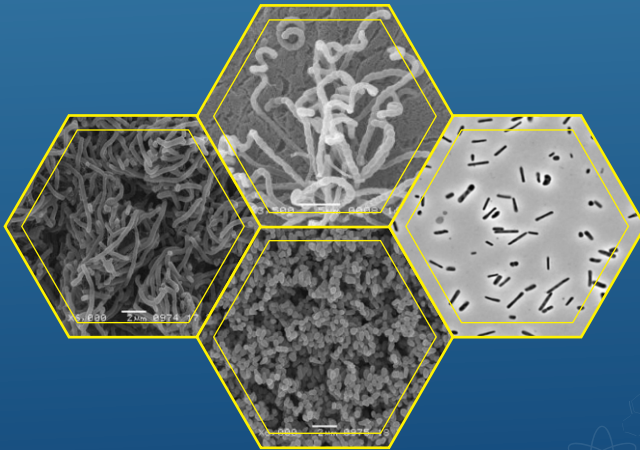


**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG MIKROBIOLOGI**

**BIODIVERSITAS BAKTERI DAN
ARKEA UNTUK KEMAJUAN RISET
DAN INOVASI BIDANG
KESEHATAN, PANGAN, DAN LINGKUNGAN**



**OLEH:
PUSPITA LISDIYANTI**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
JAKARTA, 8 DESEMBER 2022**

**BIODIVERSITAS BAKTERI DAN
ARKEA UNTUK KEMAJUAN RISET
DAN INOVASI BIDANG KESEHATAN,
PANGAN, DAN LINGKUNGAN**

Diterbitkan pertama pada 2022 oleh Penerbit BRIN

Tersedia untuk diunduh secara gratis: penerbit.brin.go.id



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution Non-commercial Share Alike 4.0 International license (CC BY-NC-SA 4.0).

Lisensi ini mengizinkan Anda untuk berbagi, mengopi, mendistribusikan, dan mentransmisi karya untuk penggunaan personal dan bukan tujuan komersial, dengan memberikan atribusi sesuai ketentuan. Karya turunan dan modifikasi harus menggunakan lisensi yang sama.

Informasi detail terkait lisensi CC-BY-NC-SA 4.0 tersedia melalui tautan: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG MIKROBIOLOGI**

**BIODIVERSITAS BAKTERI DAN
ARKEA UNTUK KEMAJUAN RISET
DAN INOVASI BIDANG KESEHATAN,
PANGAN, DAN LINGKUNGAN**

**OLEH:
PUSPITA LISDIYANTI**

**BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL
JAKARTA, 8 DESEMBER 2022**

© 2022 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Pusat Riset Biosistemika dan Evolusi

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Biodiversitas Bakteri dan Arkea untuk Kemajuan Riset dan Inovasi Bidang Kesehatan, Pangan,
dan Lingkungan/Puspita Lisdiyanti–Jakarta: Penerbit BRIN, 2022.

xi + 74 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-623-8052-39-4 (cetak)
978-623-8052-40-0 (*e-book*)

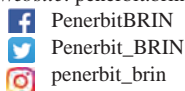
- | | |
|-----------------|------------------|
| 1. Mikrobiologi | 2. Biodiversitas |
| 3. Biosistemika | 4. Bioteknologi |
| 5. Bioekonomi | |

579.3

Copy editor : Sarah Fairuz
Proofreader : Apriwi Zulfitri & Dhevi E.I.R. Mahelingga
Penata Isi : Dhevi E.I.R. Mahelingga
Desainer Sampul : S. Imam Setyawan
Cetakan Pertama : Desember 2022



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie, Jl. M.H. Thamrin No. 8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: 0811-8612-369
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id



BIODATA RINGKAS



Puspita Lisdiyanti, lahir di Yogyakarta, 14 Agustus 1967 adalah anak ke lima dari Bapak Prof. Drs. H. Sardjoko, Apt. (alm.) dan Ibu Hj. Sukirati (almh.). Menikah dengan Haryo Pramono dan dikaruniai tiga orang anak, yaitu Anindita Nofarida, Bima Radhityo, dan Connie Kusumawardhani.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 3/M Tahun 2022, tanggal 19 Januari 2022 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai 1 Oktober 2021.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 318/I/HK/2022 tanggal 3 November 2022 tentang Pembentukan Majelis Pengukuhan Profesor Riset, yang bersangkutan dapat melakukan pidato pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Proyek Perintis Sekolah Pembangunan IKIP di Yogyakarta tahun 1980, Sekolah Menengah Pertama Negeri I di Yogyakarta tahun 1983, dan Sekolah Menengah Atas Proyek Perintis Sekolah Pembangunan IKIP di Yogyakarta tahun 1986. Memperoleh gelar *Bachelor of Agriculture Chemistry* (B. Agr. Chem.) dari *Tokyo University of Agriculture and Technology*, Jepang, tahun 1992 dengan beasiswa *Overseas Fellowship Program* (OFP) III dari Pemerintah Indonesia; memperoleh gelar *Master of Agriculture Chemistry* (M. Agr. Chem.) dari *Tokyo University of Agriculture*, Jepang, tahun 1999 dengan beasiswa *Indonesia Petroleum* (INPEX) *Foundation*; dan memperoleh gelar *Doctor of Philosophy* dari

Tokyo University of Agriculture, Jepang, tahun 2002 dengan beasiswa Pemerintah Jepang Monbukagakusho.

Pernah mengikuti berbagai pelatihan yang terkait dengan bidang kompetensinya antara lain Pelatihan Metrologi Biologi dan Kimia di *Laboratoire National de Metrologie et de'Essais* (LNE) dan Institute Pasteur, Paris, Perancis tahun 2019, Workshop Keselamatan Parasit di Lingkungan, Makanan, dan Pencegahan Penyakit Parasit di Kursk, Rusia tahun 2019.

Selain itu, telah mengikuti beberapa pelatihan kepemimpinan, yaitu Pelatihan Kepemimpinan Nasional Tingkat II tahun 2020, *Leadership Development Program* LIPI di Indonesia dan Belanda tahun 2014, dan Pendidikan dan Pelatihan Kepemimpinan Tingkat III tahun 2006.

Bekerja di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) sejak tahun 2020 dan sebelumnya bekerja di Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sejak tahun 1987. Pernah menduduki jabatan struktural di Pusat Penelitian Bioteknologi, LIPI sebagai Kepala Bidang Biologi Sel dan Jaringan tahun 2005–2014, Kepala Bidang Pengelolaan Hasil Penelitian tahun 2019, dan Kepala Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI tahun 2019–2021. Pernah bekerja sebagai Asisten Profesor di *Tokyo University of Agriculture*, Jepang tahun 2002–2004.

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Asisten Peneliti Muda tahun 1995, Asisten Peneliti Madya tahun 1996, Peneliti Madya tahun 2005, dan Peneliti Ahli Utama tahun 2021.

Menghasilkan seratus lima puluh dua (152) karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri, maupun dengan penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, prosiding, dan artikel ilmiah populer. Sebanyak 110 KTI ditulis dalam bahasa Inggris dan 42 KTI ditulis dalam bahasa Indonesia. Menghasilkan satu naskah

akademik Peraturan Presiden Republik Indonesia. Selain itu, telah dihasilkan 5 paten tersertifikasi dan 8 paten terdaftar.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti, pembimbing disertasi/tesis/skripsi/internship mahasiswa dan penguji disertasi di *Tokyo University of Agriculture*, Jepang; *Hamburg University*, Jerman; *Wageningen University and Research*, Belanda; *Tubingen University*, Jerman; IPB, ITB, ITS, I3L, UGM, UI, Unair, UNJ, Universitas Pancasila, Universitas Al Azhar, Universitas Pasundan, dan lain sebagainya. Selain itu juga pernah menjadi *visiting lecturer* di *Tokyo University of Agriculture* dan Dosen Tamu/Pakar Universitas Gadjah Mada, Universitas Hassanuddin, dan Universitas Pertahanan.

Aktif dalam organisasi ilmiah, yaitu pengurus di *Asian Federation of Biotechnology – Indonesian Chapter* sebagai *General Secretary* 2022–2026, Konsorsium Bioteknologi Indonesia sebagai Wakil Ketua 2021–2025, Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia sebagai Koordinator Networking 2018–2022, *JSPS Association Alumni Indonesia* (JAAI) sebagai Ketua III 2015–2017.

Menerima tanda penghargaan Satya Lancana Karya Satya X Tahun tahun 2005, XX Tahun tahun 2008, dan XXX Tahun tahun 2017, serta Satya Lancana Pembangunan tahun 2013 dari Presiden Republik Indonesia. Menerima penghargaan *Habibie Prize* Bidang Bioteknologi dari Yayasan Pengembangan SDM Habibie dan Kementerian Riset dan Teknologi pada tahun 2020. Menerima *Young Scientist Award* Bidang Mikrobiologi dari *Japan Society for Culture Collection* tahun 2014.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	v
PRAKATA PENGUKUHAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
II. BIODIVERSITAS BAKTERI DAN ARKEA DI INDONESIA, SERTA PENGELOLAANNYA.....	4
2.1. Deskripsi genus dan jenis baru bakteri dan arkea.....	4
2.2. <i>Whole Genome Sequencing</i>	5
2.3. Klaster Gen Biosintesis (<i>Biosynthetic Gene Cluster</i>).....	6
2.4. Pengelolaan Bakteri dan Arkea	8
III. PERKEMBANGAN RISET BIODIVERSITAS BAKTERI DAN ARKEA	10
3.1. Perkembangan di Indonesia.....	10
3.2. Perkembangan di Tingkat Global.....	11
IV. PEMANFAATAN BAKTERI DAN ARKEA.....	13
4.1. Pemanfaatan Bakteri di Bidang Kesehatan.....	13
4.2. Pemanfaatan Bakteri di Bidang Pangan Fungsional	14
4.3. Pemanfaatan Bakteri dan Arkea di Bidang Lingkungan.....	17
V. STRATEGI RISET DAN INOVASI BAKTERI DAN ARKEA ...	20
5.1. Bioekonomi dan Bioekonomi Sirkular.....	20
5.2. Prioritas Area.....	22
5.3. Platform Riset dan Inovasi	23
VI. KESIMPULAN.....	25
VII. PENUTUP.....	27
UCAPAN TERIMA KASIH	28
DAFTAR PUSTAKA.....	30
LAMPIRAN.....	41
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	43
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	66

Buku ini tidak diperjualbelikan.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillahirrahmanirrahim

Assalamu'alaikum warahmatullahi wabarokatuh

Salam sehat dan sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset yang mulia dan hadirin yang saya hormati.

Pertama-tama marilah kita panjatkan puji dan syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, nikmat, dan karunia-Nya, sehingga dalam kesempatan ini kita dapat berkumpul dan bersama-sama hadir pada acara orasi ilmiah pengukuhan Profesor Riset di Badan Riset dan Inovasi Nasional.

Pada kesempatan yang berbahagia ini, dengan segala kerendahan hati, izinkan saya menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

**BIODIVERSITAS BAKTERI DAN ARKEA UNTUK
KEMAJUAN RISET DAN INOVASI BIDANG
KESEHATAN, PANGAN, DAN LINGKUNGAN**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia, beriklim tropis, dan kaya keanekaragaman budaya. Indonesia juga dikenal sebagai (i) negara mega biodiversitas dengan keanekaragaman hayati terestrial yang tinggi¹, (ii) memiliki keanekaragaman burung yang tinggi², (iii) pusat biodiversitas tumbuhan³, dan (iv) memiliki biodiversitas maritim segitiga koral dengan keanekaragaman karang tertinggi di dunia⁴.

Namun, Indonesia juga disebut sebagai (i) negara *hotspot* diversitas yang memiliki tingkat keragaman jenis dan endemisitas yang tinggi yang terancam punah sehingga diperlukan prioritas untuk melakukan konservasi⁵, (ii) negara yang perlu melakukan penguatan konservasi kawasan hutan dan biodiversitasnya⁶, (iii) negara yang akan mengalami krisis ekoregion, yaitu hilangnya habitat alami⁷, (iv) negara yang memiliki batas hutan primer terakhir yang belum dijamah manusia⁸, dan (v) negara yang memiliki daerah dengan jejak manusia dan daerah alami terakhir⁹ sehingga perlu melakukan konservasi untuk menyelamatkan biodiversitas yang dapat punah. Dalam hal biodiversitas mikroorganisme, masih banyak riset dan inovasi yang harus dilakukan untuk menyatakan Indonesia memiliki biodiversitas mikroorganisme yang tinggi¹⁰.

Pada sistem klasifikasi makhluk hidup berdasarkan gen ribosomal RNA sebagai kronometer, makhluk hidup dapat diklasifikasikan dalam 3 domain, yaitu *Domain Bacteria*, *Archaea*, dan *Eukarya*¹¹ (Gambar 1). Selanjutnya, para ahli memperkirakan jumlah jenis dari *Domain Bacteria* dan *Archaea* lebih tinggi dari pada *Domain Eukarya* yang di dalamnya ada fungi, tanaman, hewan, dan protozoa. Pada saat

ini, jumlah taksa bakteri dan arkea yang telah dideskripsikan sebanyak 85.303 (per 3 September 2022)¹². Dalam menentukan jenis, para ahli taksonomi bakteri dan arkea sampai saat ini menggunakan analisis gen 16S rRNA, karakterisasi biokimia, dan DNA-DNA Hibridisasi. Namun saat ini, penggunaan *whole genome sequencing* atau pengurutan basa genom utuh untuk mendeskripsikan jenis bakteri dan arkea sudah menjadi kebutuhan¹³.

Mikroorganisme setelah ditemukan dari suatu ekosistem harus dan wajib disimpan atau dipreservasi dalam keadaan hidup. Dalam upaya melakukan preservasi sumber daya mikroorganisme, Indonesia telah memiliki Indonesian Culture Collection (InaCC) yang saat ini menyimpan lebih dari 6.000 biakan individu mikroorganisme hasil eksplorasi dari berbagai ekosistem di Indonesia. Indonesia membangun InaCC secara aktif sejak tahun 2003 dan mikroorganisme yang telah dikoleksi adalah fungi/kapang, yeast/khamir, mikroalga, bakteri, dan arkea, serta bakteriofaga dengan inang bakterinya.

Mikroorganisme yang dikoleksi dan disimpan di InaCC perlu dimanfaatkan potensinya secara optimal untuk meningkatkan harkat, martabat, dan kesejahteraan bangsa Indonesia. Potensi mikroorganisme Indonesia di bidang kesehatan, yaitu sebagai sumber penghasil antibiotika, senyawa bioaktif baru, enzim, dan lain-lainnya perlu terus diungkap. Contoh pemanfaatan mikroorganisme di bidang pangan adalah sebagai starter, antibiotika lahan pertanian, dan biokonversi karbohidrat menjadi pangan fungsional. Sedangkan pemanfaatan mikroorganisme di bidang lingkungan, yaitu sebagai bioremediator termasuk untuk pengurai cemaran minyak dan lemak.

Bakteri pertama kali ditemukan pada tahun 1676 dan arkea pada tahun 1977. Dengan berkembangnya ilmu biologi molekuler

setelah ditemukannya alat *Polymerase Chain Reaction* (PCR) dan *Sequencer* pada tahun 1985, riset dan inovasi bakteri dan arkea berkembang sangat pesat¹⁴. Di Indonesia pun, peminatan mikrobiologi meningkat di berbagai universitas.

Pengungkapan biodiversitas, pengelolaan, dan pemanfaatan mikroorganisme perlu strategi sehingga dapat menghasilkan produk berdampak ekonomi dan juga berkontribusi pada daur ulang ekonomi untuk menjaga bumi. Bioekonomi dari suatu bioproduk harus sudah dipikirkan pada saat mulai melakukan riset dan inovasi untuk pemanfaatan mikroorganisme. Bioekonomi sirkular juga perlu dipertimbangkan sebagai strategi riset dan inovasi bakteri dan arkea untuk pembangunan berkelanjutan.

Pada orasi pengukuhan profesor riset ini, saya akan memaparkan biodiversitas dan pengelolaan mikroorganisme Indonesia khususnya dari Domain Bakteri dan Arkea; beberapa contoh potensi untuk dikembangkan lebih lanjut dalam bidang kesehatan, pangan fungsional, dan lingkungan; perkembangan riset biodiversitas bakteri dan arkea; serta strategi untuk kemajuan riset dan inovasi di bidang kesehatan, pangan, dan lingkungan menuju Indonesia Emas 2045.

II. BIODIVERSITAS BAKTERI DAN ARKEA DI INDONESIA, SERTA PENGELOLAANNYA

Dalam upaya pengungkapan biodiversitas mikroorganisme dari alam Indonesia pada tingkat jenis, ekosistem, dan genetik, pertama yang perlu dilakukan adalah menemukan mikroorganisme tersebut, kemudian melakukan karakterisasi mikroorganisme terpilih, dan selanjutnya mengelola mikroorganisme yang telah didapatkan.

2.1. Deskripsi genus dan jenis baru bakteri dan arkea

Sejak tahun 2000 telah ditemukan sebanyak 4 genus baru dan 27 jenis baru bakteri dan arkea yang diisolasi dari berbagai habitat di Indonesia. Penemuan tersebut adalah 2 genus baru bakteri asam asetat^{15,16}, 9 jenis baru bakteri asam asetat^{17,18,19}, 1 genus baru aktinobakteri²⁰, 16 jenis baru aktinobakteri²¹, 1 genus baru arkea²², dan 2 jenis baru arkea^{22,23} (Tabel 1). Penemuan genus dan jenis baru ini berkontribusi pada perkembangan ilmu dan pengetahuan global. Penemuan jenis baru mikroorganisme juga membuktikan bahwa ada metabolisme baru yang dapat menjadi bahan penelitian dasar maupun pemanfaatan selanjutnya. Penemuan genus dan jenis baru bakteri dan arkea dari berbagai ekosistem di Indonesia masih sangat dimungkinkan.

Berdasarkan pengalaman riset selama ini, kiat untuk menemukan genus dan jenis baru bakteri dan arkea adalah dengan melakukan (i) inovasi metode isolasi yang tertarget dan (ii) mencari ekosistem yang spesifik dan unik di daerah tropis. Melalui metode isolasi yang umum, ilmuwan hanya akan memperoleh bakteri dan arkea yang pernah dideskripsikan sebelumnya. Melakukan inovasi dengan cara isolasi, sekitar 30% dari hasil yang didapatkan merupakan mikroorganisme jenis baru berdasarkan urutan basa gen 16S rRNA^{21,24}.

