola asetat pada *Azospirillum lipoferum* J21.4 yang dihasilkan dari mutagenesis transposon. Hayati. 8:18–22.

- Suaria IN, **Suwanto A**, Gunawan LW. 2001. Isolasi dan karakterisasi bakteri yang berasosiasi dengan kultur *Cymbidium* dan pengaruhnya pada kultur jaringan *Dendrobium* hibrida. Hayati. 8:35–38.
- Puspitasari E, **Suwanto A**, Malik A, Erdelen W. 2001. A novel integron in the genome of *Escherichia coli* isolated from Indonesian monitor lizard (*Varanus* spp.). Biotropia. 16:10–17.
- Suwanto A**. 2002. Effects of *hemB* antisense RNA on δ -aminolevulinic acid production in *Rhodobacter sphaeroides*. Hayati. 9:15-18.
- Kayode K. Ojo, Waturangi DE, Odelola HA, **Suwanto A**, Schwarz S. 2002. Identification of a cassette-borne *dfxA7*-like gene that shows a 97 bp extension at the 3'-end of the reading frame. J Antimicrob Chemother. 49:573–574.
- Suryanto D, **Suwanto A**. 2002. Effect of pH and NaCl concentration on benzoate utilization of anoxygenic photosynthetic bacteria. J Mikrobiol Indones. 7:15–18.
- Pangastuti A, Wahjuningrum D, **Suwanto A**. 2002. Isolation, characterization, and cloning of the α -amylase gene from moderately halophilic bacteria isolated from Bledug Kuwu. Hayati. 9:10–14.
- Yusuf M, Hala Y, **Suwanto A**. 2002. Keragaman genetika bakteri tanah dari rhizosfer kapas transgenic dan non transgenic di Soppeng, Sulawesi Selatan. J Mikrobiol Indones. 7:39–43.
- Hala Y, **Suwanto A**, Affandi R, Zairin Jr M. 2002. Adherence and pathogenicity assay of *Vibrio harveyi* in tiger shrimp (*Penaeus Monodon*) larvae for screening biocontrol agent. Biotropia. 18:38–51.

- Gafur A, Mujim S, Aeny TN, Tjahjono B, **Suwanto A**. 2003. Molecular analysis of intraspecific variations of the Indonesian *Cochliobolus heterostrophus*. *Mycobiology*. 31:19–22.
- Waturangi DE, **Suwanto A**, Schwarz S, Erdelen W. 2003. Identification of class 1 integron-associated gene cassettes in *Escherichia coli* isolated from *Varanus* spp. in Indonesia. *J Antimicrob Chemother*. 51:175–177.
- Waturangi DE, Schwarz S, **Suwanto A**, Kehrenberg C, Erdelen W. 2003. Identification of a truncated Tn1721-like transposon located on a small plasmid of *Escherichia coli* isolated from *Varanus indicus*. *J Vet Med B Infect Dis Vet Public Health*. 50:86–89.
- Malik A, Wenuganen S, **Suwanto A**, Tjahjono B. 2003. Cloning, DNA sequence, and expression of *Aeromonas caviae* WS7b chitinase gene. *Mol Biotechnol*. 23:1–10.
- Hala Y, **Suwanto A**. 2003. Ekspresi gen *inaZ* pada *Vibrio* sp. untuk memantau pelekatan bakteri pada larva udang. *J Mikrobiol Indones*. 8:13–18.
- Muliani, **Suwanto A**, Hala Y. 2003. Isolasi dan karakterisasi bakteri asal Laut Sulawesi untuk biokontrol penyakit vibriosis pada larva udang windu (*Penaeus monodon* Fab.). *Hayati*. 10:6–11.
- Widanarni, **Suwanto A**, Sukenda, Lay BW. 2003. Potency of *Vibrio* isolates for biocontrol of vibriosis in tiger shrimp (*Penaeus monodon*) larvae. *Biotropia*. 20:11–23.
- Malik A, **Suwanto A**, Tjahjono B, Harling R. 2003. Heterologous expression of a chitinase gene from *Aeromonas caviae* in *Pseudomonas fluorescens*. *Biotropia*. 20:36–48.

