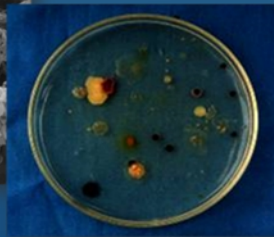
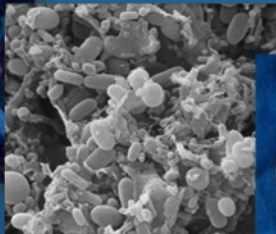




BRIN
BADAN RISET
DAN INOVASI NASIONAL

RE-ORIENTASI RISET BIOPROSPEKSI MIKROORGANISMA LAUT INDONESIA: DARI LAUT DANGKAL MENUJU LAUT DALAM BERBASIS GENOM

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
ILMU KELAUTAN
BIDANG BIOLOGI LAUT
KEPAKARAN MIKROBIOLOGI LAUT**



**OLEH:
OCKY KARNA RADJASA**

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

**RE-ORIENTASI RISET BIOPROSPEKSI
MIKROORGANISMA LAUT INDONESIA:
DARI LAUT DANGKAL MENUJU LAUT DALAM
BERBASIS GENOM**

Diterbitkan pertama pada 2024 oleh Penerbit BRIN

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



Buku ini di bawah lisensi Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (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/>



**RE-ORIENTASI RISET BIOPROSPEKSI MIKRO-
ORGANISMA LAUT INDONESIA:
DARI LAUT DANGKAL MENUJU LAUT DALAM
BERBASIS GENOM**

**ORASI PENGUKUHAN PROFESOR RISET
BIDANG BIOLOGI LAUT
KEPAKARAN MIKROBIOLOGI LAUT**

**OLEH:
OCKY KARNA RADJASA**

Reviewer:
Prof. Dr. Hari Eko Irianto
Prof. Dr. Atit Kanti, S.Si., M.Sc.
Prof. Fenny Martha Dwivany, S.Si., M.Si., Ph.D.

Penerbit BRIN

© 2024 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Pusat Riset Laut Dalam

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Re-orientasi Bioprospeksi mikroorganisma laut Indonesia: Dari Laut Dangkal Menuju Laut Dalam Berbasis Genom/Ocky Karna Radjasa–Jakarta: Penerbit BRIN, 2024.

ix + 121 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-6303-52-3 (*e-book*)

- | | |
|-------------------|-----------------|
| 1. Laut Indonesia | 2. Bioprospeksi |
| 3. Mikroorganisma | 4. Genom |

<i>Copy editor</i>	: Mulyani
<i>Proofreader</i>	: Martinus Helmiawan
Penata Isi	: Rahma Hilma Taslima
Desainer Sampul	: Rahma Hilma Taslima

Edisi pertama : Desember 2024



Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, Anggota Ikapi
Direktorat Repositori, Multimedia, dan Penerbitan Ilmiah
Gedung B.J. Habibie Lt. 8, Jl. M.H. Thamrin No.8,
Kb. Sirih, Kec. Menteng, Kota Jakarta Pusat,
Daerah Khusus Ibukota Jakarta 10340
Whatsapp: +62 811-1064-6770
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id
 PenerbitBRIN
 @Penerbit_BRIN
 @penerbit.brin

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR.....	vii
DAFTAR TABEL.....	ix
BIODATA RINGKAS	1
PRAKATA PENGUKUHAN	5
I. PENDAHULUAN.....	7
II. RISET BIOPROSPEKSI LAUT	15
A. Bioprospeksi Organisme Laut.....	15
B. Tantangan Bioprospeksi Laut yang Berkelanjutan	19
III. BIOPROSPEKSI MIKROORGANISME LAUT: PENGEMBANGAN BIOPRODUK YANG BERKELANJUTAN	21
IV. RISET BIOPROSPEKSI LAUT BERBASIS GENOME MINING DAN SYNTHETIC BIOLOGY	31
A. Konsep Bioprospeksi Laut Berbasis Genome Mining dan Synthetic Biology	31
B. Bioprospeksi Mikroorganisme Laut Indonesia Berbasis Genome Mining dan Synthetic Biology	35
V. PROSPEK BIOPROSPEKSI LAUT DALAM BERBASIS GENOM DI INDONESIA	49
A. Potensi Mikroba Laut Dalam	49
B. Prospek Riset Bioprospeksi Laut Dalam.....	52
VI. RENCANA RISET, HASIL PRODUK, DAN DAMPAK BIOPROSPEKSI LAUT.....	59
A. Penelitian Bioprospeksi Laut yang Sedang Berlangsung dan yang Akan Datang	59
B. Produk dari Kegiatan Riset Bioprospeksi Laut.....	60
C. Dampak Riset Bioprospeksi Laut	61

VII. KESIMPULAN.....	63
VIII. PENUTUP.....	65
UCAPAN TERIMA KASIH	67
DAFTAR PUSTAKA.....	71
DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH.....	85
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	113

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Ekspedisi Laut Indonesia (Laut Dangkal dan Laut Dalam) dari Tahun 2000–2024	9
Gambar 1.2	Distribusi Global Mikroorganisme Laut Dalam.....	11
Gambar 1.3	Peta Jalan Penelitian Bioprospeksi Laut.....	13
Gambar 2.1	Beberapa Contoh Avertebrata Laut Penghasil Bahan Hayati Laut: (a) Tunikata; (b) Soft coral; (c) Nudibranch.....	16
Gambar 2.2	Peta Kawasan Indonesia Penghasil Senyawa Bioaktif	18
Gambar 2.3	Aktivitas Biologis Senyawa Bioaktif dari Biodiversitas Laut Indonesia.....	18
Gambar 3.1	Kawasan Segitiga Terumbu Karang.....	21
Gambar 3.2	Hasil Pengamatan In Situ Symbion Microba pada Sponge: (A) Pengamatan Menggunakan Kamera; (B) Pengamatan Menggunakan Mikroskop Elektron ..	23
Gambar 3.3	Produk Bakteri Symbion: (A) Bugula Neritina; (B) Bryostatin A	24
Gambar 3.4	Produk Symbion: (A) Lissoclinum Patella; (B) Prochloron Sp. Symbiont; (C) Patellamide A.....	25
Gambar 3.5	(A) Sponge Theonella Swinhoei; (B) Observasi Mikroskopik Theonella Swinhoei.....	26
Gambar 4.1	Tahapan dalam Synthetic Biology	34
Gambar 4.2	Sampel Karang Lunak Sinularia Sp. dari Pulau Karimun Jawa	36
Gambar 4.3	(a) Kultur Bakteri (b) Ekstrak Karotenoid dari Strain <i>V. Salaria</i> 19 PPScl.6	36
Gambar 4.4	Pigmen karotenoid dari <i>Virgibacillus salarius</i> 19.PP.Sci.6 (a) memiliki aktivitas antibakteri terhadap <i>E. coli</i> patogenik MDR dan (b) MRSA.....	37

Gambar 4.5	Analisis dan visualisasi sirkular dari genom V. Salarius 19.PP.SC1.6. Dari luar ke dalam, lingkaran pertama dan kedua mewakili gen dengan anotasi COG. Lingkaran 3 (hijau dan ungu) dan 4 (hitam) menunjukkan deviasi GC skew dan GC content dari rata-rata untuk genom lengkap.....	38
Gambar 4.6	Anotasi Biosynthetic Gene Cluster Ektoin Genom V. Salarius 19.PP.SC1.6 dengan AntiSMASH.....	40
Gambar 4.7	Anotasi <i>Biosynthetic Gene Cluster</i> Skualen Genom V. Salarius 19.PP.SC1.6 dengan AntiSMASH	41
Gambar 4.8	Analisis Biosintesis Ektoin dari <i>Virgibacillus Salarius</i> yang Berupa Peta UPLC-MRM-MS/MS: (a) Peta UPLC menunjukkan spektrum ektoin intraseluler yang diekstraksi dari V. Salarius; (b) Peta UPLC dari standar otentik ektoin. Angka yang ditunjukkan pada peta menunjukkan bahwa ektoin intraseluler dari V. Salarius memiliki kemiripan struktur yang tinggi dibandingkan dengan ektoin murni yang digunakan sebagai kontrol.....	43
Gambar 4.9	Analisis Biosintesis Skualena dari <i>Virgibacillus Salarius</i> yang Berupa Peta UPLC-MRM-MS/MS: (a) Produk Kultur V. Salarius; (b) Standar Otentik Skualena....	44
Gambar 4.10	Hasil Produksi Ektoin antara Wild Type dan Produk Synthetic Biology	46
Gambar 4.11	Hasil Produksi Skualena antara Wild Type dan Produk Synthetic Biology	47
Gambar 5.1	Map Global untuk Area Laut Dalam.....	50
Gambar 5.2	Peta Genom Sirkular <i>Priestia Flexa</i> dengan Anotasi COG	55
Gambar 5.3	UPLC-MRM-MS/MS dari: (a) Likopen yang Diekstraksi dari Sel P. Flexa; (b) Standar Otentik Likopen	56
Gambar 5.4	Anotasi <i>Biosynthetic Gene Cluster</i> Likopen <i>Priestia Flexa Javatrench</i> dengan Antismash	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Contoh Beberapa Produk Hayati Laut dari Terumbu Karang	17
Tabel 2.2	Masalah Suplai Terkait Pengembangan Obat dari Avertebrata Laut	20
Tabel 4.1	Klaster Gen Metabolit Sekunder Genom <i>V. Salarius</i> 19.PP.SC1.6 dari Hasil Analisis AntiSMASH	39
Tabel 5.1	Klaster Gen Metabolit Sekunder yang Diidentifikasi pada Genom <i>P. Flexa</i>	57
Tabel 6.1	Produk dari Kegiatan Riset Penulis	60

BIODATA RINGKAS



Ocky Karna Radjasa, lahir di Banyumas, Jawa Tengah pada tanggal 29 Oktober 1965. Merupakan putra sulung pasangan almarhum Bapak Prof. Roedhiro dan almarhumah Ibu Dwi Soelistyarti. Menikah dengan Endang Sudaryati dan dikaruniai 2 putri, Septhy Kusuma Radjasa dan Muthia Kusuma Radjasa.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 25/M Tahun 2021 tanggal 31 Mei 2021, yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama terhitung mulai tanggal 1 September 2021.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 247/I/HK/2024 tanggal 8 November 2024, yang bersangkutan melakukan orasi pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar di SD Bruderan Purwokerto. Melanjutkan di SMPN 2 dan SMA 2 Purwokerto. Memperoleh gelar Sarjana Biologi di Universitas Jenderal Soedirman Purwokerto tahun 1989; gelar Magister dari Department Biology, McMaster University, Hamilton, Ontario, Kanada tahun 1994; dan gelar Doktor dari Department of Aquatic Biology, The University of Tokyo, Jepang tahun 2001.

Penulis telah mengikuti beberapa pelatihan yang mendukung kompetensinya, antara lain UNU-UNESCO International training course on *Biodiversity in mangrove ecosystems*,

Institute for Advanced Study (IAS) in Marine Biology, Annamalai University, Madras, India pada tahun 2003; The 3rd UNU & GIST Joint Programme Workshop on Environment and Sustainable Development: New Trends in Biotechnological and Geochemical Approaches for Sound Management of Hazardous Chemicals, Gwangju Institute of Science and Technology, Gwangju, South Korea pada tahun 2005; International Deans' Course on Management of Modern Higher Education, Berlin, Germany pada tahun 2010; Workshop on International Grant Writing, University California Santa Cruz, USA pada tahun 2010; dan Short term training on Marine Biotechnology, Department of Chemistry and Biochemistry, University of California Santa Cruz, USA pada tahun 2013.

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Staf Ahli Rektor Bidang Pengembangan dan Kerja Sama (2010–2013); Ketua Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat (LPPM) Universitas Diponegoro (2013–2015); Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat (DRPM) Kemenristek Dikti (2015–2020); Deputi Ilmu Pengetahuan Kebumian (IPK) LIPI (2020–2021); Kepala Organisasi Riset Kebumian dan Maritim (2021–sekarang).

Jabatan fungsional diawali menjadi Dosen sebagai Asisten Ahli golongan III/a tahun 1991; Asisten Ahli golongan III/b tahun 1996; Lektor golongan III/c tahun 1999; golongan III/d tahun 2004; Lektor Kepala golongan IV/a tahun 2006; Profesor golongan IV/a tahun 2011; golongan IV/b 2012, golongan IV/c tahun 2014; dan golongan IV/d tahun 2018. Sebagai Peneliti

Ahli Utama golongan IV/d tahun 2021; dan golongan IV/e tahun 2024 bidang Mikrobiologi Laut.

Menghasilkan 127 karya tulis ilmiah (KTI), baik yang ditulis sendiri maupun bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 127 KTI ditulis dalam Bahasa Inggris.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing jabatan fungsional peneliti pada Badan Riset dan Inovasi Nasional; pembimbing skripsi (S-1) pada Universitas Diponegoro, Institut Teknologi Bandung; pembimbing tesis (S-2) pada Universitas Diponegoro, Universitas Gajah Mada, dan Institut Teknologi Bandung; pembimbing disertasi (S-3) pada Universitas Diponegoro, Institut Teknologi Bandung, Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED), dan Institut Pertanian Bogor (IPB); serta penguji disertasi (S-3) pada Universitas Diponegoro dan Universitas Gajah Mada.

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai ketua Bidang Kerja Sama Penelitian Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI) (2020), anggota Ikatan Sarjana Perikanan Indonesia (2021), dan anggota Himpunan Periset Indonesia (2024).

Menerima tanda penghargaan dari Yayasan Kehati tahun 2006; Collaborative Development Award dari British Commission, British Council, Singapura tahun 2013; Biovision Catalyzer Award on Biodiversity, Climate Change, and Agronomy dari Biovision the World Life Science Forum, Lyon, France tahun 2013; Penghargaan Lima Tahunan Biologi Award dari Universitas Jenderal Soedirman tahun 2013; Equipment Award dari German Ministry of Economic and International Cooperation, Germany tahun 2014; Habibie Prize dalam bidang

Ilmu Dasar dari BRIN dan Yayasan Sumber Daya Manusia dalam Ilmu Pengetahuan dan Teknologi pada tahun 2022; serta Satyalancana Karya Satya XXX tahun 2023 dari Presiden RI.

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrahmaanirrahiim.

Assalaamu'alaikum warahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional 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 pada tanggal 11 Desember 2024, menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

REORIENTASI RISET BIOPROSPEKSI MIKROORGANISME LAUT INDONESIA: DARI LAUT DANGKAL MENUJU LAUT DALAM BERBASIS GENOM

Pada orasi ini, akan disampaikan *state of the art* tentang teknologi biologi molekuler, yaitu *genome mining* dan *synthetic biology* yang telah dilakukan, sebagai terobosan teknologi yang tidak hanya meningkatkan efisiensi dalam pengembangan

bioproduk laut tetapi juga merupakan upaya berkelanjutan dalam melindungi ekosistem pesisir dan laut Indonesia.

Orasi ini diharapkan dapat memberikan pemahaman tentang status terkini bioprospeksi organisme laut, tantangan suplai bioproduk, dan pengembangan bioprospeksi sumber daya laut yang berkelanjutan.

I. PENDAHULUAN

Lingkungan laut adalah habitat terbesar di Bumi yang mewakili lebih dari 70% permukaan planet kita. Lingkungan laut yang beragam ini sebagian besar masih belum dieksplorasi, kurang diteliti, dan belum dieksploitasi dibandingkan dengan ekosistem dan organisme di darat (Joint et al., 2010).

Menurut Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 57/PERMEN-KP/2020 Tahun 2020, sebagai negara maritim, Indonesia memiliki luas lautan mencapai 6,4 juta km² dan merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dengan kisaran garis pantai sepanjang 108.000 km. Selain itu, Indonesia juga memiliki laut dalam yang didefinisikan sebagai area laut yang berada di bawah 200 m dari permukaan laut dan menjadi habitat terbesar di dunia dari segi volume dan area, tetapi masih kurang dieksplorasi oleh manusia (Siallagan et al., 2024).

Telah diketahui dengan sangat baik selama lebih dari setengah abad (Kelecom, 2002), bahwa bakteri dan jamur darat merupakan sumber metabolit bioaktif yang berharga. Telah dicatat juga bahwa tingkat penemuan senyawa baru dari sumber daya mikroba tradisional, bagaimanapun, telah berkurang secara signifikan dalam beberapa dekade terakhir. Hal tersebut terjadi karena studi mendalam tentang mikroorganisme tanah berulang kali menghasilkan spesies sama yang pada gilirannya menghasilkan sejumlah besar senyawa sebagaimana telah dideskripsikan sebelumnya. Oleh karena itu, sangat masuk akal untuk berharap bahwa eksplorasi keanekaragaman dan sumber daya mikroorganisme laut yang belum dimanfaatkan akan

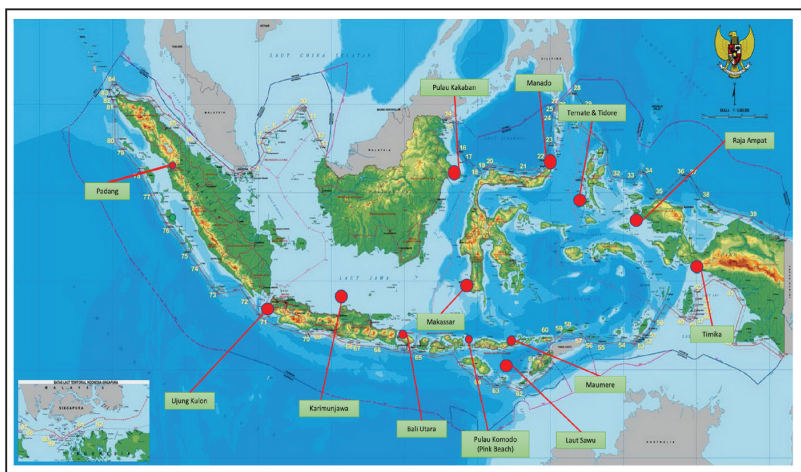
meningkatkan tingkat penemuan kelas baru metabolit sekunder. Secara khusus, penelitian mengenai penyaringan simbiosis bakteri penghasil metabolit sekunder penting untuk memahami potensi bioteknologi mereka.

Bioprospeksi laut, khususnya mikroorganisme laut telah berkembang cukup baik. Namun, sebagian besar bioprospeksi dilakukan terhadap mikroorganisme laut dangkal, khususnya di lingkungan terumbu karang, bakau, dan padang lamun (Radjasa et al., 2011). Penulis telah menekuni bidang mikrobiologi laut selama lebih dari 30 tahun, serta berkarier sebagai pengajar dan peneliti dengan fokus penelitian pada aspek bioprospeksi mikroorganisme laut terutama terkait mikroorganisme simbiosis avertebrata laut seperti spons, karang lunak, tunikata, lamun, dan bakau. Hasil kajian ini telah memberikan kontribusi signifikan terhadap pengembangan bioprospeksi mikroba simbiosis yang berasosiasi dengan ekosistem terumbu karang, bakau, dan lamun di wilayah Indonesia (Radjasa, Martens, Grossart et al., 2007; Radjasa, Sabdono, Junaidi et al., 2007; Radjasa, Salasia, Sabdono et al., 2007; Radjasa et al., 2013; Radjasa et al., 2023).

Perjalanan penelitian laut dimulai pada tahun 1997 saat penulis menyelesaikan gelar S3 di Departemen Ilmu Biosains Akuatik dan bekerja sebagai asisten peneliti di Ocean Research Institute, Universitas Tokyo, Jepang. Disertasi berfokus pada keragaman filogenetik bakteri laut dalam yang beradaptasi dengan suhu rendah (Radjasa et al., 2001) dan tekanan tinggi, serta menggunakan 16S rRNA sebagai dasar. Namun, setelah kembali ke Indonesia pada tahun 2001, terdapat tantangan dalam melanjutkan penelitian laut dalam karena keterbatasan fasilitas

penelitian, akses, dan pendanaan penelitian yang tersedia pada saat itu.

Dari tahun 2001 hingga 2019, penelitian yang dilakukan berfokus pada bioprospeksi laut Indonesia, dengan penekanan khusus pada eksplorasi mikroorganisme simbiotik. Karya yang menonjol meliputi bioprospeksi mikroorganisme laut, terutama mikroorganisme simbiotik yang berasosiasi dengan avertebrata laut seperti spons, karang lunak, tunikata, lamun, dan bakau. Dalam 3 tahun terakhir, riset bioprospeksi bakteri laut dalam yang berbasis pendekatan *genome mining* dan *synthetic biology* juga mulai dilakukan. Hasil penelitian ini memberikan kontribusi baru dalam bidang bioteknologi kelautan, khususnya dalam mengidentifikasi potensi bakteri laut dalam di Palung Jawa sebagai penghasil bioproduk melalui teknik *genome mining*. Lokasi penelitian yang telah dilakukan tersebar di seluruh Indonesia, dari barat ke timur (Gambar 1.1).



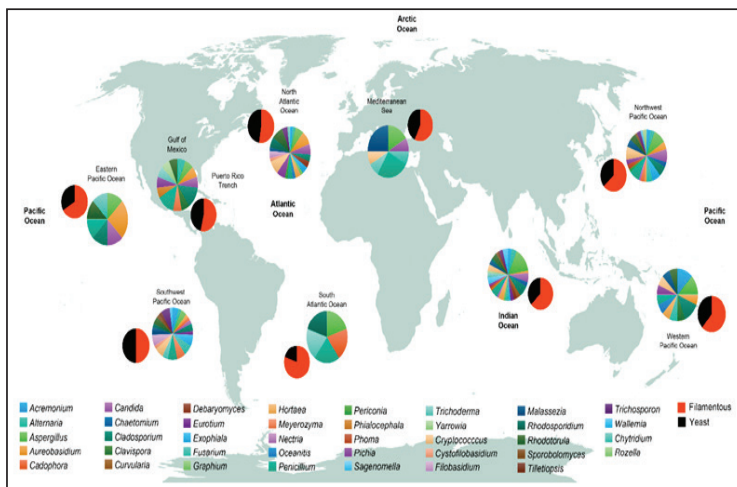
Sumber: Radjasa (2024)

Gambar 1.1 Ekspedisi Laut Indonesia (Laut Dangkal dan Laut Dalam) dari Tahun 2000–2024

Metode yang telah dilakukan terdiri dari dua pendekatan. Pendekatan pertama adalah dengan menggunakan metode yang umum digunakan untuk mempelajari keanekaragaman mikroorganisme laut, yaitu metode berbasis kultur. Pendekatan isolasi kultur langsung merupakan salah satu metode yang umum digunakan untuk mengeksplorasi keanekaragaman mikroorganisme laut. Mikroorganisme yang diperoleh dari sampel lingkungan laut kemudian dikulturkan pada media pertumbuhan yang sesuai di laboratorium. Namun, metode ini sangat terbatas, karena hanya sekitar 1% dari total mikroorganisme yang dapat dikultur, sementara 99% sisanya tetap tidak dapat dikultur. Pendekatan lain untuk mengeksplorasi keanekaragaman mikroorganisme laut, terutama di lingkungan laut dalam, adalah metode non-kultur atau metagenomik. Metode metagenomik dapat mendeteksi struktur komunitas mikroorganisme berdasarkan analisis genom tanpa perlu menumbuhkan mikroorganisme terlebih dahulu. Dengan pendekatan metagenomik, analisis struktur komunitas mikroba di lingkungan seperti tanah, air, sedimen, atau biota laut, beserta gen fungsionalnya, dapat dilakukan dalam waktu yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan metode berbasis kultur. Selain itu, metode *shotgun* metagenomik dapat digunakan untuk mengidentifikasi seluruh materi genetik yang ada dalam sampel laut tanpa mempertimbangkan asal materi genetik tersebut.