Mengapa perlu menamakan makhluk hidup? Berbeda dengan flora, fauna, dan fungi, penamaan atau nomenklatur binomial Domain Bakteri dan Arkea secara internasional baru diatur mulai tahun 1980 berdasarkan *International Code of Nomenclature of Prokaryotes* (ICNP)²⁵. Sedangkan penamaan tumbuhan, hewan, dan fungi sudah diatur sejak tahun 1735 oleh Carolus Linnaeus. Penamaan bakteri dan arkea dirancang dan diatur secara ilmiah untuk memberikan wawasan biologis berdasarkan kekerabatan pada pohon filogeni berbasis gen ribosomal RNA sebagai kronometer. Adapun tujuan pemberian nama bakteri dan arkea yang tepat sangat penting dalam menafsirkan mikrobiom atau keragaman dalam suatu area dan mengetahui karakter atau sifat yang dimiliki oleh bakteri dan arkea tersebut.

Dalam waktu tidak lama lagi deskripsi bakteri dan arkea tidak dilakukan secara karakterisasi morfologi, fisiologi, biokimia, dan analisis gen 16S rRNA, tetapi beralih ke determinasi pengurutan basa genom utuh (*whole genome sequencing*). Teknik ini dapat memberikan informasi lebih lengkap dari gen-gen yang berperan pada genom bakteri dan arkea, serta informasi gen ini akan sangat bermanfaat untuk melihat sifat fenotipe yang selama ini sering menjadi kendala dalam mendeskripsikan bakteri dan arkea.

2.2. Whole Genome Sequencing

Biodiversitas genetik dari mikroorganisme dapat diketahui dengan melakukan pengurutan basa genom utuh (*whole genome sequencing*). Pengurutan basa genom utuh bakteri pertama kali dilakukan pada tahun 1995 dan arkea pada tahun 2000²⁶. Dalam kurun waktu 20–25 tahun, jumlah bakteri dan arkea yang telah dilakukan pengurutan basa genom utuh meningkat eksponensial menjadi sebanyak 311.480 untuk bakteri dan 6.062 untuk arkea²⁷ (per April 2022). Kemudian, jika ditelusuri lebih lanjut

menggunakan kata kunci Indonesia pada basis data genom, lebih dari 200 genom utuh bakteri dan arkea yang diisolasi dari Indonesia telah dilakukan pengurutan basa genome utuh, baik oleh ilmuwan Indonesia, berkolaborasi, ataupun oleh ilmuwan mancanegara. Tiga aktinobakteri, yaitu InaCC A1147, InaCC A1154, dan InaCC A1157^{28,29,30}, telah dilakukan pengurutan genom utuh dan 6 isolat lagi yang akan dipublikasi dalam waktu dekat³¹.

2.3. Klaster Gen Biosintesis (*Biosynthetic Gene Cluster*)

Hasil pengurutan basa genom utuh harus dianalisis komposisi gen sehingga dapat diketahui fungsinya. Gen-gen yang mengode satu jalur metabolisme secara khusus dan teratur dikelompokkan bersama dalam klaster gen di dalam genom. Klaster gen tersebut dinamakan sebagai Klaster Gen Biosintesis (*Biosynthetic Gene Cluster* = BGCs) atau disebut juga Klaster Gen Metabolit (*Metabolite Gene Clusters* = MGCs). Klaster Gen Biosintesis adalah fitur umum dari bakteri, arkea, dan jamur, karena mikroorganisme dikenal luas memproduksi metabolit sekunder. Selain metabolit sekunder, Klaster Gen Biosintesis juga terlibat dalam akuisisi nutrisi, degradasi toksin, resistensi antimikrob, biosintesis vitamin, dan lain sebagainya.

Klaster Gen Biosintesis juga memainkan peran kunci di mana mikroorganisme dapat beradaptasi pada suatu ekosistem, termasuk interaksi mikrobiom dan inang atau lingkungannya^{32,33}. Banyak ilmuwan tertarik atas sifat unik mikroorganisme di suatu ekosistem seperti ketahanan terhadap suhu panas yang sangat diperlukan untuk efisiensi energi saat fermentasi atau bioproses, toleran terhadap salinitas, dan toleran terhadap kekeringan yang berhubungan dengan perubahan iklim.

Cara untuk menavigasi keragaman Klaster Gen Biosintesis adalah melalui analisis bionformatika seperti BiG-Slice³⁴, BiG-FAM³⁵, dan antiSMASH³⁶ yang memungkinkan untuk mengidentifikasi pola metabolisme lintas jenis yang dapat diketahui melalui keberadaan metabolit atau aktivitas biologis. Penambahan genom untuk Klaster Gen Biosintesis telah menjadi bagian integral dari penemuan produk alami.

Dari hasil riset kolaborasi dengan Universitas Tubingen, Jerman menggunakan 9 aktinobakteri jenis *Streptomyces* yang diisolasi dari sedimen laut dan tanaman mangrove di Pulau Enggano, Pulau Bali, dan Pulau Lombok³¹, diketahui jumlah Klaster Gen Biosintesis berdasarkan analisis antiSMASH cukup beragam. Jumlah terendah adalah 17 dan jumlah tertinggi adalah 30 klaster gen³¹. Jumlah ini lebih rendah dari jumlah 40 Klaster Gen Biosintesis yang dilaporkan untuk tipe jenis genom *Streptomyces*³². Panjang genom utuh dari ke 9 *Streptomyces* adalah 8–12 mega pasang basa.

Analisis bioinformatika lebih lanjut menunjukkan bahwa 9 aktinobakteri tersebut di atas memiliki Klaster Gen Biosintesis yang mengode senyawa yang umumnya diproduksi oleh *Streptomyces*, seperti deferoksamin (*desferrioxamine*) yang merupakan siderofor senyawa pengkelat ion logam besi yang penting untuk pertumbuhan dan perkembangan, hopenoid sebagai senyawa membran sitoplasma dan pigmen spora untuk perlindungan terhadap radiasi sinar UV. Klaster Gen Biosintetik ektoin dan geosmin ditemukan hampir di semua isolat. Ektoin adalah zat yang berhubungan dengan kemampuan resistensi terhadap hipersalinitas. Dua buah Klaster Gen Biosintesis ektoin yang diidentifikasi menunjukkan bahwa Klaster Gen Biosintesis ektoin tambahan diduga memainkan peran dalam adaptasi organisme ini pada tekanan osmotik lingkungan salinitas tinggi³¹. Geosmin adalah aroma tanah yang sering tercium setelah hujan.

2.4. Pengelolaan Bakteri dan Arkea

Berbeda dengan flora dan fauna, mikroorganisme perlu disimpan dalam kondisi hidup dengan jumlah sel minimal 1 juta (10^6) cfu/ml. Pengelolaan mikroorganisme juga memerlukan kurator terampil yang dapat membedakan berbagai jenis mikroorganisme dan cara mengembangbiakkannya. Kurator selain seorang ahli mikrobiologi juga perlu mendalami ilmu biologi molekuler, karena di era digital ini deskripsi jenis mikroorganisme sudah menuju ke pemetaan genom utuh. Dalam hal ini yang dimaksud dengan pengelolaan mikroorganisme adalah dari akses, isolasi, identifikasi, preservasi, distribusi, dan pemantauan. Peraturan Presiden No. 1 Tahun 2021 tentang Pengelolaan Mikroorganisme yang telah diundangkan perlu segera diaplikasikan dalam mengelola mikroorganisme secara nasional³⁷.

Mikroorganisme bersifat kosmopolit yang berarti ada di mana-mana dan mampu beradaptasi di berbagai ekosistem dengan jumlah yang banyak membentuk suatu mikrobiom. Dengan kata lain mikroorganisme yang diperoleh dari daerah tropis dapat juga ditemukan di daerah subtropis atau dingin jika tempat tumbuhnya memiliki nutrisi yang diperlukan oleh mikroorganisme tersebut. Oleh karena itu, tidak mungkin melakukan preservasi seluruh mikroorganisme dalam satu ekosistem. Preservasi mikroorganisme perlu dilakukan seleksi yang tepat dengan cara mengetahui keragaman jenis atau potensinya.

Hasil pengungkapan potensi mikroorganisme yang telah dilakukan oleh para peneliti di lembaga riset dan universitas perlu didata menjadi informasi dan mikroorganisme yang berpotensi tersebut harus disimpan dalam kondisi hidup. Pada rezim paten, berbeda dengan flora dan fauna, mikroorganisme dapat diberi hak paten dengan pertimbangan karena proses

memisahkan jasad renik dari alam, atau proses mendapatkannya diakui sebagai sesuatu yang baru dan mengandung langkah inventif (UU Paten No 13 Tahun 2016 Pasal 9)³⁸.

Selain itu, Undang-Undang Nomor 11 Tahun 2019 tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi mengamanatkan tentang etika, wajib serah, wajib simpan, dan kebijakan berlandaskan ilmu pengetahuan dan teknologi³⁹. *Indonesian Culture Collection* (InaCC) adalah salah satu koleksi biakan murni mikroorganisme dari 18 koleksi yang ada di universitas dan lembaga riset di Indonesia. Wajib serah dan wajib simpan mikroorganisme yang telah diketahui potensi dan manfaatnya dapat dilakukan oleh seluruh ilmuwan di Indonesia di 18 koleksi biakan mikroorganisme yang ada di Indonesia. Sehingga diharapkan tidak ada lagi kejadian mikroorganisme yang memiliki potensi tidak dapat hidup kembali karena tidak dipelihara secara layak. Peraturan yang sudah dikeluarkan harus diimplementasikan dalam satuan-satuan riset dan inovasi yang lebih kecil secara komprehensif, sinergis, dan masif.

III. PERKEMBANGAN RISET BIODIVERSITAS BAKTERI DAN ARKEA

Bakteri dan arkea diketahui sebagai penghuni pertama bumi. Bakteri dan arkea ditemukan di setiap bagian lingkungan, menempel di permukaan dan di bahan suatu benda hidup dan mati, di udara, di tanah, di air, dan hampir semua ekosistem. Bakteri dan arkea biasanya berpindah atau disebarkan oleh manusia, hewan, dan alat bergerak lainnya. Komunitas bakteri dan arkea dan metabolitnya dapat menyebabkan (atau memperburuk) dan mencegah (atau mengurangi) penyakit manusia, hewan, dan tumbuhan.

3.1. Perkembangan di Indonesia

Riset mikrobiologi di Indonesia dimulai dari Kebun Raya Bogor. Prof. Melchior Treub seorang botanis dan Kepala Kebun Raya Bogor tahun 1880–1909 telah mulai mengisolasi bakteri penyebab penyakit pada tanaman yang ada di Kebun Raya. Beliau memiliki koleksi fungi mikoriza, mikroalga air tawar, *Bacillus saccharis*, *Aspergillus* sp. dan *Penicillium* sp.¹⁰. Riset mikrobiologi ini dapat dilakukan di Indonesia tidak lama setelah ditemukannya agar-agar sebagai media tumbuh bakteri pada tahun 1887 oleh Robert Koch. Agar-agar yang berasal dari Indonesia sebagai media tumbuh mikroorganisme adalah inovasi dari asisten Robert Koch yang sampai sekarang masih digunakan⁴⁰.

Prof. Christiaan Eijkman juga inisiator riset bakteriologi bidang kesehatan di Indonesia. Beliau adalah pengunjung di Laboratorium Treub untuk penyelidikan fitokimia, pendiri Laboratorium Farmakologi di Kebun Raya Bogor, serta mendirikan Sekolah Kedokteran dan Laboratorium Penelitian Patologi dan Bakteriologi di Jakarta¹⁰.

Di tahun 1959, riset mikrobiologi dimulai lagi di Kebun Raya Bogor setelah terhenti di tahun 1934. Sejak saat itu, riset mikrobiologi di Indonesia sangat berkembang baik dalam hal penambahan koleksi mikroorganisme dari berbagai ekosistem di Indonesia, ataupun pengungkapan potensi pemanfaatannya. Pada periode ini, riset tentang taksonomi bakteri dan arkea tidak atau belum berkembang pesat, karena membutuhkan data karakter morfologi, biokimia, taksonomi kimia (*chemotaxonomy*), DNA-DNA hibridisasi, dan analisis gen 16S rRNA yang harus dilakukan secara intensif di laboratorium yang memadai¹⁰.

Setelah berdirinya InaCC di tahun 2014, riset biodiversitas bakteri dan arkea berkembang pesat. Ini menunjukkan bahwa koleksi merupakan hal penting dalam melakukan riset menggunakan mikroorganisme. Tantangan riset dan inovasi bakteri dan arkea di Indonesia adalah keberadaan dan keterlibatan industri, sehingga bioproduk yang dihasilkan dari mikroorganisme dapat diproduksi secara massal.

3.2. Perkembangan di Tingkat Global

Bakteri dan arkea dapat digolongkan menjadi dua golongan besar berdasarkan pembiakannya, yaitu (i) yang dapat dibiakkan pada media agar dan (ii) yang tidak atau belum dapat dibiakkan pada media agar. Bakteri dan arkea yang dapat dibiakkan pada media agar telah banyak ditemukan dan dimanfaatkan oleh manusia. Industri minuman fermentasi, makanan fermentasi, enzim, antibiotik berbasis mikroorganisme telah banyak berkembang secara global.

Bakteri dan arkea yang belum atau tidak dapat dibiakkan adalah yang paling bertanggung jawab atas keanekaragaman hayati alami di bumi. Diprediksi lebih dari 99% mikroorganisme dari ekosistem alami tidak dapat dibiakkan di bawah kondisi

laboratorium⁴¹. Oleh karena itu, ada kebutuhan untuk mengidentifikasi dan mengkarakterisasi mikroorganisme tersebut untuk dapat mengungkap peran ekologisnya di biosfer. Metagenom adalah analisis yang tidak bergantung pada membiakkan mikroorganisme, tetapi berbasis analisis sekuensing dan/atau berdasarkan fungsi dari genom kolektif komunitas mikroorganisme. Metagenom dapat memberikan informasi tentang sifat biologi mikroorganisme pada komunitas tersebut⁴¹.

Biofilm adalah kumpulan sel mikroorganisme yang melekat di suatu permukaan membentuk mikrobioma dan diselimuti oleh pelekat karbohidrat yang dikeluarkan oleh konsorsium mikroorganisme tersebut. Keberadaan mikroorganisme dalam suatu mikrobioma dan biofilm merupakan tantangan periset mikrobiologi saat ini.

IV. PEMANFAATAN BAKTERI DAN ARKEA

Dalam melakukan riset dan inovasi bakteri dan arkea, pemanfaatan adalah salah satu strategi yang harus dilakukan. Bakteri dan arkea adalah jasad renik dan ada di mana-mana atau bersifat kosmopolitan. Mereka ada di dalam kita dan di sekitar kita. Mereka menopang hidup makhluk hidup, menyuburkan tanah, mengurai polutan, memproduksi makanan dan obat-obatan, dan menjaga geofisika bumi.

4.1. Pemanfaatan Bakteri di Bidang Kesehatan

Aktinobakteri menghasilkan sekitar dua pertiga dari semua antibiotik yang digunakan saat ini secara klinis. *Amycolatopsis tropicalis* adalah contoh sukses aktinobakteri yang diisolasi dari tanah yang diambil dari Pulau Borneo oleh Perusahaan Eli Lilly pada tahun 1946 yang menghasilkan antibiotik vankomisin. Vankomisin berhasil secara klinis untuk mencegah replikasi patogen *Staphylococcus aureus* yang resisten terhadap metilen (MRSA (Methylene Resistance *Staphylococcus aureus*)⁴². Sebagai negara dengan kekayaan alam yang tinggi, penemuan-penemuan antibiotik berikutnya sangat diharapkan.

Beberapa aktinobakteri telah dilakukan skrining atau penapisan untuk antibakteri and antifungi^{43,44,45,46}, antiplasmodium⁴⁷, dan anti-*Mycobacterium tuberculosis*⁴⁸. Hasilnya adalah sekitar 1–2% aktinobakteri memiliki potensi sebagai kandidat untuk memproduksi antibiotik. Namun tahap penapisan ini masih sangat awal untuk bisa menghasilkan produk yang dimanfaatkan di bidang kesehatan. Tahap selanjutnya yang juga penting dilakukan yaitu produksi skala uji, uji in vitro, uji in vivo, uji pra klinis, uji klinis, dan selanjutnya produksi skala manufaktur. Kemampuan produksi skala manufaktur bahan aktif dari biodiversitas Indonesia oleh periset Indonesia harus dikuasai.

Pada Bab II telah disampaikan, *whole genome sequencing* untuk 9 aktinobakteri yang diisolasi dari Pulau Enggano, Pulau Bali, dan Pulau Lombok telah dilakukan. Pemilihan 9 aktinobakteri ini berdasarkan dari penapisan 422 isolat melalui uji aktivitas antibakteri terhadap 5 jenis bakteri patogen. Sembilan aktinobakteri diprioritaskan untuk pendekatan skrining obat lebih lanjut dengan tahapan ekstraksi senyawa aktif, analisis HPLC-HRMS/MS pada ekstrak, dan membandingkan spektra yang muncul dengan basis data. Kombinasi analisis kluster gen biosintesis dan analisis senyawa berbasis spektrometri massa (MS) digunakan untuk mengidentifikasi senyawa baru yang potensial.

Riset ini dilakukan oleh Handayani³¹, dan berhasil mengidentifikasi beberapa produk biosintesis antara lain naphthyridinomycin, amicitin, echinomycin, tirandamycin, antimycin, dan desferrioxamine B. Selain itu, 16 gugus ion putatif dan beberapa kelompok gen terdeteksi yang tidak dapat dikaitkan dengan senyawa yang telah diketahui, menunjukkan bahwa aktinobakteri dapat menghasilkan metabolit sekunder baru. Hasil ini menunjukkan bahwa pengambilan sampel dari ekosistem yang unik dan kaya keanekaragaman hayati, seperti Indonesia, bersama dengan kombinasi analisis kluster gen biosintesis dan analisis spektra kromatografi mass spektrofotometer dapat mempercepat identifikasi produk alami.

4.2. Pemanfaatan Bakteri di Bidang Pangan Fungsional

Bakteri menguntungkan telah dimanfaatkan secara luas di industri makanan dan minuman dan berkembang pesat akhir-akhir ini. Salah satu peran bakteri dalam industri makanan dan minuman adalah bakteri dapat menghasilkan enzim penting yang dapat mengonversi bahan mentah atau biomassa yang kompleks menjadi senyawa fungsional. Enzim yang dihasilkan oleh bakteri

secara khusus dapat dimanfaatkan dalam mengkondisikan tidak hanya umur simpan, kandungan nutrisi, citarasa, dan kualitas tekstur makanan dan minuman, tetapi juga mengonversi bahan mentah menjadi senyawa yang fungsional bahkan terapeutik.