- Riupassa PA, **Suwanto A**. 2004. Keragaman genetika bakteri metilotrof fakultatif berpigmen merah muda pada beberapa sayuran lalaban. *Hayati*. 11:153–158.
- Seumahu CA, **Suwanto A**, Suhartono MT. 2005. Population dynamics of *Acetobacter* during nata de coco fermentation. *J Mikrobiol Indones*. 10:75–78.
- Riupassa PA, **Suwanto A**, Tjahjoleksono A. 2005. The abundance of phyllosphere bacteria isolated from some Indonesian fresh leafy salad (lalaban). *J Mikrobiol Indones*. 10:96–98.
- Waturangi DE, Yogiara, **Suwanto A**. 2005. Genetic diversity of *Escherichia coli* isolated from feces of Indonesian monitor lizards (*Varanus spp.*). *J Mikrobiol Indones*. 10:81–85.
- Khaeruni A, Tjahjono B, **Suwanto A**, Sinaga MS. 2005. Deteksi *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* pada kedelai dengan teknik ELISA. *J Mikrobiol Indones*. 10:59–64.
- Salma S, **Suwanto A**, Tjahjoleksono A, Meryandini A. 2005. Keanekaragaman bakteri filosfer dan beberapa tanaman asal Kalimantan Timur. *Forum Pascasarjana*. 28:1–10.
- Sumardi, **Suwanto A**, Thenawidjaja M, Purwadaria T. 2005. Isolation and characterization of mannanolytic thermophilic bacteria from palm oil shell and their mannanase enzyme production properties. *Biotropia*. 25:1–10.
- Sumardi, **Suwanto A**, Suhartono MT, Purwadaria T. 2006. Purification and characterization of extracellular β -mannanase from a thermophilic bacterium, *Geobacillus stearothermophilus* L-07. *J Mikrobiol Indones*. 11:57–62.

- Yogiara, **Suwanto A**, Suhartono MT. 2006. A complex bacterial community living in pitcher plant fluid. *J Mikrobiol Indones.* 11:9–14.
- Fitriany A, **Suwanto A**, Wahyudi AT, Tjahjono B. 2007. Evidence for a link between pathogenicity and the role of Imp bacterial transport effector proteins in soybean infection by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*. *Microbiol Indones.* 2:55–60.
- Khaeruni A, **Suwanto A**, Tjahjono B, Sinaga MS. 2007. Rapid detection of bacterial pustule disease on soybean employing PCR technique with specific primers. *Hayati J Biosci.* 14:76–80.
- Seumahu CA, **Suwanto A**, Hadisusanto D, Suhartono MT. 2007. The dynamics of bacterial communities during traditional nata de coco fermentation. *Microbiol Indones.* 2:65–68.
- Barus T, **Suwanto A**, Wahyudi AT, Wijaya H. 2008. Role of bacteria in tempe bitter taste formation: microbiological and molecular biological analysis based on 16S rRNA gene. *Microbiol Indones.* 2:17–21.
- Waturangi DE, Meicy V, **Suwanto A**. 2008. Isolation and identification of ice-nucleating-active bacteria from Indonesian edible leafy plant poh-pohan (*Pilea glaberina*). *Microbiol Indones.* 2:8–10.
- Husen E, Wahyudi AT, **Suwanto A**, Saraswati R. 2008. Prospective use of 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-producing bacteria for plant growth promotian and defense against biotic and abiotic stresses in peat-soil-agriculture. *Microbiol Indones.* 2:107–111.

- Husen E, Wahyudi AT, **Suwanto A**, Saraswati R. 2009. Soybean seedling root growth promotion by 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-producing *Pseudomonas*. Ind J Agr Sci. 10:19–25.
- Jamilah I, Meryandini A, Rusmana I, **Suwanto A**, Mubarik NR. 2009. Activity of proteolytic and amylolytic enzymes from *Bacillus* spp. isolated from shrimp ponds. Microbiol Indones. 3:67–71.
- Barus T, Griselda, **Suwanto A**, Agustina TW. 2010. Metagenomic analysis of bacterial diversity in tempe using T-RFLP technique. Biota. 15:273–280.
- Setyaningsih R, Rusmana I, Setyanto P, **Suwanto A**. 2010. Physiological characterization and molecular identification of denitrifying bacteria possessing nitrous oxide high reduction activity isolated from rice soils. Microbiol Indones. 4:75–78.
- Susilowati A, Wahyudi AT, Lestari Y, Wiyono S, **Suwanto A**. 2010. Genetic diversity of antifungi-producing Rhizobacteria of *Pseudomonas* sp. isolated from rhizosphere of soybean plant. Microbiol Indones. 4:33–38.
- Husen E, Wahyudi AT, **Suwanto A**, Giyanto. 2011. Soybean response to 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase-producing *Pseudomonas* under field soil conditions. Am J Agricult Biol Sci. 6:273–278.
- Desniar, Rusmana I, **Suwanto A**, Mubarik NR. 2011. Penapisan bakteriosin dari bakteri asam laktat asal bekasam. JPHPI. 14:123–131.
- Xie W, Kosasih V, **Suwanto A**, Kim HK. 2012. Characterization of lipases from *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus epidermis* isolated from human facial sebaceous skin. J Microbiol Biotechnol. 22:84–91.