Sementara itu, salah satu teknologi lain yang digunakan untuk menganalisis struktur komunitas mikroba dalam sampel lingkungan adalah teknologi *Next-Generation Sequencing* (NGS). Teknologi ini dapat membaca seluruh data urutan genom dari sebuah sampel dan memungkinkan data metagenomik

dibaca dengan kecepatan lebih tinggi, urutan lebih panjang, serta sensitivitas dan akurasi yang lebih besar. Data metagenomik dari NGS dapat digunakan untuk mengeksplorasi potensi mikroorganisme laut untuk berbagai tujuan, termasuk pencarian gen yang mengode senyawa tertentu, seperti gen yang berpotensi menghasilkan senyawa antioksidan, antibiotik, antivirus, atau protein, serta enzim dan produk bermanfaat lainnya (Steven et al., 2022). Sayangnya, data metagenomik dari lautan, terutama dari laut dalam di Indonesia, masih sangat terbatas dan belum terintegrasi ke dalam basis data metagenomik laut global (Gambar 1.2). Selain data metagenomik saat ini, data genom lengkap dari organisme yang berasal dari laut dalam di Indonesia juga masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian metagenomik difokuskan untuk mengeksplorasi potensi lingkungan laut Indonesia dan sekuensing genom lengkap mikroorganisme dari laut dalam Indonesia.



Sumber: Vargas-Gastelum dan Riquelme (2020)

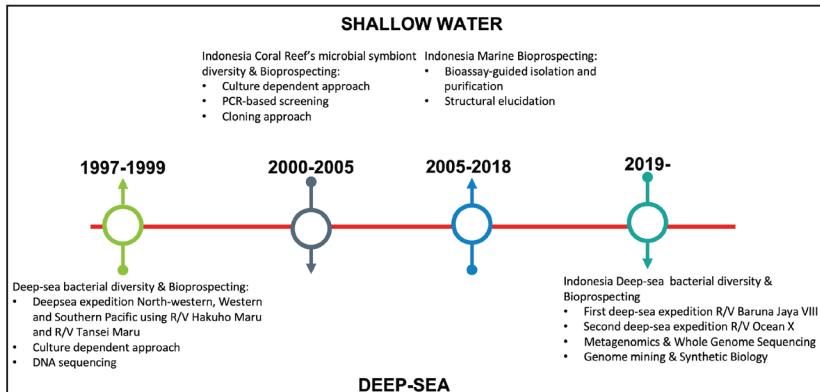
Gambar 1.2 Distribusi Global Mikroorganisme Laut Dalam

Secara umum, kegiatan jangka panjang dari hulu ke hilir yang telah, sedang, dan akan dilakukan bertujuan untuk mendukung kemandirian Indonesia sebagai salah satu negara dengan keanekaragaman hayati terbesar dengan memproduksi berbagai produk berbasis hayati sebagai pengganti impor yang dapat diterapkan di bidang pangan, kesehatan, kosmetik, lingkungan, dan energi (Gambar 1.3).

Radjasa et al. (2023) menjelaskan bahwa hasil bioprospeksi mikroba simbiosis karang lunak *Virgibacillus salarius* yang merupakan simbiosis karang lunak berbasis *genome mining*, berhasil membuka peluang pengembangan bioproduk laut, seperti ektoin dan skualen sebagai substitusi impor. Ektoin, misalnya, sangat dibutuhkan oleh industri kosmetik, farmasi, dan obat-obatan yang memiliki permintaan pasar per tahun sebanyak 15.000 ton dan memiliki harga retail sebesar 1.000 USD/kilogram (Strong et al., 2016).

Secara khusus, hasil penelitian yang diharapkan meliputi data urutan metagenom keanekaragaman hayati laut Indonesia, yang didukung oleh data lingkungan, dan akan menjadi dasar untuk:

- 1) bioprospeksi dan biosintesis senyawa dari laut Indonesia (produk alami yang berasal dari laut); serta
- 2) bioprospeksi dan biosintesis senyawa berbasis teknologi rekombinan atau biologi sintetis.



Sumber: Radjasa (2024)

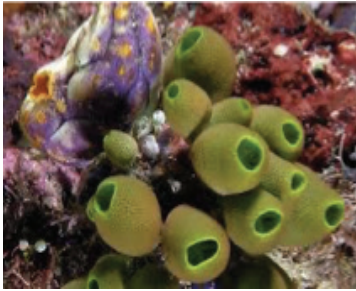
Gambar 1.3 Peta Jalan Penelitian Bioprospeksi Laut

II. RISET BIOPROSPEKSI LAUT

Usaha-usaha untuk memanfaatkan keanekaragaman hayati secara berkelanjutan menuju nilai ekonomi telah banyak dilakukan tidak hanya di lingkungan terestrial, tetapi juga ke lingkungan laut. Hal ini sangat wajar karena peluang pemanfaatannya masih terbuka luas.

A. Bioprospeksi Organisme Laut

Lingkungan laut mendukung keanekaragaman organisme luar biasa yang merupakan sumber potensial produk alami dengan aktivitas biologis seperti tunikata, *sponge*, dan karang lunak (Gambar 2.1). Bioprospeksi laut didefinisikan sebagai usaha-usaha yang melibatkan eksplorasi genetik dan bahan biokimia dari organisme laut, serta dapat digunakan untuk menangani berbagai aplikasi kesehatan masyarakat dan lingkungan seperti pengobatan penyakit, diagnostik, dan bioremediasi (Zhivkoplías et al., 2024). Sedangkan Lozada dan Dionisi (2015) mendefinisikan istilah bioprospeksi sebagai pencarian sistematis untuk produk dan aktivitas biologis baru dengan aplikasi bioteknologi di habitat alami.



(a)



(b)



(c)

Foto: Radjasa (2016)

Gambar 2.1 Beberapa Contoh Avertebrata Laut Penghasil Bahan Hayati Laut: (a) Tunikata; (b) Soft coral; (c) Nudibranch

Peningkatan populasi manusia menyebabkan peningkatan permintaan akan pasokan nutrisi dan sumber daya energi. Oleh karena itu, sumber daya yang baru, alami, dan terbarukan menjadi sangat menarik. Di sinilah peran bioprospeksi sebagai metode yang menjanjikan untuk mengisolasi molekul dan mikroorganisme yang baru dan menarik dari lingkungan laut

sebagai alternatif dari sumber daya yang ada. Bioprospeksi metabolit laut dan mikroorganisme dengan potensi bioteknologi yang tinggi telah mendapatkan minat yang luas karena variabilitas dan kekayaan lingkungan laut (Hosseini et al., 2022). Tabel 2.1 menunjukkan contoh potensi metabolit yang dihasilkan dari bioprospeksi laut.

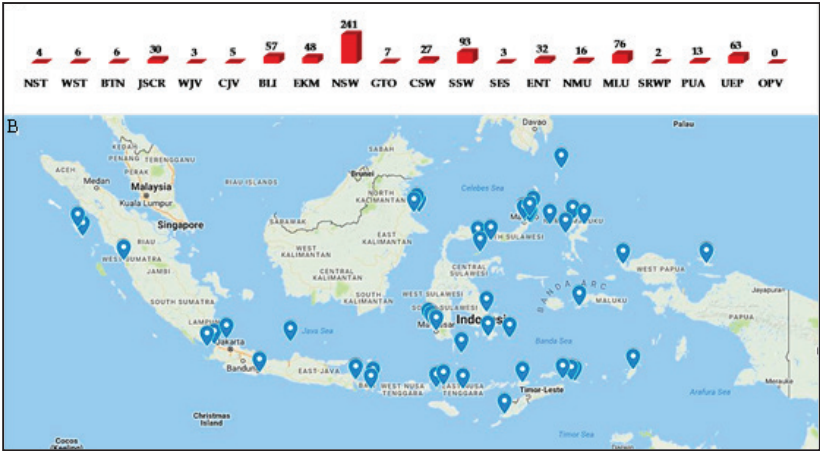
Tabel 2.1 Contoh Beberapa Produk Hayati Laut dari Terumbu Karang

No.	Metabolit Aktif	Aktivitas Biologi	Sumber organisme	Referensi
1	GTS-21	Anti – Alzheimer	Softcoral <i>Pseufterogorgia elisabethae</i>	Kem (2000)
2	Crambescidin-800	Anti – virus	Sponge <i>Crambe crambe</i>	Jares-Erijman et al. (1993)
3	Manoalide	Anti – inflammatory	Sponge <i>Luffariela variabilis</i>	Ettinger-Epstein et al. (2007)
4	Prialt	Pain killer	Molusk <i>Conus magus</i>	Safavi-Hemami (2019)
5	IPL 512, 602	Anti – asthma	Sponge <i>Petrosia contignata</i>	Terracciano et al. (2006)

Sumber: Radjasa et al. (2011)

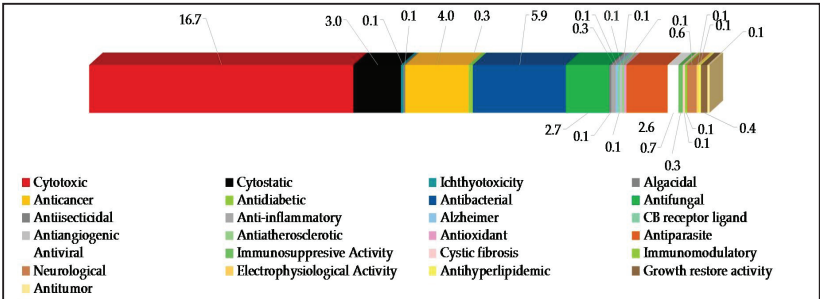
Terkait dengan potensi biodiversitas laut Indonesia sebagai sumber senyawa bioaktif, Hanif et al. (2019) melakukan kajian secara menyeluruh di Kawasan Indonesia dari bagian barat, tengah, dan timur (Gambar 2.2), dan menunjukkan bahwa potensi biodiversitas laut berada di Kawasan Indonesia tengah dan timur. Lebih lanjut, dijelaskan berbagai potensi senyawa bioaktif yang diperoleh serta laporan aktivitas biologisnya

berdasarkan bioprospeksi yang dilakukan, seperti anti bakteri, anti jamur, anti virus, anti oksidan, dan lain-lain (Gambar 2. 3).



Sumber: Hanif et al., (2019)

Gambar 2.2 Peta Kawasan Indonesia Penghasil Senyawa Bioaktif



Sumber: Hanif et al. (2019)

Gambar 2.3 Aktivitas Biologis Senyawa Bioaktif dari Biodiversitas Laut Indonesia

B. Tantangan Bioprospeksi Laut yang Berkelanjutan

Masalah utama terkait pengembangan senyawa bioaktif dari ekosistem laut terutama terumbu karang yang dihasilkan oleh avertebrata penyusunnya adalah masalah suplai biomassa untuk memperoleh jumlah senyawa yang cukup untuk kepentingan uji pre-klinik dan klinik. Radjasa dan Sabdono (2009) melaporkan pada beberapa kasus konsentrasi senyawa bioaktif khususnya dari avertebrata laut terumbu karang sangat kecil hampir sejumlah $10^{-6}\%$ dari berat basah. Hal ini dipandang sebagai ancaman signifikan dalam pengembangan obat dari avertebrata laut. Tabel 2.2 berikut menunjukkan beberapa contoh ekstrem terkait suplai dari beberapa senyawa bioaktif laut yang memiliki prospek industri farmasi.

Terdapat kekhawatiran yang meningkat mengenai pengumpulan organisme terumbu karang untuk penemuan dan pengembangan obat-obatan karena telah dianggap sebagai hal yang berkelanjutan dan mengancam konservasi. Oleh karena itu, terdapat kebutuhan mendesak untuk mempertimbangkan bioetika dalam mengantisipasi konsekuensi potensial dari kegiatan ini dan mengusulkan opsi manajemen untuk penggunaan berkelanjutan

invertebrata terumbu karang sebagai sumber senyawa bioaktif (Sukarmi & Radjasa, 2007).

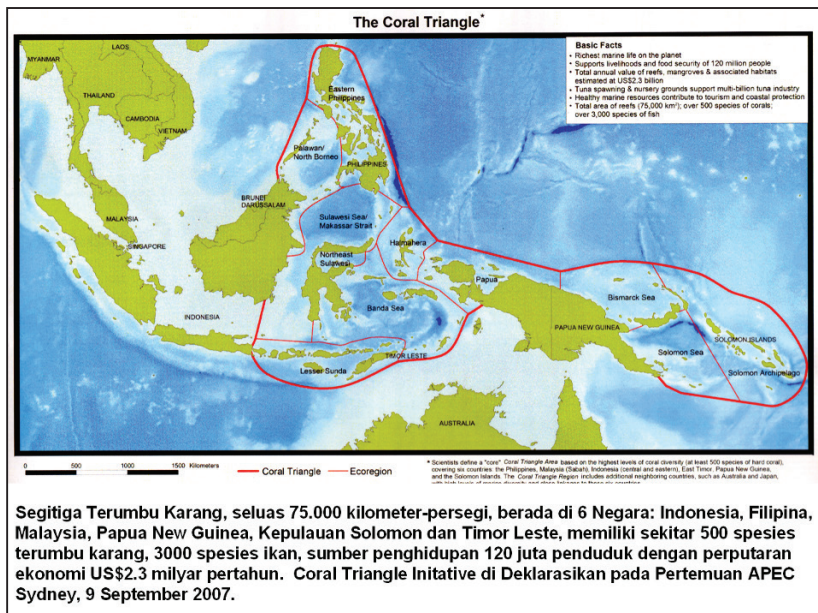
Tabel 2.2 Masalah Suplai Terkait Pengembangan Obat dari Avertebrata Laut

No.	Senyawa	Sumber Avertebrata	Hasil/ Berat Basah	Referensi
1.	Anticancer Ecteinascidin 743	(Tunicate) <i>Ecteinascidia turbinata</i>	1 g/ton	Mendola, 2000
2.	Halicondrin	(Sponge) <i>Lissodendroryx</i>	0.3 g/ton	Hart et al., 2000
3.	Anti- inflammatory Pseudopterosin	(Soft coral) <i>Pseudopterogorgia elisabethae</i>	1 g/ton	Mayer et al., 1998

Sumber: ...

III. BIOPROSPEKSI MIKROORGANISME LAUT: PENGEMBANGAN BIOPRODUK YANG BERKELANJUTAN

Sebagai salah satu negara mega *diversity*, Indonesia juga dikenal sebagai *epicenter of marine biodiversity* sebagai bagian dari *Coral Triangle Initiative* (CTI). Oleh karena itu, untuk menggali potensi sumber daya alam hayati laut yang melimpah, bioprospeksi menjadi langkah strategis yang harus dilakukan (Gambar 2.2).



Sumber: Coral Triangle ATLAS (t.t.)

Gambar 3.1 Kawasan Segitiga Terumbu Karang

Segitiga Terumbu Karang atau *Coral Triangle* adalah kawasan laut di bagian barat Samudera Pasifik dengan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi. Kawasan Segitiga Terumbu Karang membentang dari Filipina hingga Kepulauan Solomon, dan memiliki 605 karang termasuk 15 endemik regional. Jumlah ini merupakan 76% dari total spesies yang ada di dunia, sehingga menjadikan kawasan ini sebagai prioritas konservasi tertinggi di dunia. Di dalam Segitiga Terumbu Karang, kekayaan tertinggi berada di Semenanjung Kepala Burung di Papua, Indonesia, yang menjadi rumah bagi 574 spesies, dengan terumbu karang yang mendukung hingga 280 spesies per hektar. Pada kawasan ini, ditemukan lebih banyak spesies laut daripada perairan mana pun di bumi (Dubinsky & Stamler, 2010).

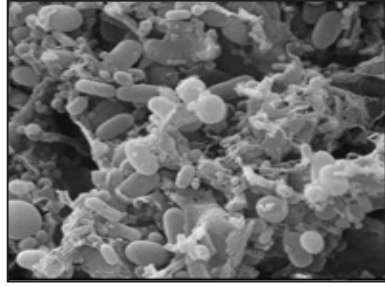
Sebagai kawasan terumbu karang dengan keanekaragaman terumbu karang yang tinggi, kawasan ini menjadi tempat pencarian senyawa bioaktif dari organisme avertebrata penyusun terumbu karang seperti karang lunak, tunikata, moluska dan spons yang menjadi ancaman serius, sehingga perlu dikembangkan alternatif sumber lain yang berkelanjutan.

Radjasa dan Sabdono (2009) melaporkan bahwa senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh inang avertebrata laut dihasilkan oleh organisme yang berasosiasi dengannya dan dikenal sebagai mikroorganisme simbiosis. Lebih lanjut, Radjasa et al. (2011) menyebutkan bahwa avertebrata terumbu karang semacam ini dikenal sebagai avertebrata dengan kelimpahan mikroorganisme simbiosis – *High Microbial Abundant* (HMA) – yang mengandung 40–60% biomassa mikroorganisme per berat basahnya. Gambar

3.2 menunjukkan hasil analisis mikroskop elektron dari spons yang masuk kategori HMA.



(A)

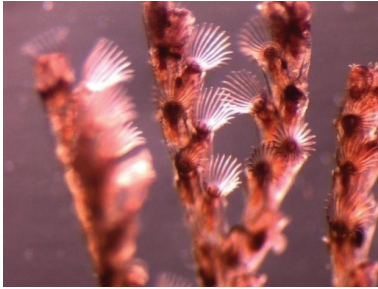


(B)

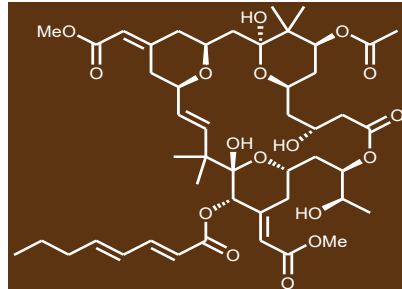
Foto: Radjasa (2024)

Gambar 3.2 Hasil Pengamatan In Situ Simbion Microba pada Sponge: (A) Pengamatan Menggunakan Kamera; (B) Pengamatan Menggunakan Mikroskop Elektron

Beberapa bukti menunjukkan bahwa mikroba simbion karang berperan dalam menghasilkan senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh inangnya, misalnya Bryostatin A (Hildebrand et al., 2004) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.3 dan Patellamide A (Schmidt et al., 2005) pada Gambar 3.4.



(A)



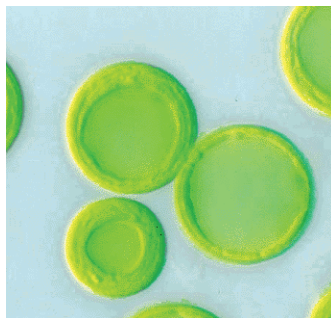
(B)

Sumber: Hildebrand et al. (2004)

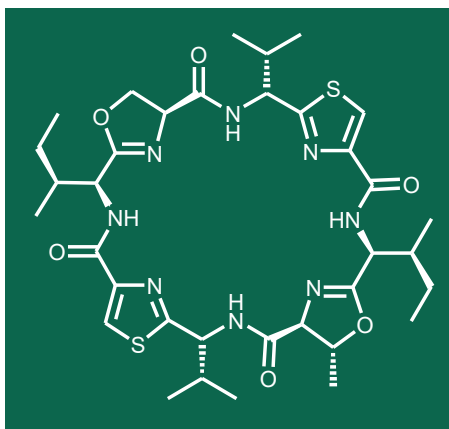
Gambar 3.3 Produk Bakteri Simbion: (A) Bugula Neritina; (B) Bryostatin A



(A)



(B)



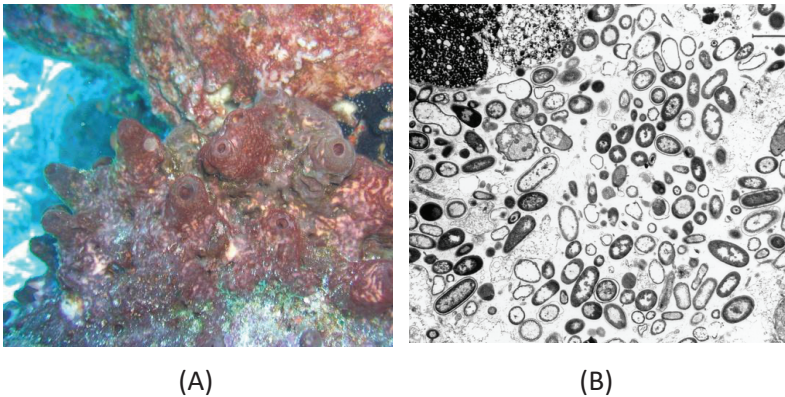
(C)

Sumber: Schmidt et al., (2005)

Gambar 3.4 Produk Symbion: (A) *Lissoclinum Patella*; (B) *Prochloron Sp. Symbiont*; (C) *Patellamide A*

Salah satu kasus pemanfaatan avertebrata laut dari terumbu karang adalah spons *Theonella Swinhoei* (Gambar 3.5) yang dikenal sebagai produser senyawa bioaktif yang sangat potensial seperti anti-tumor (Hentschel et al., 2002). Lebih lanjut,

dijelaskan bahwa jenis spons ini masuk kategori *High Microbial Abundant* (HMA) invertebrates karena memiliki kurang lebih 40% biomasnya yang terdiri dari bakteri (Radjasa et al., 2011). Oleh karena itu, pemanfaatan mikroba simbiosis spons *Theonella Swinhoei* bisa menjadi alternatif dalam pencarian bioproduk dari spons ini tanpa mengganggu pelestariannya.



Sumber: Hentschel et al., (2002)

Gambar 3.5 (A) Sponge *Theonella Swinhoei*; (B) Observasi Mikroskopik *Theonella Swinhoei*

Beberapa hasil penelitian bioprospeksi mikroorganisme simbiosis avertebrata laut Indonesia yang telah dilaporkan menunjukkan bahwa mikroorganisme simbiosis memiliki potensi sebagai sumber bioproduk laut yang berkelanjutan. Enzim amilase baru berhasil diisolasi dari bakteri *Bacillus aquimaris* yang merupakan simbiosis karang lunak *Simularia* sp. dari perairan

Pulau Panjang, Jepara (Nurachman et al., 2010; Puspasari et al., 2011).

Lebih lanjut, Sarian et al. (2017) dan Shofiyah et al. (2020) berhasil mengisolasi bakteri simbion dari Danau Kakaban di Kalimantan Timur yang unik karena merupakan ekosistem laut yang terjebak di tengah pulau Kakaban, yaitu bakteri *Bacillus Megaterium* NL3 yang berpotensi sebagai sumber senyawa enzim amilase yang baru.

Ayuningrum et al. (2019) berhasil mengisolasi bakteri simbion tunikata yang memiliki potensi dalam penemuan senyawa baru anti-mikroba. Lebih jauh, Kristiana et al. (2020) melaporkan aktivitas biologis mikroorganisme simbion yang berasosiasi dengan siput laut dari perairan Indonesia. Aktivitas antibakteri dari bakteri simbion siput laut yang berasal dari Saparua dan Kepulauan Nusa Laut dilaporkan meliputi spesies *Virgibacillus marismortui*, *V. dokdonensis*, *Bacillus kochii*, *Vibrio alginolyticus*, dan *Pseudoalteromonas piscicida* (Kristiana et al., 2019).

Cita et al. (2017) mengisolasi bakteri simbion dari spons *Xestospongia testudinaria* dari Sorong, Papua, yang memiliki prospek sebagai sumber senyawa antibakteri. Spons *Xestospongia* sp. juga dilaporkan memiliki bakteri simbion yang menghasilkan senyawa aromatik poliketida baru yang mampu menghambat pertumbuhan bakteri MDR (*Multi Drug Resistant*) *Salmonella enterica* ser. Typhi (Sibero, Zhou, Fukaya et al., 2019)

Sabdaningsih et al. (2020) menemukan turunan senyawa Citrinin yang diisolasi dari jamur simbion *Penicillium citrinum* dari sponge yang berasal dari Indonesia. Aktivitas antibakteri

dari metabolit jamur simbiosis *Trichoderma longibrachiatum* melawan Multidrug-Resistant *Klebsiella pneumoniae* dan Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* dilaporkan oleh Sedjati et al. (2022).