Pada tahun 2009 telah dilakukan penapisan 100 aktinobakteri yang dapat menghasilkan enzim inulin fruktotransferase (IFT)⁴⁹. Inulin sebagai sumber karbohidrat dapat dikonversi menjadi difruktosa anhidrida III (DFA III) dengan katalisator enzim inulin fruktotransferase dari aktinobakteri *Nonomuraea* sp. ID06-A0189⁴⁹. Inulin dapat diperoleh antara lain dari umbi bunga dahlia (*Dahlia* sp.), umbi gembili (*Discorea esculenta*), dan buah pisang (*Musa paradisiaca*). DFA III berupa kristal pertama kali digunakan sebagai bahan makanan untuk pencegahan osteoporosis karena kemampuannya untuk merangsang penyerapan kalsium pada tikus dan manusia.

Selanjutnya, DFA III telah terbukti dapat menghambat pembentukan asam empedu sekunder pada tikus dan manusia, sehingga merupakan kandidat yang digunakan sebagai prebiotik untuk pencegahan kanker usus besar. Kloning gen yang berperan pada pembentukan enzim inulin fruktotransferase juga telah dilakukan, dengan tujuan untuk mempercepat dan memperbanyak produksi^{50,51}. Riset ini telah mendapatkan paten yang dikabulkan dengan Nomor Registrasi IDP000041624 berjudul Enzim Inulin Transferase dari Aktinomiset dan Proses Pembuatan Difruktosa Anhidrida III⁵².

Mannan adalah sumber karbohidrat berlimpah di Indonesia yang dapat diperoleh dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri*), umbi suweg (*Amorphophallus paeoniifolius*), bungkil kelapa sawit (*Elaeis guineensis*), kolong kaling (*Arenga pinnata*), dan bungkil kopra (*Cocos nucifera*). Karbohidrat kompleks mannan dapat diubah menjadi manno oligosakarida

(MOS) sederhana dengan katalisator enzim mannanase^{53,54}. Aktinobakteri *Kitasatospora* sp. ID04-0555 telah berhasil diklon gen yang menyandikan enzim mannanase tersebut dan diaplikasikan untuk mengubah mannan dari umbi porang (*A. muelleri*), suweg (*A. paeoniifolius*), bungkil kelapa sawit (*E. guineensis*), dan bungkil kopra (*C. nucifera*) menjadi MOS⁵⁵.

MOS memiliki bioaktivitas suplemen makanan untuk membantu dalam peningkatan kinerja pertumbuhan, kesehatan usus, dan respon imun⁵⁶. Riset ini telah mendapatkan paten yang dikabulkan dengan Nomor Registrasi IDP000049711 berjudul Proses Pembuatan Oligosakarida Berbahan Baku Bungkil Kelapa Sawit dan Produk yang Dihasilkannya⁵⁶ dan IDP000053129 berjudul Pembuatan Oligosakarida dari Umbi Porang⁵⁷.

Xilan juga merupakan sumber karbohidrat berlimpah di Indonesia yang dapat diperoleh dari komponen hemiselulosa tanaman seperti bagas ampas tebu (*Saccharum officinarum*), tongkol jagung (*Zea mays*), bungkil kelapa sawit (*E. guineensis*), dan sebagainya. Xilan dapat diubah menjadi xilosa dan xilo oligosakarida (XOS) dengan katalisator enzim xylanase dari *Kitasatospora* sp. ID06-480^{58,59,60,61,62}. XOS selanjutnya dapat diubah menjadi xylitol pemanis alami. XOS bertindak sebagai prebiotik, selektif memberi nutrisi bakteri menguntungkan seperti bifidobakteri dan laktobasili dalam saluran pencernaan. Sejumlah uji klinis telah dilakukan dengan XOS, dan hasilnya menunjukkan bahwa pemberian XOS pada mencit dan manusia menunjukkan perbaikan gula darah dan lipid, manfaat kesehatan pencernaan, pencahar, dan kekebalan tubuh. Riset ini juga telah didaftarkan patennya^{63,64}.

Selain itu, telah dirancang pula starter atau inokulum untuk memfermentasi biji kakao (*Theobroma cacao*) menjadi bahan baku coklat yang berkualitas^{65,66,67}. Proses fermentasi biji

kakao menjadi bahan baku coklat memerlukan sukseksi 3 jenis mikroorganismenya secara seri yaitu pertama konversi daging buah kakao menjadi alkohol oleh khamir, dilanjutkan dengan pembentukan aroma kuat asam laktat dari alkohol yang terbentuk oleh bakteri asam laktat, dan terakhir pembentukan asam asetat yang dapat mematikan embrio biji kakao karena asamnya oleh bakteri asam asetat. Paten starter Inoka telah dikabulkan dengan Nomor Registrasi IDP000070289 berjudul Inokulum Untuk Fermentasi Biji Kakao⁶⁸, dan teknologi tepat guna ini dapat segera diaplikasikan di masyarakat.

4.3. Pemanfaatan Bakteri dan Arkea di Bidang Lingkungan

Pemanfaatan bakteri pada ilmu geologi membuka bidang baru, yaitu geomikrobiologi^{69,70,71}. Teknik perbaikan struktur tanah berdasar bioteknologi menawarkan alternatif dan kemungkinan yang patut untuk diaplikasikan. Akhir-akhir ini, metoda *grouting* secara biologi atau *biogrouting* mulai dikembangkan berdasarkan mediasi pengendapan karbonat⁷¹. Keuntungan utama dari *biogrouting* yang dapat melebihi *grouting* secara kimia adalah pemberian substrat dapat dipindahkan dalam bentuk inaktif ke daerah yang jauh dari titik injeksi. Sesudah itu, substrat dapat dikonversi oleh mikroorganismenya menjadi bentuk aktif dan pengendapan dapat dimulai^{72,73}. Dengan memanfaatkan mikroorganismenya dari Indonesia, telah ditemukan bakteri penghasil urease tinggi yang dapat diaplikasikan dalam penanganan lingkungan seperti erosi pantai^{74,75,76}. Riset ini telah didaftarkan patennya⁷⁷.

Pemanfaatan bakteri untuk menguraikan minyak mentah juga merupakan topik yang perlu digarap serius di mana Indonesia sebagai negara perairan, tumpahan minyak dapat membuat polusi di laut terkonsentrasi di Pulau Jawa terutama Teluk Jakarta. Menekankan pentingnya untuk memahami efek

tumpahan minyak, sebanyak 261 isolat bakteri yang dapat menurunkan konsentrasi Polisiklik Aromatic Hydrocarbon (PAH) telah berhasil diisolasi. Di antara isolat bakteri tersebut, 87 isolat dapat menurunkan konsentrasi fenanthrene, 45 isolat menurunkan konsentrasi fluoranthene, 49 isolat menurunkan konsentrasi dibenzothiophen, 6 isolat menurunkan konsentrasi fenotiazin, dan 74 isolat menurunkan konsentrasi minyak mentah. Lebih jauh lagi, bakteri *Thalassospira* sp. C. 260 dapat menurunkan konsentrasi terdegradasi masing-masing 50% dan 99,75% fenanthrene dalam medium dengan dan tanpa pengayaan dengan pupuk NPK. Melalui metode sublimasi, bakteri ini juga menurunkan fenotiazin, fluoranthene, dan dibenzothiophene^{78,79,80}.

Pemanfaatan bakteri pada bidang biorefineri atau kilang hayati telah dilakukan untuk mengeksplorasi peran koleksi mikroorganisme Indonesia sejak tahun 2016. Kegiatan difokuskan pada kajian mikroorganisme lokal yang dimodifikasi genetiknya untuk produksi bioetanol⁸¹ ataupun asam laktat⁸² dengan bahan dasar biomassa seperti limbah kelapa sawit dan ampas tebu yang melimpah di Indonesia. Pemanfaatan koleksi mikroorganisme lokal dan sumber genetiknya untuk medegradasi lignoselulosa, hemiselulosa, dan selulosa yang merupakan komponen dari biomassa^{58,59,83} menjadi satu kunci penting pada kegiatan riset di bidang biorefinari. Satu dekade terakhir telah terjadi peningkatan perhatian terhadap bioekonomi sirkuler (*circular bioeconomy*) dengan penekanan pada aspek ekonomi, lingkungan, dan sosial dalam sektor industri secara holistik dan biorefinari berperan strategis mewujudkan bioekonomi sirkuler⁸⁴.

Dalam proses pencarian arkea dari ladang garam, ditemukan satu genus baru dan dua jenis baru arkea, yaitu *Haloarchaeobius baliensis*²⁵ dan *Halobium palmae*²⁶. Arkea tersebut dapat

bertahan hidup pada konsentrasi NaCl lebih dari 2,8 M, MgCl₂ 2 M, pada suhu sampai 48°C, dan kondisi aerob. Keragaman metabolit halofilik arkea telah menarik minat besar selama dekade terakhir. Studi yang dilakukan dalam beberapa tahun terakhir telah meningkatkan pengetahuan kita tentang berbagai aspek halofilik arkea, seperti hubungan sistemik dan filogenetik, ekologi dan pada tingkat yang lebih rendah fisiologi dan genetika.

Riset mikrobiologi di masa depan diperlukan untuk mengungkapkan bagaimana mikroorganisme yang menyukai garam tinggi berasal selama tahap awal dalam evolusi kehidupan dan bagaimana mereka melakukan diversifikasi dan didistribusikan ke seluruh dunia. Kemampuan adaptasi terhadap konsentrasi garam dan suhu yang tinggi menjadikannya sumber enzim yang berharga untuk industri. Potensi bioteknologi untuk memproduksi zat terlarut yang kompatibel, biopolimer, dan senyawa lainnya adalah kepentingan industri.

V. STRATEGI RISET DAN INOVASI BAKTERI DAN ARKEA

Berbagai konsep dan definisi bioekonomi ataupun bioekonomi sirkular telah digagas dan diaplikasikan oleh para ilmuwan. Bioekonomi atau bioekonomi sirkular harus sudah dipikirkan dan harus merupakan strategi pada saat mulai melakukan riset dan inovasi bakteri dan arkea.

5.1. Bioekonomi dan Bioekonomi Sirkular

Negara-negara yang tergabung dalam *The Organisation for Economic Co-operation and Development* (OECD) pada tahun 2009 menyatakan bioekonomi adalah seperangkat agregat ekonomi dalam masyarakat yang memanfaatkan nilai-nilai terpendam yang ada pada suatu produk dan proses biologi⁸⁵. Negara-negara di bawah organisasi OECD juga merancang agenda kebijakan dengan tema “*The Bioeconomy 2030*” di mana disebutkan bioekonomi menawarkan potensi untuk membuat kontribusi sosial-ekonomi utama di negara-negara OECD⁸⁵. Selanjutnya istilah bioekonomi sirkular berkembang untuk menawarkan kerangka konseptual menggunakan sumber daya hayati secara tepat untuk mengubah dan mengelola tanah, air, pangan, kesehatan, dan sistem industri dengan tujuan mencapai kesejahteraan berkelanjutan selaras dengan alam^{86,87}.

Bakteri dan arkea sangat berperan, baik pada konsep bioekonomi maupun bioekonomi sirkular. Contoh yang telah diaplikasikan adalah penggunaan limbah pertanian untuk menghasilkan bioproduk dengan biokatalis dari enzim yang dihasilkan oleh bakteri yang telah dipaparkan pada Bab III. Penemuan enzim yang toleran terhadap suhu dari arkea adalah contoh lainnya. Kerjasama dengan Universitas Kobe dari tahun

2012 sampai saat ini secara konsisten memanfaatkan limbah pertanian menggunakan mikroorganisme dengan konsep biorefinari terintegrasi. Pendekatan teknologi terkini seperti genomik, transkriptomik, proteomik, dan metabolomik dalam menemukan dan mengeksploitasi keragaman bakteri dan arkea dengan tujuan untuk mengidentifikasi biokatalis untuk aplikasi dalam bioproses berkelanjutan. Hal ini akan berkontribusi untuk memecahkan tantangan global, termasuk pemanfaatan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan pangan, kesehatan, dan energi.

Tantangan global, termasuk perubahan iklim, pelestarian ekosistem, dan pemenuhan kebutuhan pangan, kesehatan, dan energi akan mempengaruhi kehidupan generasi mendatang. Ilmu pengetahuan dan teknologi akan memiliki dampak besar pada perkembangan masa depan. Bakteri dan arkea akan memainkan peran penting dalam penciptaan bioekonomi sirkular berkelanjutan, yaitu pemanfaatan sumber daya hayati yang efisien untuk pengembangan proses dan produk yang ramah lingkungan.

Transisi ke ekonomi berbasis bio dapat diadaptasi oleh negara mana pun, terlepas dari status ekonominya. Namun demikian, keterbatasan teknologi mungkin memainkan peran penting. Saat ini pemanfaatan sintetik gen, edit gen/genom, metagenomik, dan *whole genome sequencing* menjadi hal biasa. Proses selanjutnya setelah mendapatkan data fisik dan digital, teknologi genomik, transkriptomik, proteomik, dan metabolomik juga perlu dikuasai, supaya dapat memanfaatkan kekayaan kehati dengan tepat dan bijaksana.

5.2. Prioritas Area

Menentukan prioritas area juga perlu strategi, karena riset dan inovasi dengan menggunakan bakteri dan arkea sangat luas cakupannya. Beberapa area yang perlu diteliti saat ini yang merupakan **prioritas pertama** adalah di bidang lingkungan. Bioplastik dan mekanisme degradasi oleh bakteri untuk mengatasi polusi di lautan perlu diteliti secara sungguh-sungguh. Pengolahan limbah padat atau cair menjadi bioproduk yang bermanfaat seperti biokonversi limbah cair kelapa sawit oleh bakteri dan arkea untuk menjadi pangan fungsional dan memenuhi kebutuhan air bersih juga perlu diteliti. Indonesia sebagai produsen minyak nabati kelapa sawit terbesar di dunia, dari 15 juta hektar kebun kelapa sawit akan menghasilkan limbah cair kelapa sawit sekitar 30 juta ton/tahun, jika dibiarkan, limbah ini akan menghasilkan gas metan⁸¹. Melalui konsep biosirkular ekonomi, biorefinari limbah cair kelapa sawit harus dikuasai oleh Indonesia sendiri.

Prioritas kedua adalah membangun sistem produksi pangan fungsional dan sistem berkelanjutan untuk produksi kebutuhan pangan primer. Indonesia memiliki makanan pokok pengganti beras yang sangat beragam. Makanan pokok tersebut perlu ditingkatkan produksinya dan dikembangkan menjadi pangan fungsional. Umbi porang dengan mannose oligo sakarida (MOS) yang telah dipaparkan sebelumnya adalah salah satu contoh.

Prioritas ketiga adalah perawatan kesehatan yang dapat meningkatkan kehidupan, pangan fungsional, kesehatan digital dan industri yang berkaitan dengan bio-farmasi, obat regeneratif, dan terapi gen secara personal. Jika lingkungan bersih dan makanan tercukupi, tentunya menjadi lebih mudah untuk melakukan usaha preventif pada kesehatan. Untuk dapat hidup berkualitas baik, diperlukan kesehatan yang terjaga.

5.3. Platform Riset dan Inovasi

Dalam mengelola dan memanfaatkan biodiversitas, strategi berikutnya perlu ditemukan platform, alur kerja, ataupun proses bisnis yang tepat. Platform ini harus dipikirkan oleh SDM Iptek di negara ini sendiri, karena negara lain tidak mendapatkan anugerah sebagai negara tropis yang memiliki biodiversitas. SDM Iptek perlu memiliki sifat bijaksana bagaimana caranya agar preservasi, konservasi, pengungkapan potensi, dan pemanfaatan biodiversitas menjadi selaras, harmonis, dan berkelanjutan.

Dalam melakukan riset dan inovasi bakteri dan arkea, diperlukan peralatan analitik terkini untuk dapat menganalisis baik genom, metagenom, transkriptom, protein, dan metabolit yang dihasilkan oleh bakteri dan arkea. Peralatan ini dapat digunakan pula pada sumber daya hayati lain. Pimpinan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang dilanjutkan oleh Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) memiliki komitmen yang kuat untuk menjadikan Kampus BRIN di Cibinong Science Center and Botanical Garden sebagai fasilitas riset yang dapat diakses secara terbuka.

Selain itu, koleksi mikroorganisme juga sangat diperlukan saat melakukan riset dan inovasi bakteri dan arkea. Sebagai contoh, hasil riset dan inovasi yang telah diungkap oleh SDM Iptek yang tersimpan di dalam fasilitas koleksi yang memadai merupakan asset tak ternilai untuk pengembangan selanjutnya. InaCC yang diresmikan tahun 2014 kini menyimpan mikroorganisme yang dikelola secara baik dan benar minimal selama 30 tahun dengan informasi genom yang siap digunakan di industri farmasi, pangan, bioenergi, manufaktur sampai ke masalah isu lingkungan. Fasilitas *Biosafety Level 3* (BSL-3) yang diresmikan tahun 2018 adalah fasilitas riset kedua untuk menyimpan dan melakukan riset dengan menggunakan mikroorganisme patogen.

Pada masa pandemi COVID-19 fasilitas ini sangat dimanfaatkan oleh para peneliti. Fasilitas riset mikroorganisme sangat perlu memperhatikan kaidah *biosafety dan biosecurity*.

Fasilitas riset dan inovasi untuk pemetaan genom, bioproses, dan pengembangan obat atau senyawa aktif juga terus dibangun. Teknologi informasi dan basis data digital perlu segera dibenahi. Dengan alur riset yang terarah dan bekerjasama dengan pemangku kepentingan dan industri, sangat diharapkan produksi skala manufaktur berbagai bioproduk dalam negeri dapat direalisasikan.

VI. KESIMPULAN

Sejak tahun 1992 sampai sekarang secara konsisten telah dilakukan riset dan inovasi untuk mengungkap keanekaragaman hayati bakteri dan arkea, meliputi penemuan 4 genus baru, 25 jenis baru, 5 paten tersertifikasi, dan 8 paten terdaftar. Penapisan potensi atau bioprospeksi untuk penemuan obat dilakukan bekerjasama dengan berbagai industri farmasi dalam dan luar negeri. Beberapa senyawa aktif dan enzim telah berhasil ditemukan dari bakteri yang didapatkan dari berbagai ekosistem Indonesia. Potensi ekonomi bakteri dan arkea yang diisolasi dari berbagai ekosistem di Indonesia adalah dengan mendapatkan industri yang dapat memproduksinya.