- Pujiyanto S, Lestari Y, **Suwanto A**, Budiarti S, Darusman LK. 2012. Alpha-glucosidase inhibitor activity and characterization of endophytic actinomycetes isolated from some Indonesian diabetic medicinal plants. *Int J Pharm Pharm Sci.* 4:327–333.
- Purnamasari MI, Prihatna C, Gunawan AW, **Suwanto A**. 2012. Isolasi dan identifikasi secara molekuler *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan penyakit busuk pangkal batang di kelapa sawit. *J Fitopatol Indones.* 8:9–15.
- Kim YO, Khosasih V, Nam BH, Lee SJ, **Suwanto A**, Kim HK. 2012. Gene cloning and catalytic characterization of cold-adapted lipase of *Photobacterium* sp. MA1-3 isolated from blood clam. *J Biosci Bioeng.* 114:589–595.
- Hastuti RD, Lestari Y, Saraswati R, **Suwanto A**, Chaerani. 2012. Capability of *Streptomyces* spp. in controlling bacterial leaf blight disease in rice plants. *Am J Agricult Biol Sci* 7:217–233.
- Seumahu CA, **Suwanto A**, Rusmana I, Solihin DD. 2012. Comparison of DNA extraction methods for microbial community analysis in Indonesian tempe employing amplified ribosomal intergenic spacer analysis. *Hayati J Biosci.* 19:93–98.
- Seumahu CA, **Suwanto A**, Rusmana I, Solihin DD. 2013. Bacterial and fungal communities in tempeh as revealed by amplified ribosomal intergenic sequence analysis. *Hayati J Biosci.* 20:65–71.
- Barus T, Hanjaya I, Sadeli J, Lay BW, **Suwanto A**, Yulandi A. 2013. Genetic diversity of *Klebsiella* spp. isolated from tempe based on enterobacterial repetitive intergenic consensus-polymerase chain reaction (ERIC-PCR). *Hayati J Biosci.* 20:171–176.

- Choesri D, Rusmana I, **Suwanto A**, Mubarik NR. 2013. Characterization of lactic acid bacteria isolated from an Indonesian fermented fish (bekasam) and their antimicrobial activity against pathogenic bacteria. *Emir J Food Agric*. 25:489–494.
- Arifin AR, Kim S, Yim JH, **Suwanto A**, Kim HK. 2013. Isolation and biochemical characterization of *Bacillus pumilus* lipases from the Antarctic. *J Microbiol Biotechnol*. 23:661–667.
- Park JT, **Suwanto A**, Tan I, Nuryanto T, Lukman R, Wang K, Jane J. 2014. Molecular cloning and characterization of a thermostable α -amylase exhibiting an unusually high activity. *Food Sci Biotechnol*. 23:125–132.

PATEN

- Suwanto A**, Tjahjono B, Khaeruni A, penemu, Institut Pertanian Bogor. 2007 Mar 6. Formulasi bakteri untuk meningkatkan kebugaran tanaman dan menghambat penyakit bisul bakteri. Paten Indonesia. ID 0 018 921.

BUKU

- Tjondronegoro PD, Natasaputra M, Kusumaningrat T, Gunawan AW, Djaelani M, **Suwanto A**. 1988. *Botani Umum*. Bogor (ID): Pusat Antar Universitas, Institut Pertanian Bogor & Lembaga Sumberdaya Informasi IPB.
- Kaplan S, **Suwanto A**. 1990. Gene control of photosynthetic membrane assembly: the chromosomes of *Rhodobacter sphaeroides*. hlm. 396-407. Di dalam: Silver S, Chakrabarty AM, Iglewski B, Kaplan S, editor. *Pseudomonas: Biotransformation, Pathogenesis, and Evolving Biotechnology*. Washington (US): ASM Pr.