Lebih lanjut, Sibero et al. (2018) melaporkan jamur simbiosis bakau yang memiliki aktivitas anti mikroba. Jamur simbiosis *Daldinia Eschscholtzii* yang merupakan simbiosis spons juga dilaporkan menghasilkan senyawa tipe Chromanone (Sibero et al, 2020). Jamur simbiosis *Aspergillus Unguis* dari karang lunak *Sinularia* Sp. memiliki aktivitas anti jamur terhadap *Candida Albicans* dan *Aspergillus Flavus* (Putri et al., 2015). Sementara itu, Bahry et al. (2021) menskrining jamur simbiosis sponge yaitu *Trichoderma Reesei* yang memiliki aktivitas anti-vibrio terhadap *Vibrio Parahaemolyticus*, *V. Harveyi*, dan *V. Vulnificus*.

Kusmita et al. (2017) mengarakterisasi senyawa karoten yang dihasilkan oleh bakteri simbiosis karang lunak *Sarcophyton* sp. dari Laut Jawa. Selanjutnya, Kusmita, Radjasa et al. (2021) berhasil mengisolasi senyawa karoten dari bakteri simbiosis *Virgibacillus salarius* (Kusmita, Nuryadi et al., 2021) yang dimanfaatkan sebagai *Anti-Aging cream* (Kusmita, Mutmainah et al., 2021) (Paten ID : P00201304615). Sibero, Bachtiarini et al. (2019) mengisolasi bakteri simbiosis karang penghasil pigmen karoten yang diidentifikasi sebagai *Vibrio Owensii* TNKJ.CR.24-7 yang mampu menghambat pertumbuhan Bakteri Pathogen MDR.

Trianto et al. (2019) berhasil mengisolasi dan menskrining bakteri simbiosis dari Kepulauan Ternate yang mampu menghambat bakteri MDR (*Multi Drug Resistant*) yaitu meliputi *Bacillus Clausii*, *Vibrio. Chiguensis*, *B. Tropicus*, *P. Marcusii*,

B. tropicus, *V. parahaemolyticus*, *B. paramycoides* dan *V. dokdonensis*.

Sabdon et al. (2015) mengisolasi bakteri simbion karang serta menunjukkan bahwa bakteri simbion genus *Pseudoalteromonas* dan *Pseudomonas* memiliki potensi anti patogen terhadap bakteri penyebab penyakit karang (Paten ID: SID201808671).

IV. RISET BIOPROSPEKSI LAUT BERBASIS *GENOME MINING* DAN *SYNTHETIC BIOLOGY*

Metode biokimia konvensional yang digunakan untuk skrining dan isolasi metabolit sekunder dari spesies bakteri memiliki keterbatasan. Metode ini memerlukan tahapan panjang yang melibatkan manipulasi berbagai parameter kultivasi, seperti cahaya, pH, aerasi, suhu, dan komposisi nutrisi. Selain itu, terdapat tantangan di mana banyak kluster gen biosintetik atau *Biosynthetic Gene Cluster* (BGC) yang bertanggung jawab atas produksi metabolit sekunder menjadi tidak diekspresikan dalam kondisi laboratorium standar. Kluster gen ini umumnya diaktifkan sebagai respons terhadap stres lingkungan, yang mendorong adaptasi bakteri.

Untuk mengatasi keterbatasan ini, *genome mining* muncul sebagai alternatif yang menjanjikan. Metode ini memanfaatkan pengurutan genom, analisis komputasi, dan karakterisasi senyawa, sehingga memungkinkan penemuan bioproduk alami yang baru. *Genome mining* telah menunjukkan efektivitasnya dalam mengungkap potensi senyawa mikroba laut yang tidak terdeteksi menggunakan metode karakterisasi tradisional, termasuk kultivasi dan isolasi di laboratorium.

A. Konsep Bioprospeksi Laut Berbasis *Genome Mining* dan *Synthetic Biology*

Menurut Goldman dan Landweber (2016), genom merupakan seluruh informasi genetik yang dimiliki oleh suatu organisme, yang tersusun atas sekuens DNA yang membawa informasi untuk

kelangsungan hidup organisme tersebut. Saat ini, informasi genom organisme sangat berharga dan menyediakan sudut pandang yang lebih dalam untuk memahami sebuah organisme. Informasi genom organisme diperoleh dengan melakukan *Whole Genome Sequencing* (WGS) yang menghasilkan data berupa urutan sekuens DNA yang dimiliki oleh organisme. WGS memberikan informasi genetik dan struktur genom yang memfasilitasi identifikasi gen fungsional pada organisme yang dapat diaplikasikan pada berbagai bidang.

Setiap organisme memiliki ukuran genom yang berbeda, disebabkan oleh kompleksitas dari organisme tersebut. Makin kompleks organisme tersebut, maka dibutuhkan gen yang lebih banyak sehingga ukuran genom pada eukariot lebih tinggi dibandingkan prokariot. Bakteri memiliki, rentang ukuran genom berkisar antara 112 kb sampai 16 Mb.

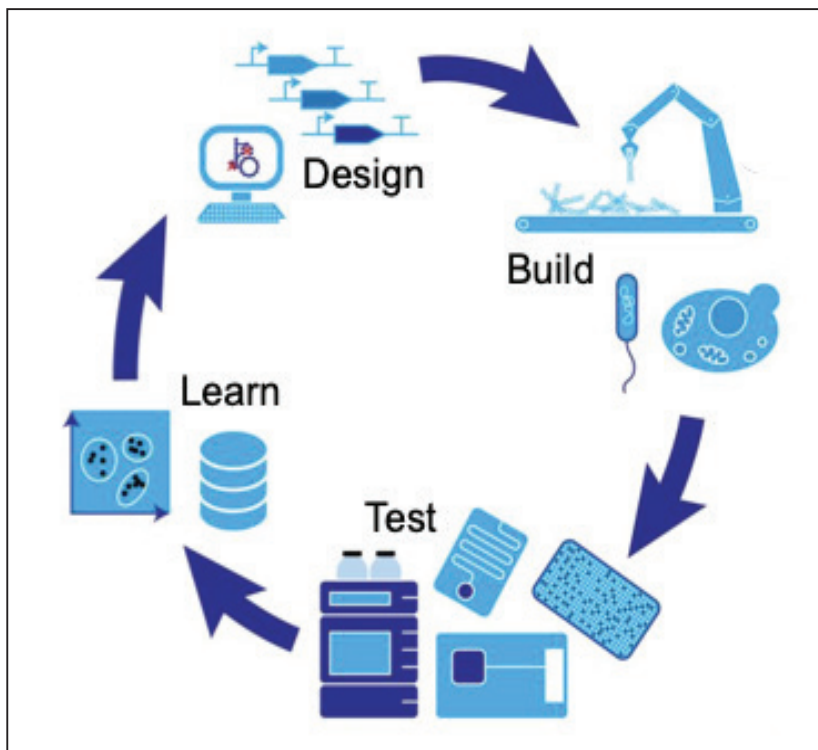
Biosynthetic Gene Clusters (BGCs) merupakan sekumpulan gen pengode metabolit sekunder yang diekspresikan untuk menyintesis metabolit sekunder. Namun, banyak BGCs dari metabolit sekunder tidak dapat diekspresikan pada kondisi laboratorium yang standar (Li et al., 2021), dan jika dikaitkan dengan fungsinya, BGCs akan terekspresi pada kondisi spesifik yang membutuhkan peran dari metabolit sekunder tersebut. misalnya di lingkungan berkadar garam tinggi. Kondisi tersebut menyebabkan kluster gen metabolit sekunder akan berada dalam kondisi yang *silent* (tidak aktif) atau *cryptic* (tersembunyi). Dalam situasi seperti ini, pendekatan analisis *Whole Genome Sequencing* (WGS) secara bioinformatik menjadi bermanfaat untuk menemukan potensi BGCs pada mikroba yang tidak dapat dikarakterisasi pada kondisi lab standar. Analisis genom untuk

BGCs telah terbukti berhasil menemukan potensi dari senyawa baru pada mikroba yang sebelumnya tidak terdeteksi melalui karakterisasi konvensional (Radjasa et al., 2023).

Dalam *synthetic biology*, sel dan proses biologis dibongkar dan dipasang kembali untuk membuat sistem baru yang melakukan hal-hal yang berguna. Proses biologis tersebut meliputi: 1) Desain dikodekan oleh asam deoksiribonukleat (DNA); 2) DNA membuat komponen biologis (*bioparts*); 3) komponen biologis digabungkan untuk membuat perangkat; serta 4) perangkat dibuat ke dalam sistem biologis. Komputer digunakan pada semua tahap siklus *Design-Build-Test-Learn* mulai dari pemodelan matematis hingga penggunaan robot untuk otomatisasi asimilasi dan eksperimen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.1 (Garner, 2021).

Penemuan gen pengode metabolit bioaktif melalui jalur metabolisme yang dikombinasikan dengan kemajuan *synthetic biology*, telah memungkinkan perakitan berbagai sel mikroba rekombinan. *Genome mining* dan metagenomik adalah dua platform yang menyediakan data dasar untuk penemuan produk alami laut. Sementara itu, rekombinasi adalah proses rekayasa genetika yang dimediasi oleh rekombinasi homolog, termasuk penyisipan, penghapusan, atau modifikasi sekuens tertentu. Meskipun disiplin ilmu ini tergolong baru dalam dunia ilmiah, tetapi bidang ini telah berkembang sebagai upaya yang

menjanjikan dalam bioprospeksi laut yang berkelanjutan (Kiran et al., 2018).



Sumber: Garner (2021)

Gambar 4.1 Tahapan dalam Synthetic Biology

B. Bioprospeksi Mikroorganisme Laut Indonesia Berbasis *Genome Mining* dan *Synthetic Biology*

Penelitian kami, baik di perairan dangkal maupun laut dalam, telah menggunakan metode kultur dan *genome mining* untuk bioprospeksi. Penelitian bioprospeksi laut di Indonesia telah berhasil mengidentifikasi potensi bakteri *Virgibacillus salarius* dan *Prieta flexa* sebagai sumber senyawa bioaktif.

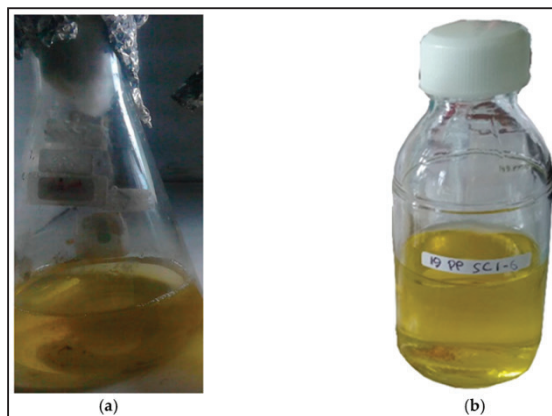
Bakteri Simbion Karang Lunak *Virgibacillus Salarius*

Salah satu hasil riset kami menjadi dasar untuk penelitian lebih lanjut mengenai bioproduk baru seperti ektoin dan skualen yang diperoleh dari bakteri *Virgibacillus Salarius* 19.PP.Sci.6, yang diisolasi dari karang lunak *Sinularia* sp. dari Laut Pulau Panjang, Jepara, Jawa Tengah (Gambar 4.2). Berdasarkan metode skrining kimia berbasis kultur, Strain *V. salarius* 19.PP.Sc1.6 menghasilkan karotenoid dengan sifat antioksidan dan antibakteri (Gambar 4.3 dan 4.4). Untuk mengungkap metabolit tersembunyi dari *Genom V. Salarius* 19.PP.Sc1.6, analisis *Whole Genome Sequencing* dilakukan seperti yang disajikan pada Gambar 4.5 (Radjasa et al., 2023). Sedangkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa *Genom V. Salarius* memiliki total ukuran genom sebesar 4.497.283 bp dan diprediksi memiliki 7 kluster gen, yang mana dua di antaranya adalah ektoin dan skualen.



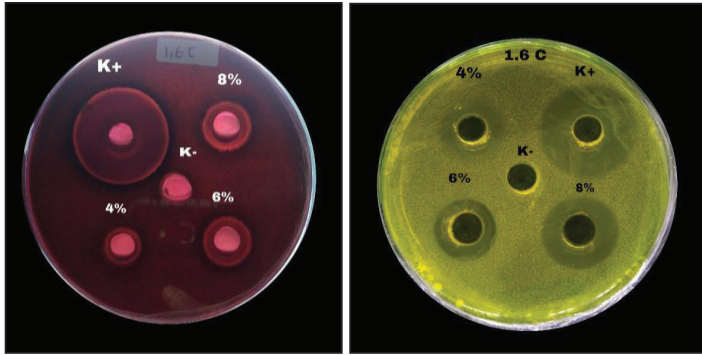
Sumber: Kusmita, Nuryadi et al., (2021)

Gambar 4.2 Sampel Karang Lunak *Sinularia* Sp. dari Pulau Karimun Jawa



Sumber: Kusmita, Mutmainah et al., (2021)

Gambar 4.3 (a) Kultur Bakteri (b) Ekstrak Karotenoid dari Strain *V. Salarius* 19 PPSc1.6

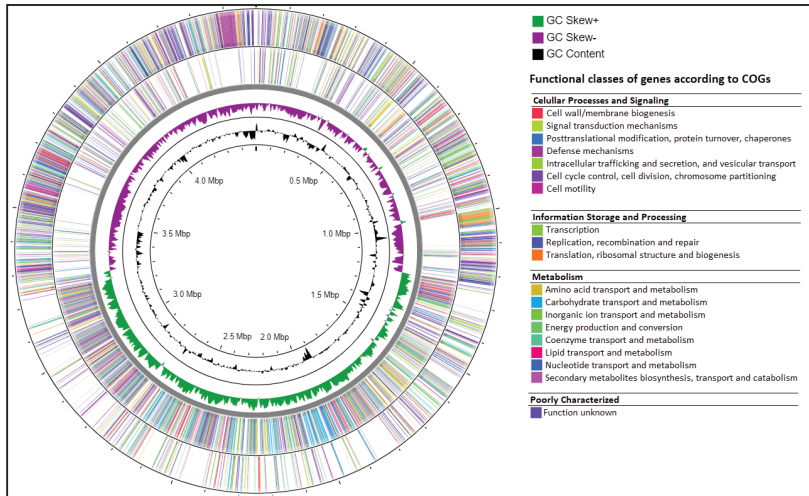


(a) MDR *E. coli*

(b) MRSA

Sumber: Kusmita, Radjasa et al., (2021)

Gambar 4.4 Pigmen karotenoid dari *Virgibacillus salarius* 19.PP.Sci.6 (a) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *E. coli* patogenik MDR dan (b) MRSA



Sumber: Radjasa et al. (2023)

Gambar 4.5 Analisis dan visualisasi sirkular dari genom *V. Salarius* 19.PP.SC1.6. Dari luar ke dalam, lingkaran pertama dan kedua mewakili gen dengan anotasi COG. Lingkaran 3 (hijau dan ungu) dan 4 (hitam) menunjukkan deviasi GC skew dan GC content dari rata-rata untuk genom lengkap.

Tabel 4.1 Kluster Gen Metabolit Sekunder Genom *V. Salarius* 19.PP. SC1.6 dari Hasil Analisis AntiSMASH

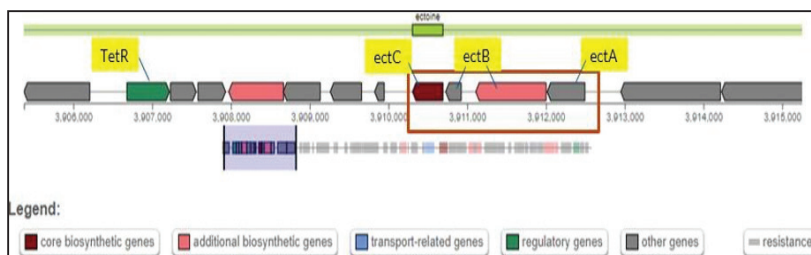
Cluster	Start	Stop	Length (bp)	KCBLAST* Result	Similarity (%)	Number of Genes
Terpene	671,094	691,138	20,044	-	-	6
Terpene	2,533,865	2,555,214	21,349	-	-	7
NRPS	2,789,711	2,833,924	44,213	Bacillibactin	46	4
PKS (type III)	3,235,646	3,275,709	40,063	-	-	15
Ectoine	3,905,372	3,907,562	2,190	Ectoine	75	3
PKS (type III)	3,915,988	3,956,238	40,250	-	-	12
NRPS	4,367,900	4,452,664	84,764	Locillomycin	64	30

Keterangan: Hasil analisis antiSMASH menunjukkan adanya tujuh kluster gen dengan panjang kluster yang bervariasi dari 2190 hingga 84.764 bp dengan total 80 gen.

Sumber: Radjasa et al. (2023)

Ektoin yang merupakan sebuah osmo-protektan yang diproduksi oleh bakteri laut, digunakan secara luas dalam industri medis, kosmetik, dan lainnya. Selain diproduksi secara alami oleh bakteri sebagai osmoprotektan untuk melindungi organel dari tekanan lingkungan, ektoin banyak digunakan dalam berbagai bidang bioteknologi karena kemampuannya untuk menstabilkan dan melindungi berbagai biomolekul (Graf et al., 2008). Dalam industri kesehatan, ektoin digunakan untuk mengobati dermatitis atopik karena kemampuannya untuk menghidrasi dan memperbaiki kulit yang rusak (Marini et al., 2014). Dalam industri kosmetik, ektoin banyak digunakan karena manfaatnya dalam melindungi kulit dari dehidrasi dan paparan sinar UV, memberikan kelembapan, serta menunda

penuaan dini. Ektoin dapat menstabilkan fungsi enzim, misalnya dengan mempertahankan konformasi struktural lipase dalam industri biodiesel (Bethlehem & van Echten-Deckert, 2021). Menurut hasil antiSMASH (Gambar 4.6), tiga gen dalam kluster gen ektoin terletak pada genom *Vibrio Salarius* 19.PP.SC1.6 di basa 3.905.306–3.907.562 dengan total panjang ~2100 bp. Ketiga gen ini mengodekan L-ektoin sintase (*ectC*), diaminobutirat-2-oksoglutarat transaminase (*ectB*), dan L-2,4-diaminobutirat asetiltransferase (*ectA*). Kluster gen ektoin pada genom *V. Salarius* 19.PP.SC1.6 terdiri dari satu operon, dengan satu promotor dan satu terminator. Gen *ectA* memiliki ukuran 480 bp, gen *ectB* berukuran 1245 bp, dan gen *ectC* berukuran 387 bp (Gambar 4.5).

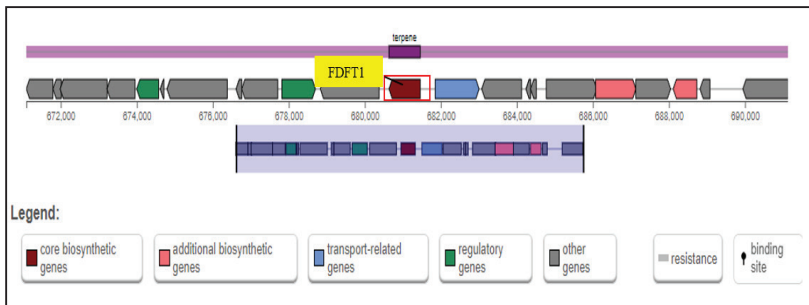


Sumber: Radjasa et al. (2023)

Gambar 4.6 Anotasi Biosynthetic Gene Cluster Ektoin Genom *V. Salarius* 19.PP.SC1.6 dengan AntiSMASH

Di sisi lain, hasil anotasi KEGG dari *Vibrio salarius* 19.PP.Sc1.6 pada analisis *Whole Genome Sequencing* (WGS) mengungkapkan satu gen yang terlibat dalam biosintesis skualen. Gen ini diidentifikasi sebagai gen yang mengodekan enzim skualen sintase (SQS) atau farnesil-difosfat farnesiltransferase 1 (FDFT1), yang terletak pada lokus 07310 bakteri tersebut.

Prediksi dari AntiSMASH mengungkapkan adanya klaster yang terdiri dari 22 gen terkait biosintesis skualen, yang mencakup basa 671.094 hingga 691.138 dari genom sepanjang 20.044 basa (Gambar 4.7). Namun, hanya ada satu gen, yaitu *fdft1* atau *vsqs*, yang berperan langsung dalam biosintesis skualen, dengan panjang 822 nukleotida yang terletak pada basa 680.637 hingga 681.458. Selain itu, analisis genom juga mengungkapkan adanya gen *LysR*, yang merupakan bagian dari famili regulator transkripsi, yang berperan penting dalam regulasi ekspresi gen dan respons terhadap lingkungan.



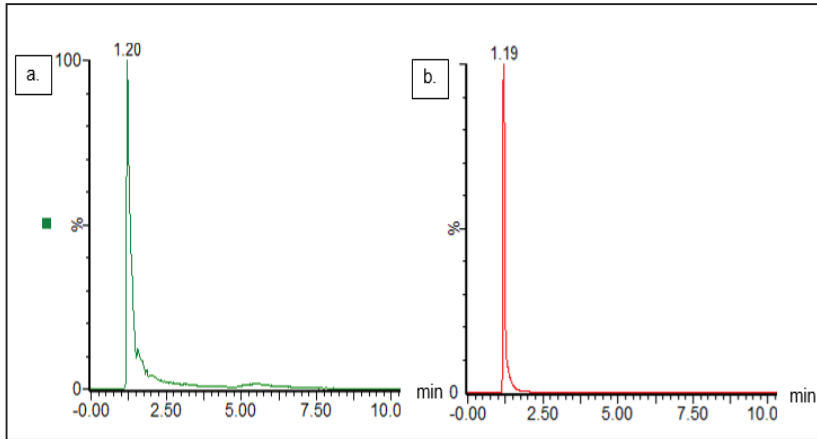
Sumber: Radjasa et al. (2023)

Gambar 4.7 Anotasi *Biosynthetic Gene Cluster Skualen* Genom *V. Salarius* 19.PP.SC1.6 dengan AntiSMASH

Skualen adalah molekul perantara alami yang terlibat dalam biosintesis sterol pada organisme eukariotik dan biosintesis hopanoid bakteri (Micera et al., 2020). Dalam dekade terakhir, skualen makin populer karena penggunaannya yang luas sebagai bahan baku dalam farmasi. Skualen digunakan sebagai adjuvan vaksin karena kemampuannya mengaktifkan sistem kekebalan dan menghasilkan respons imunologis (Kim & Karadeniz,

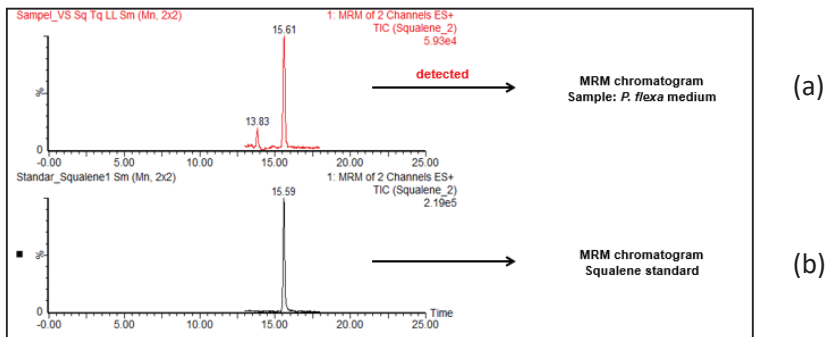
2012). Selain itu, skualen juga mampu melawan peningkatan lemak tubuh, tekanan darah, leptin plasma, glukosa, kolesterol, dan kadar trigliserida. Molekul terpenoid ini juga digunakan dalam banyak produk perawatan kulit karena kemampuannya melembapkan kulit manusia dan memulihkan fungsi penghalang kulit (Kim & Karadeniz, 2012). Skualen yang digunakan dalam farmasi, perawatan kulit, dan nutraceutical, secara tradisional diekstraksi dari minyak hati hiu, yang menimbulkan kekhawatiran etis. Senyawa ini menstabilkan protein, melindungi terhadap radiasi UV, dan memiliki aplikasi dalam pertanian, bioteknologi, perawatan kesehatan, dan kosmetik, khususnya dalam produk perlindungan matahari dan anti-penuaan (Huang et al., 2009). Untuk mengonfirmasi hasil penambangan genom,

analisis dilakukan menggunakan sistem Acquity UPLC H-Class (Gambar 4.8 dan 4.9).