Pembangunan fasilitas riset dengan alur kerja dan prosedur operasional standar di Pusat Koleksi Mikroorganisme Indonesia *Culture Collection* dan *Laboratorium Biosafety Level 3* juga telah berkontribusi nyata. Pemetaan genom bakteri dan virus juga telah dilakukan. Kristalisasi ilmu pengetahuan dan teknologi selama ini menjadikan landasan jika terjadi permasalahan atau kejadian luar biasa seperti pada saat terjadi pandemi *Corona Virus Disease 2019* (COVID-19), fokus kegiatan riset dan inovasi dapat dengan mudah diarahkan untuk menanggulangi permasalahan dengan kapasitas dan kapabilitas yang telah dimiliki.

Berbeda dengan flora dan fauna, mikroorganisme dapat diberikan kekayaan intelektual berupa paten. Caranya dengan mengisolasi mikroorganisme dengan cara ilmuwan lain, kemudian akan menemukan jenis mikroorganisme yang berbeda. Cara mendapatkan metabolisme baru dari suatu proses mikrobiologis juga berbeda bagi setiap ilmuwan. Dalam beberapa tahun ini, telah kami fokuskan pendaftaran paten

yang menggunakan mikroorganisme dalam proses produksi bioproduk dan beberapa paten telah dikabulkan. Alih teknologi ke industri, intermediasi teknologi, difusi ilmu pengetahuan dan teknologi ke masyarakat, serta komersialisasi teknologi perlu segera dilakukan.

Dari hasil riset pemetaan genom disandingkan dengan data metabolisme yang kami lakukan dapat menjelaskan bahwa sebenarnya apa yang penting tentang keanekaragaman hayati untuk pengembangan industri bukanlah bahan baku, tetapi informasi yang terkandung di dalamnya yang memberikan para ahli dari segala bidang seperti bioteknologi, biokimia, bioinformatika, teknik kimia, teknik bioproses, dan lain sebagainya dengan ide-ide tentang struktur baru yang memacu imajinasi untuk menciptakan struktur biokimia lain pada superkomputer untuk mencari obat baru.

VII. PENUTUP

Mikroorganismekhususnyabakteridanarkeamempunyai peluang yang sangat besar dalam pengembangan bioindustri kesehatan, pangan dan lingkungan. Riset dan inovasi menggunakan bakteri dan arkea membutuhkan keahlian SDM Iptek yang unggul dan berintegritas, serta fasilitas yang memadai. Revolusi Industri 4.0 telah membuka riset dan inovasi berbasis bio tanpa batas. Sebagai negara dengan biodiversitas yang tinggi, riset dan inovasi memanfaatkan biodiversitas mikroorganismemenjadi keharusan. Dalam hal ini, teknologi yang harus dikuasai adalah sistem produksi skala manufaktur.

Permasalahan yang kita hadapi bersama adalah hasil pengungkapan potensi mikroorganismebelum secara signifikan dilakukan transfer teknologi ke industri maupun untuk membangun perusahaan pemula (*start-up*) di Indonesia. Bahkan mikroorganismeyang telah diungkap potensinya seringkali dibiarkan mati atau terkontaminasi atau mengalami mutasi karena tidak dilakukan preservasi dengan cara yang tepat. Beberapa kendala yang dapat diidentifikasi adalah pengungkapan potensi belum dibutuhkan oleh industri, belum menggunakan strain acuan yang standar, belum dilakukan riset dan inovasi bioproses dan *bioengineering* skala besar sehingga pada saat diaplikasikan tidak memenuhi nilai ekonomi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia Nya sehingga pada hari ini saya dapat menyampaikan naskah orasi ilmiah Profesor Riset. Saya mengucapkan terima kasih kepada Presiden Republik Indonesia atas penetapan saya sebagai Peneliti Ahli Utama. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Kepala BRIN Dr. Laksana Tri Handoko; Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset Prof. Dr. Bambang Subiyanto; Sekretaris Majelis Pengukuhan Prof. Dr. Gadis Sri Haryani; Tim Penelaah Naskah Orasi sekaligus Anggota Majelis Profesor Riset Prof. Dr. I Made Suidiana, Prof. Dr. Yantyati Widyastuti, Prof. Dr. Ir, Y. Purwanto, DEA, dan Prof. dr. Tri Wibawa, PhD, SpMK (K); Plt. Sekretaris Utama BRIN Nur Tri Aries Suestiningtyas, M.A.; Kepala Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan BRIN Dr. Iman Hidayat;. Deputy Bidang Riset dan Inovasi Daerah BRIN Dr. Yopi; Kepala Pusat Riset Biosistematika dan Evolusi BRIN Dr. Bayu Aji; dan Panitia Pelaksana Pengukuhan Profesor Riset yang telah memotivasi dan berkontribusi pada orasi ini.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Yasuo Kobayashi sebagai pembimbing S1 yang telah membuat saya tertarik dan menekuni bidang biologi molekuler; Prof. Dr. Kazuo Komagata, Prof. Dr. Tai Uchimura, Prof. Dr. Yuzo Yamada, Dr. Susono Saono, Prof. Dr. Endang Sukara, dan Prof. Dr. Yantyati Widyastuti sebagai pembimbing S2 dan S3 yang mengajari saya menjadi ilmuwan mikrobiologi yang berdedikasi, tangguh, dan andal. Dr. Ken-ichiro Suzuki, Dr. Katsuhiko Ando, Dr. Hiroko Kawasaki, Prof. Dr. Masataka Uchino, Prof. Dr. Chiaki Ogino, Prof. Dr. Bernward Bisping, Prof. Dr. Wolfgang Wohleben, Prof. Dr. Yvonne Mast yang telah menjadi kolaborator riset luar negeri.

Saya mengucapkan terima kasih kepada Dr. Setijati Sastrapradja, Prof. Dr. Made Sri Prana (alm), Prof. Dr. Endang Sukara, Prof. Dr. Usep Soetisna, Prof. Dr. Bambang Prasetya, Prof. Dr. Enny Sudarmonowati, Dr. Witjaksono, Prof. Dr. Bambang Sunarko, Dr. Yan Riyanto yang menjadi atasan selama bekerja di LIPI. Saya mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. BJ Habibie (alm), Prof. Dr. Ing. Wardiman Djojonegoro yang telah memberikan penghargaan.

Saya juga berterima kasih kepada rekan kerja SDM Manajemen Iptek dan SDM Iptek di LIPI dan BRIN yang membantu dan membuat suasana tempat kerja yang produktif, nyaman, dan menyenangkan. Saya ucapkan terima kasih kepada seluruh undangan yang telah meluangkan waktunya untuk hadir dalam acara ini.

Pada kesempatan yang berbahagia ini saya mengucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada Bapak Prof. Drs. Sardjoko, Apt. (alm) dan Ibu (almh), Bapak Mertua Prof. Dr. Drh. Wardjiman (alm) dan Ibu Mertua (almh), Bapak Hajriyanto Y Thohari dan keluarga besar yang telah memberikan keteladanan dalam menjalani hidup. Kepada kakak-kakak, adik-adik dan keluarga besar, saya mengucapkan terima kasih atas persaudaraan yang penuh dengan kasih sayang yang erat.

Akhirnya ucapan terima kasih saya sampaikan kepada suami dan anak-anak terkasih dan tersayang atas segala ketulusan, kesabaran, keikhlasan, pengertian, dukungan, bantuan, dan pengorbanan selama ini. Sifat suami dan anak-anak yang humoris, disiplin, kerja keras, dan sederhana selalu menjadi inspirasi, kekuatan, dan kenyamanan bagi saya. Rasa kasih dan sayang yang mendalam selalu memberikan suasana hangat, ceria, dan harmonis.

DAFTAR PUSTAKA

1. Brooks TM, Mittermeier RA, Da Fonseca GAB, Gerlach J, Hoffmann M, Lamoreux JF, dkk. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 2006 Jul 7;313(5783):58–61.
2. Donald PF, Fishpool LDC, Ajagbe A, Bennun LA, Bunting G, Burfield IJ, dkk. Important Bird and Biodiversity Areas (IBAs): the development and characteristics of a global inventory of key sites for biodiversity. *Bird Conservation International* 2019;29(2):177–98.
3. Davis SD, Heywood VH, Hamilton AC. Centres of plant diversity. *Natural History* 1994;111(1):1.
4. Veron JEN, Devantier LM, Turak E, Green AL, Kininmonth S, Stafford-Smith M, dkk. Delineating the coral triangle. *Galaxea, Journal of Coral Reef Studies* 2009;11(2):91–100.
5. Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, Da Fonseca GAB, Kent J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature* 2000 Feb 24;403(6772):853–8.
6. Mittermeier RA, Mittermeier CG, Brooks TM, Pilgrim JD, Konstant WR, Da Fonseca GAB, dkk. Wilderness and biodiversity conservation. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 2003;100(18):10309–13.
7. Hoekstra JM, Boucher TM, Ricketts TH, Roberts C. Confronting a biome crisis: global disparities of habitat loss and protection. *Ecology Letters* 2004 ;8(1):23–9.
8. Bryant D, Nielsen D, Tanglely L. The last frontier forests: ecosystems and economies on the edge. World Resources Institute 1709 New York Avenue NW, Washington DC 2006 USA 1997:41pp. ISBN 1-56973- 198-5.
9. Sanderson EW, Jaiteh M, Levy MA, Redford KH, Wannebo AV, Woolmer G. The human footprint and the last of the wild: the human footprint is a global map of human influence on the land

surface, which suggests that human beings are stewards of nature, whether we like it or not. *BioScience* 2002 Oct 1;52(10):891–904.

10. Sukara E, **Lisdiyanti P** (Editor). *Exploring Indonesian Microbial Genetic Resources for Industrial Application*. Jakarta: LIPI Press; 2016: 1–221. DOI: <https://doi.org/10.14203/press.291>.
11. Woese CR, Kandler O, Wheelis ML. Towards a natural system of organisms: proposal for the domains Archaea, Bacteria, and Eucarya. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 1990 Jun 1;87(12):4576–9.
12. Yoon SH, Ha SM, Kwon S, Lim J, Kim Y, Seo H, dkk. Introducing EzBioCloud: a taxonomically united database of 16S rRNA gene sequences and whole-genome assemblies. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2017 May;67(5):1613–17.
13. Parks DH, Chuvochina M, Waite DW, Rinke C, Skarshewski A, Chaumeil PA, dkk. A standardized bacterial taxonomy based on genome phylogeny substantially revises the tree of life. *Nature Biotechnology* 2018;36(10):996–1004.
14. Gilbert JA, Stephens B. Microbiology of the built environment. *Nature Reviews Microbiology* 2018;16(11):661–70.
15. **Lisdiyanti P**, Kawasaki H, Widyastuti Y, Saono S, Seki T, Yamada Y, dkk. *Kozakia baliensis* gen. nov., sp. nov., a novel acetic acid bacterium in the alpha-proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2002 May 1;52(3):813–8.
16. Yamada Y, Katsura K, Kawasaki H, Widyastuti Y, Saono S, Seki T, dkk. *Asaia bogorensis* gen. nov., sp. nov., an unusual acetic acid bacterium in the alpha-Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2000 Mar 1;50(2):823–29.
17. **Lisdiyanti P**, Kawasaki H, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Systematic study of the genus *Acetobacter* with descriptions of *Acetobacter indonesiensis* sp. nov., *Acetobacter tropicalis* sp. nov., *Acetobacter orleanensis* (Henneberg 1906)

comb. nov., *Acetobacter lovaniensis* (Frateur 1950) comb. nov., and *Acetobacter estunensis* (Carr 1958) comb. nov. The Journal of General and Applied Microbiology 2000;46(3):147–65.

18. **Lisdiyanti P**, Kawasaki H, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Identification of *Acetobacter* strains isolated from Indonesian sources, and proposals of *Acetobacter syzygii* sp. nov., *Acetobacter cebinongensis* sp. nov., and *Acetobacter orientalis* sp. nov. The Journal of General and Applied Microbiology 2001;47(3):119–31.
19. **Lisdiyanti P**, Navarro RR, Uchimura T, Komagata K. Reclassification of *Gluconacetobacter hansenii* strains and proposals of *Gluconacetobacter saccharivorans* sp. nov. and *Gluconacetobacter nataicola* sp. nov. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2006 Sep 1;56(9):2101–11.
20. Hamada M, Shibata C, Nurkanto A, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Tamura T, Suzuki KI. *Tropicihabitans flavus* gen. nov., sp. nov., a new member of the family Cellulomonadaceae. Antonie van Leeuwenhoek 2015;107(5):1299–306.
21. Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Widyastuti Y. Collection of Indonesian Actinomycetes and its uses. In Exploring Indonesian Microbial Genetic Resources. Jakarta: LIPI Press; 2016: 177–203. Ed. Sukara E, Lisdiyanti P.
22. Mori K, Nurcahyanto DA, Kawasaki H, **Lisdiyanti P**, Yopi, Suzuki KI. *Haloarchaeobius baliensis* sp. nov., isolated from a solar saltern. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2016 Jan 1;66(1):38–43.
23. Mori K, Nurcahyanto DA, Kawasaki H, **Lisdiyanti P**, Yopi, Suzuki KI. *Halobium palmae* gen. nov., sp. nov., an extremely halophilic archaeon isolated from a solar saltern. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2016 Oct 1;66(10):3799–804.
24. **Lisdiyanti P**, Katsura K, Potacharoen W, Navarro RR, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Diversity of acetic acid bacteria

- in Indonesia, Thailand, and the Philippines. *Microbiology and Culture Collection* 2003;19(2):91–9.
25. Parker CT, Tindall BJ, Garrity GM. eds. International Code of Nomenclature of Prokaryotes. Prokaryotic Code (2008 Revision). *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2019;69(1A): S1–S111.
 26. Koonin EV, Makarova KS, Wolf YI. Evolution of microbial genomics: conceptual shifts over a quarter century. *Trends in Microbiology* 2021 Jul 1;29(7):582–92.
 27. Parks DH, Chuvochina M, Rinke C, Mussig AJ, Chaumeil PA, Hugenholtz P. GTDB: an ongoing census of bacterial and archaeal diversity through a phylogenetically consistent, rank normalized and complete genome-based taxonomy. *Nucleic Acids Research* 2022 Jan 7;50(D1):D785–94.
 28. Handayani I, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Fahrurrozi, Kusharyoto W, Alanjary M, dkk. Complete genome sequence of *Streptomyces* sp. strain SHP22-7, a new species isolated from mangrove of Enggano Island, Indonesia. *Microbiology Resource Announcements* 2018 Nov 21;7(20):e01317–18.
 29. Handayani I, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Fahrurrozi, Alanjary M, Wohlleben W, dkk. Complete genome sequence of *Streptomyces* sp. strain BSE7F, a Bali mangrove sediment actinobacterium with antimicrobial activities. *Genome Announcements* 2018 Jun 28;6(26):e00618–18.
 30. Krause J, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Ort-Winklbauser R, Wohlleben W, Mast Y. Complete Genome Sequence of the Putative Phosphonate Producer *Streptomyces* sp. Strain I6, Isolated from Indonesian Mangrove Sediment. *Microbiology Resource Announcements* 2019 Jan 24;8(4):e01580–18.
 31. Handayani I, Saad H, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Kusharyoto W, Krause J, dkk. Mining Indonesian Microbial Biodiversity for Novel Natural Compounds by a Combined Genome Mining and Molecular Networking Approach. *Marine Drugs* 2021 Jun;19(6):316.

32. Belknap KC, Park CJ, Barth BM, Andam CP. Genome mining of biosynthetic and chemotherapeutic gene clusters in *Streptomyces* bacteria. *Scientific Reports* 2020 Feb 6;10(1):1–9.
33. Lee N, Hwang S, Kim J, Cho S, Palsson B, Cho BK. Mini review: genome mining approaches for the identification of secondary metabolite biosynthetic gene clusters in *Streptomyces*. *Computational and Structural Biotechnology Journal* 2020 Jan 1;18:1548–56.
34. Kautsar SA, van der Hooft JJ, de Ridder D, Medema MH. BiG-SLiCE: A highly scalable tool maps the diversity of 1.2 million biosynthetic gene clusters. *GigaScience* 2021 Jan;10(1):giaa154.
35. Kautsar SA, Blin K, Shaw S, Weber T, Medema MH. BiG-FAM: the biosynthetic gene cluster families database. *Nucleic Acids Research* 2021 Jan 8;49(D1):D490–7.
36. Blin K, Shaw S, Kloosterman AM, Charlop-Powers Z, Van Wezel GP, Medema MH. AntiSMASH 6.0: improving cluster detection and comparison capabilities. *Nucleic Acids Research* 2021 Jul 2;49(W1):W29–35.
37. Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2021 Tentang Pengelolaan Mikroorganisme. **Lisdiyanti P** sebagai salah satu penyusun naskah akademik kontributor utama.
38. Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 13 Tahun 2016 Tentang Paten.
39. Undang-undang Republik Indonesia Nomor 11 Tahun 2019 Tentang Sistem Nasional Ilmu Pengetahuan dan Teknologi.
40. Blevins SM, Bronze MS. Robert Koch and the ‘golden age’ of bacteriology. *International Journal of Infectious Diseases* 2010 Sep 1;14(9):e744–51.
41. Soman R, Kavitha MH, Shaji H. Metagenomics: a genomic tool for monitoring microbial communities during bioremediation. In *Microbes and Microbial Biotechnology for Green Remediation* 2022 Jan 1 (pp. 813-821). Elsevier.

42. Levine DP. Vancomycin: a history. *Clinical Infectious Diseases* 2006 Jan 1;42(Supplement_1):S5–12.
43. Pahira DS, Hertiani T, **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Mustofa M. Isolation and Antimicrobial Screening of Actinomycetes from the Soil of Enggano Island, Indonesia. *Key Engineering Materials* 2020;840:284–290. Trans Tech Publications Ltd.
44. Utami A, Apriliana P, Kusnadi Y, Zilda DS, Ilmiah Z, **Lisdiyanti P**, dkk. Analyzing the biosynthetic potential of antimicrobial-producing actinobacteria originating from Indonesia. *Indonesian Journal of Biotechnology* 2021;26(3):142–51.
45. Meliah S, Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**, Kanti A, Sudiana I, Kobayashi M. Antifungal Activity of Endophytic Bacteria Associated with Sweet Sorghum (*Sorghum bicolor*). *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences* 2021 Jan 1;53(1).
46. Setiawati S, Nuryastuti T, Sholikhah EN, **Lisdiyanti P**, Pratiwi SU, Sulistiyani TR, dkk. The potency of actinomycetes extracts isolated from Pramuka Island, Jakarta, Indonesia as antimicrobial agents. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 2021 Feb 1;22(3).
47. Damayanti E, **Lisdiyanti P**, Sundowo A, Ratnakomala S, Dinoto A, dkk. Antiplasmodial activity, biosynthetic gene clusters diversity, and secondary metabolite constituent of selected Indonesian *Streptomyces*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 2021 Jun 5;22(6).
48. Rakhmawatie MD, Wibawa T, **Lisdiyanti P**, Pratiwi WR, Damayanti E. Potential secondary metabolite from Indonesian Actinobacteria (InaCC A758) against *Mycobacterium tuberculosis*. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2021 Aug;24(8):1058.
49. Pudjiraharti S, Takesue N, Katayama T, **Lisdiyanti P**, Hanafi M, Tanaka M, dkk. Actinomycete *Nonomuraea* sp. isolated from Indonesian soil is a new producer of inulin fructotransferase. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 2011 Jun 1;111(6):671–4.