- Suwanto A.** 1994. Biokimia DNA, Pengaturan ekspresi gen pada prokariota: suatu *overview*, elemen loncat, *pulsed field gel electrophoresis*: suatu revolusi dalam genetika molekuler. Di dalam: Tjondronegoro PD, Gunawan AW, **Suwanto A**, editor. Pengantar Biologi Molekuler. Bogor (ID): Jurusan Biologi, FMIPA, IPB.
- Suwanto A.** 1996. Molecular biology of prion diseases: an overview. Di dalam: Winarno FG, editor. Mad Cow Disease and Its Implications on Food Safety. Jakarta (ID): The Indonesian Academy of Sciences.
- Suwanto A**, Yuhana M, Herawaty E, Angka SL. 1998. Genetic diversity of luminous *Vibrio* isolated from shrimp larvae. Di dalam: Flegel TW, editor. Advances in Shrimp Biotechnology. Bangkok (TH): National Center for Genetic Engineering and Biotechnology.
- Suwanto A.** 2002. Tanaman transgenik: bagaimana kita menyikapinya? Di dalam: Abdollah OS, Asdak C, Gunawan B, Kurnani TBA, editor. Rekayasa Genetik, Tantangan dan Harapan. Bandung (ID): Unpad Pr.
- Aini N, **Suwanto A.** 2004. Presence of *hemA*-like and *hemT*-like genes in a number of anoxygenic photosynthetic bacterial isolates from Indonesia and soil samples from Bogor area. Di dalam: Jonas R, Pandey A, Tharun G, editor. Biotechnological Advances and Applications in Bioconversion of Renewable Raw Material. Braunschweig (DE): GBF.
- Suwanto A.** 2005. Pentingnya penelitian dasar dan *scientific literacy* dalam kompetisi global bioteknologi pertanian. Di dalam: Setiawan WA, Wardoyo S, editor. Prospek dan Tantangan Pertanian Indonesia di Era Globalisasi. Bogor (ID): PT Agricon.

- Widanarni, **Suwanto A**, Lay BW. 2005. Construction of recombinant *Vibrio harveyi* to study its adherence in shrimp larvae. Di dalam: Walker PJ, Lester RG, Bondad-Reantoso MG, editor. Diseases in Asian Aquaculture V. Manila (PH): Fish Health Section, Asian Fisheries Society.
- Suwanto A**. 2006. Bioteknologi molekuler: mengoptimalkan manfaat keanekaan hayati melalui teknologi DNA rekombinan. Di dalam: Erizal, Qayim I, Kartosuwondo U, editor. Pengantar ke Ilmu-Ilmu Pertanian. Bogor (ID): IPB Pr.
- Suwanto A**, Soka S, Candra KP. 2008. Teknik Percobaan dalam Genetika Molekuler. Jakarta (ID): Universitas Atma Jaya Pr.
- Suwanto A**. 2013. Genetically modified organisms (GMO): keragaman genetik dan preferensi manusia. Di dalam: Ganjar I, Mulyoprawiro S, Wahyudi P, editor. Biomolekul: Penjamin Keberlanjutan Pemanfaatan Keanekaragaman Hayati. Jakarta (ID): AIPI.

KARYA TULIS POPULER

- Suwanto A**. 1992 Sep 24. Tanpa penelitian dasar, bioteknologi tak akan berkembang. Kompas:10.
- Suwanto A**. 1992 Nov 5. PFGE, suatu revolusi dalam Genetika Mikroba. Kompas:10.
- Suwanto A**. 1994 Okt 23. Membuat hujan dengan bakteri. Kompas:11.
- Suwanto A**. 1995 Des 24. Keanekaan hayati mikroorganisme. Menghargai mikroba bangsa. Kompas:11.
- Suwanto A**. 1996 Apr 11. Mad cow: bagaimana molekul protein memperbanyak diri? Kompas:22.