Sumber: Radjasa et al. (2023)

Gambar 4.8 Analisis Biosintesis Ektoin dari *Virgibacillus Salarius* yang Berupa Peta UPLC-MRM-MS/MS: (a) Peta UPLC menunjukkan spektrum ektoin intraseluler yang diekstraksi dari *V. Salarius*; (b) Peta UPLC dari standar otentik ektoin. Angka yang ditunjukkan pada peta menunjukkan bahwa ektoin intraseluler dari *V. Salarius* memiliki kemiripan struktur yang tinggi dibandingkan dengan ektoin murni yang digunakan sebagai kontrol.



Sumber: Tim Marine Genome (data belum dipublikasikan)

Gambar 4.9 Analisis Biosintesis Skualena dari *Virgibacillus Salarius* yang Berupa Peta UPLC-MRM-MS/MS: (a) Produk Kultur *V. Salarius*; (b) Standar Otentik Skualena

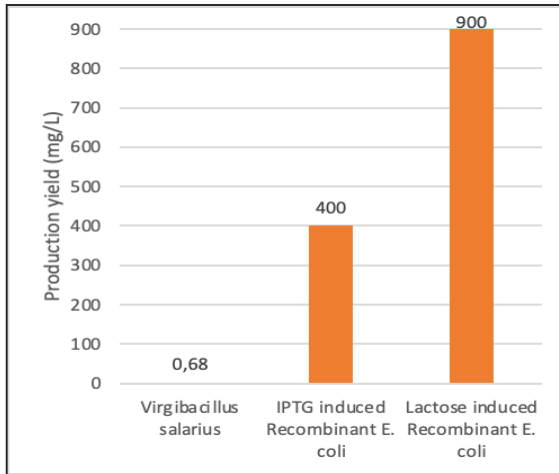
Untuk meningkatkan produksi ektoin dan skualen, teknologi *synthetic biology* mengombinasikan gen ektoin dan skualen, mengoptimalkan parameter kekuatan RBS, dan menggunakan bakteri *E. Coli* BL21(DE3) untuk memproduksi senyawa-senyawa tersebut secara heterolog (Gambar 4.10 dan 4.11). Secara keseluruhan, studi ini telah berhasil mengungkapkan beberapa metabolit potensial dari genom *V. Salarius* 19.PP. SC1.6, dan membuka kesempatan untuk pemanfaatan lebih lanjut.

Produksi heterolog ektoin menggunakan gen dari *Virgibacillus Salarius* dalam *E. Coli* BL21(DE3) melalui metode sintetik biologi menghasilkan ektoin sebesar $0,37 \pm 0,018$ g/L. Optimasi menunjukkan konsentrasi ektoin tertinggi pada induksi dengan 0,1 mM IPTG. Hasil ini menunjukkan

peningkatan signifikan dalam produksi ektoin dari *V. Salarius*, dengan produksi rekombinan dalam *E. Coli* BL21(DE3) mencapai hingga 133 kali lipat lebih tinggi, yang menunjukkan potensinya untuk produksi skala besar.

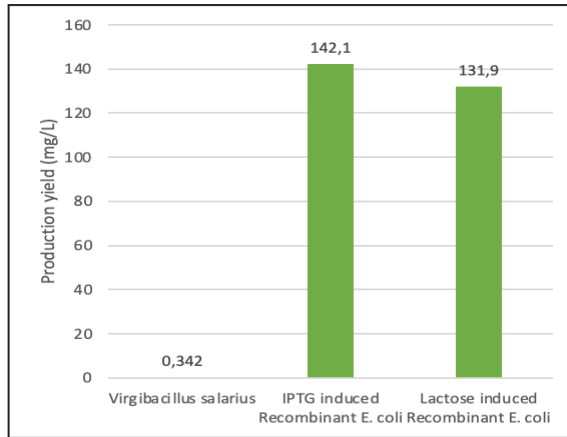
Penelitian ini menunjukkan pula fungsionalitas gen pengode skualen sqs yang diperoleh dari *Virgibacillus Salarius* strain 19.PP.Sc1.6 untuk memproduksi secara heterolog skualen dalam inang yang sudah terkarakterisasi dengan baik seperti *E. Coli* BL21(DE3). Penggunaan urutan *Ribosome Binding Site* (RBS) yang berbeda secara signifikan memengaruhi produksi skualen hingga dapat mencapai 191 (142,1) mg/L. Hasil ini menunjukkan peran penting optimasi urutan RBS dalam memaksimalkan ekspresi protein heterolog dan produksi metabolit target. Studi ini juga menyelidiki dampak induser terhadap ekspresi protein VSQS dan menemukan bahwa laktosa dapat secara efektif menginduksi ekspresi vsqs, menawarkan alternatif yang lebih

hemat biaya dibandingkan senyawa IPTG untuk produksi skualena skala besar dalam *E. Coli*.



Sumber: Tim Marine Genome (data belum dipublikasikan)

Gambar 4.10 Hasil Produksi Ektoin antara Wild Type dan Produk Synthetic Biology



Sumber: Tim Marine Genome (data belum dipublikasikan)

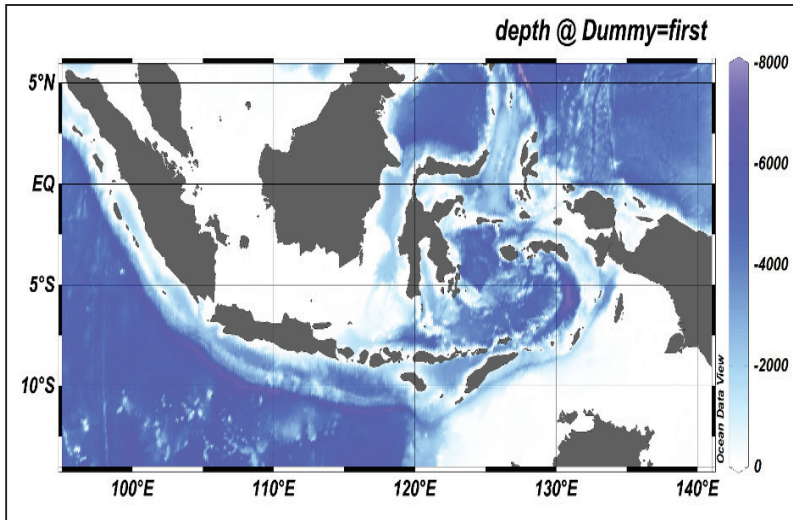
Gambar 4.11 Hasil Produksi Skualena antara Wild Type dan Produk Synthetic Biology

V. PROSPEK BIOPROSPEKSI LAUT DALAM BERBASIS GENOM DI INDONESIA

Mikroorganisme laut dapat ditemukan hidup dari laut dangkal hingga laut dalam yang merupakan 68% wilayah laut Indonesia. Keterbatasan akses dan perlunya peralatan khusus menyebabkan eksplorasi laut dalam masih sangat terbatas. Hal ini menyebabkan peluang riset bioprospeksi laut dalam menjadi sangat penting.

A. Potensi Mikroba Laut Dalam

Lingkungan laut dalam dicirikan oleh tekanan tinggi dan suhu rendah, tetapi di sekitar ventilasi hidrotermal terdapat daerah dengan suhu yang sangat tinggi. Mikroorganisme laut dalam memiliki fitur khusus yang telah beradaptasi yang memungkinkan mereka untuk hidup dan tumbuh di lingkungan yang ekstrem ini (Siallagan et al., 2024). Gambar 5.1 menunjukkan peta global untuk area laut dalam.



Sumber: GEBCO Bathymetric Compilation Group (2021)

Gambar 5.1 Map Global untuk Area Laut Dalam

Laut dalam adalah lingkungan ekstrem yang dicirikan dengan tekanan tinggi, suhu rendah, kurangnya oksigen, dan tidak adanya cahaya. Lingkungan ekstrem tersebut menjadi habitat bagi banyak mikroorganisme yang dituntut mampu beradaptasi terhadap lingkungan. Oleh karena itu, bakteri yang hidup di lingkungan ini umumnya menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi untuk mendukung adaptasinya terhadap lingkungan dan memperoleh kesintasan di lingkungan tersebut (Srinivasan et al., 2021; Wang et al., 2020).

Potensi penting dari laut dalam adalah mikroorganisme, di mana terdapat lebih dari setengah total jumlah mikroba di lautan. Dengan jumlah dan keanekaragaman yang besar, diprediksi

terdapat tingkat variasi genetik dan fenotipik yang tinggi. Adapun karakteristik dari bakteri laut dalam yaitu memiliki jalur biologi yang unik serta dapat bertahan hidup di lingkungan ekologi yang ekstrem. Berdasarkan penelitian Radjasa (2004), bakteri laut dalam dapat bertahan pada tekanan yang tinggi (barofilik, piezofilik), dan juga pada suhu rendah (psychrofilik) dengan suhu berkisar 4°C maupun suhu tinggi (termofilik) dengan suhu maksimum 115°C. Cukup banyak bakteri laut dalam yang dapat hidup dalam kondisi ekstrem yang belum diketahui mekanisme bertahan hidupnya. Dari 30.000 artikel ilmiah mengenai produk laut dalam yang telah ditemukan, hanya 2% saja yang membahas mikroorganisme laut dalam (Skropeta & Wei, 2014). Pengetahuan akan ekologi, fisiologi, metabolisme, enzimologi, dan genetik dari bakteri yang dapat tumbuh di lingkungan ekstrem masih sangat terbatas.

Karena keterbatasan akses dan kebutuhan fasilitas yang sulit menyebabkan pengetahuan kita tentang data biodiversitas dan keanekaragaman genetik mikroorganisme laut dalam Indonesia masih sangat terbatas dan menjadi tantangan riset ke depan. Siallagan et al., (2024) menjelaskan bahwa biodiversitas mikroorganisme laut dalam masih sangat terbatas, seperti anggota genus yang di antaranya adalah *Moritella*, *Shewanella*, *Psychromonas*, *Alteromonas*, dan *Collwellia*.

Dengan adanya teknik metagenomik, dapat ditentukan potensi bakteri tersebut di berbagai bidang. Mikroorganisme atau bakteri dapat dimanfaatkan dalam pengembangan bioteknologi untuk menghasilkan atau meningkatkan nilai tertentu. Sehingga,

bioproduk dari laut dalam dapat menjadi potensi apabila dieksplorasi dengan baik.

B. Prospek Riset Bioprospeksi Laut Dalam

Hasil penelitian laut dalam kami menjadi dasar untuk kegiatan bioprospeksi berbasis genom, yang dibagi menjadi dua kegiatan utama berdasarkan penambangan genom, yaitu bioprospeksi menggunakan mikroorganisme kultur dan non-kultur. Bioprospeksi berbasis genom telah dilakukan untuk mengeksplorasi komponen biologis yang dikenal sebagai *bio-part*, terutama promoter gen dan gen yang digunakan untuk merakit rangkaian gen/konstruksi gen melalui pendekatan *synthetic biology* atau rekombinan. Penyaringan fungsional dilakukan menggunakan pustaka metagenomik yang dibuat dari rakitan pustaka *bio-part*.

Selain mikroba laut sebelumnya, *Priestia Flexa* berhasil diisolasi dan dikultur dari perairan laut dalam Indonesia selama ekspedisi TRIUMPH pada tahun 2019. Bakteri tersebut berhasil dikarakterisasi dari Palung Jawa pada kedalaman 1000 m di bawah permukaan laut. Data genom lengkap pertama telah berhasil diperoleh dari bakteri laut dalam di Indonesia, khususnya *Priestia Flexa* (Radjasa et al., 2024).

Genom *Priestia Flexa* ditunjukkan pada *genome map* (Gambar 5.2). *P. Flexa JavaTrench* memiliki genom dengan ukuran sebesar 4.026.111 bp, coding region sebesar 3.345.237 bp (83,08%), dan G+C content yang menunjukkan kelimpahan sebesar 1.526.086 (37,9%) CDS (*coding sequence*). Analisis data menggunakan KEGG reconstructor menunjukkan bahwa

genom *P. Flexa JavaTrench* memiliki total 271 *pathway* dengan 74 modul yang teranotasi lengkap (Radjasa et al., 2024).

Dibandingkan dengan spesies *P. Flexa* lainnya, terutama yang berasal dari lingkungan laut (seperti *P. flexa* QDU), analisis metabolit sekunder dilakukan menggunakan perangkat lunak antiSMASH 6.0. Hasil pemrosesan data menunjukkan bahwa *P. Flexa* mengandung 8 klaster gen (Tabel 5.1). Sedangkan analisis klaster gen terpen menunjukkan kemampuan produksi likopen, yang diidentifikasi dan dikonfirmasi dengan UPLC-MS/MS (Gambar 5.3).

Likopen

Hasil anotasi susunan dan struktur sekuens yang berperan dalam jalur metabolisme spesifik pada likopen menggunakan analisis antiSMASH menunjukkan bakteri tersebut memiliki 2 jenis BGC senyawa terpena dan secara umum memiliki 2 *core biosynthetic gene*, yaitu gen *shc* dan *crtM*. Kedua gen tersebut berada urutan sekuens yang berbeda jauh. Gen *shc* bertanggung jawab dalam biosintesis squalene-hopane cyclase. Sementara itu, *crtM* menghasilkan phytoene synthase dan 4,4'-diapophytoene synthase dalam jalur biosintesis likopen.

Karakteristik yang ditunjukkan pada hasil anotasi (Gambar 5.4) pada *biosynthetic cluster genes* likopen, yaitu terdapat 17 gen, dengan 1 *core biosynthetic gene* *crtM*, 7 *additional biosynthetic genes* dan 2 *regulatory genes*, serta beberapa gen lainnya pada *biosynthetic gene clusters* likopen yang terletak pada basa 3.991.378 - 4.012.214 genom *Priestia flexa* dengan panjang total yaitu 20.837 bp. Beberapa *additional biosynthetic gene* meliputi

aminotransferase class-III, glutamine amidotransferase, alpha glucosidase, dan asparagine synthase (Blin et al., 2023).

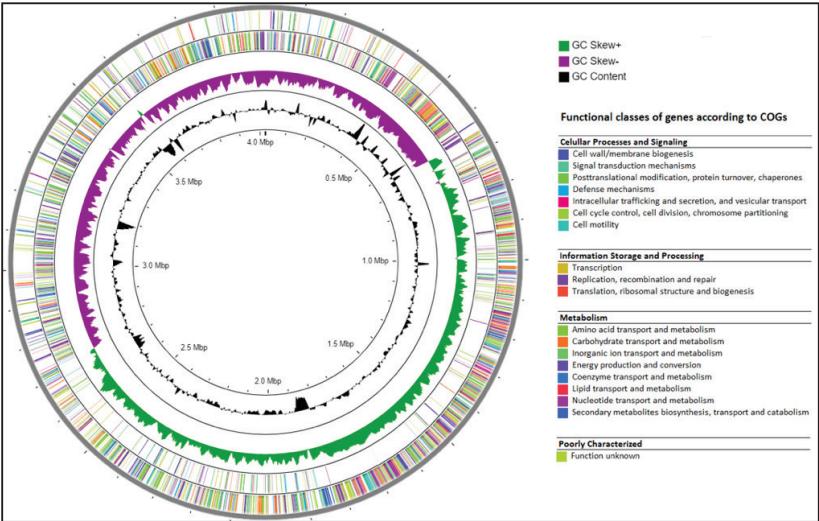
Likopen adalah salah satu senyawa dari kelas carotenoid yang memiliki struktur tetraterpen dengan 8 unit isopren dan 11 ikatan linear ganda (konjugasi) dan memiliki berbagai aktivitas biologis dengan aktivitas utama sebagai antioksidan selain aktivitas lain sebagai antitumor, anti inflamasi, dan antihipertensi. Di dunia kesehatan, *lycopene* juga memiliki efek terhadap penyakit kardiovaskular dan saraf sebagai efek dari aktivitas antioksidan yang melindungi sel dari *Reactive Oxygen Species* (ROS) yang toksik bagi sel (Khan et al., 2021).

Vig dan Deshmukh (2021) melaporkan bahwa pada tahun 2020, ukuran pasar likopen secara global terestimasi memiliki nilai sebesar 107.2 juta dolar dan diprediksi akan mencapai angka 187,3 juta dolar di tahun 2030 dengan *Compound Annual Growth Rate* (CAGR) di angka 5,2% dari tahun 2021 hingga 2030.

Likopen banyak dimanfaatkan di berbagai industri, mulai dari industri suplemen makanan, kosmetik, pewarna makanan, sampai farmasi. Banyaknya aplikasi dan permintaan dari likopen oleh industri, membuat pertumbuhan pasar terhadap likopen memiliki *trend* yang positif hingga saat ini. Lebih lanjut, Shao dan Hathcock (2006) menyatakan bahwa likopen juga dimanfaatkan sebagai bahan aktif bagi suplemen diet yang banyak beredar di pasaran, karena fungsinya yang memberikan keuntungan dari segi kesehatan pada area mata, prostat, kulit dan sistem kardiovaskular. Likopen digunakan secara luas pada produk dari industri kosmetik terutama dalam produksi krim anti sinar UV yang bertujuan untuk regenerasi dan revitalisasi

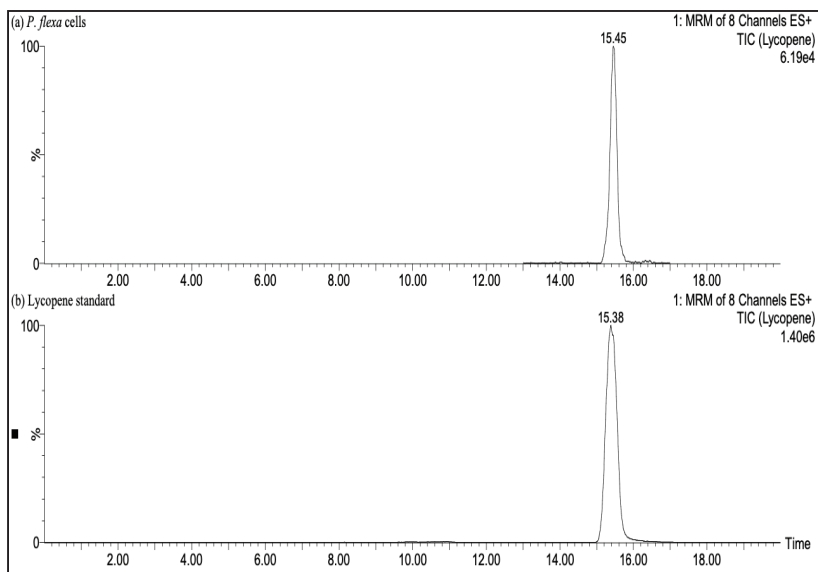
sel kulit. Likopen juga diketahui memiliki aktivitas rejuvenasi untuk mengurangi proses penuaan sel kulit, sehingga dapat memberikan elastisitas pada kulit dengan membantu proses regulasi produksi prokolagen (Baran et al., 2020).

Likopen umumnya diproduksi melalui metode bioteknologi yang menggunakan bantuan mikroba untuk proses biosintesis, sehingga bakteri yang memiliki *yield* yang tinggi sangat diperlukan untuk memproduksi likopen dalam jumlah tinggi demi memenuhi permintaan pasar. Pemahaman sintesis likopen oleh bakteri *P. Flexa*, dapat membuka suatu potensi baru yang sangat menjanjikan di masa depan (Bogacz-Radomska & Harasym, 2018).



Sumber: Radjasa et al. (2024)

Gambar 5.2 Peta Genom Sirkular *Priestia Flexa* dengan Anotasi COG



Sumber: Radjasa et al. (2024)

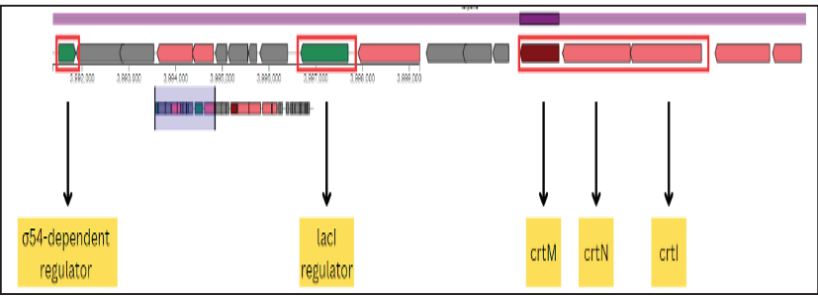
Gambar 5.3 UPLC-MRM-MS/MS dari: (a) Likopen yang Diekstraksi dari Sel *P. Flexa*; (b) Standar Otentik Likopen

Tabel 5.1 Kluster Gen Metabolit Sekunder yang Diidentifikasi pada Genom *P. Flexa*

Cluster	Start	Stop	Length (bp)	KCBLAST* result	Similarity (%)	Number of genes
RiPP-like	183,212	203,959	20,747	-	-	35
NRPS	1,812,954	1,875,648	62,694	Bacitracin	22	55
Siderophore	1,925,003	1,941,570	16,567	-	-	18
Lasso peptide	2,920,293	2,944,228	23,935	Paeninodin	80	31
Terpene	2,950,161	2,970,658	20,497	-	-	27
T3PKS	3,242,453	3,283,508	41,055	-	-	47
NRPS	3,838,023	3,882,063	44,040	Bacillibactin	60	51
Terpene	3,991,378	4,012,214	20,836	Carotenoid	50	29
RiPP-like	183,212	203,959	20,747	-	-	35

Keterangan: *KnownClusterBLAST or “Most Similar Known Clusters” identifies clusters from the MiBIG database that are similar to the current region [33].

Sumber: Radjasa et al. (2024)



Sumber: Radjasa et al. (2024)

Gambar 5.4 Anotasi *Biosynthetic Gene Cluster* Likopen *Priestia Flexa Javatrench* dengan Antismash

VI. RENCANA RISET, HASIL PRODUK, DAN DAMPAK BIOPROSPEKSI LAUT

Sebagai tindak lanjut terhadap riset bioprospeksi mikroorganisme laut dangkal dan laut dalam dengan menggunakan pendekatan molekuler *genome mining* dan *synthetic biology*, maka perlu dilakukan rencana riset ke depannya dan hasil produk yang dihasilkan dari kegiatan bioprospeksi mikroorganisme laut serta dampaknya.