50. Pudjiraharti S, Ohtani M, Takano N, Abe A, **Lisdiyanti P**, Tanaka M, dkk. *Nonomuraea* sp. ID06-A0189 inulin fructotransferase (DFA III-forming): gene cloning, characterization and conservation among other *Nonomuraea* species. The Journal of Antibiotics 2014 Feb;67(2):137–41.
51. Endah ES, Fitriana M, Mulyani R, Ratnaningrum D, **Lisdiyanti P**, Pudjiraharti S. Optimization of Medium Composition for Inulin Fructotransferase (IFTase) Production by *Nonomuraea* sp. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Feb 1;439(1):012043. IOP Publishing.
52. Pudjiraharti S, **Lisdiyanti P**, Asano K, Tanaka M. Enzim Inulin fruktotransferase dari Aktinomiset dan Proses Pembuatan Difruktosa Anhidrida III yang Melibatkannya. Paten tersertifikasi IDP000041624:10-06-2016;P00200900607:23-11-2009.
53. Yopi, Rahmani N, Amanah S, Santoso P, **Lisdiyanti P**. The production of β -mannanase from *Kitasatospora* sp. strain using submerged fermentation: Purification, characterization and its potential in mannoooligosaccharides production. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2020 Mar 1;24:101532.
54. Pangestu R, Rahmani N, Palar R, **Lisdiyanti P**. The effect of biomass particle size and chemical structure on the enzymatic hydrolysis reaction of galactomannan from sugar palm fruit by β -mannanase from *Kitasatospora* sp. KY576672. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Mar 1;251(1):012008. IOP Publishing.
55. Rahmani N, Kashiwagi N, Lee J, Niimi-Nakamura S, Matsumoto H, Kahar P, **Lisdiyanti P**, dkk. Mannan endo-1, 4- β -mannosidase from *Kitasatospora* sp. isolated in Indonesia and its potential for production of mannoooligosaccharides from mannan polymers. AMB Express 2017 Dec 1;7(1):100.
56. Yopi, Thontowi A, **Lisdiyanti P**, Purnawan A. Proses pembuatan oligosakarida berbahan baku bungkil kelapa sawit dan produk yang dihasilkannya. Paten tersertifikasi IDP000049711:15-02-2018; P00201000573:02-09-2010.

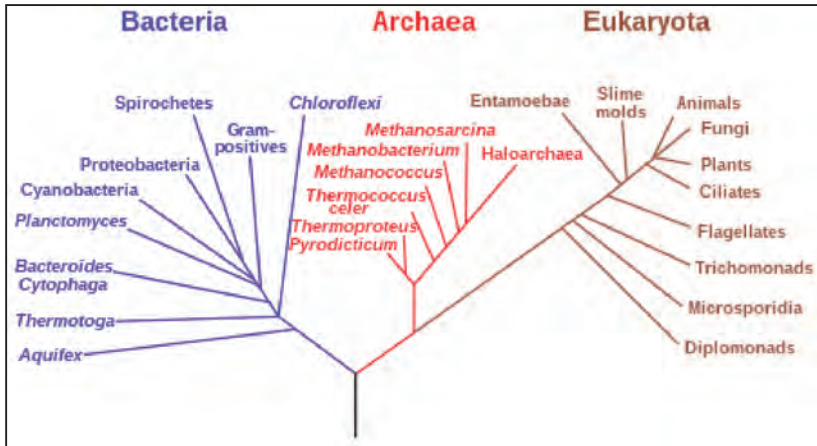
57. Yopi, Dinoto A, **Lisdiyanti P**, Thontowi A, Rahmani N, Purnawan A. Pembuatan oligosakarida dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri* Blume). Paten tersertifikasi IDP000053129: 31-08-2018; P00201200457:08-Jun-2012.
58. Rahmani N, Kahar P, **Lisdiyanti P**, Lee J, Prasetya B, Ogino C, dkk. GH-10 and GH-11 Endo-1, 4- β -xylanase enzymes from *Kitasatospora* sp. produce xylose and xylooligosaccharides from sugarcane bagasse with no xylose inhibition. *Bioresource Technology* 2019 Jan 1;272:315–25.
59. Rahmani N, Kahar P, **Lisdiyanti P**, Hermiati E, Lee J, Prasetya B, dkk. Xylanase and feruloyl esterase from actinomycetes cultures could enhance sugarcane bagasse hydrolysis in the production of fermentable sugars. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 2018 May 4;82(5):904–15.
60. Rahmani N, Oktavia A, Astuti D, Nugraha S, Nuro F, Mulyani ES, Hermiati E, Ramadhan KP, **Lisdiyanti P**, dkk. Endo-xylanase Enzyme Production using Agroindustrial Biomass as Feedstock by *Kitasatospora* sp. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2020 Feb 1;439(1):012028. IOP Publishing.
61. Rahmani N, Apriliana P, Jannah AM, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Hermiati E, dkk. Endo-xylanase enzyme from marine actinomycetes and its potential for xylooligosaccharide production. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2019 Mar 1;251(1):012053. IOP Publishing.
62. Rahmani N, Jannah AM, **Lisdiyanti P**, Prasetya B, Yopi. Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass by *Kitasatospora* sp. to produce xylo-oligosaccharides (XOS). *AIP Conference Proceedings* 2017 Nov 27;1904(1):020021. AIP Publishing LLC.
63. Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Nuryati, Yopi, Prasetya B. Metode produksi xilanase dari *Kitasatospora* sp. dengan fermentasi cair menggunakan bagase tebu. Paten terdaftar P00201912021:18-Dec-2019.

64. Yopi, Palar R, **Lisdiyanti P**, Rahmani N, Mafatikhul A, Apriliana P, dkk. Proses produksi xylooligosakarida (XOS) dengan menggunakan kompleks xylan yang diekstrak dari ampas tebu. Paten terdaftar 00201708604:30-Nov-2017.
65. Fahrurrozi F, **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Fauziyyah S, Sari, MN. Teknologi fermentasi dan pengolahan biji kakao. Jakarta: LIPI Press; 2020: 1–75.
66. Fahrurrozi, Putri RE, **Lisdiyanti P**. Screening and activity of yeast-associated with cocoa-bean fermentation against phytopathogenic yeast and fungi. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Feb 1;439(1):012056. IOP Publishing.
67. Fahrurrozi, Fauziyyah S, Sari MN, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**. Quality of Chocolate Bar from Fermented Cocoa Beans from Lombok, West Nusa Tenggara. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Mar 1;251(1):012046. IOP Publishing.
68. Fahrurrozi, **Lisdiyanti P**. Inokulum untuk fermentasi biji kakao. Paten tersertifikasi IDP000070289:04-08-2020;P00201705052:31-07-2017.
69. **Lisdiyanti P**, Suyanto E, Gusmawati NF, Ratnakomala S, Fahrurrozi F. Penerapan bakteri penghasil enzim urease untuk mengeraskan tanah berpasir. Dalam Buku: Perspektif terhadap kebencanaan dan lingkungan di Indonesia: Studi kasus dan pengurangan dampak risikonya; Editor: Anwar HZ, Harjono H. Jakarta: LIPI Press; 2011: 109–123. ISBN 978-602-99893-0-4.
70. **Lisdiyanti P**, Suyanto E, Ratnakomala S, Fahrurrozi, Sari MN, Gusmawati NF. Bacterial carbonate precipitation for biogrouting. Proceedings National Symposium on Ecohydrology 2011:204–219. ISBN: 978-979-81633-15-9.
71. Suyanto E, Ratnakomala S, Fahrurrozi, Sari MN, Gusmawati NF, **Lisdiyanti P**. Presipitasi kalsium karbonat oleh bakteri biogrouting untuk biosementasi pasir. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 2011:150–156. ISSN: 2008-9828.

72. Ainiyah S, **Lisdiyanti P**, Pertiwi SA, Prasetyo EN. Biogrouting: produksi urease dari bakteri laut (*oceanobacillus* sp.) pengendap karbonat. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati* 2016 Aug 31;1(1):9–18.
73. Nainggolan MJ, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Effect of urease enzyme on shear strength of clay shale. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)* 2018 Jan 1;7(4.36 Special Issue 36):424–8.
74. Putri AR, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Effect of urease enzyme and clay mixture in shear strength properties of sand. *MATEC Web of Conferences* 2019;280:04014. EDP Sciences.
75. A'la H, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Effect of increasing urease enzim concentration on shear strength properties sand clay biocementation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2020 Feb 1;426(1):012029. IOP Publishing.
76. Suprpto YH, Soepandji BS, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Improvement of soil cohesion using microbial acitivity. *Geotechnical Engineering* 2020 Dec;51(4):79–82.
77. **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Fahrurrozi. Biomaterial berbasis presipitasi kalsit. Paten terdaftar P00201200697:30-Aug-2012.
78. Yetti E, Thontowi A, Yopi Y, **Lisdiyanti P**. Screening of marine bacteria capable of degrading various polyaromatic hydrocarbons. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 2015 Dec 20;10(3):121–7.
79. **Lisdiyanti P**, Yopi Y, Murniasih T. The investigation of polycyclic aromatic hydrocarbon and oil degrading bacteria isolated from the marina port Ancol, Jakarta Bay. *Annales Bogorienses* 2011;Dec 9;15(2):17–23.
80. Murniasih T, **Lisdiyanti P**. Biodegradation of polycyclic aromatic hydrocarbon (pah), phenanthrene by marine bacterium *Thalassospira* sp. C. 260. *Marine Research in Indonesia* 2010;35(1):55–62.

81. Kahar P, Rachmadona N, Pangestu R, Palar R, Adi DT, Juanssilfero AB, dkk. An integrated biorefinery strategy for the utilization of palm-oil wastes. *Bioresource Technology* 2022 Jan 1;344:126266.
82. Pangestu R, Kahar P, Kholida LN, Perwitasari U, Thontowi A, Fahrurrozi F, **Lisdiyanti P**, dkk. Harnessing originally robust yeast for rapid lactic acid bioproduction without detoxification and neutralization. *Scientific Reports* 2022 Aug 11;12(1):1–3.
83. **Lisdiyanti P**, Suyanto E, Gusmawati NF, Rahayu W. Isolation and characterization of cellulase produced by cellulolytic bacteria from peat soil of Ogan Komering Ilir, South Sumatera. *International Journal of Environment and Bioenergy* 2012;3(3):145–53.
84. Awasthi MK, Sindhu R, Sirohi R, Kumar V, Ahluwalia V, Binod P, dkk. Agricultural waste biorefinery development towards circular bioeconomy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 2022 Apr 1;158:112122.
85. OECD (2009), *The Bioeconomy to 2030: Designing a Policy Agenda*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264056886-en>.
86. Muscat A, de Olde EM, Ripoll-Bosch R, Van Zanten HH, Metze TA, Termeer CJ, dkk. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nature Food* 2021 Aug;2(8):561–6.
87. Tan EC, Lamers P. Circular bioeconomy concepts—A perspective. *Frontiers in Sustainability* 2021 Jul 12;2:701509.

LAMPIRAN



Gambar 1. Pohon Filogeni 3 Domain Klasifikasi Makhluk Hidup¹¹.

Tabel 1. Deskripsi Mikroorganisme Jenis Baru 2000-2020

No	Jenis Baru	Referensi
1	<i>Acetobacter indonesiensis</i>	Lisdiyanti et al., 2000
2	<i>Acetobacter tropicalis</i>	Lisdiyanti et al., 2000
3	<i>Acetobacter syzygii</i>	Lisdiyanti et al., 2001
4	<i>Acetobacter cibinongensis</i>	Lisdiyanti et al., 2001
5	<i>Acetobacter orientalis</i>	Lisdiyanti et al., 2001
6	<i>Kozakia baliensis</i>	Lisdiyanti et al., 2002
7	<i>Asaia bogorensis</i>	Yamada et al., 2001
8	<i>Gluconacetobacter saccharivorans</i>	Lisdiyanti et al., 2006
9	<i>Gluconacetobacter nataicola</i>	Lisdiyanti et al., 2006
10	<i>Actinokineospora baliensis</i>	Lisdiyanti et al., 2010
11	<i>Actinokineospora cibodasensis</i>	Lisdiyanti et al., 2010
12	<i>Actinokineospora cianjurenensis</i>	Lisdiyanti et al., 2010
13	<i>Dietzia timorensis</i>	Yamamura et al., 2010
14	<i>Actinophytocola timorensis</i>	Otoguro et al., 2011
15	<i>Actinophytocola corallina</i>	Otoguro et al., 2011
16	<i>Serinibacter tropicus</i>	Hamada et al., 2015
17	<i>Tropicohabitans flavus</i>	Hamada et al., 2015
18	<i>Actinoplanes tropicalis</i>	Nurkanto et al., 2015
19	<i>Actinoplanes cibodasensis</i>	Nurkanto et al., 2015
20	<i>Actinoplanes bogoriensis</i>	Nurkanto et al., 2016
21	<i>Cryptosporangium cibodasense</i>	Nurkanto et al., 2015
22	<i>Kocuria pelophila</i>	Hamada et al., 2016
23	<i>Cellulosimicrobium marinum</i>	Hamada et al., 2016
24	<i>Haloarchaeobius baliensis</i>	Mori et al., 2016
25	<i>Halobium palmae</i>	Mori et al., 2016

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Buku Nasional

1. Santoso A, **Lisdiyanti P** (Editor). Pengembangan obat biologi: bioteknologi, biosimilar, dan *reverse engineering*. Jakarta: LIPI Press, 2021:1–200.
2. Fahrurrozi F, **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Fauziyyah S, Sari, MN. Teknologi fermentasi dan pengolahan biji kakao. Jakarta: LIPI Press; 2020:1–75.
3. Haryono A, Saskiawan I, **Lisdiyanti P**. Panduan penelitian bidang ilmu pengetahuan alam bagi pemula. Jakarta: LIPI Press; 2017: 1–62.
4. Sukara E, **Lisdiyanti P** (Editor). Exploring Indonesian microbial genetic resources for industrial application. Jakarta: LIPI Press; 2016: 1–221.
5. **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Fahrurrozi F. Membuat pupuk cair dari sampah organik. Jakarta: Penerbit Bentara Cipta Prima Indocamp; 2010.

Bagian dari Buku Internasional

6. Kersters K, **Lisdiyanti P**, Komagata K, Swings J. The family *Acetobacteraceae*: the genera *Acetobacter*, *Acidomonas*, *Asaia*, *Gluconacetobacter*, *Gluconobacter*, and *Kozakia*. In *The Prokaryotes*. New York: Springer Verlag; 2006 Jun 16;5:163–200.

Bagian dari Buku Nasional

7. **Lisdiyanti P**, Suyanto E, Gusmawati NF, Ratnakomala S, Fahrurrozi F. Penerapan bakteri penghasil enzim urease untuk mengeraskan tanah berpasir. Dalam *Buku: Perspektif terhadap kebencanaan dan lingkungan di Indonesia: Studi kasus dan pengurangan dampak risikonya*; Editor: Anwar HZ, Harjono H. Jakarta: LIPI Press; 2011: 109–123. ISBN 978-602-99893-0-4.

8. **Lisdiyanti P.** Bakteri asam asetat. Dalam Buku: Indonesian Science Year and 100 Years of Einstein Theory; Editor: Siregar MRT, Sintawardani N, Rochman NT, Martosudirjo AW. Jakarta: LIPI Press; 2005: 359–372. ISBN: 979-3673-60-5.

Naskah Akademik

9. Naskah Akademik dari Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 1 Tahun 2021 Tentang Pengelolaan Mikroorganisme. Diundangkan pada 13 Januari 2021.

Jurnal Internasional

10. Pangestu R, Kahar P, Kholida LN, Perwitasari U, Thontowi A, **Lisdiyanti P**, Yopi Y, Ogino C, Prasetya B, Kondo A. Harnessing originally robust yeast for rapid lactic acid bioproduction without detoxification and neutralization. *Scientific Reports* 2022 Aug 11;12(1):1–3.
11. Nuryana I, Laksmi FA, Agustriana E, Dewi KS, Andriani A, Thontowi A, Kusharyoto W, **Lisdiyanti P**. Expression of Codon-Optimized Gene Encoding Murine Moloney Leukemia Virus Reverse Transcriptase in *Escherichia coli*. *The Protein Journal* 2022 Aug 6:1–2.
12. Rakhmawatie MD, Mustofa M, **Lisdiyanti P**, Pratiwi WR, Wibawa T. Identification of antimycobacterial from actinobacteria (INACC A758) secondary metabolites using metabolomics data. *Sains Malaysiana* 2022 May 1;51(5):1465–1473.
13. Prasetyoputri A, Dharmayanthi AB, Iryanto SB, Andriani A, Nuryana I, Wardiana A, Ridwanuloh AM, Swasthikawati S, Hariyatun H, Nugroho HA, Idris I, Indriawati I, Noviana Z, Oktavia L, Yuliawati Y, Masrukhin M, Hasrianda EF, Sukmarini L, Fahrurrozi F, Yanthi ND, Fathurahman AT, Wulandari AS, Setiawan R, Rizal S, Fathoni A, Kusharyoto W, **Lisdiyanti P**, Ningrum RA, Saputra S. The dynamics of circulating SARS-CoV-2 lineages in Bogor and surrounding areas reflect variant shifting during the first and second waves of COVID-19 in Indonesia. *PeerJ* 2022 Mar 22;10:e13132.

