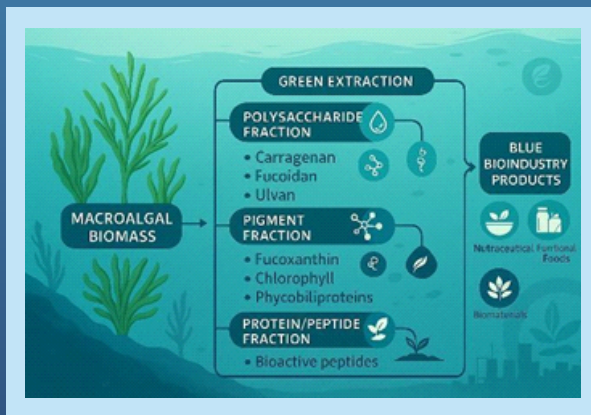


ORASI ILMIAH: RISET DAN INOVASI

BIOPROSPEKSI MAKROALGA SEBAGAI PILAR PANGAN DAN KESEHATAN DALAM TRANSFORMASI BIOINDUSTRI BIRU INDONESIA

ORASI ILMIAH PROFESOR RISET ILMU KELAUTAN BIDANG BIOLOGI LAUT KEPAKARAN BIOTEKNOLOGI LAUT



RATIH PANGESTUTI

BADAN RISET DAN INOVASI NASIONAL

**BIOPROSPEKSI MAKROALGA
SEBAGAI PILAR PANGAN DAN
KESEHATAN DALAM TRANSFORMASI
BIOINDUSTRI BIRU INDONESIA**

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan pertama pada 2026 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/>



**BIOPROSPEKSI MAKROALGA
SEBAGAI PILAR PANGAN DAN
KESEHATAN DALAM TRANSFORMASI
BIOINDUSTRI BIRU INDONESIA**

**ORASI ILMIAH PROFESOR RISET
ILMU KELAUTAN
BIDANG BIOLOGI LAUT
KEPAKARAN BIOTEKNOLOGI LAUT**

**OLEH:
RATIH PANGESTUTI**

Penerbit BRIN

Buku ini tidak diperjualbelikan.

© 2026 Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN)
Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Bioprospeksi Makroalga sebagai Pilar Pangan dan Kesehatan dalam Transformasi Bioindustri Biru Indonesia/Ratih Pangestuti-Jakarta: Penerbit BRIN, 2026.

xiv + 106 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISSN 3090-8485

1. Makroalga
3. Bioindustri Biru

2. Bioprospeksi

579.8

Copy editor : Meita Safitri
Proofreader : Meita Safitri
Penata Isi : Meita Safitri
Desainer Sampul : Meita Safitri

Edisi pertama : April 2026

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

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR ISI

BIODATA RINGKAS	ix
PRAKATA PENGUKUHAN	xiii
I. PENDAHULUAN.....	1
II. PERKEMBANGAN RISET MAKROALGA DI INDONESIA	5
A. Perkembangan Riset Biodiversitas Makroalga Indonesia	5
B. Perkembangan Riset Bioprospeksi Makroalga	6
III. BIOPROSPEKSI MAKROALGA TROPIS.....	11
A. Fondasi Kimia Makroalga: Dari Metabolit Primer Hingga Senyawa Bioaktif.....	11
1. Komposisi Proksimat Makroalga Tropis	11
2. Polisakarida Makroalga Tropis	13
3. Protein, Peptida Aktif, dan Asam Amino Makroalga Tropis	14
4. Profil Asam Lemak Makroalga Tropis	15
5. Pigmen Alami Makroalga Tropis.....	16
6. Polifenol.....	17
B. Aktivitas Biologis Dan Manfaat Kesehatan Metabolit Pada Makroalga	19
1. Aktivitas Antioksidan Sebagai Landasan Proteksi Seluler ...	19
2. Aktivitas Antiinflamasi	20
3. Aktivitas Antidiabetes dan Antiobesitas	21
4. Aktivitas Antikanker.....	22
5. Aktivitas Antimikroba dan Antivirus.....	24
6. Aktivitas Neuroprotektif.....	25
7. Aktivitas Kardioprotektif dan Antihipertensi	26
8. Aktivitas Antiaging dan Fotoprotektif - Modulasi Jalur Penuaan	27
C. Sinergi Antar-Metabolit dan Tantangan Translasi	29