A. Penelitian Bioprospeksi Laut yang Sedang Berlangsung dan yang Akan Datang

Hasil ekspedisi menggunakan kapal riset OceanX (2024) baru-baru ini, menunjukkan bahwa sejumlah sampel dari laut dalam Indonesia dari kedalaman 1.000 m hingga 4.500 m berhasil diperoleh, sehingga penelitian bioprospeksi laut dalam di Indonesia akan dilanjutkan dengan pendekatan *genome mining* dan *synthetic biology*. Sementara itu, berdasarkan hasil eksperimen terkini, penelitian akan dilanjutkan untuk mengoptimalkan produksi likopen dari *Priestia Flexa* hasil ekspedisi TRIUMPH (2019) yang berasal dari Palung Jawa untuk efisiensi yang lebih besar. Studi kami pada *V. Salarius* 19.PP.SC1.6 telah menunjukkan bahwa kombinasi *genome mining* dengan *synthetic biology* secara efektif melengkapi metode tradisional.

Produksi senyawa bio yang berkelanjutan dari mikroorganisme laut tidak hanya berkontribusi pada konservasi keanekaragaman hayati laut tetapi juga memastikan pasokan

senyawa bioaktif yang berkelanjutan dan dapat diskalakan, serta mendorong inovasi dalam farmasi, bioteknologi, dan industri lainnya.

B. Produk dari Kegiatan Riset Bioprospeksi Laut

Melalui kolaborasi riset, berbagai senyawa bernilai tinggi berhasil ditemukan, antara lain antibiotik, vitamin, dan senyawa bio lainnya yang bermanfaat untuk industri. Beberapa senyawa bernilai tinggi hasil kolaborasi riset tersebut antara lain disajikan pada Tabel 6.1 sebagai berikut.

Tabel 6.1 Produk dari Kegiatan Riset Penulis

No.	Topik Riset	Produk
1.	<i>Synthetic Biology</i> Approach for Marine-Ectoine Production in <i>Escheria Coli</i> BL21(D3)	Ektoin
2.	Genomics Insight into Squalene Synthesis: A <i>Synthetic Biology</i> Approach with <i>Virgibacillus Salarius</i> from Karimun Java Marine's Environment	Skualen
3.	Genome-based Bioprospecting of Indonesian Seas	Likopen
4.	Characteristic evaluation of various formulation of anti-aging cream from carotenoid extract of bacterial symbiont <i>Virgibacillys Salarius</i> strain 19.PP.SCI.6	Karotenoid
5.	Detection Method for Indigenous Bacteria Isolate <i>Vibrio parahaemolyticus</i> TE-BO-15.2, Sponge Symbiont, as an Antibacterial Compound Producer (Patent)	Antibiotik

No.	Topik Riset	Produk
6.	Anti-pathogen bacteria for coral Black Band Disease (BBD): <i>Pseudoalteromonas flavipulchra</i> strain NM1.2, <i>Pseudoalteromonas maricaloris</i> strain NM1.8, and <i>Pseudoalteromonas piscicida</i> strain NM1.9. (Paten)	Antibiotik
7.	Symbiotic sponge fungus isolate <i>Fusarium solani</i> as an inhibitor of <i>Staphylococcus aureus</i> and <i>Escherichia coli</i> bacterial growth (Paten)	Antibiotik
8.	Bacterium <i>Bacillus amyloliquefaciens</i> , a soft coral symbiont capable of producing of alpha amylase enzyme and its modified starch products (Paten)	Amilase

C. Dampak Riset Bioprospeksi Laut

Penelitian bioprospeksi laut kami telah mendukung proyek akhir mahasiswa sarjana dan pascasarjana terutama di Institut Teknologi Bandung dan Universitas Diponegoro. Kami juga berdedikasi untuk membina individu muda yang memiliki minat dalam penelitian laut, serta mendorong mereka untuk bergabung dan berpartisipasi dalam ekspedisi laut dalam bersama kelompok kami. Selain itu, kami secara aktif memfasilitasi kolaborasi antara institusi penelitian dan akademik, baik di tingkat nasional maupun internasional. Saat ini, kami telah bermitra dengan PT. EBM Scitech untuk meningkatkan produksi senyawa metabolit sekunder hasil bioprospeksi laut dan upaya komersialisasi.

Riset bioprospeksi mikroorganisme laut dangkal berbasis *genome mining* dan *synthetic biology* memberikan hasil yang

sangat menjanjikan dalam pengembangan bioproduk laut yang berkelanjutan. Demikian pula bioprospeksi laut dalam berbasis *genome mining*, juga memberikan harapan yang menjanjikan dalam pengembangan bioproduk laut dalam, khususnya untuk bioproduk yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan berpotensi menyubstitusi bioproduk impor.

VII. KESIMPULAN

Bioprospeksi laut yang dilakukan terhadap organisme laut memberikan peluang untuk pengembangan bioproduk laut yang bermanfaat bagi manusia di bidang kesehatan, pangan, dan industri. Organisme laut merupakan sumber beragam metabolit bioaktif yang berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai obat baru dan aplikasi industri. Namun, pemanenan organisme laut secara tradisional untuk mendapatkan produk alami berpotensi tidak berkelanjutan dan berbahaya bagi ekosistem laut.

Mikroorganisme laut yang masih belum sepenuhnya dieksplorasi memberikan alternatif sumber-sumber bioproduk yang berkelanjutan dan mampu melindungi ekosistem laut. Di sisi lain, lingkungan laut dalam yang memiliki kedalaman lebih dari 200 m, merupakan lingkungan yang ekstrem bagi mikroorganisme laut dan menyebabkan mikroorganisme laut harus beradaptasi terhadap lingkungan ekstrem ini melalui produksi senyawa metabolit sekunder yang juga memiliki prospek yang potensial sebagai bioproduk dengan nilai ekonomi tinggi.

Metode konvensional untuk mengekstraksi senyawa bioaktif bersifat padat karya dan sering kali gagal mengaktifkan banyak klaster gen biosintesis (BGC) yang tetap tidak diekspresikan dalam kondisi standar laboratorium. Penggunaan kombinasi *genome mining* dan *synthetic biology* memungkinkan pendekatan yang lebih tepat sasaran dan efisien, mengarah pada penemuan senyawa baru yang mungkin terlewatkan oleh metode

konvensional, serta dapat menjadi pendekatan transformatif untuk pengembangan produk alami laut.

VIII. PENUTUP

Indonesia sebagai negara maritim dan kepulauan terbesar di dunia, memiliki ekosistem pesisir dan laut dangkal dengan kedalaman kurang dari 200 m sebesar 32% dan laut dalam sebesar 68%. Indonesia memiliki keanekaragaman hayati yang sangat kaya dan memiliki potensi besar untuk dilakukan bioprospeksi. Bioprospeksi laut merupakan upaya sistematis untuk memanfaatkan keanekaragaman hayati laut kita untuk menghasilkan nilai ekonomi sekaligus mendorong peningkatan pendapatan dari sektor maritim.

Di sisi lain, problem terkait suplai biomassa dalam proses pengembangan bioproduk dari laut mengakibatkan bioprospeksi laut menjadi hal yang tidak berkelanjutan dan merupakan ancaman serius bagi organisme laut kita, sehingga diperlukan usaha-usaha yang berkelanjutan sebagai alternatif dalam pemanfaatan kekayaan hayati laut kita.

Mikroorganisme simbiosis laut, khususnya yang berasosiasi dengan avertebrata terumbu karang, memberikan harapan baru dalam bioprospeksi laut yang berkelanjutan. Selain itu, laut dalam Indonesia yang didefinisikan sebagai lingkungan laut lebih dalam dari 200 m dan merupakan 68% dari lingkungan laut Indonesia yang relatif belum dieksplorasi, menjanjikan sumber baru bioprospeksi laut melalui pemanfaatan mikroorganisme laut dalam sebagai sumber baru bioproduk laut.

Perkembangan ilmu biologi molekuler, khususnya melalui pendekatan *genome mining* dan *synthetic biology* di dalam proses

bioprospeksi laut melengkapi pemanfaatan mikroorganisme laut Indonesia secara konvensional untuk keberhasilan pengelolaan keanekaragaman hayati pesisir dan laut dalam Indonesia yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Puji syukur saya ucapkan ke hadirat Illahi Robbi, atas izin dan perkenannya, bahwa hari ini saya bisa melakukan orasi pengukuhan Profesor Riset ini, yang merupakan pengukuhan profesor yang kedua dalam hidup saya, setelah pengukuhan profesor saya yang pertama di Universitas Diponegoro, Semarang pada tahun 2012. Saya mengucapkan terima kasih kepada Presiden RI, Prabowo Subianto; Presiden RI ke 7, Ir. H. Joko Widodo atas penetapan saya sebagai Peneliti Ahli Utama; dan Kepala BRIN, Dr. Laksana Tri Handoko atas penetapan saya sebagai Peneliti Ahli Utama; juga kepada Wakil Kepala BRIN, Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, ST., M.Sc., DESD., IPU., ASEAN. Eng.

Selanjutnya, ucapan terima kasih dan penghargaan juga saya sampaikan kepada Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Dr. Ir. Gadis Sri Haryani; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset BRIN, Prof. Dr. Ir. Wimpie Agoeng Noegroho Aspar, MSCE., Ph.D.; Tim Penelaah Naskah Orasi, Prof. Dr. Hari Eko Irianto, Prof. Dr. Atit Kanti, M.Sc., dan Prof. Fenny Martha Dwivany, Ph.D.; Tim penelaah naskah orasi di OR Kebumian dan Maritim, Prof. Ekowati Chasanah, Prof Dwi Listyo Rahayu, dan Prof. Augy Syahailatua. Penghargaan yang tinggi kepada yang telah memberikan saran dan masukan sehingga naskah orasi ini layak untuk disampaikan pada sidang terbuka pengukuhan ini.

Terima kasih juga saya sampaikan kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas, S.IP., M.A.; Kepala

BOSDM-BRIN, Ratih Retno Wulandari, S.Sos., M.Si; serta kepada Panitia Pelaksana Orasi Pengukuhan Profesor Riset, khususnya kepada Ibu Suci Arti Laraswati dan Ibu Retno Siti Wulandari.

Pencapaian ini merupakan dukungan dari Kepala Pusat Riset Laut Dalam Dr. Intan Suci Nurhati. Saya mengucapkan terima kasih kepada tim Bioteknologi laut, Departemen Ilmu Kelautan UNDIP, Prof. Agus Sabdono dan Prof. Agus Trianto yang telah menjadi tim riset dalam riset mikroorganisme simbiosis dari terumbu karang sejak tahun 2005. Penghargaan dan ucapan terima kasih juga saya sampaikan kepada tim *marine genome* ITB yang telah menjadi kolaborator yang produktif selama ini.

Ucapan terima kasih saya sampaikan kepada orang tua saya, almarhumah Ibu Dwi Soelistyarti dan almarhum Bapak Prof. Roedhiro yang telah penuh perjuangan dan dengan segala jerih payah membesarkan dan mendidik saya. Terima kasih kepada pendukung nomor satu, istri saya, Ir. Endang Sudaryati, M.Si. serta kedua putri kami, Septhy Kusuma Radjasa, M.Sc. dan Muthia Kusuma Radjasa, S.Sn. yang selalu mendampingi saat suka dan duka dengan penuh kecintaan dan kesabaran. Terima kasih juga kepada keempat adik saya, Tjahyo, Onny, Febby, dan Denny. Terima kasih kepada mertua saya, Ibu Soenarsih dan almarhum Bapak Soewarno Purwoatmodjo, serta kakak-kakak dan adik-adik ipar saya. Terima kasih kepada guru-guru saya di SD Bruderan, SMPN 2 dan SMAN 2 Purwokerto; dosen Master Biologi, McMaster University, Hamilton, Ontario, Kanada; serta dosen University of Tokyo, Jepang.

Terima kasih kepada para pembimbing: Drs Lestanto Unggul Widodo, MS, Dr Th. Sudibyaningsih, Prof. Michael J Risk, Prof.

Paul Harisson, dan Prof. Kouichi Ohwada. Terima kasih juga kepada Prof. Meinhard Simon dan Prof. Johannes F Imhoff yang telah menjadi supervisor program postdoctoral di Oldenburg dan Kiel, Jerman.

Terakhir, saya mengucapkan terima kasih kepada teman-teman dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu, atas dukungan dan pengalaman yang tidak ternilai bagi penulis sepanjang perjalanan karier sebagai peneliti hingga terbitnya naskah orasi ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ayuningrum D., Liu, Y., Riyanti, Sibero, M. T., Kristiana, R., Asagabaldan, M. A., Wuisan, Z. G., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Schäberle, T. F. (2019) Tunicate-associated bacteria show a great potential for the discovery of antimicrobial compounds. *PLoS ONE*, 14(3): e0213797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213797>
- Bahry, M. S., **Radjasa, O. K.**, & Trianto, A. (2021). Potential of marine sponge-derived fungi in the aquaculture system. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(7). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220740>
- Baran, M. T., Miziak, P., & Bonio, K. (2020). Characteristics of carotenoids and their use in the cosmetics industry. *Journal of Education Health and Sport*, 10(7), 192–196. <https://doi.org/10.12775/jehs.2020.10.07.020>
- Bethlehem, L., & Van Echten-Deckert, G. (2020). Ectoines as novel anti-inflammatory and tissue protective lead compounds with special focus on inflammatory bowel disease and lung inflammation. *Pharmacological Research*, 164, 105389. <https://doi.org/10.1016/j.phrs.2020.105389>
- Blin, K., Shaw, S., Augustijn, H. E., Reitz, Z. L., Biermann, F., Alanjary, M., Fetter, A., Terlouw, B. R., Metcalf, W. W., Helfrich, E. J. N., Van Wezel, G. P., Medema, M. H., & Weber, T. (2023). antiSMASH 7.0: new and improved predictions for detection, regulation, chemical structures and visualisation. *Nucleic Acids Research*, 51(W1), W46–W50. <https://doi.org/10.1093/nar/gkad344>

- Bogacz-Radomska, L., & Harasym, J. (2018). β -Carotene—properties and production methods. *Food Quality and Safety*, 2(2), 69–74. <https://doi.org/10.1093/fqsafe/fyy004>
- Cita, Y. P., Suhermanto, A., **Radjasa, O. K.**, & Sudharmono, P. (2017). Antibacterial activity of marine bacteria isolated from sponge *Xestospongia testudinaria* from Sorong, Papua. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(5), 450–454. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.024>
- Coral Triangle ATLAS. (t.t.). *The Coral Triangle*. Diakses pada 25 November 2024 dari <http://ctatlas.coraltriangleinitiative.org/>
- Dubinsky, Z, & Stambler, N. (Ed.). (2010). *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition*. Springer Dordrecht. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4>
- Ettinger-Epstein, P., Tapiolas, D. M., Motti, C. A., Wright, A. D., Battershill, C. N., & De Nys, R. (2007). Production of Manoalide and Its Analogues by the Sponge *Luffariella variabilis* Is Hardwired. *Marine Biotechnology*, 10(1), 64–74. <https://doi.org/10.1007/s10126-007-9037-x>
- Garner, K. L. (2021). Principles of synthetic biology. *Essays in Biochemistry*, 65(5), 791–811. <https://doi.org/10.1042/ebc20200059>
- GEBCO Bathymetric Compilation Group 2021. (2021). *The General Bathymetric Chart of the Oceans (GEBCO)_2021 Grid - a continuous terrain model of the global oceans and land*. British Oceanographic Data Centre. <https://doi.org/10.5285/c6612cbe-50b3-0cff-e053-6c86abc09f8f>
- Goldman, A. D., & Landweber, L. F. (2016). What Is a Genome? *PLoS Genetics*, 12(7), e1006181. <https://doi.org/10.1371/journal.pgen.1006181>

- Graf, R., Anzali, S., Buenger, J., Pfluecker, F., & Driller, H. (2008). The multifunctional role of ectoine as a natural cell protectant. *Clinics in Dermatology*, 26(4), 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.clindermatol.2008.01.002>
- Hanif, N., Murni, A., Tanaka, C., & Tanaka, J. (2019). Marine Natural Products from Indonesian Waters. *Marine Drugs*, 17(6), 364. <https://doi.org/10.3390/md17060364>
- Hart, J., Lill, R., Hickford, S., Blunt, J., & Munro, M. (2000). The Halichondrins: Chemistry, Biology, Supply and Delivery. In N. Fusetani (Ed.), *Drugs from the Sea* (134–153). Karger Publisher. <https://doi.org/10.1159/000062488>
- Hentschel, U., Hopke, J., Horn, M., Friedrich, A. B., Wagner, M., Hacker, J., & Moore, B. S. (2002). Molecular Evidence for a Uniform Microbial Community in Sponges from Different Oceans. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(9), 4431–4440. <https://doi.org/10.1128/aem.68.9.4431-4440.2002>
- Hildebrand, M., Waggoner, L. E., Liu, H., Sudek, S., Allen, S., Anderson, C., Sherman, D. H., & Haygood, M. (2004). bryA. *Chemistry & Biology*, 11(11), 1543–1552. <https://doi.org/10.1016/j.chembiol.2004.08.018>
- Hosseini, H., Al-Jabri, H. M., Moheimani, N. R., Siddiqui, S. A., & Saadaoui, I. (2022). Marine microbial bioprospecting: Exploitation of marine biodiversity towards biotechnological applications—a review. *Journal of Basic Microbiology*, 62(9), 1030–1043. <https://doi.org/10.1002/jobm.202100504>
- Huang, Z., Lin, Y., & Fang, J. (2009). Biological and Pharmacological Activities of Squalene and Related Compounds: Potential Uses in Cosmetic Dermatology. *Molecules*, 14(1), 540–554. <https://doi.org/10.3390/molecules14010540>

- Jares-Erijman, E. A., Ingrum, A. L., Carney, J. R., Rinehart, K. L., & Sakai, R. (1993). Polycyclic guanidine-containing compounds from the Mediterranean sponge *Crambe crambe*: the structure of 13, 14, 15-isocrambescidin 800 and the absolute stereochemistry of the pentacyclic guanidine moieties of the crambescidins. *The Journal of Organic Chemistry*, 58(18), 4805–4808. <https://doi.org/10.1021/jo00070a012>
- Joint, I., Mühling, M., & Querellou, J. (2010). Culturing marine bacteria – an essential prerequisite for biodiscovery. *Microbial Biotechnology*, 3(5), 564–575. <https://doi.org/10.1111/j.1751-7915.2010.00188.x>
- Kelecom, A. (2002). Secondary metabolites from marine microorganisms. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 74(1), 151–170. <https://doi.org/10.1590/S0001-37652002000100012>
- Kem, W. R. (2000). The brain $\alpha 7$ nicotinic receptor may be an important therapeutic target for the treatment of Alzheimer's disease: studies with DMXBA (GTS-21). *Behavioural Brain Research*, 113(1–2), 169–181. [https://doi.org/10.1016/s0166-4328\(00\)00211-4](https://doi.org/10.1016/s0166-4328(00)00211-4)
- Khan, U. M., Sevindik, M., Zarrabi, A., Nami, M., Ozdemir, B., Kaplan, D. N., Selamoglu, Z., Hasan, M., Kumar, M., Alshehri, M. M., & Sharifi-Rad, J. (2021). Lycopene: Food Sources, Biological Activities, and Human Health Benefits. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2021(1). <https://doi.org/10.1155/2021/2713511>
- Kim, S., & Karadeniz, F. (2012). Biological Importance and Applications of Squalene and Squalane. *Advances in Food and Nutrition Research*, 223–233. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-416003-3.00014-7>

- Kiran, G. S., Ramasamy, P., Sekar, S., Ramu, M., Hassan, S., Ninawe, A., & Selvin, J. (2018). Synthetic biology approaches: Towards sustainable exploitation of marine bioactive molecules. *International Journal of Biological Macromolecules*, 112, 1278–1288. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2018.01.149>
- Kristiana, R., Bedoux, G., Pals, G., Mudianta, I. W., Taupin, L., Marty, C., Asagabaldan, M. A., Ayuningrum, D., Trianto, A., Bourgougnon, N., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Hanafi, M. (2020). Bioactivity of compounds secreted by symbiont bacteria of Nudibranchs from Indonesia. *PeerJ*, 8, e8093. <https://doi.org/10.7717/peerj.8093>
- Kristiana, R., Sibero, M. T., Farisa, M. Y., Ayuningrum, D., Dirgantara, D., Hanafi, M., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2019). Antibacterial potential of nudibranch-associated bacteria from Saparua and Nusa Laut Islands, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(7), 1811–1819. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200704>
- Kusmita, L., Mutiara, E. V., Nuryadi, H., Pratama, P. A., Wiguna, A. S., & **Radjasa, O. K.** (2017). Characterization of carotenoid pigments from bacterial symbionts of soft-coral Sarcophyton sp. from North Java Sea. *International Aquatic Research*, 9(1), 61–69. <https://doi.org/10.1007/s40071-017-0157-2>
- Kusmita, L., Mutmainah, N., Sabdono, A., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, & Pangestuti, R. (2021). Characteristic Evaluation of Various Formulations of Anti-Aging Cream from Carotenoid Extract of Bacterial Symbiont *Virgibacillus salarius* Strain 19.PP.Sc1.6. *Cosmetics*, 8(4), 120. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040120>

- Kusmita, L., Nuryadi, H., Widyananto, P. A., Muchlissin, S., Sabdono, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2021). Bioactivity of carotenoid produced by soft coral symbiotic microorganisms from Panjang and Karimunjawa Island, Centra Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2), 732–740. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220226>
- Kusmita, L., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2021). Characterization of Carotenoids from Bacterial Symbiont *Virgibacillus salarius* Strain 19.PP.Sc1.6 from Panjang Island, Jepara, North Java Sea Indonesia. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 13(2), 2114–2122. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.02.274>
- Li, L., MacIntyre, L. W., & Brady, S. F. (2021). Refactoring biosynthetic gene clusters for heterologous production of microbial natural products. *Current Opinion in Biotechnology*, 69, 145–152. <https://doi.org/10.1016/j.copbio.2020.12.011>
- Lozada, M., & Dionisi, H. M. (2015). Microbial Bioprospecting in Marine Environments. In *Springer eBooks*, 307–326. https://doi.org/10.1007/978-3-642-53971-8_11
- Marini, A., Reinelt, K., Krutmann, J., & Bilstein, A. (2013). Ectoïne-Containing Cream in the Treatment of Mild to Moderate Atopic Dermatitis: A Randomised, Comparator-Controlled, Intra-Individual Double-Blind, Multi-Center Trial. *Skin Pharmacology and Physiology*, 27(2), 57–65. <https://doi.org/10.1159/000351381>
- Mayer, A. M., Jacobson, P. B., Fenical, W., Jacobs, R. S., & Glaser, K. B. (1998). Pharmacological characterization of the pseudopterins: Novel anti-inflammatory natural products isolated from the Caribbean soft coral, *Pseudopterogorgia elisabethae*. *Life Sciences*, 62(26), PL401–PL407. [https://doi.org/10.1016/s0024-3205\(98\)00229-x](https://doi.org/10.1016/s0024-3205(98)00229-x)

- Mendola, D. (2003). Aquaculture of three phyla of marine invertebrates to yield bioactive metabolites: process developments and economics. *Biomolecular Engineering*, 20(4–6), 441–458. [https://doi.org/10.1016/s1389-0344\(03\)00075-3](https://doi.org/10.1016/s1389-0344(03)00075-3)
- Mendola, D. (2000). Aquacultural Production of Bryostatin 1 and Ecteinascidin 743. In N. Fusetani (Ed.), *Drugs from the Sea* (120–133). Karger Publisher. <https://doi.org/10.1159/000062482>
- Micera, M., Botto, A., Geddo, F., Antoniotti, S., Berteà, C. M., Levi, R., Gallo, M. P., & Querio, G. (2020). Squalene: More than a Step toward Sterols. *Antioxidants*, 9(8), 688. <https://doi.org/10.3390/antiox9080688>
- Nurachman, Z., Kono, A., **Radjasa, O. K.**, & Natalia, D. (2010). Identification a Novel Raw-Starch-Degrading- α -Amylase from a Tropical Marine Bacterium. *American Journal of Biochemistry & Biotechnology*, 6(4), 300–306. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2010.300.306>
- Paramasivan, K., & Mutturi, S. (2022). Recent advances in the microbial production of squalene. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(5). <https://doi.org/10.1007/s11274-022-03273-w>
- Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 57/PERMEN-KP/2020 tentang Perubahan atas Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan Nomor 17/PERMEN-KP/2020 tentang Rencana Strategis Kementerian Kelautan dan Perikanan Tahun 2020-2024. (2020). <https://jdih.kkp.go.id/Homedev/DetailPeraturan/890>
- Puspasari, F., Nurachman, Z., Noer, A. S., **Radjasa, O. K.**, Van Der Maarel, M. J. E. C., & Natalia, D. (2011). Characteristics of raw starch degrading α -amylase from *Bacillus aquimaris* MKSC 6.2 associated with soft coral *Sinularia* sp. *Starch*, 63(8), 461–467. <https://doi.org/10.1002/star.201000127>