14. Utami A, Apriliana P, Kusnadi Y, Zilda DS, Ilmiah Z, **Lisdiyanti P**, Setyahadi S, Uria AR. Analyzing the biosynthetic potential of antimicrobial-producing actinobacteria originating from Indonesia. *Indonesian Journal of Biotechnology* 2021;26(3):142–51.
15. Rakhmawatie MD, Wibawa T, **Lisdiyanti P**, Pratiwi WR, Damayanti E, Mustofa M. Potential secondary metabolite from Indonesian Actinobacteria (InaCC A758) against *Mycobacterium tuberculosis*. *Iranian Journal of Basic Medical Sciences* 2021 Aug;24(8):1058.
16. Handayani I, Saad H, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Kusharyoto W, Krause J, Kulik A, Wohlleben W, Aziz S, Gross H, Gavriilidou A. Mining Indonesian microbial biodiversity for novel natural compounds by a combined genome mining and molecular networking approach. *Marine Drugs* 2021 Jun;19(6):316.
17. Damayanti E, **Lisdiyanti P**, Sundowo A, Ratnakomala S, Dinoto A, Widada J, Mustofa M. Antiplasmodial activity, biosynthetic gene clusters diversity, and secondary metabolite constituent of selected Indonesian *Streptomyces*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 2021 Jun 5;22(6).
18. Setiawati S, Nuryastuti T, Sholikhah EN, **Lisdiyanti P**, Pratiwi SU, Sulistiyani TR, Ratnakomala S, Jumina J, Mustofa M. The potency of actinomycetes extracts isolated from Pramuka Island, Jakarta, Indonesia as antimicrobial agents. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 2021 Feb 1;22(3).
19. Meliah S, Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**, Kanti A, Sudiana I, Kobayashi M. Antifungal activity of endophytic bacteria associated with sweet sorghum (*Sorghum bicolor*). *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences* 2021 Jan 1;53(1).
20. Yopi, Rahmani N, Amanah S, Santoso P, **Lisdiyanti P**. The production of β -mannanase from *Kitasatospora* sp. strain using submerged fermentation: Purification, characterization and its potential in mannooligosaccharides production. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 2020 Mar 1;24:101532.

21. Rakhmawatie MD, Wibawa T, **Lisdiyanti P**, Pratiwi WR. Evaluation of crystal violet decolorization assay and resazurin microplate assay for antimycobacterial screening. *Heliyon* 2019 Aug 1;5(8):e02263.
22. Iswanto T, Shovitri M, Altway A, Widjaja T, Kusumawati DI, **Lisdiyanti P**. Isolation and identification of caffeine-degrading bacteria from soil, coffee pulp waste and excreted coffee bean in Luwak feces. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity* 2019 May 13;20(6).
23. Krause J, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Ort-Winklbauer R, Wohlleben W, Mast Y. Complete genome sequence of the putative phosphonate producer *Streptomyces* sp. Strain I6, isolated from Indonesian mangrove sediment. *Microbiology Resource Announcements* 2019 Jan 24;8(4):e01580–18.
24. Rahmani N, Kahar P, **Lisdiyanti P**, Lee J, Prasetya B, Ogino C, Kondo A. GH-10 and GH-11 Endo-1, 4- β -xylanase enzymes from *Kitasatospora* sp. produce xylose and xylooligosaccharides from sugarcane bagasse with no xylose inhibition. *Bioresource Technology* 2019 Jan 1;272:315–25.
25. Handayani I, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Fahrurrozi, Kusharyoto W, Alanjary M, Ort-Winklbauer R, Kulik A, Wohlleben W, Mast Y. Complete genome sequence of *Streptomyces* sp. strain SHP22-7, a new species isolated from mangrove of Enggano Island, Indonesia. *Microbiology Resource Announcements* 2018 Nov 21;7(20):e01317–18.
26. Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**. Identification of endophytic bacteria from *Curcuma zedoaria* based on protein profile using MALDI-TOF mass spectrometry. *BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology* 2018 Sep 26;25(2):112–20.
27. Meliah S, **Lisdiyanti P**. Isolation, characterization and molecular identification of *myxobacteria* from two outermost islands of Indonesia. *BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology* 2018 Sep 26;25(2):121–9.

28. Handayani I, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Fahrurrozi, Alanjary M, Wohlleben W, Mast Y. Complete genome sequence of *Streptomyces* sp. strain BSE7F, a Bali mangrove sediment actinobacterium with antimicrobial activities. *Genome Announcements* 2018 Jun 28;6(26):e00618–18.
29. Rahmani N, Kahar P, **Lisdiyanti P**, Hermiati E, Lee J, Prasetya B, Ogino C, Kondo A. Xylanase and feruloyl esterase from actinomycetes cultures could enhance sugarcane bagasse hydrolysis in the production of fermentable sugars. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 2018 May 4;82(5):904–15.
30. Rahmani N, Kashiwagi N, Lee J, Niimi-Nakamura S, Matsumoto H, Kahar P, **Lisdiyanti P**, Prasetya B, Ogino C, Kondo A. Mannan endo-1, 4- β -mannosidase from *Kitasatospora* sp. isolated in Indonesia and its potential for production of mannooligosaccharides from mannan polymers. *AMB Express* 2017 Dec 1;7(1):100.
31. Mori K, Nurcahyanto DA, Kawasaki H, **Lisdiyanti P**, Suzuki KI. *Halobium palmae* gen. nov., sp. nov., an extremely halophilic archaeon isolated from a solar saltern. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2016 Oct 1;66(10):3799–804.
32. Hamada M, Shibata C, Tamura T, Nurkanto A, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Suzuki KI. *Kocuria pelophila* sp. nov., an actinobacterium isolated from the rhizosphere of a mangrove. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2016 Sep 1;66(9):3276–80.
33. Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Prayitno NR, Triana E, Lestari Y, Hastuti RD, Widyastuti Y, Otoguro M, Ando K, Sukara E. Diversity of actinomycetes from Eka Karya botanical garden, Bali. *BIOTROPIA-The Southeast Asian Journal of Tropical Biology* 2016 Aug 3;23(1):42–51.
34. Hamada M, Shibata C, Tamura T, Nurkanto A, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Suzuki KI. *Cellulosimicrobium marinum* sp. nov., an actinobacterium isolated from sea sediment. *Archives of Microbiology* 2016 Jul;198(5):439–44.

35. Nurkanto A, **Lisdiyanti P**, Hamada M, Ratnakomala S, Shibata C, Tamura T. *Actinoplanes bogoriensis* sp. nov., a novel actinomycete isolated from leaf litter. *The Journal of Antibiotics* 2016 Jan;69(1):26–30.
36. Mori K, Nurcahyanto DA, Kawasaki H, **Lisdiyanti P**, Suzuki KI. *Haloarchaeobius baliensis* sp. nov., isolated from a solar saltern. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2016 Jan 1;66(1):38–43.
37. Nurkanto A, **Lisdiyanti P**, Hamada M, Ratnakomala S, Shibata C, Tamura T. *Cryptosporangium cibodasense* sp. nov., isolated from leaf litter in Indonesia. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2015 Dec 1;65(Pt_12):4632–7.
38. Nurkanto A, **Lisdiyanti P**, Hamada M, Ratnakomala S, Shibata C, Tamura T. *Actinoplanes tropicalis* sp. nov. and *Actinoplanes cibodasensis* sp. nov., isolated from leaf litter. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2015 Nov 1;65(Pt_11):3824–9.
39. Hamada M, Shibata C, Nurkanto A, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Tamura T, Suzuki KI. *Tropicihabitans flavus* gen. nov., sp. nov., a new member of the family *Cellulomonadaceae*. *Antonie van Leeuwenhoek* 2015 May;107(5):1299–306.
40. Hamada M, Shibata C, Nurkanto A, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Tamura T, Suzuki KI. *Serinibacter tropicus* sp. nov., an actinobacterium isolated from the rhizosphere of a mangrove, and emended description of the genus *Serinibacter*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2015 Apr 1;65(Pt_4):1151–4.
41. Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**, Lestari Y. Population and diversity of endophytic bacteria associated with medicinal plant *Curcuma zedoaria*. *Microbiology Indonesia* 2014 Nov 10;8(2):4.
42. Pudjiraharti S, Ohtani M, Takano N, Abe A, **Lisdiyanti P**, Tanaka M, Sone T, Asano K. *Nonomuraea* sp. ID06-A0189 inulin fructotransferase (DFA III-forming): gene cloning,

- characterization and conservation among other *Nonomuraea* species. The Journal of Antibiotics 2014 Feb;67(2):137–41.
43. **Lisdiyanti P**, Suyanto E, Gusmawati NF, Rahayu W. Isolation and characterization of cellulase produced by cellulolytic bacteria from peat soil of Ogan Komering Ilir, South Sumatera. International Journal of Environment and Bioenergy 2012;3(3):145–53.
 44. Desriani, Amrinola W, Hasanah N, Prasetya B, **Lisdiyanti P**. Isolation and screening of fungi producing cellobiose dehydrogenase: enzymes for animal feed preparations based on enzymatic process. International Journal of Pharma and Bio Sciences 2012;3(1).
 45. Pudjiraharti S, Takesue N, Katayama T, **Lisdiyanti P**, Hanafi M, Tanaka M, Sone T, Asano K. Actinomycete *Nonomuraea* sp. isolated from Indonesian soil is a new producer of inulin fructotransferase. Journal of Bioscience and Bioengineering 2011 Jun 1;111(6):671–4.
 46. Otaguro M, Yamamura H, Tamura T, Irzaldi R, Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, Triana E, Nurkanto A, Lestari Y, **Lisdiyanti P**. *Actinophytocola timorensis* sp. nov. and *Actinophytocola corallina* sp. nov., isolated from soil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2011 Apr 1;61(4):834–8.
 47. **Lisdiyanti P**, Otaguro M, Ratnakomala S, Lestari Y, Hastuti RD, Triana E, Katsuhiko A, Widyastuti Y. *Actinokineospora baliensis* sp. nov., *Actinokineospora cibodasensis* sp. nov. and *Actinokineospora cianjurenensis* sp. nov., isolated from soil and plant litter. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2010 Oct 1;60(10):2331–5.
 48. Yamamura H, **Lisdiyanti P**, Ridwan R, Ratnakomala S, Sarawati R, Lestari Y, Triana E, Kartina G, Widyastuti Y, Ando K. *Dietzia timorensis* sp. nov., isolated from soil. International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology 2010 Feb 1;60(2):451–4.

49. Noguchi H, Katayama Y, Uchino M, Isikawa T, **Lisdiyanti P**, Takano K. Halotolerant Protease-Producing *Bacillus* Strains Isolated from Fermented Fish Products. *Journal of the Japan Association of Food Preservation Scientists* 2009;5(6):291–299.
50. Suzuki R, **Lisdiyanti P**, Komagata K, Uchimura T. MxaF gene, a gene encoding alpha subunit of methanol dehydrogenase in and false growth of acetic acid bacteria on methanol. *The Journal of General and Applied Microbiology* 2009;55(2):101–10.
51. **Lisdiyanti P**, Navarro RR, Uchimura T, Komagata K. Reclassification of *Gluconacetobacter hansenii* strains and proposals of *Gluconacetobacter saccharivorans* sp. nov. and *Gluconacetobacter nataicola* sp. nov. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2006 Sep 1;56(9):2101–11.
52. **Lisdiyanti P**, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Identification of *Frateuria aurantia* strains isolated from Indonesian sources. *Microbiology and Culture Collection* 2003 Dec;19(2):81–90.
53. **Lisdiyanti P**, Katsura K, Potacharoen W, Navarro RR, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Diversity of acetic acid bacteria in Indonesia, Thailand, and the Philippines. *Microbiology and Culture Collection* 2003 Dec;19(2):91–9.
54. **Lisdiyanti P**, Kawasaki H, Widyastuti Y, Saono S, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. *Kozakia baliensis* gen. nov., sp. nov., a novel acetic acid bacterium in the alpha-Proteobacteria. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology* 2002 May 1;52(3):813–8.
55. **Lisdiyanti P**, Kawasaki H, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Identification of *Acetobacter* strains isolated from Indonesian sources, and proposals of *Acetobacter syzygii* sp. nov., *Acetobacter cibinongensis* sp. nov., and *Acetobacter orientalis* sp. nov. *The Journal of General and Applied Microbiology* 2001;47(3):119–31.
56. **Lisdiyanti P**, Kawasaki H, Seki T, Yamada Y, Uchimura T, Komagata K. Systematic study of the genus *Acetobacter* with descriptions of *Acetobacter indonesiensis* sp. nov., *Acetobacter*

tropicalis sp. nov., *Acetobacter orleanensis* (Henneberg 1906) comb. nov., *Acetobacter lovaniensis* (Frateur 1950) comb. nov., and *Acetobacter estunensis* (Carr 1958) comb. nov. *The Journal of General and Applied Microbiology* 2000;46(3):147–65.

57. Yamada Y, Hosono R, **Lisdyanti P**, Widyastuti Y, Saono S, Uchimura T, Komagata K. Identification of acetic acid bacteria isolated from Indonesian sources, especially of isolates classified in the genus *Gluconobacter*. *The Journal of General and Applied Microbiology* 1999;45(1):23–8.

Jurnal Nasional

58. Syafriana V, Nuswantara S, Mangunwardoyo W, **Lisdiyanti P**. Beta-Glucosidase 1 (bg11) Gene Analysis in Mutant and Wild-type of *Penicillium* sp. ID10-T065. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya* 2022 Mar 31;4(1):1–8.
59. Ratnaningrum D, Endah ES, Abdulah AH, Saraswaty V, **Lisdiyanti P**, Franaswaty E, Priatni S. The effect of inoculum and glucose addition on polyhydroxyalkanoate production by *Brevibacterium* sp. B45. *Menara Perkebunan* 2021;89(1):1–7.
60. Endah ES, **Lisdiyanti P**, Priatni S, Saraswaty V. Harnessing molasses as a low-cost carbon source for production of polyhydroxy butyrate (PHB) using *Burkholderia* sp. B73 bacteria. *E-Journal Menara Perkebunan* 2021 Oct 29;89(2).
61. Atikana A, Fujita K, Prima A, Kawasaki H, Suzuki KI, **Lisdiyanti P**. EPS7-like Enterobacteria phage Isolated from Indonesia. *Microbiology Indonesia* 2021 Apr 8;15(1):2–.
62. Suprpto YH, Soepandji BS, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Improvement of Soil Cohesion Using Microbial Acitivity. *Geotechnical Engineering* 2020 Dec;51(4):79–82.
63. Nuryana I, Ratnakomala S, Fahrurrozi AB, Andriani A, Putra FJ, Rezamela E, Wulansari R, Prawira-Atmaja MI, **Lisdiyanti P**. Catechin contents, antioxidant and antibacterial activities of different types of Indonesian Tea (*Camellia sinensis*). *Annales Bogorienses* 2020;24(2):107.

64. Susanti AE, Ratnakomala S, Mangunwardoyo W, **Lisdiyanti P**. Diversity and antimicrobial activity of lichens-associated actinomycetes in Cibinong Science Centre (CSC) and Cibodas Botanical Garden (CBG) Indonesia. *Annales Bogorienses* 2019 Oct 22;23(1):1.
65. Meliah S, Kusumawati DI, **Lisdiyanti P**. The genus *chitinophaga* isolated from Wanggameti National Park and THEIR LYTIC ACTIVITIES. *Jurnal Biologi Indonesia* 2019 Mar 15;14(2).
66. Ratnakomala S, Sari NF, Fahrurrozi F, **Lisdiyanti P**. Antimicrobial activity of selenium nanoparticles synthesized by actinomycetes isolated from lombok island Soil Samples. *Jurnal Kimia Terapan Indonesia (Indonesian Journal of Applied Chemistry)* 2018 Aug 21;20(1):8–15.
67. Nainggolan MJ, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Effect of urease enzyme on shear strength of clay shale. *International Journal of Engineering and Technology (UAE)* 2018 Jan 1;7(4.36 Special Issue 36):424–8.
68. Hatmanti A, **Lisdiyanti P**, Widada J, Wahyuono S. Potency of actinomycetes from deepsea sediment of Makassar strait for producing antimicrobial substances. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 2018 Aug 31;13(2):45–56.
69. Zilda DS, Fawzya YN, Nur'amaliyah LS, Prestisia HN, Mubarik NR, **Lisdiyanti P**. Optimum age of starter for microbial transglutaminase (MTGase) production produced by *Streptomyces thioluteus* TTA 02 SDS 14 and characterization of crude enzyme. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 2017 May 1;12(1):11–8.
70. Seprianto S, Zilda DS, Fawzya YN, Suharsono S, **Lisdiyanti P**, Uria AR. cloning of a transglutaminase gene from *Streptomyces thioluteus* TTA 02 SDS 14. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 2016 May 19;11(1):31–6.

71. Fawzya YN, Zilda DS, Chaniago S, Prestisia HN, **Lisdiyanti P**, Khasanah N. Screening of Indonesian *Streptomyces* sp. capable of secreting transglutaminase (MTGase) and optimization of MTGase production using different growth media. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 2016 May 9;11(1):13–21.
72. Yetti E, Thontowi A, Yopi Y, **Lisdiyanti P**. Screening of marine bacteria capable of degrading various polyaromatic hydrocarbons. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology* 2015 Dec 20;10(3):121–7.
73. Sasongko A, Yopi, Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Saepudin E. Enzymatic hydrolysis of mannan from konjac (*Amorphophallus* sp.) Using Mannanase from *Streptomyces lipmanii* to Produce Manno-oligosaccharides. *Makara Journal of Science* 2015;19(3):Article 4.
74. Caniago A, Mangunwardoyo W, Nuswantara S, **Lisdiyanti P**. Improvement of endoglucanase activity in *Penicillium oxalicum* ID10-T065 by ultra violet irradiation and ethidium bromide mutation. *Annales Bogorienses* 2015;19(2):27–38.
75. Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**, Lestari Y. Population and diversity of endophytic bacteria associated with medicinal plant *Curcuma zedoaria*. *Microbiology Indonesia* 2014;8(2):65–72.
76. Widyastuti Y, **Lisdiyanti P**, Tisnadjaja D. Role of *Lactobacillus helveticus* on flavor formation in Cheese: Amino Acid Metabolism. *Annales Bogorienses* 2014;Jun 9;18(1):1–11.
77. Syafriana V, Nuswantara S, Mangunwardoyo W, **Lisdiyanti P**. Enhancement of β -glucosidase activity in *Penicillium* sp. by random mutation with ultraviolet and ethyl methyl sulfonate. *Annales Bogorienses* 2014;Dec 18;18(2):27–33.
78. Widyastuti Y, **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Kartina G, Ridwan R, Rohmatussolihat R, Prayitno NR, Triana E, Widhyastuti N, Saraswati R, Hastuti RD. Genus diversity of actinomycetes in Cibinong Science Center, West Java, Indonesia. *Microbiology Indonesia* 2012;6(4):165–172..