- Suwanto A.** 2000 Feb 4. Menyikapi tanaman transgenik. Kompas:9.
- Suwanto A.** 2000 Jun 28. Menyongsong datangnya spesies baru hasil kloning. Kompas:68.
- Suwanto A.** 2001 Des 1. Jangan BeTe karena kapas Bt. Republika.
- Suwanto A.** 2002 Nov 8. Strategi baru dalam mengendalikan penyakit infeksi. Memahami bahasa bakteri. Kompas:36.
- Suwanto A.** 2011 Jun 15. Bhinneka Tunggal Ika and Cell Biology. The Jakarta Post:7.
- Suwanto A.** 2010 Laki-laki dengan kromosom XX: toleransi terhadap pluralitas di taraf molekuler. <http://sciencebiotech.net>.
- Suwanto A.** 2011. Susu berbakteri: keragaman intra-spesies dan tingkah laku bakteri. <http://sciencebiotech.net>.
- Suwanto A.** 2011. Biologi sel dan Bhinneka Tunggal Ika. <http://sciencebiotech.net>.
- Suwanto A.** 2013. Dr. Suwanto uses 16s sequencing to evaluate if different bacterial composition changes tempeh. <http://youtu.be/Zfzx7xReHgA>.

INSTRUKTUR PELATIHAN

1992. Pelatihan Genetika Molekuler. Universitas Pattimura, Ambon, Proyek Dikti-CIDA (ID)
1993. Pelatihan Biologi Molekuler. Universitas Sam Ratulangi, Manado, Proyek Dikti-CIDA (ID)
1993. Workshop on Pulsed Field Gel Electrophoresis and applications for DNA Fingerprinting. Department of Microbiology, University of Malaya, Kuala Lumpur (MY)

- 1999-2003. International Training Course on Advances in Molecular Biotechnology Techniques to Assess Microbial Biodiversity. SEAMEO-Biotrop (ID), UNESCO (US), Indo BIC (ID)
2002. International Training on Genetic Engineering and Biotechnology. Department of Microbiology, Kasetsart University, Bangkok (TH)
2002. Pulsed-Field Gel Electrophoresis (PFGE) for DNA Fingerprinting. Department of Agriculture (TH)
2002. Lokakarya Teknologi DNA dan Deteksi Produk Rekayasa Genetika pada Bahan Pangan. SEAMEO Biotrop (ID)
2002. Lokakarya Pengajaran Mikrobiologi Modern dan Bioteknologi untuk Guru-Guru SMA se Sumatera Utara. FMIPA, Universitas Sumatera Utara (ID)
2003. Pelatihan Dasar-Dasar Bioteknologi bagi Guru-Guru IPA SMU di Kendari. FMIPA, Universitas Haluoleo (ID)
2003. Pelatihan Bioteknologi untuk Pengajar SMU. Fakultas Biologi, Universitas Kristen Duta Wacana (ID)
2003. Lokakarya Pengajaran Bioteknologi Modern untuk Guru-Guru SMU. Fakultas Teknobiologi, Unika Atma Jaya (ID)
2004. Workshop on Food Safety of GM Crops. Litbang Departemen Pertanian RI (ID)
- 2005-2006. Pelatihan Bioinformatika untuk Deteksi dan Penemuan Gen. Balai Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (ID)

2011. Workshop International Scholarship Education Expo (ISEE)
2011. BEM KM IPB (ID)
2011. Workshop: Agricultural Biotechnology Outreach and
Capacity Building. ISAAA (ID)
2012. Deteksi dan Analisis Ekspresi Gen serta Berbagai Aplikasi
qPCR dalam Industri Pertanian dan Kesehatan. BPBPI Balai
Penelitian Bioteknologi Perkebunan Indonesia (ID)
2013. Workshop for SEA Media Practitioners on Biotech Reporting.
ISAAA (ID)
2013. Workshop Jurnal Fitopatologi Indonesia. Perhimpunan Fito-
patologi Indonesia (ID)
2013. Pelatihan Aplikasi Teknik Molekuler, Khususnya Marka
untuk Identifikasi Organisme. BPBPI Balai Penelitian
Bioteknologi Perkebunan Indonesia (ID)

PEMBICARA SEMINAR/LOKAKARYA (5 tahun terakhir)

2009. International Congress of Malaysian Society for Microbiology
2009 (ICMSM2009). University of Malaya, Kuala Lumpur
(MY)
2009. Konferensi Akuakultur Indonesia 2009. Masyarakat
Akuakultur Indonesia, Yogyakarta (ID)
2009. Seminar Nasional Adiksi dan Gaya Hidup. Universitas
Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta (ID)
2009. The 2nd FGW Food Conference: Nanoteknologi bagi Industri
Pangan, Minuman, Farmasi & Kosmetik. M-brio Biotekindo,
Bogor (ID) dan PT. Nutrilab Pratama, Jakarta (ID)