- Putri, D. A., **Radjasa, O. K.**, & Pringgenies, D. (2015). Effectiveness of Marine Fungal Symbiont Isolated from Soft Coral *Sinularia* sp. from Panjang Island as Antifungal. *Procedia Environmental Sciences*, 23, 351–357. <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2015.01.051>
- Radjasa, O. K.** (2004). Deep-sea bacteria and their biotechnological potentials. *Coastdev Journal of Coastal Development*, 7(3), 109–118. <https://ejournal.undip.ac.id/index.php/coastdev/article/view/5248/4738>
- Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2008). Bacterial Symbionts of Reef's Invertebrates as a Sustainable Source of Marine Natural Products. *Current Research in Bacteriology*, 2(1), 7–13. <https://doi.org/10.3923/crb.2009.7.13>
- Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2020). The Underexploited Bacterial Symbionts of Marine Invertebrates as the Potential Sources of Marine Carotenoids. *Encyclopedia of Marine Biotechnology*, 2331–2337. <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch105>
- Radjasa, O. K.**, Khoeri, M. M., Darusallam, C. C., Trimasanto, H., & Sudoyo, H. (2013). Bacterial symbionts of reef invertebrates: screening for anti-pathogenic bacteria activity. *Biodiversity*, 14(2), 80–86. <https://doi.org/10.1080/14888386.2013.774937>
- Radjasa, O. K.**, Martens, T., Grossart, H.-P., Brinkhoff, T., Sabdono, A., & Simon, M. (2007). Antagonistic Activity of a Marine Bacterium *Pseudoalteromonas luteoviolacea* TAB4.2 Associated with Coral *Acropora* sp. *Journal of Biological Sciences*, 7(2), 239–246. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.239.246>
- Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Junaidi, & Zocchi, E. (2007). Richness of Secondary Metabolite-Producing Marine Bacteria Associated with Sponge *Haliclona* sp. *International Journal of Pharmacology*, 3(3), 275–279. <https://doi.org/10.3923/ijp.2007.275.279>

- Radjasa, O. K.,** Salasia, S. I. O., Sabdono, A., Weise, J., Imhoff, J. F., Lammler, C., & Risk, M. J. (2007). Antibacterial Activity of Marine Bacterium *Pseudomonas* sp. Associated with Soft Coral *Sinularia polydactyla* against *Streptococcus equi* Subsp. *zooepidemicus*. *International Journal of Pharmacology*, 3(2), 170–174. <https://doi.org/10.3923/ijp.2007.170.174>
- Radjasa, O. K.,** Steven, R., Humaira, Z., Dwivany, F. M., Nugrahapraja, H., Trinugroho, J. P., Kristianti, T., Chahyadi, A., Natanael, Y., Priharto, N., Kamarisima, N., Sembiring, F. A. P. B., Dwijayanti, A., Kusmita, L., Moeis, M. R., & Suhardi, V. S. H. (2023). Biosynthetic Gene Cluster Profiling from North Java Sea Virgibacillus Salaris Reveals Hidden Potential Metabolites. *Scientific Reports*, 13(1), 19273. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44603-8>
- Radjasa, O. K.,** Steven, R., Natanael, Y., Nugrahapraja, H., Radjasa, S. K., Kristianti, T., Moeis, M. R., Trinugroho, J. P., Suharya, H. B., Rahmatsyah, A. O., Wijayanti, A., Putri, M. R., de Fretes, C. E., Siallagan, Z. L., Fadli, M., Opier, R. D. A., Farahyah, J. D., Rahmawati, V., Rizanti, M., Humaira, Z., Prihatmanto, A. S., Hananto, N. D., Susanto, R. D., Chahyadi, A., Elfahmi, Kamarisima, & Dwivany, F. M. (2024). From the Depths of the Java Trench: Genomic Analysis of *Priestia flexa* JT4 Reveals Bioprospecting and Lycopene Production Potential. *BMC Genomics*. (Accepted).
- Radjasa, O. K.,** Urakawa, H., Kita-Tsukamoto, K., & Ohwada, K. (2001). Characterization of Psychrotrophic Bacteria in the Surface and Deep-Sea Waters from the Northwestern Pacific Ocean Based on 16S Ribosomal DNA Analysis. *Marine Biotechnology*, 3(5), 454–462. <https://doi.org/10.1007/s10126-001-0050-1>

- Radjasa, O. K.**, Vaske, Y. M., Navarro, G., Vervoort, H. C., Tenney, K., Linington, R. G., & Crews, P. (2011). Highlights of marine invertebrate-derived biosynthetic products: Their biomedical potential and possible production by microbial associants. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 19(22), 6658–6674. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2011.07.017>
- Sabdaningsih, A., Liu, Y., Mettal, U., Heep, J., Riyanti, N., Wang, L., Cristianawati, O., Nuryadi, H., Sibero, M. T., Marner, M., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., & Schäberle, T. F. (2020). A New Citrinin Derivative from the Indonesian Marine Sponge-Associated Fungus *Penicillium citrinum*. *Marine Drugs*, 18(4), 227. <https://doi.org/10.3390/md18040227>
- Sabdono, A., Sawonua, P. H., Kartika, A. G. D., Amelia, J. M., & **Radjasa, O. K.** (2015). Coral Diseases in Panjang Island, Java Sea: Diversity of Anti-Pathogenic Bacterial Coral Symbionts. *Procedia Chemistry*, 14, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.004>
- Safavi-Hemami, H., Brogan, S. E., & Olivera, B. M. (2018). Pain therapeutics from cone snail venoms: From Ziconotide to novel non-opioid pathways. *Journal of Proteomics*, 190, 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.jprot.2018.05.009>
- Sarian, F. D., Janeček, Š., Pijning, T., Ihsanawati, N., Nurachman, Z., **Radjasa, O. K.**, Dijkhuizen, L., Natalia, D., & Van Der Maarel, M. J. E. C. (2017). A new group of glycoside hydrolase family 13 α -amylases with an aberrant catalytic triad. *Scientific Reports*, 7(1), 44230. <https://doi.org/10.1038/srep44230>
- Schmidt, E. W., Nelson, J. T., Rasko, D. A., Sudek, S., Eisen, J. A., Haygood, M. G., & Ravel, J. (2005). Patellamide A and C biosynthesis by a microcin-like pathway in *Prochloron didemni*, the cyanobacterial symbiont of *Lissoclinum patella*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 102(20), 7315–7320. <https://doi.org/10.1073/pnas.0501424102>

- Sedjati, S., Ambariyanto, A., Trianto, A., Ridlo, A., Supriyantini, E., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, & Firmansyah, T. (2022). Antibacterial Activity of The Fungal Metabolite *Trichoderma longibrachiatum* against Multidrug-Resistant *Klebsiella pneumoniae* and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 15(01), 107–113. <https://doi.org/10.54319/jjbs/150114>
- Shao, A., & Hathcock, J. N. (2006). Risk assessment for the carotenoids lutein and lycopene. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 45(3), 289–298. <https://doi.org/10.1016/j.yrtph.2006.05.007>
- Shofiyah, S. S., Yuliani, D., Widya, N., Sarian, F. D., Puspasari, F., **Radjasa, O. K.**, Ihsanawati, N., & Natalia, D. (2020). Isolation, expression, and characterization of raw starch degrading α -amylase from a marine lake *Bacillus megaterium* NL3. *Heliyon*, 6(12), e05796. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05796>
- Siallagan, Z. L., Fadli, M., De Fretes, C. E., Opier, R. D. A., Susanto, R. D., Wei, Z., Suhardi, V. S. H., Nugrahapraja, H., **Radjasa, O. K.**, & Dwivany, F. M. (2024). Metagenomic analysis of deep-sea bacterial communities in the Makassar and Lombok Straits. *Scientific Reports*, 14(1), 25472. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74118-9>
- Sibero, M. T., Bachtiarini, T. U., Trianto, A., Lupita, A. H., Sari, D. P., Igarashi, Y., Harunari, E., Sharma, A. R., **Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2019). Characterization of a yellow pigmented coral-associated bacterium exhibiting anti-Bacterial Activity Against Multidrug Resistant (MDR) Organism. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 45(1), 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.007>

- Sibero, M. T., Igarashi, Y., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., Zilda, D. S., & Wijaya, Y. J. (2019). Sponge-associated fungi from a mangrove habitat in Indonesia: species composition, antimicrobial activity, enzyme screening and bioactive profiling. *International Aquatic Research*, 11(2), 173–186. <https://doi.org/10.1007/s40071-019-0227-8>
- Sibero, M. T., Zhou, T., Fukaya, K., Urabe, D., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., & Igarashi, Y. (2019). Two new aromatic polyketides from a sponge-derived *Fusarium*. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 15, 2941–2947. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.289>
- Sibero, M., Zhou, T., Igarashi, Y., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., Bachtiarini, T., & Bahry, M. S. (2020). Chromanone-type compounds from marine sponge-derived *Daldinia eschscholtzii* KJMT FP 4.1. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.7324/japs.2020.101001>
- Skropeta, D., & Wei, L. (2014). Recent advances in deep-sea natural products. *Natural Product Reports*, 31(8), 999–1025. <https://doi.org/10.1039/c3np70118b>
- Srinivasan, R., Kannappan, A., Shi, C., & Lin, X. (2021). Marine Bacterial Secondary Metabolites: A Treasure House for Structurally Unique and Effective Antimicrobial Compounds. *Marine Drugs*, 19(10), 530. <https://doi.org/10.3390/md19100530>
- Steven, R., Humaira, Z., Natanael, Y., Dwivany, F. M., Trinugroho, J. P., Dwijayanti, A., Kristianti, T., Tallei, T. E., Emran, T. B., Jeon, H., Alhumaydhi, F. A., **Radjasa, O. K.**, & Kim, B. (2022). Marine Microbial-Derived Resource Exploration: Uncovering the Hidden Potential of Marine Carotenoids. *Marine Drugs*, 20(6), 352. <https://doi.org/10.3390/md20060352>

- Strong, P., Kalyuzhnaya, M., Silverman, J., & Clarke, W. (2016). A methanotroph-based biorefinery: Potential scenarios for generating multiple products from a single fermentation. *Bioresource Technology*, 215, 314–323. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.04.099>
- Sukarmi, & **Radjasa, O. K.** (2007). Bioethical Consideration in the Search for Bioactive Compounds from Reef's Invertebrates. *Journal of Applied Sciences*, 7(8), 1235–1238. <https://doi.org/10.3923/jas.2007.1235.1238>
- Terracciano, S., Aquino, M., Rodriquez, M., Monti, M. C., Casapullo, A., Riccio, R., & Gomez-Paloma, L. (2006). Chemistry and Biology of Anti-Inflammatory Marine Natural Products: Molecules Interfering with Cyclooxygenase, NF- κ B and Other Unidentified Targets. *Current Medicinal Chemistry*, 13(16), 1947–1969. <https://doi.org/10.2174/092986706777585095>
- Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Muchlissin, S. I., Afriyanto, R., Sulistiowati, S., Radjasa, S. K., Crews, P., & Mccauley, E. (2019). Exploration culturable bacterial symbionts of sponges from Ternate Islands, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(3), 776–782. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200323>
- Vargas-Gastélum, L., & Riquelme, M. (2020). The Mycobiota of the Deep Sea: What Omics Can Offer. *Life*, 10(11), 292. <https://doi.org/10.3390/life10110292>
- Vig, H., & Deshmukh, R. (2021). *Lycopene Market Size, Share, Competitive Landscape and Trend Analysis Report, by Form, Nature and Application: Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2021-2030*. <https://www.alliedmarketresearch.com/lycopene-market-A06684>

- Wang, J., Zhang, R., Chen, X., Sun, X., Yan, Y., Shen, X., & Yuan, Q. (2020). Biosynthesis of aromatic polyketides in microorganisms using type II polyketide synthases. *Microbial Cell Factories*, 19, 110. <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01367-4>
- Yarkent, Ç., & Oncel, S. S. (2022). Recent Progress in Microalgal Squalene Production and Its Cosmetic Application. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 27(3), 295–305. <https://doi.org/10.1007/s12257-021-0355-z>
- Zhivkoplias, E., Jouffray, J., Dunshirn, P., Pranindita, A., & Blasiak, R. (2024). Growing prominence of deep-sea life in marine bioprospecting. *Nature Sustainability*, 7, 1027–1037. <https://doi.org/10.1038/s41893-024-01392-w>

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Bagian dari Buku Internasional:

1. **Radjasa, O. K., & Sabdono, A.** (2020). The Underexploited Bacterial Symbionts of Marine Invertebrates as the Potential Sources of Marine Carotenoids. *Encyclopedia of Marine Biotechnology*, 2331–2337. <https://doi.org/10.1002/9781119143802.ch105>
2. **Radjasa, O. K.** (2013). Bioprospecting of Marine Microbial Symbionts: Exploitation of Unexplored Marine Microorganisms. In S.-K. Kim (Ed.), *Marine Microbiology: Bioactive Compounds and Biotechnological Applications* (369–378). Wiley-VCH. <https://doi.org/10.1002/9783527665259.ch21>

Jurnal internasional:

3. **Radjasa, O. K.,** Steven, R., Natanael, Y., Nugrahapraja, H., Radjasa, S. K., Kristianti, T., Moeis, M. R., Trinugroho, J. P., Suharya, H. B., Rahmatsyah, A. O., Wijayanti, A., Putri, M. R., de Fretes, C. E., Siallagan, Z. L., Fadli, M., Opier, R. D. A., Farahyah, J. D., Rahmawati, V., Rizanti, M., Humaira, Z., Prihatmanto, A. S., Hananto, N. D., Susanto, R. D., Chahyadi, A., Elfahmi, Kamarisima, & Dwivany, F. M. (2024). From the Depths of the Java Trench: Genomic Analysis of *Priestia flexa* JT4 Reveals Bioprospecting and Lycopene Production Potential. *BMC. Genomics*. (Accepted).

4. Siallagan, Z. L., Fadli, M., De Fretes, C. E., Opier, R. D. A., Susanto, R. D., Wei, Z., Suhardi, V. S. H., Nugrahapraja, H., **Radjasa, O. K.**, & Dwivany, F. M. (2024). Metagenomic analysis of deep-sea bacterial communities in the Makassar and Lombok Straits. *Scientific Reports*, 14(1), 25472. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-74118-9>
5. **Radjasa, O. K.**, Steven, R., Humaira, Z., Dwivany, F. M., Nugrahapraja, H., Trinugroho, J. P., Kristianti, T., Chahyadi, A., Natanael, Y., Priharto, N., Kamarisima, N., Sembiring, F. A. P. B., Dwijayanti, A., Kusmita, L., Moeis, M. R., & Suhardi, V. S. H. (2023). Biosynthetic Gene Cluster Profiling from North Java Sea Virgibacillus Saliarius Reveals Hidden Potential Metabolites. *Scientific Reports*, 13(1), 19273. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-44603-8>
6. Wittriansyah, K., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2023). Modified Media for Fungi Symbiont Sponge *Agelas* sp.(*Fusarium* sp.) Cultivation against Multidrug-Resistant Bacteria. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan (Scientific Journal of Fisheries & Marine)*, 15(2). 278–289. <https://doi.org/10.20473/jipk.vi.38453>
7. Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Subagiyo, S., Isabella, A. A., Bahry, M. S., Purnaweni, H., Djamaludin, R., Tjoa, A., Singleton, I., Evans, D. M., & Diele, K. (2023). Molecular Identification and Biotechnological Potential of *Cerithidea cingulata*-and *Lottia scabra* Associated Fungi as Extracellular Enzyme Producer and Anti-Vibriosis Agent. *Indonesian Journal of Marine Sciences*, 28(2), 136–147. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.28.2.136-147>
8. Larasati, S. J. H., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2023). Bacterial Diversity of The Gorgonian Coral *Plexaura* sp.: Screening For Anti-Pathogenic Property Against Nosocomial Pathogenic *Acinetobacter baumannii*. *International Journal of*

Conservation Science, 14(1), 341–350. <https://doi.org/10.36868/IJCS.2023.01.24>

9. Siallagan, Z. L., Kristianti, T., Dwivany, F. M., Nugrahapraja, H., De Fretes, C. E., Fadli, M., Trinugroho, J. P., **Radjasa, O. K.**, & Susanto, R. D. (2023). Vertical profile of culturable bacteria from the Makassar Strait, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(3). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240304>
10. Herawati, V. E., Windarto, S., Prasetyo, D. Y. B., Prayitno, S. B., & **Radjasa, O. K.** (2021). The effect of mass cultured *Phronima pacifica* feed using *Caulerpa lentillifera* substrate on growth performance and nutritional quality of pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Journal of Applied Aquaculture*, 35(3), 703–721. <https://doi.org/10.1080/10454438.2021.2018378>
11. Fatmawati, F., Sibero, M. T., Trianto, A., Wijayanti, D. P., Sabdono, A., Pringgenies, D., & **Radjasa, O. K.** (2022). The influence of fermentation using marine yeast *Hortaea werneckii* SUCCY001 on antibacterial and antioxidant activity of *Gracilaria verrucosa*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(10). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231035>
12. Zainuddin, M., Pringgenies, D., **Radjasa, O. K.**, Haeruddin. (2022). Protease enzymes of sponge-associated bacteria (Porifera: Demospongiae) in seagrass ecosystems at Nusa Lembongan Bali, Indonesia. *AACL Bioflux*, 15(3), 1322–1332. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.1322-1332.pdf>
13. Steven, R., Humaira, Z., Natanael, Y., Dwivany, F. M., Trinugroho, J. P., Dwijayanti, A., Kristianti, T., Tallei, T. E., Emran, T. B., Jeon, H., Alhumaydhi, F. A., **Radjasa, O. K.**, & Kim, B. (2022). Marine Microbial-Derived Resource Exploration: Uncovering the

Hidden Potential of Marine Carotenoids. *Marine Drugs*, 20(6), 352. <https://doi.org/10.3390/md20060352>

14. Sedjati, S., Ambariyanto, A., Trianto, A., Ridlo, A., Supriyantini, E., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, & Firmansyah, T. (2022). Antibacterial Activity of The Fungal Metabolite *Trichoderma longibrachiatum* against Multidrug-Resistant *Klebsiella pneumoniae* and Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus*. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 15(01), 107–113. <https://doi.org/10.54319/jjbs/150114>
15. Herawati, V. E., Elfitasari, T., Dirgantara, D., **Radjasa, O. K.**, & Windarto, S. (2022). The effect of using *Nereis* flour with different percentages on the growth performance and consumption of vannamei shrimp post-larvae. *AACL Bioflux*, 15(1), 294–304. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.294-304.pdf>
16. Herawati, V. E., Windarto, S., Elfitasari, T., & **Radjasa, O. K.** (2022). Profile of amino acids, fatty acids and growth performance of vannamei shrimp (*Litopennaeus vannamei*) fed with sea worms (*Nereis virens*) enriched with squid oil. *AACL Bioflux*, 15(4), 2102–2112. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2022.2102-2112.pdf>
17. Wijaya, A. P., Sabdono, A., Sibero, M. T., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2022). Antimicrobial activity of nudibranch *Chromodoris lineolata* associated bacteria against skin diseases pathogens from Jepara Coastal Waters, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230425>

18. Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Trianto, A., Sibero, M.T., Kristiana, R., & Larasati, S. J. H. (2022). Comparative Assessment of Gorgonian Abundance and Diversity among Islands with Different Anthropogenic Stressors in Karimunjawa Marine National Park, Java Sea. *International Journal of Conservation Science*, 13(1). 341–348. https://ijcs.ro/public/IJCS-22-25_Sabdono.pdf
19. Sibero, M. T., Frederick, E. H., Sabdono, A., Wijayanti, D. P., Pringgenies, D., **Radjasa, O. K.**, Zilda, D. S., & Murwani, R. (2022). First report of seaweed-associated yeast from Indonesia: Species composition and screening of their polysaccharides-degrading enzymes. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(3). 1408–1419. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230327>
20. Prastiyanto, M. E., Kartika, A. I., Darmawati, S., & **Radjasa, O. K.** (2022). Bioprospecting of bacterial symbionts of sponge *Spongia officinalis* from Savu Sea, Indonesia for antibacterial potential against multidrug-resistant bacteria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2), 1118–1124. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230256>
21. Zainuddin, M., Pringgenies, D., **Radjasa, O. K.**, & Haeruddin. (2022). Natural Bioactive Compounds of Sponge-Associated Fungi with Three Marine Ecosystems in Karimunjawa Island, Indonesia. *Chiang Mai University Journal of Natural Sciences*, 21(1), e2022009. <https://doi.org/10.12982/CMUJNS.2022.009>
22. Herawati, V. E., Riyadi, P. H., Windarto, S., & **Radjasa, O. K.** (2021). Feeding effectiveness of frozen and preserved *Daphnia magna* mass-cultured using fermented organic waste, and artificial feed on growth and nutritional quality of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *AACL Bioflux*, 14(6), 3731–3740. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2021.3731-3740.pdf>

23. Kusmita, L., Mutmainah, NFN., Trianto, A., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, & Kusumastuti, R. (2021). Characteristic Evaluation of Various Formulations of Anti-Aging Cream from Carotenoid Extract of Bacterial Symbiont *Virgibacillus salarius* Strain 19.PP.Sc1. *Cosmetics*, 8(4), 120. <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040120>
24. Zainuddin, M., Pringgenies, D., & **Radjasa, O. K.** (2021). Bioactive antibacterial compounds against bacterial pathogens and potential production of extra cellular enzymes from sponge associations in Karimunjawa Island, Indonesia. *AACL Bioflux*, 14(4), 2304–2316. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2021.2304-2316.pdf>
25. Herawati, V. E., Elfitasari, T., Rismaningsih, N., Riyadi, P. H., Tarangkoon, W., **Radjasa, O. K.**, & Windarto, S. (2021). Analysis of growth and nutritional quality of sea worms (*Nereis virens*) as a mass cultured natural feed on different substrate media thicknesses. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(8), 3299–3305. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220824>
26. Bahry, M. S., **Radjasa, O. K.**, & Trianto, A. (2021). Potential of marine sponge-derived fungi in the aquaculture system. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(7). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220740>
27. Herawati, V. E., Nanda, I., Pinandoyo, Hutabarat, J., **Radjasa, O. K.**, Wirasatriya, A., Nugroho, D., Windarto, S., & Rismaningsih, N. (2021). Striped snakehead fish (*Channa striata*) feed utilizing maggot meal substitution for fish meal: Nutrient content, effects on growth, and feed utilization efficiency. *Songklanakar in Journal of Science and Technology*, 43(3), 855–863. <https://doi.org/10.14456/sjst-psu.2021.113>