79. **Lisdiyanti P**, Tamura T, Ratnakomala S, Ridwan R, Kartina G, Lestari Y, Katsuhiko A, Widyastuti Y. Diversity of actinomycetes from soil samples collected from Lombok island, Indonesia. *Annales Bogorienses* 2012;Jun 9;16(1):35–40.
80. Ratnakomala S, Ridwan R, **Lisdiyanti P**, Andi U. Screening of actinomycetes producing an ATPase inhibitor of Japanese encephalitis virus RNA helicase from soil and leaf litter samples. *Microbiology Indonesia* 2011 Apr 25;5(1):3–.
81. **Lisdiyanti P**, Yopi Y, Murniasih T. The investigation of polycyclic aromatic hydrocarbon and oil degrading bacteria isolated from The Marina Port Ancol, Jakarta Bay. *Annales Bogorienses* 2011;Dec 9;15(2):17–23.
82. **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Ridwan R, Widyastuti Y, Otaguro M, Katsuhiko A. Ecological study of rare-actinomycetes in soils and leaf-litters. *Annales Bogorienses* 2011;Dec 9;15(2):31–36.
83. Murniasih T, **Lisdiyanti P**. Biodegradation of Polycyclic Aromatic Hydrocarbon (PAH), Phenanthrene By Marine Bacterium *Thalassospira* sp. C. 260. *Marine Research in Indonesia* 2010;35(1):55–62.
84. Fahrurrozi F, Ratnakomala S, Anindyawati T, **Lisdiyanti P**, Sukara E. Rapid assessment of diverse Trichoderma isolates of Indonesian origin for cellulase production. *Annales Bogorienses* 2010;Jun 9;14(1):39–46.
85. Ratnakomala S, Meryandini A, **Lisdiyanti P**, Utama A. Purification of extracellular protein from *Streptomyces chartreusis* 5-095 and its inhibition activity to RNA helicase of Japanese encephalitis virus. *Journal of Biotechnology Research In Tropical Region* 2009;2(1):1–6.
86. Sukara E, **Lisdiyanti P**, Yamamura H, Park JY, Kuribara Y, Sukarno N, Sjamsuridzal W, Ando K, Widyastuti W. Potential of the Wallacea biodiversity in bioprospecting honoring the past celebrating the future. *Berita IPTEK* 2009;47(1):9–18.
87. Priadi G, Setiyoningrum F, Afati F, Irzaldi R, **Lisdiyanti P**. Studi In vitro bakteri asam laktat kandidat probiotik dari makanan

fermentasi Indonesia. *Jurnal Teknologi Dan Industri Pangan* 2020 Jun 26;31(1):21–8.

88. Putri AL, **Lisdiyanti P**, Kusmiati M. Identifikasi aktinomisetes sedimen air tawar mamasa, Sulawesi Barat dan aktivitasnya sebagai antibakteri dan pelarut fosfat. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia* 2018 Dec 26;5(2):139–48.
89. Hatmanti A, **Lisdiyanti P**, Widada J, Wahyuono S. Diversity of culturable actinomycetes from deepsea floor of Makassar Strait, Indonesia. *OLDI (Oseanologi dan Limnologi di Indonesia)* 2018 Aug 29;3(2):73–93.
90. Ratnakomala S, Apriliana P, Fahrurrozi F, **Lisdiyanti P**, Kusharyoto W. Aktivitas antibakteri aktinomisetes laut dari Pulau Enggano. *Berita Biologi* 2017 May 24;15(3):275–83.
91. Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**. Keragaman bakteri endofit pada tanaman *Curcuma heyneana* dan potensinya dalam menambat nitrogen. *Widyariset* 2016 Nov 30;2(2):106–17.
92. Ainiyah S, **Lisdiyanti P**, Pertiwi SA, Prasetyo EN. Biogrouting: produksi urease dari bakteri laut (*Oceanobacillus* sp.) pengendap karbonat. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati* 2016 Aug 31;1(1):9–18.
93. Rohmatussolihat, Sari MN, **Lisdiyanti P**, Widyastuti Y, Sukara E. Pemanfaatan milk clotting enzyme dari *Lactobacillus casei* D11 untuk pembuatan keju mozzarella. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan* 2015 Jul 17;26(1):63–71.
94. Rahayu W, **Lisdiyanti P**, Pratama RE. Tanah gambut melalui uji triaksial consolidated undrained dan unconsolidated undrained. *Jurnal Teknik Sipil ITB* 2015;22(3):201–8.
95. Desriani D, Safira UM, Bintang M, Rivai A, **Lisdiyanti P**. Isolasi dan karakterisasi bakteri endofit dari tanaman binahong dan katepeng china. *Jurnal Kesehatan Andalas* 2014;May 1;3(2).
96. Pudjiraharti S, Kosasih W, Endah ES, **Lisdiyanti P**, Tanaka M, Asano K. Inulin fruktotransferase dari strain ID06A0189. *Jurnal Teknologi Indonesia* 2011;34(1).

97. Gusmawati NF, Kusuma LPASC, **Lisdiyanti P**, Fahrurrozi F. Seleksi bakteri urease untuk teknologi biogrouting. *Jurnal Kelautan Nasional* 2009;5(1):16–29.
98. Elfita L, Ratnakomala S, Suryadi H, **Lisdiyanti P**, Utama A. Purifikasi inhibitor ATPase/RNA helikase virus Japanese Encephalitis dari *Streptomyces chartreusis*. *Majalah Ilmu Kefarmasian* 2009;6(2):4.
99. **Lisdiyanti, P**. Analisa biodiversitas genetik dari gen *sigK*, pemegang peranan penting pada penyusunan kembali DNA dari sporulasi di *Bacillus subtilis*. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia* 1995.

Prosiding Internasional

100. Atikana A, Ratnakomala S, Nurzifah I, Sari MN, Agnestania A, Aisy II, Untari F, Fahrurrozi F, Bintang M, Sukmarini L, Putra MY. Uncovering the potential of actinobacterium BLH 1–22 isolated from marine sediment as a producer of antibiotics. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2021 Dec 1;948(1):012056.
101. Rohmatussolihat, **Lisdiyanti P**, Sari MN, Sukara E. Response surface methodology for optimization of medium components for extracellular protease production by *Enterococcus faecalis* InaCC B745. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2021 May 1;762(1):012078.
102. Atikana A, Sukmarini L, Ridwanulah AM, Nugroho HA, Sushadi PS, Juanssilfero AB, Agustiyanti DF, Putra MY, Ningrum RA, **Lisdiyanti P**. Detection of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) in clinical samples using real-time reverse transcription polymerase chain reaction (qRT-PCR). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 2021 May 1;762(1):012026.
103. Ratnaningrum D, Endah ES, Saraswaty V, Priatni S, **Lisdiyanti P**, Abdullah AH, Purnomo A, Pudjiraharti S. The effect of sodium hypochlorite concentration on extraction of poly- β -hydroxybutyrate (PHB) produced from soil bacteria *Burkholderia* sp B37.

IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020
Mar 1;483,(1):012006.

104. Rahmani N, Oktavia A, Astuti D, Nugraha S, Nuro F, Mulyani ES, Hermiati E, Ramadhan KP, **Lisdiyanti P**, Prasetya B. Endoxylanase Enzyme Production using Agroindustrial Biomass as Feedstock by *Kitasatospora* sp. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Feb 1;439(1):012028.
105. Pahira DS, Hertiani T, **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Mustofa M. Isolation and antimicrobial screening of actinomycetes from the soil of Enggano Island, Indonesia. Key Engineering Materials 2020;840:284–290.
106. Fahrurrozi, Putri RE, **Lisdiyanti P**. Screening and activity of yeast-associated with cocoa-bean fermentation against phytopathogenic yeast and fungi. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Feb 1;439(1):012056.
107. Endah ES, Fitriana M, Mulyani R, Ratnaningrum D, **Lisdiyanti P**, Pudjiraharti S. Optimization of medium composition for inulin fructotransferase (IFTase) production by *Nonomuraea* sp. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Feb 1;439(1):012043.
108. A'la H, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Effect of increasing urease enzym concentration on shear strength properties sand clay biocementation. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2020 Feb 1;426(1):012029.
109. Susanti AE, Ratnakomala S, Mangunwardoyo W, **Lisdiyanti P**. Antimicrobial activity of lichens-associated actinomycetes strain LC-23. Proceedings of the 2019 9th International Conference on Bioscience, Biochemistry and Bioinformatics 2019 Jan 7;91–96.
110. Sulistiyani TR, **Lisdiyanti P**, Lestari Y. Screening of antimicrobial and toxicity activity of endophytic bacteria associated with *Curcuma Zedoaria*. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Aug 1;308(1):012034.
111. Ratnaningrum D, Saraswaty V, Priatni S, **Lisdiyanti P**, Purnomo A, Pudjiraharti S. Screening of polyhydroxyalkanoates

- (PHA)-producing bacteria from soil bacteria strains. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 May 1;277(1):012003..
112. Rahmani N, Apriliana P, Jannah AM, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Hermiati E, Prasetya B. Endo-xylanase enzyme from marine actinomycetes and its potential for xylooligosaccharide production. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Mar 1;251(1):012053.
 113. Putri AR, Rahayu W, **Lisdiyanti P**. Effect of urease enzyme and clay mixture in shear strength properties of sand. MATEC Web of Conferences 2019;280:04014.
 114. Pangestu R, Rahmani N, Palar R, **Lisdiyanti P**. The effect of biomass particle size and chemical structure on the enzymatic hydrolysis reaction of galactomannan from sugar palm fruit by β -mannanase from *Kitasatospora* sp. KY576672. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Mar 1;251(1):012008.
 115. Nuryana I, Andriani A, **Lisdiyanti P**. Analysis of organic acids produced by lactic acid bacteria. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Mar 1;251(1):012054.
 116. Fahrurrozi, Rahayu EP, Nugroho IB, **Lisdiyanti P**. Lactic acid bacteria (LAB) isolated from fermented cocoa beans prevent the growth of model food-contaminating bacteria. AIP Conference Proceedings 2019 Apr 9;2099(1):020005.
 117. Fahrurrozi, Fauziyyah S, Sari MN, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**. Quality of chocolate bar from fermented cocoa beans from Lombok, West Nusa Tenggara. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2019 Mar 1;251(1):012046.
 118. Andriani A, Nuryana I, Rahmani N, Hartati S, **Lisdiyanti P**. The potency of cassava starch (var. kristal merah and var. revita) for bio-succinic acid production using indigenous lactic acid bacteria (*Leuconostoc* sp). IOP conference series: earth and environmental science 2019 Mar 1;251(1):012039.

119. Risdian C, Primahana G, Mozef T, Dewi RT, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Wink J. Screening of antimicrobial producing actinobacteria from Enggano Island, Indonesia. AIP Conference Proceedings 2018 Nov 7;2024(1):020039.
120. Rahmani N, Jannah AM, **Lisdiyanti P**, Prasetya B, Yopi. Enzymatic hydrolysis of lignocellulosic biomass by *Kitasatospora* sp. to produce xylo-oligosaccharides (XOS). AIP Conference Proceedings 2017 Nov 27;1904(1):020021.
121. Fahrurrozi, Apriliana P, Perwitasari U, **Lisdiyanti P**, Yopi. Preliminary assessment of indigenous actinomycetes as host cell for protein production. Proceedings The 3rd International Symposium on Innovative Bio-Production Indonesia 2017:47–51. ISBN: 978-602-60363-2-2
122. Kusumawati DI, Widawati S, **Lisdiyanti P**, Sudiana IM. Isolation and screening for IAA production, nitrogen fixation, P-solubilization and cellulolytic activity of plant growth-promoting rhizobacteria from *Imperata cylindrica* Grasslands. Proceedings The SATREPS Conference 2017;Nov 30;1(1):25–133.
123. Jannah AM, Apriliana P, Palar R, Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Yopi. Xylo-oligosaccharides production from rice straw by crude xylanase from *Kitasatospora recifensis*. Proceedings of 2nd International Symposium on Innovative Bio-Production Indonesia 2016:32–39. ISBN 978-602-98275-9-0.
124. Apriliana P, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Rahmani N, Yopi, Jannah AM, Fahrurrozi, Prasetya B, Kahar P, Ogino C, Kondo A. Screening of cellulase and xylanase enzyme from indigenous marine actinomycetes. Proceedings of 2nd International Symposium on Innovative Bio-Production Indonesia 2016:77–82. ISBN 978-602-98275-9-0.
125. Yopi, Rahmani N, Susanti VA, **Lisdiyanti P**, Palupi NS. Selection of indigenous lactic acid bacteria from Indonesia for cheese starter. Proceedings International Conference on Biotechnology 2012, Biotechnology – Bridging Biodiversity to Industry 2013:181–186. ISBN 978-602-98275-2-1.

126. Yopi, Rahmani N, Prima A, Desriani, **Lisdiyanti P.** Partial cloning of gene encoding mannanase from indigenous actinomycetes. Proceedings International Conference on Biotechnology 2012, Biotechnology – Bridging Biodiversity to Industry 2013:121–127. ISBN 978-602-98275-2-1.
127. Triratna L, Amrinola W, Hasanah N, Laksmi FA, Martiana A, Rivai, **Lisdiyanti P,** Desriani. The optimization of fungus *trametes versicolor* media for cellobiose dehydrogenase production. Proceedings International Conference on Biotechnology 2012, Biotechnology-Bridging Biodiversity to Industry 2013:155–159. ISBN 978-602-98275-2-1.
128. **Lisdiyanti P.** Microbial diversity and its access and benefit sharing. Proceedings International Conference on Biotechnology 2012, Biotechnology – Bridging Biodiversity to Industry 2013:17–26. ISBN 978-602-98275-2-1.
129. Andriani A, Rahmani N, Yopi, **Lisdiyanti P.** Production and characterization of pectinase enzyme from *Aspergillus ustus* BL5 using submerged fermentation. Proceeding The 2nd International Seminar on Chemistry 2012:264–267. ISSN. 978-602-19413-1-7.
130. Yopi, Susilaningih D, Purnawan A, Hermansyah H, Thontowi A, Djohan AC, Praharyawan S, **Lisdiyanti P.** Palm kernel cake biomass fermentation using stirrer fermentor for mannanase and saccharides production. Proceeding on The ASEAN-Korea Symposium and Workshop on Biorefinery Technology 2010:297–301. ISBN: 78-979-97789-9-4.
131. Ratnakomala S, Fahrurrozi F, **Lisdiyanti P.** Screening and characterization of cellulase enzyme producers from Indonesian actinomycetes. Proceedings of The First International Symposium of Indonesian Wood Research Society 2010:166–173. ISBN: 978-979-96348-6-3.
132. **Lisdiyanti P,** Wardani KB, Fahrurrozi, Ratnakomala S. Molecular identification of actinomycetes isolated from termite mound. Proceedings of The First International Symposium of Indonesian Wood Research Society 2010:174–180. ISBN: 978-979-96348-6-3.

133. Fahrurrozi, Ratnakomala S, Kartina G, **Lisdiyanti P**. Screening and characterization of actinomycetes degrading hemicellulose. Proceedings of The First International Symposium of Indonesian Wood Research Society 2010:184–189. ISBN: 978-979-96348-6-3.
134. Tombe AE, Ridwan M, Elfita L, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Utama A. Screening of Japanese encephalitis virus RNA helicase inhibitor from Indonesian actinomycetes. Proceedings The 4th Indonesian Biotechnology Conference: Biotechnology for Better Food, Health, and Environment 2009:117–126. ISBN 978-979-799-401-3.
135. Ratnakomala S, Meryandini A, **Lisdiyanti P**, Utama A. Purification of extracellular protein from *Streptomyces chartreusis* 5-095 and its inhibition activity to RNA helicase of Japanese encephalitis virus. Proceedings The 4th Indonesian Biotechnology Conference: Biotechnology for Better Food, Health, and Environment 2009:127–136. ISBN 978-979-799-401-3.
136. Hairany A, Jajuli A, Ridwan M, Hasanah N, **Lisdiyanti P**, Utama A. Screening of hepatitis C virus RNA helicase inhibitor from Indonesian indigenous actinomycetes. Proceedings The 4th Indonesian Biotechnology Conference: Biotechnology for Better Food, Health, and Environment 2009:109–115. ISBN 978-979-799-401-3.
137. Kartina G, Widyastuti Y, **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Ridwan R, Rohmatussolihat, Lestari Y, Otaguro M, Ando K. Taxonomic and ecological studies of actinomycetes in baturraden botanical garden. Proceeding of the 10th Congress and International Conference of Indonesian Society for Microbiology 2009:325–342. ISBN: 978-602-97750-0-6.
138. **Lisdiyanti P**, Kozaki M. Traditional alcohol beverages in southeast asia countries. Proceedings of the First International Symposium and Workshop on Insight into the World of Indigenous Fermented Foods for Technology Development and Food Safety. 2003.
139. **Lisdiyanti P**, Hartati NS, Estiati A. Establishment of protocol for random amplified polymorphic DNA (RAPD) to investigate

molecular markers of forest tree. Proceeding: International Workshop on Biotechnology and Development of Species for Industrial Timber Estate. 1995.

140. **Lisdiyanti P**, Ariani D, Sukiman HI. Repetitive (ERIC and REP) sequences-PCR and arbitrary primer-PCR to fingerprint *Rhizobium* isolated from *Acacia mangium*. Proceeding: International Workshop on Biotechnology and Development of Species for Industrial Timber Estate. 1995.

Prosiding Nasional

141. Putri AL, **Lisdiyanti P**. Isolasi selektif dan identifikasi rare aktinomisetes dari tanah rizosfer berbagai tanaman di taman nasional laiwangi wanggameti, Pulau Sumba. Prosiding Semnas Bioeti Ke-4 dan Kongres PTTI Ke-12, Padang, 15–17 September 2017.
142. Rohmatussolihat, Sari MN, Nuryati, **Lisdiyanti P**, Melliawati R, Widyastuti Y, Sukara E. Penapisan dan karakterisasi milk clotting enzyme dari bakteri asam laktat. Prosiding Seminar Nasional Peran Bioteknologi dalam Peningkatan Populasi dan Mutu Genetik Ternak Mendukung Kemandirian Daging dan Susu Nasional 2015:464–475. ISBN 978-602-98275-7-6.
143. Atikana A, Rohmatussolihat, **Lisdiyanti P**, Widyastuti Y. Identifikasi, isolasi dan amplifikasi gen penyandi protease dari isolat LIPI 13-2-LAB190. Prosiding Seminar Nasional Peran Bioteknologi dalam Peningkatan Populasi dan Mutu Genetik Ternak Mendukung Kemandirian Daging dan Susu Nasional 2015:545–553. ISBN 978-602-98275-7-6.
144. **Lisdiyanti P**, Sari MN, Apriliana P. Enumerasi dan identifikasi mikroba tanah pada perairan sawah lapangan uji terbatas: aplikasi padi hasil rekayasa genetika. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Unggulan Bidang Pangan Nabati 2015:233–241. ISBN: 978-602-98275-8-3.
145. Melliawati R, **Lisdiyanti P**, Yopi. Pengujian koagulasi susu menggunakan bakteri asam laktat untuk produksi keju. Prosiding

Seminar Nasional dan Forum Komunikasi Industri Peternakan 2013:531–546. ISBN 978-602-98275-4-5.