2009. Seminar Nasional Sains II “ Peningkatan Peran Sains dalam Pertanian Dan Industri” . FMIPA, IPB, Bogor (ID)
2009. Konferensi Anak Bobo 2009. Majalah Bobo, Jakarta (ID)
2010. Indonésia Toray Science Foundation Seminar on Science and Technology. ITSF, Jakarta (ID)
2010. International Seminar of Indonesian Society for Microbiology. PERMI, Bogor (ID)
2010. The 1st Indonesian International Nutrigenomics Conference: Healthier Life through Nutrition and Epigenome Management. Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta (ID)
2011. Food Review Seminar: Update on Biotechnology in Food Industry. PT Media Pangan Indonesia, Bogor (ID) & Seafast Center IPB, Bogor (ID)
2011. GMO: Keragaman Genetik dan Preferensi Manusia. Fakultas Teknobiologi, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta (ID)
2012. Aplikasi Teknologi Berbasis Hayati Dalam Upaya Mewujudkan Pertanian yang Berkelanjutan. PT Bio Industri Nusantara, Bandung (ID)
2012. Pesta Sains Nasional 2012 “Biotechnology for the Great Future”. Himabio IPB, Bogor (ID)
2012. Seminar Nasional BRAIN “Bacterial Research in Indonesia and Industrial Application” dengan tema Mikrobioteknologi dalam Menunjang Ketahanan Pangan. Himabio IPB, Bogor (ID)

2012. The 1st IGN TTRC International Conference (IIC) “Biotechnology for Human Life”. DAAD, Bonn (DE); IGN TTRC, Bogor (ID)
2012. International Seminar on Advances in Molecular Genetics and Biotechnology for Public Education. Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta (ID)
2012. Aplikasi dan Perkembangan Terkini Mikrobiologi. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta (ID)
2012. Bioteknologi Modern. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta (ID)
2013. Celebrating 60 years DNA Discovery. PT Laborindo Sarana, Jakarta (ID)
2013. National Seminar of Nutrigenomics and the Future of Food Technology. Universitas Katolik Indonesia Atma Jaya, Jakarta (ID)
2013. International Seminar on Sciences. FMIPA, IPB, Bogor (ID)
2013. Systems Biology: Concept and Application. IPB, Bogor (ID)
2013. The Unlimited Use of Microbial Resources. Indonesian Society for Microbiology, Pontianak (ID)
2013. International Conference on Coconut. AIPI, Jakarta (ID); Universitas Negeri Gorontalo, Gorontalo (ID)
2013. Seminar Nasional Bioremediasi ke-3. Forum Bioremediasi IPB; Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan – LPPM IPB; SEAMEO Biotrop, Bogor (ID)

2013. Seminar Nasional V Balai Besar Litbang Pengolahan Produk dan Bioteknologi Kelautan dan Perikanan (BBP4BKP). BBP4BKP, Jakarta (ID)
2013. International Kasetsart University Science and Technology Annual Research Symposium. Kasetsart University, Bangkok (TH)

PENGHARGAAN

1990. The Honor Society of Phi Kappa Phi at University of Illinois at Urbana-Champaign, USA. Membership, Urbana-Champaign, IL (US)
1992. Finalist in Young Researcher Award, LIPI-TVRI, Jakarta (ID)
- 1993, 1995. Dosen Teladan I Fakultas MIPA dan Teladan II IPB, Bogor (ID)
1994. Carl-Zeiss Award through Marine Biological Laboratory for Summer Course in Microbial Diversity, Woods Hole, MA (US)
1994. The Best RUT-I Researcher Award (Agricultural Biotechnology), DRN, Jakarta (ID)
1994. UNESCO Biotechnology Career Fellowship Award, Tromso (NO)
1995. Federation of European Microbiology Society (Travel Award), Bandol (FR)
1995. The Best Indonesian Young Researcher Award-MIPA, LIPI, Jakarta (ID)

- 1995-1997. Biotechnology Career Fellowship, Rockefeller Foundation, Houston, TX (US)
- 1995-1997. International Foundation for Science (Research Award), Stockholm (SE)
1996. King Boudouin's Award. IFS, (Scientific Report), Stockholm (SE)
2001. Cipta Kehati Award (National Biodiversity Award), Jakarta (ID)
2001. Indonesian Toray Science and Technology Foundation Award, Jakarta (ID)
2002. Integrated Research Award (RUT) Award, LIPI, Jakarta (ID)
2013. Indonesian Academy of Sciences (AIPI). Membership, Bandung (ID)