28. Kusmita, L., Nuryadi, H., Widyananto, P. A., Muchlissin, S., Sabdon, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2021). Bioactivity of carotenoid produced by soft coral symbiotic microorganisms from Panjang and Karimunjawa Island, Centra Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(2), 732–740. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220226>
29. Widyananto, P. A., Muchlissin, S. I., Sabdon, A., Yulianto, B., Hamid, F. S., & Radjasa, O. K. (2021). Biodegradation of Polyethylene Microplastic using Culturable Coral-Associated Bacteria Isolated from Corals of Karimunjawa National Park. *Deleted Journal*, 26(4), 237–246. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.26.4.237-246>
30. Amalia, R., Ayuningrum, D., Sabdon, A., & Radjasa, O. K. (2021). Antipathogenic Activity of Acroporid Bacterial Symbionts Against Brown Band Disease-Associated Bacteria. *SQUALEN Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 16(2), 65–74. <https://doi.org/10.15578/squalen.536>
31. Kusmita, L., Tatsa, Y. A., Franyoto, Y. D., Sabdon, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2021). Antibacterial Activity of Carotenoid from Bacterial Symbiont *Virgibacillus salarius* Strain 19.PP.Sc.1.6 against MDR E. coli and MRSA. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 25(3), 147–157. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2021.172877>
32. Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Subagiyo, S., Purnaweni, H., Bahry, M. S., Djamaludin, R., Tjoa, A., Singleton, I., Diele, K., & Evan, D. (2021). Potential of fungi isolated from a mangrove ecosystem in Northern Sulawesi, Indonesia: Protease, cellulase and antimicrobial capabilities. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(4). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220415>

33. Sabdono, A., **Radjasa, O.K.**, Trianto, A., Sibero, M.T., Martynov, A., & Kristiana, R. (2021). An ecological assessment of nudibranch diversity among habitats receiving different degrees of sedimentation in Jepara coastal waters, Indonesia. *International Journal of Conservation Science*, 12(1), 291–302. https://ijcs.ro/public/IJCS-21-22_Sabdono.pdf
34. Herawati, V. E., Pinandoyo, P., Ariati, R. W., Rismaningsih, N., Windarto, S., Prayitno, S. B., Darmanto, Y., & **Radjasa, O. K.** (2021). Effects of *Caulerpa lentillifera* added into culture media on the growth and nutritional values of *Phronima pacifica*, a natural fish-feed crustacean. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(1). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220152>
35. Herawati, V. E., Pinandoyo, N., Darmanto, Y., Rismaningsih, N., Hutabarat, J., Prayitno, S. B., & **Radjasa, O. K.** (2020). Effect of feeding with *Phronima* sp. on growth, survival rate and nutrient value content of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) Post-larvae. *Aquaculture*, 529, 735674. <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2020.735674>
36. Shofiyah, S. S., Yuliani, D., Widya, N., Sarian, F. D., Puspasari, F., **Radjasa, O. K.**, Ihsanawati, N., & Natalia, D. (2020). Isolation, expression, and characterization of raw starch degrading α -amylase from a marine lake *Bacillus megaterium* NL3. *Heliyon*, 6(12), e05796. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05796>
37. Herawati, V. E., Pinandoyo, P., Windarto, S., Rismaningsih, N., Riyadi, P. H., Darmanto, Y., & **Radjasa, O. K.** (2020). Nutritional value and growth performance of sea worms (*Nereis* sp.) fed with *Hermetia illucens* maggot flour and grated coconut (*Cocos nucifera*) as natural feed. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(11), 5431–5437. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211151>

38. Herawati, V. E., Nailulmuna, Z., Rismaningsih, N., Hutabarat, J., Pinandoyo, P., Elfitasari, T., Riyadi, P. H., & **Radjasa, O. K.** (2020). Growth performance and nutritional quality enrichment of *Phronima pacifica* by *Chlorella vulgaris* and *Chaetoceros calcitrans* as natural feed. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(9), 4253–4259. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210942>
39. Herawati, V. E., Pinandoyo, P., Darmanto, Y., Rismaningsih, N., Windarto, S., & **Radjasa, O. K.** (2020). The effect of fermented duckweed (*Lemna minor*) in feed on growth and nutritional quality of tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(7), 3350–3358. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210759>
40. Sibero, M. T., Siswanto, N. a. P., Pribadi, N. R., Sabdono, N. A., **Radjasa, O. K.**, Trianto, N. A., Frederick, N. E. H., Wijaya, N. a. P., Haryanti, N. D., Triningsih, N. D. W., Hayuningrat, N. S. J., & Igarashi, N. Y. (2020). The effect of drying treatment to metabolite profile and cytotoxic potential of *Rhizophora apiculata* leaves. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(5), 2180–2187. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210546>
41. Yulianto, B., Prayogi, L. H., Sunaryo, A. S., Nuraini, R. T., **Radjasa, O. K.** & Soegianto, A. (2020). Increase in mangrove area on the north coast of Central Java analyzed using geospatial based approach. *Annals of Biology*, 36(2), 317–323. <https://repository.unair.ac.id/102167/>
42. Sabdaningsih, A., Liu, Y., Mettal, U., Heep, J., Riyanti, N., Wang, L., Cristianawati, O., Nuryadi, H., Sibero, M. T., Marner, M., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., & Schäberle, T. F. (2020). A New Citrinin Derivative from the Indonesian Marine Sponge-Associated Fungus *Penicillium citrinum*. *Marine Drugs*, 18(4), 227. <https://doi.org/10.3390/md18040227>

43. Dwivany, F. M., Syam, F., Nugrahapraja, H., **Radjasa, O. K.**, Moeis, M. R., & Uchiyama, S. (2020). Dataset of microbial community structure in alcohol sprayed banana associated with ripening process. *Data in Brief*, 29, 105216. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.105216>
44. Herawati, V. E., Pinandoyo, P., Rismaningsih, N., Darmanto, D., Hutabarat, J., & **Radjasa, O. K.** (2019). The effect of probiotic bacteria in culture media using organic fertilizer for population density, biomass production and nutrient quality of *Phronima* sp. as natural feed. *Aquaculture Research*, 51(2), 836–843. <https://doi.org/10.1111/are.14433>
45. Yulianto, B., Wijaya, W. A., Sunaryo, **Radjasa, O. K.**, Soegianto, A. (2020). Defense strategy of mangrove *avicennia marina* facing heavy metals (Pb, Cd, and Cu) pollution at Mangrove area, Semarang and Jepara coastal waters, central Java Indonesia: A prospect to phytoremediation. *Pollution Research*, 39(4), 946–952. <https://scholar.unair.ac.id/en/publications/defense-strategy-of-mangrove-avicennia-marina-facing-heavy-metals>
46. Ayuningrum, D., Muchlissin, S. I., Sabdono, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2020). Antibacterial potential of hard coral-associated bacteria against human pathogenic multidrug resistant bacteria. *AACL Bioflux*, 13(6), 3459–3469. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2020.3459-3469.pdf>
47. Sedjati, S., Ambariyanto, A., Trianto, A., Supriyantini, E., Ridlo, A., Bahry, M. S., Wismayanti, G., **Radjasa, O. K.**, & McCauley, E. (2020). Antibacterial Activities of the Extracts of Sponge-Associated Fungus *Trichoderma longibrachiatum* against Pathogenic Bacteria. *SQUALEN Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 15(2), 81–90. <http://dx.doi.org/10.15578/squalen.v15i2.438>

48. Yulianto, B., **Radjasa, O. K.**, & Soegianto, A. (2020). Heavy Metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in Green Mussel (*Perna viridis*) and Health Risk Analysis on Residents of Semarang Coastal Waters, Central Java, Indonesia. *Asian Journal of Water Environment and Pollution*, 17(3), 71–76. <https://doi.org/10.3233/ajw200039>
49. Herawati, V. E., Hutabarat, J., Pinandoyo, & **Radjasa, O. K.** (2020). Growth performance of tilapia (*Oreochromis niloticus* Linnaeus, 1758) larvae with feeding *Tubifex tubifex* (Müller, 1774) from different fermentation of animal manures. *Iranian Journal of Fisheries Science* ^[PDF] *Iranian Journal of Fisheries Science*, 19(4), 2039–2052. <https://doi.org/10.22092/ijfs.2018.123936.1005>
50. Herawati, V. E., Pinandoyo, P., Windarto, S., Hariyadi, P., Hutabarat, J., Darmanto, Y., Rismaningsih, N., Prayitno, S. B., & **Radjasa, O. K.** (2020). Maggot Meal (*Hermetia illucens*) Substitution on Fish Meal as Source of Animal Protein to Growth, Feed Utilization Efficiency, and Survival Rate of Milkfish (*Chanos chanos*). *HAYATI Journal of Biosciences*, 27(2), 154–165. <https://doi.org/10.4308/hjb.27.2.154>
51. Herawati, V. E., Pinandoyo, Darmanto, Y. S., Hutabarat, J., Windarto, S., Rismaningsih, N., & **Radjasa, O. K.** (2020). Fermented black soldier fly (*Hermetia illucens*) meal utilization in artificial feed for carp (*Cyprinus carpio*). *AACL Bioflux*, 13(2), 1038–1047. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2020.1038-1047.pdf>
52. Cristianawati, O., Sabdaningsih, A., Nuryadi, H., Sabdon, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2020). Coral-associated fungi as a natural inhibitor for treatment of multidrug-resistant pathogens. *AACL Bioflux*, 13(2), 1105–1117. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2020.1105-1117.pdf>

53. Sibero, M., Zhou, T., Igarashi, Y., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., Bachtiarini, T., & Bahry, M. S. (2020). Chromanone-type compounds from marine sponge-derived *Daldinia eschscholtzii* KJMT FP 4.1. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.7324/japs.2020.101001>
54. Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Sibero, N. M. T., Sabdono, A., Haryanti, D., Zilullah, N. W. O. M., Syanindyta, N. a. R., Bahry, N. M. S., Widiananto, N. P. A., Helmi, N. M., Armono, N. H. D., Supriadi, N., & Igarashi, N. Y. (2020). The effect of culture media on the number and bioactivity of marine invertebrates associated fungi. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 21(1), 407–412. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210147>
55. Puspita, M., Setyawidati, N. a. R., Stiger-Pouvreau, V., Vandanjon, L., Widowati, I., **Radjasa, O. K.**, Bedoux, G., & Bourgougnon, N. (2020). Indonesian Sargassum species bioprospecting: potential applications of bioactive compounds and challenge for sustainable development. *Advances in Botanical Research*, 95, 113–161. <https://doi.org/10.1016/bs.abr.2019.12.002>
56. Kristiana, R., Bedoux, G., Pals, G., Mudianta, I. W., Taupin, L., Marty, C., Asagabaldan, M. A., Ayuningrum, D., Trianto, A., Bourgougnon, N., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Hanafi, M. (2020). Bioactivity of compounds secreted by symbiont bacteria of Nudibranchs from Indonesia. *PeerJ*, 8, e8093. <https://doi.org/10.7717/peerj.8093>
57. Kusmita, L., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2021). Characterization of Carotenoids from Bacterial Symbiont *Virgibacillus salarius* Strain 19.PP.Sc1.6 from Panjang Island, Jepara, North Java Sea Indonesia. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 13(2), 2114–2122. <https://doi.org/10.31838/ijpr/2021.13.02.274>

58. Sibero, M. T., Zhou, T., Fukaya, K., Urabe, D., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., & Igarashi, Y. (2019). Two new aromatic polyketides from a sponge-derived *Fusarium*. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*, 15, 2941–2947. <https://doi.org/10.3762/bjoc.15.289>
59. Trianto, A., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Pramesti, R., Putrajaya, N. T. S., Bahry, M. S., Triningsih, D. W., Afriyanto, R. (2019). Optimization Production of Antifungal Substance from a Sponge-associated *Trichoderma harzianum* cultivated in the Tofu Dregs and Rice Bran. *Research Journal of Biotechnology*, 14(10), 68–73. http://eprints.undip.ac.id/79785/3/19-RJoB-Media_Jamur.pdf
60. Trianto, A., Nirwani, N., Susanti, O., Maesaroh, D. S., & **Radjasa, O. K.** (2019). The bioactivity of bacterium and fungi living associate with the sponge *Reniera* sp. against multidrug-resistant *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(8), 2303–2307. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200827>
61. Cristianawati, O., Sabdaningsih, A., Becking, L. E., Khoeri, M. M., Nuryadi, H., Sabdono, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2019). Biological activity of sponge-associated fungi from Karimunjawa Islands, Indonesia against pathogenic *Streptococcus pneumoniae*. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(8), 2143–2150. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200807>
62. Kristiana, R., Sibero, M. T., Farisa, M. Y., Ayuningrum, D., Dirgantara, D., Hanafi, M., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2019). Antibacterial potential of nudibranch-associated bacteria from Saparua and Nusa Laut Islands, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(7), 1811–1819. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200704>

63. Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Trianto, A., Sarjito, S., Wijayanti, D. P., & Munasik, M. (2019). Preliminary Study of the Effect of Nutrient Enrichment, Released by Marine Floating Cages, on the Coral Disease Outbreak in Karimunjawa, Indonesia. *Regional Studies in Marine Science*, 30, 100704. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2019.100704>
64. Sibero, M. T., Igarashi, Y., **Radjasa, O. K.**, Agus Sabdono, A., Trianto, A., Zilda, D. S., & Wijaya, Y. J. (2019). Sponge-associated fungi from a mangrove habitat in Indonesia: species composition, antimicrobial activity, enzyme screening and bioactive profiling. *International Aquatic Research*, 11(2), 171–186. <https://doi.org/10.1007/s40071-019-0227-8>
65. Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Wijayanti, D. P. (2019). Early assessment of shipping route and coral cover as drivers of acroporid white syndrome outbreak in karimunjawa, Java Sea, Indonesia. *EnvironmentAsia*, 12(2), 126–135. <https://doi.org/10.14456/ea.2019.34>
66. Ayuningrum, D., Kristiana, R., Nisa, A. A., Radjasa, S. K., Muchlissin, S. I., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2019). Bacteria associated with tunicate, *Polycarpa aurata*, from Lease Sea, Maluku, Indonesia exhibiting anti-multidrug resistant bacteria. *Biodiversitas*, 20(4), 956–964. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200404>
67. Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Muchlissin, S. I., Afriyanto, R., Sulistiowati, S., Radjasa, S. K., Crews, P., & Mccauley, E. (2019). Exploration culturable bacterial symbionts of sponges from Ternate Islands, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(3), 776–782. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200323>

68. Ayuningrum D., Liu, Y., Riyanti, Sibero, M. T., Kristiana, R., Asagabaldan, M. A., Wuisan, Z. G., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Schäberle, T. F. (2019) Tunicate-associated bacteria show a great potential for the discovery of antimicrobial compounds. *PLoS ONE*, 14(3): e0213797. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0213797>
69. Sibero, M. T., Bachtiarini, T. U., Trianto, A., Lupita, A. H., Sari, D. P., Igarashi, Y., Harunari, E., Sharma, A. R., **Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2019). Characterization of a yellow pigmented coral-associated bacterium exhibiting anti-Bacterial Activity Against Multidrug Resistant (MDR) Organism. *The Egytian Journal of Aquatic Research*, 45(1), 81–87. <https://doi.org/10.1016/j.ejar.2018.11.007>
70. Sabdono, A., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, & Wijayanti, D. P. (2019). Antagonistic activity of bacteria isolated from coral *Acropora* sp of Karimunjawa Islands, Indonesia against Acroporid White Syndrome. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(5), 1350–1355. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200526>
71. Sabdaningsih, A., Cristianawati, O., Sibero, M. T., Aini, M., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2019). Anti MDR acinetobacter baumannii of the sponges-associated fungi from Karimunjawa National Park. *AACL Bioflux*, 12(5), 1970–1983. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2019.1970-1983.pdf>
72. Lunggani, A. T., Imtiyaz, F. D., Darmanto, Y. S., **Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2019). Genetic screening of a marine pigmented nrps-producing bacterium associated with brown algae exhibiting anti-vibrio activity. *AACL Bioflux*, 12(5), 1653–1661. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2019.1653-1661.pdf>

73. Asagabaldan, M. A., Bedoux, G., Bourgougnon, N., Kristiana, R., Ayuningrum, D., Sabdono, A., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2019). Bacterial isolates from bryozoan Pleurocodonellina sp.: Diversity and antimicrobial potential against pathogenic bacteria. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 20(9), 2528–2535. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200914>
74. Cristianawati, O., Sibero, M. T., Ayuningrum, D., Nuryadi, H., Syafitri, E., **Radjasa, O. K.**, & Riniarsih, I. (2019). Screening of antibacterial activity of seagrass-associated bacteria from the North Java Sea, Indonesia against multidrug-resistant bacteria. *AACL Bioflux*, 12(4), 1054–1064. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2019.1054-1064.pdf>
75. Pinandoyo, Hutabarat, J., Darmanto, **Radjasa, O. K.**, & Herawati, V. E. (2019). Growth and nutrient value of tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with lemna minor meal based on different fermentation time. *AACL Bioflux*, 12(1), 191–200. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2019.191-200.pdf>
76. Juliadiningtyas, A. D., Pringgenies, D., Heriyanto, Salim, K. P., **Radjasa, O. K.**, Shioi, Y., & Limantara, L. (2018). Preliminary investigation of the carotenoid Composition of *Erythrobacter* sp. Strain KJ5 by high-performance liquid chromatography and mass spectrometry. *Philippine Journal of Science*, 147(1), 91–98. <https://philjournalsci.dost.gov.ph/56-vol-147-no-1-march-2018/691-preliminary-investigation-of-the-carotenoid-composition-of-erythrobacter-sp-strain-kj5-by-high-performance-liquid-chromatography-and-mass-spectrometry>
77. Sibero, M. T., Herdikiawan, D., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., & Triningsih, D. W. (2018). Antibacterial activity of sponge associated fungi against vibriosis agents in shrimp and its toxicity to *Litopenaeus vannamei*. *AACL Bioflux*, 11(1), 10–18. <http://www.bioflux.com.ro/docs/2018.10-18.pdf>

78. Sibero, M., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., Triningsih, D., & Hutagaol, I. (2018). Antibacterial Activity of Indonesian Sponge Associated Fungi Against Clinical Pathogenic Multidrug Resistant Bacteria. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 8(2), 88–94. <https://doi.org/10.7324/japs.2018.8214>
79. Sabdono, A., & **Radjasa, O. K.** (2018). Early assessment of the organochlorine pesticides pollution of coral reefs ecosystem along Jepara coastal waters, Java Sea. *International Journal of Conservation Science*, 9(4), 761–770. https://ijcs.ro/public/IJCS-18-65_Sabdono.pdf
80. Sibero, M. T., Triningsih, D., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., Priyani, N., & Prastyo, A. (2018). Antimicrobial activity of sponge-associated fungi from Pandang Island, North Sumatera against clinical pathogenic microorganisms. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology, and Enviromental Sciences*, 20(1), 142–149. <https://core.ac.uk/download/pdf/200763991.pdf>
81. Syafitri, E., Prayitno, S. B., **Radjasa, O. K.**, & Ma'Ruf, W. F. (2017). The performance of mangrove leaf extract (*Sonneratia alba*) in combating bacterial associated with ice–ice disease of seaweed (*Kappaphycus alvarezii*). *Advanced Science Letters*, 23(7), 6413–6415. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9639>
82. Nurhayati, Priyambada, I. D., **Radjasa, O. K.**, & Widada, J. (2017). Repetitive element palindromic PCR (Rep-PCR) as a genetic tool to study diversity in amylolytic bacteria. *Advanced Science Letters*, 23(7), 6458–6461. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9653>

83. Mutiara, E. V., Kusmita, L., Pratiwi, N. A., Nirmala, M. I. R., & **Radjasa, O. K.** (2017). Sun screen protector activity from bacterial symbiont carotenoid of soft coral sarcophyton sp. *Advanced Science Letters*, 23(7), 6424–6427. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.9642>
84. Cita, Y. P., Suhermanto, A., **Radjasa, O. K.**, & Sudharmono, P. (2017). Antibacterial activity of marine bacteria isolated from sponge *Xestospongia testudinaria* from Sorong, Papua. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(5), 450–454. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.024>
85. Sarian, F. D., Janeček, Š., Pijning, T., Ihsanawati, N., Nurachman, Z., **Radjasa, O. K.**, Dijkhuizen, L., Natalia, D., & Van Der Maarel, M. J. E. C. (2017). A new group of glycoside hydrolase family 13 α -amylases with an aberrant catalytic triad. *Scientific Reports*, 7(1), 44230. <https://doi.org/10.1038/srep44230>
86. Kusmita, L., Mutiara, E. V., Nuryadi, H., Pratama, P. A., Wiguna, A. S., & **Radjasa, O. K.** (2017). Characterization of carotenoid pigments from bacterial symbionts of soft-coral *Sarcophyton* sp. from North Java Sea. *International Aquatic Research*, 9(1), 61–69. <https://doi.org/10.1007/s40071-017-0157-2>
87. Herawati, V. E., Hutabarat, J., Pinandoyo, N., & **Radjasa, O. K.** (2015). Growth and Survival Rate of Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Larvae Fed by Daphnia magna Cultured With Organic Fertilizer Resulted From Probiotic Bacteria Fermentation. *HAYATI Journal of Biosciences*, 22(4), 169–173. <https://doi.org/10.1016/j.hjb.2015.08.001>
88. Herawati, V. E., Hutabarat, J., & **Radjasa, O. K.** (2014). Nutritional Content of *Artemia* sp. Fed with Chaetoceros calcitrans and Skeletonema costatum. *HAYATI Journal of Biosciences*, 21(4), 166–172. <https://doi.org/10.4308/hjb.21.4.166>

89. Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Ambariyanto, Trianto, A., Wijayanti, D., Pringgenie, D., & Munasik. (2014). An Early Evaluation of Coral Disease Prevalence on Panjang Island, Java Sea, Indonesia. *International Journal of Zoological Research*, 10(2), 20–29. <https://doi.org/10.3923/ijzr.2014.20.29>
90. Kurniasih, S. D., Alfi, A., Natalia, D., **Radjasa, O. K.**, & Nurachman, Z. (2014). Construction of individual, fused, and co-expressed proteins of endoglucanase and β -glucosidase for hydrolyzing sugarcane bagasse. *Microbiological Research*, 169(9–10), 725–732. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2014.02.002>
91. **Radjasa, O. K.**, Khoeri, M. M., Darusallam, C. C., Trimasanto, H., & Sudoyo, H. (2013). Bacterial symbionts of reef invertebrates: screening for anti-pathogenic bacteria activity. *Biodiversity*, 14(2), 80–86. <https://doi.org/10.1080/14888386.2013.774937>
92. Puspasari, F., **Radjasa, O. K.**, Noer, A., Nurachman, Z., Syah, Y., Van Der Maarel, M., Dijkhuizen, L., Janeček, Š., & Natalia, D. (2012). Raw starch-degrading α -amylase from *Bacillus aquimaris* MKSC 6.2: isolation and expression of the gene, bioinformatics and biochemical characterization of the recombinant enzyme. *Journal of Applied Microbiology*, 114(1), 108–120. <https://doi.org/10.1111/jam.12025>
93. Puspasari, F., Nurachman, Z., Noer, A. S., **Radjasa, O. K.**, Van Der Maarel, M. J. E. C., & Natalia, D. (2011). Characteristics of raw starch degrading α -amylase from *Bacillus aquimaris* MKSC 6.2 associated with soft coral *Sinularia* sp. *Starch*, 63(8), 461–467. <https://doi.org/10.1002/star.201000127>
94. Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Kang, S., Hur, H. G., Grossart, H. P., Simon, M., Zocchi, E., & Risk, M. J. (2007). Presence and Toxicity of 2,4-D Herbicide in Coral *Galaxea fascicularis* of Java

Coast, Indonesia. *Research Journal of Environmental Toxicology*, 1(2), 71–77. <https://doi.org/10.3923/rjet.2007.71.77>

95. Nurachman, N., Kurniasih, S. D., Puspitawati, F., Hadi, S., **Radjasa, O. K.**, & Natalia, D. (2010). Cloning of the Endoglucanase Gene from a *Bacillus amyloliquefaciens* PSM 3.1 in Escherichia coli Revealed Catalytic Triad Residues Thr-His-Glu. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 6(4), 268–274. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2010.268.274>
96. Nurachman, Z., Kono, A., **Radjasa, O. K.**, & Natalia, D. (2010). Identification a novel raw-starch-degrading- α -amylase from a tropical marine bacterium. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 6(4), 300–306. <https://doi.org/10.3844/ajbbsp.2010.300.306>
97. Sabdono, A., & **Radjasa, O. K.** (2008). Phylogenetic Diversity of Organophosphorous Pesticide-Degrading Coral Bacteria from Mid-West Coast of Indonesia. *Biotechnology*, 7(4), 694–701. <https://doi.org/10.3923/biotech.2008.694.701>
98. Sabdono, A., Kang, S., Hur, H., Grossart, H., Simon, M., & **Radjasa, O. K.** (2007). Organophosphate Pesticide Concentrations in Coral Tissues of Indonesian Coastal Waters. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 10(11), 1926–1929. <https://doi.org/10.3923/pjbs.2007.1926.1929>
99. **Radjasa, O. K.**, Nasima, D., Sabdono, A., Tsukamoto, K. K., & Ohwada, K. (2007). Characterization of Psychrotrophic Bacteria from Sea Waters of Makasar Strait, Indonesia. *Journal of Biological Sciences*, 7(4), 658–662. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.658.662>
100. Sukarmi, & **Radjasa, O. K.** (2007). Bioethical Consideration in the Search for Bioactive Compounds from Reef's Invertebrates.