146. Atikana A, Yopi, **Lisdiyanti P.** Bacteriophage pada bakteri asam laktat (BAL) dan pengaruhnya untuk proses fermentasi susu. Prosiding Seminar Nasional dan Forum Komunikasi Industri Peternakan 2013:556–562. ISBN 978-602-98275-4-5.
147. Apriliansa P, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P.** Uji antibakteri aktinomisetes terhadap pertumbuhan bakteri *Staphylococcus aureus* InaCC B. 286, *Bacillus subtilis* InaCC B.289, dan *Escherichia coli* InaCC B.285. Prosiding Seminar Nasional dan Forum Komunikasi Industri Peternakan 2013:469–479. ISBN 978-602-98275-4-5.
148. Yetti E, Murniasih T, Suyanto E, Yopi, **Lisdiyanti P.** Biosurfactant producing marine bacteria for enhanced of bioremediation effort of oil Indonesian marine pollution. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 2011:13–16. ISSN: 2008-9828.
149. Suyanto E, Ratnakomala S, Fahrurrozi, Sari MN, Gusmawati NF, **Lisdiyanti P.** Presipitasi kalsium karbonat oleh bakteri biogrouting untuk biosementasi pasir. Prosiding Seminar Nasional Kimia Terapan Indonesia 2011:150–156. ISSN: 2008-9828.
150. **Lisdiyanti P,** Widyastuti Y, Prasetya B, Sukara E. Microbial resource center and its potential contribution to provide food, health, and energy solutions. Proceedings of meetings organized on the occasion of the 20th anniversary of the Indonesian Academic of Sciences 2011:218–231. ISBN: 978-979-99097-3-2.
151. **Lisdiyanti P,** Suyanto E, Ratnakomala S, Fahrurrozi, Sari MN, Gusmawati NF. Bacterial carbonate precipitation for biogrouting. Proceedings National Symposium on Ecohydrology 2011:204–219. ISBN: 978-979-81633-15-9.
152. Rahmani N, Thontowi A, **Lisdiyanti P,** Yopi. Produksi enzim manannase *Saccharopolyspora flava* 76 pada berbagai substrat biomassa pertanian Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi Enzim 2010:38–42. ISBN: 978-979-8850-95-0.

153. Yopi, Thontowi A, Susilaningsih D, **Lisdiyanti P**. Analisa mikroba manolitik strain BTCC. Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi 2006:442-448. ISBN: 978-979-97789-3-2.

Paten Tersertifikasi

154. Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Yopi, Palar R, Amanah S. Metode produksi mananase dan pembuatan galaktomano-oligosakarida (GMOS) dari buah kolang-kaling dengan memanfaatkan larutan enzimatik mananase. IDP000080880: 14 Januari 2022; P00201810155: 07-12-2018
155. Fahrurrozi, **Lisdiyanti P**. Inokulum untuk fermentasi biji kakao. Paten tersertifikasi IDP000070289: 04-08-2020; P00201705052: 31-07-2017.
156. Yopi, Dinoto A, **Lisdiyanti P**, Thontowi A, Rahmani N, Purnawan A. Pembuatan oligosakarida dari umbi porang (*Amorphophallus muelleri* blume). Paten tersertifikasi IDP000053129: 31-08-2018; P00201200457: 08-Jun-2012.
157. Yopi, Thontowi A, **Lisdiyanti P**, Purnawan A. Proses Pembuatan oligosakarida berbahan baku bungkil kelapa sawit dan produk yang dihasilkannya. IDP000049711: 15-02-2018; P00201000573: 02-09-2010.
158. Pudjiraharti S, **Lisdiyanti P**, Asano K, Tanaka M. Enzim inulinfruktotransferase dari aktinomiset dan proses pembuatan difruktosa anhidrida iii yang melibatkannya. IDP000041624: 10-06-2016; P00200900607: 23-11-2009.

Paten terdaftar

159. Lusiasuti AM, Sugiani D, Novita H, Kristanto AH, Wibowo A, Ridwan R, Rohmatussolihat, Fidriyanto R, **Lisdiyanti P**, Widyastuti Y. Vaksin kering beku *aeromonas hydrophila* berpenyalut kitosan dan proses pembuatannya. P00202111298/09-Dec-2021.
160. Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Andriani A, Purnawan A, Apriliana P, Nuryati, Agustriana A, Yopi, Prasetya B, Firmanto H, Sari ABT.

Metode fermentasi biji kakao dengan induksi enzim pektinase dari *kitasatospora* sp. P00202109615: 05-11-2021.

161. Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Yopi, Prasetya B, Ajijah N, Iflah T, Hartinah, Nuryati. Metode produksi pektinase dari *kitasatospora* sp. dengan fermentasi cair menggunakan kulit kakao varietas unggul. P00202010707:28-12-2020.
162. Rahmani N, **Lisdiyanti P**, Nuryati, Yopi, Prasetya B. Metode produksi xilanase dari *kitasatospora* sp. dengan fermentasi cair menggunakan bagase tebu. P00201912021:18-Dec-2019.
163. Fahrurrozi, Apriliana A, Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Yopi, Prasetya B, Lee JM, Kahar P, Ogino C. Metode preparasi protoplasta dari *streptomyces albus* sebagai sel inang untuk produksi protein dan metabolit sekunder. P00201804875:6-Jul-2018.
164. Ratnakomala S, **Lisdiyanti P**, Sari NF. Biosintesis nanopartikel selenium sebagai antibakteri dan antifungi dari aktinomisetes Indonesia. PP00201708370:24-Nov-2017.
165. Yopi, Palar R, **Lisdiyanti P**, Rahmani N, Mafatikhul A, Apriliana P, Santoso P. Proses produksi xylooligosakarida (XOS) dengan menggunakan kompleks xylan yang diekstrak dari ampas tebu. P00201708604:30-Nov-2017.
166. **Lisdiyanti P**, Ratnakomala S, Fahrurrozi. Biomaterial berbasis presipitasi kalsit. P00201200697:30-Aug-2012.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama Lengkap : Dr. Puspita Lisdiyanti, M. Agr. Chem.
Tempat, Tanggal Lahir : Yogyakarta, 14 Agustus 1967
Anak ke : 5 (lima) dari 7 (tujuh) bersaudara
Jenis Kelamin : Perempuan
Nama Ayah Kandung : Prof. Drs. H. Sardjoko, Apt. (alm)
Nama Ibu Kandung : Hj. Sukirati (almh)
Nama Suami : Haryo Pramono, M. Sc.
Jumlah Anak : 3 (tiga)
Nama Anak : Drg. Anindita Nofarida
Bima Radhityo
Connie Kusumawardhani
Nama Instansi : Pusat Riset Biosistematika dan Evolusi, OR
Hayati dan Lingkungan, BRIN
Judul Orasi : Biodiversitas Bakteri dan Arkea Untuk
Kemajuan Riset dan Inovasi Bidang Kesehatan,
Pangan, dan Lingkungan
Bidang Keahlian : Mikrobiologi
No. SK Pangkat : 00057/KEP/AA/15001/21
Terakhir
No. SK Peneliti Ahli : 3/M Tahun 2022
Utama

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT/ Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1	SD	SD Proyek Perintis Sekolah Pembangunan IKIP	Yogyakarta, Indonesia	1980
2	SMP	SMP N I	Yogyakarta, Indonesia	1983
3	SMA	SMA Proyek Perintis Sekolah Pembangunan IKIP	Yogyakarta, Indonesia	1986

No.	Jenjang	Nama Sekolah/PT/ Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
4	S1	Tokyo University of Agriculture and Technology	Tokyo, Jepang	1992
5	S2	Tokyo University of Agriculture	Tokyo, Jepang	1999
6	S3	Tokyo University of Agriculture	Tokyo, Jepang	2002

C. Pendidikan Nonformal

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/Negara	Tahun
1	Training on Bio-Metrology EU-ASEAN (RISE Program)	LNE, Paris, Perancis	2019
2.	Workshop on Biological (Parasitic) Safety of the Environment, Food and Prevention of Parasitic Diseases Rusia-ASEAN Program	Kursk, Rusia	2019
3.	Designing and Operating a BSL-3 Facility Course DUKE NUS Medical School	DUKE-NUS, Singapura	2018
4.	Biosecurity & Biosafety – New Challenges of Bio Threat in a Rapidly Changing World of Science & Technology US BEP Program	Ho Chi Min City, Vietnam	2017
5.	Isolation of new antibiotics compounds from unknown actinomycetes Kemenristekdikti Mobility Program	Tubingen, Jerman	2015– 2016
6.	Innovative Bio-production in Indonesia (iBio-I): Integrated Bio- refinery Strategy to Promote Biomass Utilization using Super-microbes for Fuels and Chemicals Production SATREPS Project	Kobe University, Kobe, Jepang	2013– 2018
7.	Development of International Standardized Microbial Resource Center to Promote Biotechnology Research SATREPS Project	Chiba, Jepang	2011– 2015

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/Negara	Tahun
8.	Biochemistry of Cocoa fermentation Kementristekdikti RisetPro	Hamburg, Jerman	2011
9.	Development of International Standardized Microbial Resource Center to Promote Biotechnology Research Kementristekdikti RisetPro	Chiba, Jepang	2010
10.	Taxonomical Study of Actinomycetes from Indonesian Sources National Institute of Technology and Evaluation (NITE)	Chiba, Jepang	2008 2007 2005
11.	Isolation, Identification, and Preservation of Acetic Acid Bacteria from Japan and South East Asia Sources Tokyo University of Agriculture	Tokyo, Jepang	2005 2004
12.	Identification of Lactic Acid Bacteria and Acetic Acid Bacteria JBA (Japan Bioindustry Association)	Tokyo, Jepang	1996
13.	The usefulness of RAPD technique to control the plant-Rhizobium symbiosis EC (European Economy) project.	Wageningen, Belanda	1993

D. Jabatan Struktural

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1	Kepala Pusat	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI	2019– 2021
2	Kepala Bidang Pengelolaan Penelitian/Plt. Kepala Pusat	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI	2019
3	Kepala Bidang Biologi Sel dan Jaringan	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI	2009– 2014
4	Plt. Kepala Bidang Biologi Sel dan Jaringan	Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI	2006– 2009

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan	
1	Peneliti Ahli Utama IV/d	08-06-2020	44/M/2020
2	Peneliti Madya IV/c	01-10-2014	
3	Peneliti Madya IV/b	01-06-2012	0486a/D/2012
4	Peneliti Madya IV/a	01-09-2007	369/D/2008
5	Peneliti Pertama III/b	01-01-2006	12046/D/2005
6	Asisten Peneliti Madya III/b	01-12-1996	1833/D/1997
7	Asisten Peneliti Muda III/a	01-01-1995	1357/D/1995

F. Penugasan Khusus Nasional/Internasional

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1	Focal Point ASEAN COSTI Sub Committee Biotechnology	Sekretaris Utama LIPI	2019–2021
2	Ketua Gugus Tugas Riset Penanganan COVID-19	Kepala LIPI	2020
3	Komite Teknis Mikrobiologi 19-05	Kepala BSN	2015–sekarang
4	Koordinator SubKegiatan Unggulan LIPI	Kepala LIPI	2015–2017

G. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara	Tahun
1.	International Symposium on Innovative Bioproduction Indonesia on Biotechnology and Bioengineering (ISIBio) 1–9	Sie Ilmiah Dewan Pengarah Dewan Pengarah Dewan Pengarah Sie Ilmiah Sie Ilmiah Sie Ilmiah Sie Ilmiah Sie Ilmiah	BRIN LIPI LIPI LIPI LIPI LIPI LIPI LIPI LIPI	2022 2021 2020 2019 2018 2017 2016 2015 2014

No.	Nama Kegiatan	Peran/Tugas	Penyelenggara	Tahun
2.	International Symposium of Indonesian Society of Microbiology (ISISM) dan Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) PERMI	Sie Ilmiah	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI)	2010–2022
3.	International Conferences on Biotechnology (ICB)	Sie Ilmiah	Konsorsium Bioteknologi Indonesia (KBI)	2015–2021
4.	International Symposium of JSPS Alumni Association of Indonesia (IS-JAAI) 1	Ketua Panitia	JSPS Alumni Association of Indonesia (JAAI)	2017

H. Keikutsertaan dalam Pengelolaan Jurnal Ilmiah

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/Tugas	Tahun
1	Annales Bogoriense	Penerbit BRIN	Ketua Editor	2022
		LIPI Press	Dewan Pengarah	2019–2021
		LIPI Press	Ketua Editor	2010–2015
2	Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology	Kementerian Kelautan dan Perikanan	Anggota Editor	2015–2017

I. Karya Tulis Ilmiah (Buku, Bagian dari Buku, Naskah akademik, Jurnal, Prosiding, Paten)

No.	Kualifikasi	Jumlah
1	Penulis Tunggal	2
2	Bersama Penulis lainnya	164
	Total	166

No.	Bahasa	Jumlah
1	Karya Tulis dalam Bahasa Inggris	110
2	Karya Tulis dalam Bahasa Indonesia	56
3.	Karya Tulis dalam Bahasa Lainnya	-
Total		166

J. Pembinaan Kader Ilmiah

Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Fahrurrozi	LIPI	Pembimbing	2008–2020
2.	Akhirta Atikana	LIPI	Pembimbing	2008–2022
3.	Rohmatussolihat	LIPI	Pembimbing	2006–2015
4.	Tri Ratna Sulistiyani	LIPI	Pembimbing	2013–2018
5.	Arianti Hatmanti	LIPI	Pembimbing	2014–2018

Mahasiswa

No.	Nama	PT/Universitas	Peran/Tugas	Tahun
1.	Suzuki	Tokyo University of Agriculture (TUA)	Pembimbing S1	1999
2.	Aiko Mori	TUA	Pembimbing S1	2000
3.	Tamura	TUA	Pembimbing S1	2001
4.	Reka Syayidin	Sekolah Tinggi MIPA Bogor	Pembimbing S1	2005
5.	Milda Ramayani	Universitas Pakuan	Pembimbing S1	2006
6.	Hengki Hadi Saputra	Universitas Pakuan	Pembimbing S1	2007
7.	Dorta Meiliana Lumban Tobing	Universitas Pancasila	Pembimbing S1	2008
8.	Nidia Tiurmauli Sidabutar	Universitas Pancasila	Pembimbing S1	2008
9.	Kristina Aloysia Ema Koten	Universitas Diponegoro	Pembimbing S1	2008
10.	Kiki Bayu Wardhani	Universitas Diponegoro	Pembimbing S1	2008

No.	Nama	PT/Universitas	Peran/Tugas	Tahun
11.	Florentina Sekar Prima Swari	Universitas Gadjah Mada (UGM)	Pembimbing S1	2008
12.	Supri	Universitas Negeri Jakarta (UNJ)	Pembimbing S1	2009
13.	Siti Muslikah	Universitas Indonesia (UI)	Pembimbing S2	2011
14.	Iffah Fadliah	Universitas Hassanuddin	Pembimbing S2	2013
15.	Fatmi Faramita	Universitas Hassanuddin	Pembimbing S2	2013
16.	Dede Sri Wahyuni	Institut Pertanian Bogor (IPB)	Pembimbing S2	2013
17.	Ratnameyda Kania Tripati	UI	Pembimbing S1	2013
18.	Sri Megawati	IPB	Pembimbing S1	2013
19.	Tri Ratna Sulistiyani	IPB	Pembimbing S2	2014
20.	Purwanty Rara Azura	Universitas Al Azhar Indonesia	Pembimbing S1	2015
21.	Andi Aisyiah Alwie	UI	Pembimbing S1	2015
22.	Archietta Niigata Putri	UI	Pembimbing S1	2015
23.	Azhar Hana Rifa'i	Universitas Pasundan	Pembimbing S1	2018
24.	Ariani Hatmanti	UGM	Pembimbing S3	2018
25.	Janina Krause	Tubingen University	Pembimbing Internship	2018
26.	Amanda Haruminori	Universitas Surya	Pembimbing S1	2018
27.	Agustina Eko Susanti	UI	Pembimbing S2	2018
28.	Francesca Forgiarini	Wageningen University and Research (WUR)	Pembimbing Internship	2018
29.	Maxwel Joseph Henri Nainggolan	UI	Pembimbing S1	2018
30.	Aulina Reza Putri	UI	Pembimbing S1	2018

No.	Nama	PT/Universitas	Peran/Tugas	Tahun
31.	Delvi Sara Jihan Pahira	UGM	Pembimbing S3	2021
32.	Akhirta Atikana	WUR	Pembimbing S3	2021
33.	Miftakhussolikhhah	UGM	Pembimbing S3	2021
34.	Tri Gunaedi	UGM	Penguji S3	2011
35.	Alimuddin	UGM	Penguji S3	2013
36.	Sarkono	UGM	Penguji S3	2015
37.	Nining Betawati Prihantini	UI	Penguji S3	2015
38.	Nanik Sulistyani	UGM	Penguji S3	2016
39.	Camelia Herdini	UGM	Penguji S3	2017
40.	Yustian Heri Suprpto	UI	Penguji S3	2017
41.	Dwi Retnowati	IPB	Penguji S3	2019
42.	Maya Dian Rakhmawatie	UGM	Penguji S3	2020
43.	Rifki Febriansah	UGM	Penguji S3	2021
44.	Ema Damayanti	UGM	Penguji S3	2021
45.	Setiawati	UGM	Penguji S3	2021
46.	Olfa Mega	IPB	Penguji S3	2022

K. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1	Anggota	Perhimpunan Periset Indonesia (PPI)	2022
2	Anggota	Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo) (Organisasi Profesi JF Peneliti)	2020–2021
3	General Secretary	Asian Federation of Biotechnology Indonesia Chapter (AFOB-ID)	2022–2026
4	Anggota	Asian Federation of Biotechnology (AFOB)	2000–sekarang
5	Wakil Ketua	Konsorsium Bioteknologi Indonesia (KBI)	2021–2025

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
6	Pengurus	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI) (Perhimpunan Profesi Mikrobiologi)	2015–2023
7.	Ketua III	JSPS Alumni Association of Indonesia (JAAI)	2015–2017
8.	Anggota	JAAI	2015–sekarang

L. Tanda Penghargaan

No.	Nama/Jenis Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Habibie Prize	Menristek/BRIN dan Yayasan SDM Iptek Habibie	2020
2	Satya Karya Lancana Karya Satya XXX Tahun	Presiden RI	2017
3	Satya Lancana Karya Pembangunan	Presiden RI	2013
4	Satya Karya Lancana Karya Satya XX Tahun	Presiden RI	2007
5	Satya Karya Lancana Karya Satya X Tahun	Presiden RI	2005
6	Young Scientist Award JSCC	Japan Society for Culture Collection (JSCC)	2004



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung BJ Habibie, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin.721



ISBN 978-623-8052-39-4



Buku ini tidak diperjualbelikan.