Journal of Applied Sciences, 7(8), 1235–1238. <https://doi.org/10.3923/jas.2007.1235.1238>

101. **Radjasa, O. K.**, Martens, T., Grossart, H. P., Brinkhoff, T., Sabdono, A., & Simon, M. (2007). Antagonistic Activity of a Marine Bacterium *Pseudoalteromonas luteoviolacea* TAB4.2 Associated with Coral *Acropora* sp. *Journal of Biological Sciences*, 7(2), 239–246. <https://doi.org/10.3923/jbs.2007.239.246>
102. **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Zocchi, J., & Zocchi, E. (2007). Richness of Secondary Metabolite-Producing Marine Bacteria Associated with Sponge *Haliclona* sp. *International Journal of Pharmacology*, 3(3), 275–279. <https://doi.org/10.3923/ijp.2007.275.279>
103. **Radjasa, O. K.**, Salasia, S. I. O., Sabdono, A., Weise, J., Imhoff, J. F., Lammler, C., & Risk, M. J. (2007). Antibacterial Activity of Marine Bacterium *Pseudomonas* sp. Associated with Soft Coral *Sinularia polydactyla* against *Streptococcus equi* Subsp. *zooepidemicus*. *International Journal of Pharmacology*, 3(2), 170–174. <https://doi.org/10.3923/ijp.2007.170.174>
104. **Radjasa, O. K.**, Martens, T., Grossart, H., Sabdono, A., Simon, M., & Bachtiar, T. (2005). Antibacterial Property of a Coral-Associated Bacterium *Pseudoalteromonas luteoviolacea* Against Shrimp Pathogenic *Vibrio harveyi* (In Vitro Study). *HAYATI Journal of Biosciences*, 12(2), 77–81. [https://doi.org/10.1016/S1978-3019\(16\)30329-1](https://doi.org/10.1016/S1978-3019(16)30329-1)
105. **Radjasa, O. K.**, Urakawa, H., Kita-Tsukamoto, K., & Ohwada, K. (2001). Characterization of Psychrotrophic Bacteria in the Surface and Deep-Sea Waters from the Northwestern Pacific Ocean Based on 16S Ribosomal DNA Analysis. *Marine Biotechnology*, 3(5), 454–462. <https://doi.org/10.1007/s10126-001-0050-1>

Prosiding Internasional:

106. Wijaya, A. P., Sabdono, A., Sibero, M. T., Trianto, A., & **Radjasa, O. K.** (2022). Screening of the antifungal potential of nudibranch *Chromodoris lineolata* associated bacteria against *Candida albicans*. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 967(1), 012043. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/967/1/012043>
107. Widyananto, P. A., Muchlissin, S. I., **Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2022). Aliphatic polyester biodegradation by coral-associated bacteria from Karimunjawa Marine National Park, Java Sea. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 967(1), 012045. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/967/1/012045>
108. Ryandini, D., **Radjasa, O. K.**, & Oedjijono, N. (2021). Bioactive compounds derived from *Streptomyces* sp. SA32: antibacterial activity, chemical profile, and their related genes. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 948(1), 012062. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/948/1/012062>
109. Frederick, E. H., Sibero, M. T., Wijaya, A. P., Syafitri, E., Siswanto, A. P., Murwani, R., Wijayanti, D. P., Sabdono, A., Pringgenies, D., & **Radjasa, O. K.** (2021). Preliminary Evaluation of Anti Fish Pathogenic Bacteria and Metabolite Profile of Andaliman Fruit (*Zanthoxylum acanthopodium* DC.) Ethanol Extract. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 750(1), 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012026>
110. Wijaya, A. P., Sibero, M. T., Zilda, D. S., Windiyana, A. N., Wijayanto, A., Frederick, E. H., Murwani, R., Wijayanti, D. P., Sabdono, A., Pringgenies, D., & **Radjasa, O. K.** (2021). Preliminary Screening of Carbohydrase-Producing Bacteria from *Chaetomorpha* sp. in Sepanjang Beach, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 750(1), 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012027>

111. Ayuningtyas, E. P., Sibero, M. T., Hutapea, N. E. B., Frederick, E. H., Murwani, R., Zilda, D. S., Wijayanti, D. P., Sabdono, A., Pringgenies, D., & **Radjasa, O. K.** (2021). Screening of Extracellular Enzyme from Phaeophyceae-Associated Fungi. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 750(1), 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012005>
112. Hutapea, N. E. B., Sibero, M. T., Ayuningtyas, E. P., Frederick, E. H., Wijayanti, D. P., Sabdono, A., Pringgenies, D., **Radjasa, O. K.**, Zilda, D. S., & Murwani, R. (2021). Seaweed-Associated Fungi from Sepanjang Beach, Gunung Kidul, Yogyakarta as Potential Source of Marine Polysaccharides-Degrading Enzymes. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 750(1), 012007. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/750/1/012007>
113. Ayuningrum, D., Kristiana, R., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Sibero, M. T. (2019). The uncultured gamma proteobacterium and culturable associated-bacteria from tunicate *Herdmania momus*. *AIP Conference Proceedings*, 2120(1), 080004. <https://doi.org/10.1063/1.5115742>
114. Kristiana, R., Ayuningrum, D., Yohanna, M., Dirgantara, D., Hanafi, M., **Radjasa, O. K.**, Trianto, A., & Sabdono, A. (2019). Characterization and identification of antibacterial compound from *Pseudoalteromonas piscicida* associated with *Chromodoris lochi*. *AIP Conference Proceedings*, 2120(1), 080008. <https://doi.org/10.1063/1.5115746>
115. Sibero, M. T., **Radjasa, O. K.**, Bondar, K. G., Simbolon, L. M. I., Meilana, L., & Ayuningrum, D. (2019). Antibacterial activity and phytochemical content of *Holothuria atra* from Panjang Island, Jepara, Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2120(1), 080005. <https://doi.org/10.1063/1.5115743>

116. Lunggani, A. T., Darmanto, Y. S., **Radjasa, O. K.**, & Sabdono, A. (2018). Prospective Source of Antimicrobial Compounds From Pigment Produced by Bacteria associated with Brown Alga (Phaeophyceae) Isolated from Karimunjawa island, Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 116, 012088. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/116/1/012088>
117. Widyaningsih, S., Trianto, A., **Radjasa, O. K.**, & Wittriansyah, K. (2018). Antibacterial Activity Symbiotic Fungi of Marine Sponge *Axinella* sp., *Aspergillus sydowii* on Four Growth Medium. *IOP Conference: Series Earth and Environmental Science*, 116, 012084. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/116/1/012084>
118. Puspita, M., Déniel, M., Widowati, I., **Radjasa, O. K.**, Douzenel, P., Marty, C., Vandanjon, L., Bedoux, G., & Bourgougnon, N. (2017). Total phenolic content and biological activities of enzymatic extracts from *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Journal of Applied Phycology*. 29(5), 2521–2537. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1086-6>
119. Syafitri, E., Prayitno, S. B., Ma'ruf, W. F., & **Radjasa, O. K.** (2017). Genetic diversity of the causative agent of ice-ice disease of the seaweed *Kappaphycus alvarezii* from Karimunjawa island, Indonesia. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012044. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012044>
120. Kristiana, R., Ayuningrum, D., Asagabaldan, M., Nuryadi, H., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, & Trianto, A. (2017). Isolation And Partial Characterization of Bacteria Activity Associated with Gorgonian *Euplexaura* sp. Against Methicillin-Resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012056. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012056>

121. Trianto, A., Widyaningsih, S., **Radjasa, O. K.**, & Pribadi, R. (2017). Symbiotic Fungus of Marine Sponge *Axinella* sp. Producing Antibacterial Agent. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012005. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012005>
122. Asagabaldan, M. A., Ayuningrum, D., Kristiana, R., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, & Trianto, A. (2017). Identification and Antibacterial Activity of Bacteria Isolated from Marine Sponge *Haliclona (Reniera)* sp. against Multi-Drug Resistant Human Pathogen. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012019. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012019>
123. Ayuningrum, D., Kristiana, R., Asagabaldan, M., Sabdono, A., **Radjasa, O. K.**, Nuryadi, H., & Trianto, A. (2017). Isolation, Characterisation and Antagonistic Activity of Bacterial Symbionts of Hardcoral *Pavona* sp. Isolated from Panjang Island, Jepara Against Infectious Multi-drug Resistant (MDR) Bacteria. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012029. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012029>
124. Puspita, M., Deniel, M., Widowati, I., **Radjasa, O. K.**, Douzenel, P., Bedoux, G., & Bourgougnon, N. (2017). Antioxidant and antibacterial activity of solid-liquid and enzyme-assisted extraction of phenolic compound from three species of tropical Sargassum. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012057. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012057>
125. Cristianawati, O., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., Trianto, A., Sabdaningsih, A., Sibero, M. T., & Nuryadi, H. (2017). Exploration of Fungal Association from Hard Coral Against Pathogen MDR *Staphylococcus haemolyticus*. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012027. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012027>

126. Sibero, M. T., Sabdaningsih, A., Cristianawati, O., Nuryadi, H., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2017). Isolation, Identification and Screening Antibacterial Activity from Marine Sponge-Associated Fungi Against Multidrug-Resistant (MDR) *Escherichia coli*. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012028. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012028>
127. Sabdaningsih, A., Cristianawati, O., Sibero, M. T., Nuryadi, H., **Radjasa, O. K.**, Sabdono, A., & Trianto, A. (2017). Screening Antibacterial Agent from Crude Extract of Marine-Derived Fungi Associated with Soft Corals against MDR-*Staphylococcus haemolyticus*. *IOP Conference Series Earth and Environmental Science*, 55, 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/55/1/012026>
128. **Radjasa, O. K.**, Vaske, Y. M., Navarro, G., Vervoort, H. C., Tenney, K., Linington, R. G., & Crews, P. (2011). Highlights of marine invertebrate-derived biosynthetic products: Their biomedical potential and possible production by microbial associants. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*, 19(22), 6658–6674. <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2011.07.017>

Paten:

129. Trianto, A., Witriansyah, K., & Radjasa, O. K. (2017). *Isolat Jamur Symbion Sponge Fusarium Solani sebagai Penghambat Pertumbuhan Bakteri Staphylococcus Aureus dan Escherichia Coli*. (IDS000001868). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/c741249f503c3d2f92335707c4f40da4467cc8c4124210d18d75792135f44279f?nomor=S00201705549&type=patent&keyword=S00201705549>

130. Sabdono, A., Radjasa, O. K., & Wijayanti, D. P. (2019). Bakteri Karang *Pseudoalteromonas Flavipulchra* Strain BG2.2 Pendegradasi Senyawa Herbisida Paraquat Diklor. (IDS000002606). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/c6334546a478c49f920b9b64e60ba0931ab93cbe52ba8f7e3dbed5a899845b39?nomor=SID201808663&type=patent&keyword=SID201808663>
131. Pringgenies, D., Brotosudarmo, T. H. P., Radjasa, O. K., Sabdono, A., & Limantara, L. (2021). Aplikasi Bakteri *Erytrobacter Flavus* untuk Konservasi Terumbu Karang. (IDS000003820). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/5ba65d5a89122e06c4779a3dea8b04e8e31645e6532d43f8ad7335bcf7fd5fd9?nomor=S00201908754&type=patent&keyword=S00201908754>
132. Radjasa, O. K., Sabdono, A., Trianto, A., & Muchlissin, S. I. (2021). Metode Deteksi Isolat Bakteri Indegenous *Vibrio Parahaemolyticus* TE-BO-15.2 Symbion Sponge Laut. (IDS000003977). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia. <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/bd9fd7e0303a84d26a1f0c8978e8aa4ad56b426b9cfb24ffd3022cee5bbabc78?nomor=S00201908297&type=patent&keyword=S00201908297>
133. Nurachman, Z., Natalia, D., Kurniasih, S. D., Rahmaniah, W. R., & Radjasa, O. K. (2019). Proses Pembuatan Tepung Singkong Termodifikasi, Tepung Tapioka Termodifikasi, dan/atau Tepung Pati Singkong Termodifikasi, Produk yang Dihasilkan dari Proses Tersebut, dan Penggunaannya. (IDP000055965). Direktorat Jenderal Kekayaan Intelektual, Kementerian

Hukum dan Hak Asasi Manusia. <https://pdki-indonesia.dgip.go.id/detail/27e4bc63713c469e7525b3146b999ee90009ad5ef63e8352df1d9b490caab4e9?nomor=P00201506770&type=patent&keyword=IDP000055965>

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. Data Pribadi

Nama	: Prof. Ocky Karna Radjasa, M.Sc, Ph.D.
Tempat, Tanggal Lahir	: Banyumas, 29 Oktober 1965
Anak ke	: 1 dari 5 Bersaudara
Jenis Kelamin	: Laki-laki
Nama Ayah Kandung	: Roedhiro
Nama Ibu Kandung	: Dwi Soelistyarti
Nama Istri	: Endang Sudaryati
Jumlah Anak	: 2 (Dua)
Nama Anak	: Septhy Kusuma Radjasa Muthia Kusuma Radjasa
Nama Instansi	: Pusat Riset Laut Dalam, Organisasi Riset Kebumian dan Maritim BRIN
Judul Orasi	: Reorientasi Riset Bioprospeksi Mikroorganisme Laut Indonesia: Dari Laut Dangkal Menuju Laut Dalam Berdasarkan Genom
Ilmu	: Kelautan
Bidang	: Biologi Laut
Kepakaran	: Mikrobiologi Laut
No. SK Pangkat Terakhir	: Keputusan Presiden RI No.17/K/2024 Tanggal 1 Juni 2024 Pembina Utama - IV/e, TMT 1 Juni 2024
No. SK Peneliti Ahli Utama	: Keputusan Presiden No. 25/M Tahun 2021, Tanggal September 2021, TMT 1 September 2021

B. Pendidikan Formal

No.	Jenjang	Nama Sekolah/ PT/Universitas	Tempat/Kota/ Negara	Tahun Lulus
1.	SD	Bruderan	Purwokerto/ Indonesia	1977
2.	SMP	SMPN 2	Purwokerto/ Indonesia	1981
3.	SMA	SMAN 2	Purwokerto/ Indonesia	1984
4.	S1	UNSOED	Purwokerto/ Indonesia	1989
5.	S2	McMaster University	Hamilton/ Kanada	1994
6.	S3	University of Tokyo	Tokyo/Jepang	2001

C. Pendidikan Nonformal

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
1.	UNU-UNESCO International training course on Biodiversity in mangrove ecosystems. Institute	Madras.	2003
2.	The 3rd UNU & GIST Joint Programme Workshop on Environment and Sustainable Development: New Trends in Biotechnological and Geochemical Approaches for Sound Management of Hazardous Chemicals. Gwangju Institute of Science and Technology	Gwangju	2005

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/Kota/ Negara	Tahun
3.	Training on Advanced methods for anti-tumor tests.	Genova	2006
4.	International Deans' Course on Management of Modern Higher Education	Berlin	2010
5.	Workshop on International Grant Writing	Santa Cruz	2010
6.	Short term training on Marine Biotechnology.	Santa Cruz	2013

D. Jabatan Struktural

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Ketua LPPM	Universitas Diponegoro	2013–2015
2.	Direktur Riset dan Pengabdian Masyarakat	Kemenristek Dikti	2015–2020
3.	Deputi Ilmu Pengetahuan Kebumian	LIPI	2020–2021
4.	Plt. Kepala Organisasi Riset Ilmu Pengetahuan Kebumian	BRIN	2021–2022
5.	Kepala Organisasi Riset Kebumian dan Maritim	BRIN	2022– sekarang

E. Jabatan Fungsional

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	III/a/ Penata Muda/Asisten Ahli	1991
2.	III/b /Penata Muda Tk.1/Asisten Ahli	1996
3.	III/c/ Penata/Lektor	1999
4.	III/d/ Penata Tk.1/Lektor Kepala	2004
5.	IV/a/ Pembina/Lektor Kepala	2006

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
6.	IV/a/ Pembina/Profesor	2010
7.	IV/b/Pembina Tk.1/Profesor	2012
8.	IV/c/ Pembina Utama Muda/Profesor	2014
9.	IV/d/ Pembina Utama Madya/Profesor	2018
10.	IV/d/ Pembina Utama Madya/Peneliti Ahli Utama	2021
11.	IV/e/ Pembina Utama/Peneliti Ahli Utama	2024

F. Keikutsertaan dalam Kegiatan Ilmiah

No.	Nama Kegiatan	Peran	Penyelenggara	Tahun
1	2 nd International Conference in Marine Biotechnology	Pembicara	UMT, Terengganu, Malaysia	2024
2	Jepara International Conference on Science and Technology	Pembicara	UNISNU, Jepara, Indonesia	2024
3	The 7 th International Symposium on Marine and Fisheries	Pembicara	UNHAS, Makassar, Indonesia	2024
4	The Thematic Session of the 13 th Joint Working Group (JWG) Indonesia-France	Pembicara	UNESA, Surabaya, Indonesia	2024

No.	Nama Kegiatan	Peran	Penyelenggara	Tahun
5	Tsunami risk workshop	Pembicara	German Research Center for Geosciences, Postdam, Germany	2024
6	The 1 st International Symposium on Eastern Indonesian Marine Ecosystems	Pembicara	Research Center for Deep-sea, BRIN	2022
7	The 3 rd International Conference on Green Energy and Environment	Pembicara	Bangka Belitung University, Bangka, Indonesia	2021
8	The REPESEA Conference	Pembicara	Gajah Mada University, Yogyakarta, Indonesia	2019
9	International Conference on Mathematics, Science and Education	Pembicara	UNNES, Semarang, Indonesia	2019
10	International Conference on Sustainability Science and Management Advanced Technology in Environmental Research	Pembicara	Udayana University, Bali, Indonesia	2019

No.	Nama Kegiatan	Peran	Penyelenggara	Tahun
11	The 1 st Sebelas Maret. Conference on Entrepreneurship, Innovation and Community Development	Pembicara	UNS, Surakarta, Indonesia	2016
12	Workshop on Principle of Marine Biotechnology	Pembicara	Diponegoro University, Semarang, Indonesia	2013
13	Global Conference on Ethics in Science and Technology	Pembicara	Pontifical and Royal University of Santo Tomas, Manila, the Philippines	2011

G. Karya Tulis Ilmiah

No.	Kualifikasi Penulis	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	1
2.	Bersama Penulis Lainnya	126
	Total	127

No.	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1.	Bahasa Indonesia	-
2.	Bahasa Inggris	127
3	Bahasa Lainnya	-
	Total	127

H. Pembinaan Kader Ilmiah

Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Dr. Udhi Eko H	PR Oseanografi	Pembina	2023
2.	Dr. Fahrurrozi I	PR Bio Industri Laut	Pembina	2023

Mahasiswa Doktoral

No.	Nama	Perguruan Tinggi	Peran	Tahun
1	Bintang Marhaeni	IPB	Pembimbing II	2011
2	Meutia Ismet	IPB	Pembimbing II	2016
3	Gde Iwan Setiawan	IPB	Pembimbing II	2016
4	Maya Puspita	Universitas Diponegoro	Pembimbing II	2017
5	Rhesi Kristiana	Universitas Diponegoro	Pembimbing II	2019
6	Olvi Christianawati	Universitas Diponegoro	Pembimbing I	2019
7	Mada Sibero	Universitas Diponegoro	Pembimbing I	2019
8	Diah Ayuningrum	Universitas Diponegoro	Pembimbing II	2019
9	Meezan Ardhanu Asagabaldan	Universitas Diponegoro	Pembimbing II	2019
10	Aninditya Sabdaningsih	Universitas Diponegoro	Pembimbing I	2019
11	Dini Ryandini	UNSOED	Pembimbing II	2020

No.	Nama	Perguruan Tinggi	Peran	Tahun
12	Lia Kusmita	Universitas Diponegoro	Pembimbing I	2021
13	Muhammad Zainuddin	Universitas Diponegoro	Pembimbing II	2022
14	Sri Yulina Wulandari	Universitas Diponegoro	Pembimbing II	2023

I. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Ketua Bidang Kerjasama Penelitian	ISOI (Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia)	2020
2.	Anggota	Ikatan Sarjana Perikanan Indonesia	2021
3.	Anggota	Himpunan Periset Indonesia	2024

J. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1	Cipta Lestari Kehati Award	Yayasan Kehati Indonesia	2006
2	Collaborative Development Award	British Higher Commission Singapore, British Council	2013
3	Biovision Catalyzer Award on Biodiversity, Climate Change, and Agronomy,	Biovision the World Life Science Forum, Lyon, France	2013

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
4	Penghargaan Lima Tahunan Biologi Award	Fakultas Biologi UNSOED	2013
5	Equipment Award	German Ministry of Economic and International Cooperation, Germany	2014
6	Habibie Prize	Yayasan SDM Iptek dan BRIN	2022
7	Satyalancana Karya Satya XXX Tahun	Presiden Jokowi	2023

Bioprospeksi mikroorganisme laut Indonesia dilakukan lebih kepada mikroorganisme laut dangkal seperti terumbu karang berbasis metode konvensional. Hampir 68% laut Indonesia lebih dalam dari 200 m dan dikategorikan sebagai laut dalam. Biodiversitas mikroorganisme laut dalam masih sangat terbatas sehingga membuka peluang riset bioprospeksi mikroorganisme laut dalam. Pendekatan biologi molekuler khususnya pemanenan gen dan biologi sintetis terbukti ampuh sebagai pelengkap metode konvensional terutama untuk mengungkit metabolit yang tersembunyi dan meningkatkan peluang penemuan metabolit baru

BRIN Publishing
The Legacy of Knowledge

Diterbitkan oleh:
Penerbit BRIN, anggota Ikapi
Gedung B.J. Habibie Lt. 8,
Jln. M.H. Thamrin No. 8,
Kota Jakarta Pusat 10340
E-mail: penerbit@brin.go.id
Website: penerbit.brin.go.id

DOI: 10.55981/brin-others.1693



ISBN 978-602-6303-52-3