IV. TRANSFORMASI TEKNOLOGI EKSTRAKSI MAKROALGA MENUJU PEMANFAATAN BERKELANJUTAN.....	31
A. Ekstraksi Cair Bertekanan	31
B. Ekstraksi Fluida Superkritis.....	33
C. Ekstraksi dengan Bantuan Gelombang Mikro	34
D. Teknologi Ekstraksi dengan Gelombang Ultrasonik	35
E. Ekstraksi dengan Menggunakan Enzim.....	37
V. PELUANG, TANTANGAN & STRATEGI PENGEMBANGAN MAKROALGA MENUJU BIOINDUSTRI BIRU BERKELANJUTAN	39
VI. KESIMPULAN	45
VII. PENUTUP.....	47
UCAPAN TERIMA KASIH	49
DAFTAR PUSTAKA.....	53
DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI.....	67
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Perkembangan Riset Biodiversitas Makroalga di Indonesia dari 1750–2014	6
Gambar 2.2	Perkembangan Publikasi Terkait Makroalga dari Indonesia dari 1988 hingga Desember 2024 Dilihat dari Data Scopus Indeks.....	8
Gambar 2.3	(A) Visualisasi penulis publikasi dengan kata kunci yang Berhubungan dengan makroalga Indonesia dalam kurun waktu (1988–2024); (B) Visualisasi jaringan bibliografi menggunakan VOSviewer yang memetakan hubungan antar topik dalam publikasi terkait makroalga Indonesia dalam kurun waktu (1988–2024).....	10
Gambar 3.1	Kandungan Proksimat (%) Makroalga dari Tiga Kelas yang Berbeda	12
Gambar 3.2	Komposisi asam amino <i>Ulva</i> spp yang dipanen	15
Gambar 3.3	Struktur kimia pigmen alami dan fenolik dari makroalga.....	18
Gambar 3.4	Ekspresi mRNA enzim antioksidan oleh fucoxanthin pada sel mikroglia BV2.	20
Gambar 3.5	Pengaruh fucoxanthin terhadap ekspresi iNOS pada sel BV2.	21
Gambar 3.6	Skema mekanisme penyerapan pigmen dan polifenol makroalga dalam sel enterosit.	23
Gambar 3.7	Aktivitas penghambatan renin dan enzim pengubah angiotensin-I dari bioaktif peptida organisme laut.....	27
Gambar 3.8	Aktivitas fotoprotektif phloroglucinol dari makroalga.....	28
Gambar 4.1	Diagram ekstraksi air subkritis atau <i>subcritical water hydrolysis</i> (SWE) skala laboratorium	32
Gambar 4.2	Diagram Ekstraksi Menggunakan Fluida Superkritis CO ₂ (Sc-CO ₂)	34
Gambar 4.3	Skema Teknologi Ekstraksi Non-Konvensional	36
Gambar 5.1	Peran makroalga dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs)	40

Buku ini tidak diperjualbelikan.

BIODATA RINGKAS



Dr. Ratih Pangestuti, S.Kel, M.Si lahir di Grobogan pada tanggal 27 Oktober 1983, adalah anak kedua dari dua bersaudara dari Bapak Daryanto, Bc.Hk dan Ibu Sumiati. Menikah dengan Dr. Eng. Puji Rahmadi, M.Sc dan dikaruniai dua orang anak, yaitu Shaka Rahmadi dan Rafandra Rahmadi.

Berdasarkan Keputusan Presiden Republik Indonesia Nomor 2/M Tahun 2023 tanggal 9 Januari 2023 yang bersangkutan diangkat sebagai Peneliti Ahli Utama.

Berdasarkan Keputusan Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional Nomor 82/I/HK/2026 tanggal 10 Februari 2026 yang bersangkutan melakukan pengukuhan Profesor Riset.

Menamatkan Sekolah Dasar Negeri 3 Purwodadi tahun 1995, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Purwodadi tahun 1998 dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Purwodadi tahun 2001. Memperoleh gelar Sarjana Ilmu Kelautan dari Universitas Diponegoro (Undip), Semarang tahun 2006, gelar Magister Biologi dari Universitas Kristen Satya Wacana (UKSW), Salatiga tahun 2008, Master di bidang *Biomedical and Life Sciences* dari University of Glasgow, Glasgow (United Kingdom) tahun 2009 dan gelar Doktor bidang *Marine Biochemistry* dari Pukyong National University, Busan Korea Selatan tahun 2012.

Mengikuti berbagai pelatihan non formal yang terkait dengan bidang kompetensinya, antara lain: Pelatihan Selam Dasar di Semarang (2001), Pelatihan Penginderaan Jauh Aplikasi ER Mapper Guna Penghitungan Luas Hutan Mangrove di Semarang

(2003), *Training on Seaweed Processing* di Jepara (2006), *Postdoctoral* di *Marine Bioprocess Research Center (MBPRC)* di Busan Korea Selatan (2012–2013), Pelatihan Sistem Manajemen Laboratorium Berbasis SNI ISO/IEC 17025:2008 di Jakarta (2014), *Taxonomy Training of Marine Biota* di Jakarta (2014), Pelatihan Materi Perluasan Ruang Lingkup dan Validasi Metode Berbasis SNI ISO/IEC 17025:2008 di Jakarta (2015), Pelatihan Audit Internal SNI/ISO IEC17025:2008 berbasis SNI ISO 19011:2012 dan APLAC TC-002:2006, di Jakarta (2015), Pelatihan Penelusuran Informasi *E-Journal Springer Protocols* dan *Nature Biotechnology* di Jakarta (2016), *Training Science Diplomacy: Menembus Batas Politik Untuk Kerjasama IPTEK* di Jawa Barat (2016), Pelatihan Estimasi ketidakpastian Berbasis SNI ISO/IEC 17025:2008 di Jakarta (2017), *Postdoctoral* di National Research Foundation (NRF) di Busan Korea Selatan (2018-2019), *Class for Medicinal Study on Traditional Medicine and Agricultural Residues* di Nanning, China (2017), *Molecular taxonomy training based on single DNA Barcoding and Metabarcoding* di Marbest Center, Jakarta (2017), Pelatihan Reviewer Penelitian Nasional di Tangerang (2017), Pelatihan *Natural Products Cosmetics* di Bandung (2019), Pelatihan Reviewer Penelitian Nasional Online (2021), Training Kultur Jaringan Penyediaan Bibit Rumput Laut Kotoni Seameo Biotrop di Bogor (2021), Pelatihan Evaluasi Sensori Pada Produk Pangan Online (2022), Pelatihan Genetically Modified Organism (GMO) dan Gene Editing (GE) di Yogyakarta (2024), Training of Trainers (ToT) Teaching Style Bagi Calon Fasilitator Pelatihan Teknis Penulisan Ilmiah Online (2024), Training “*Foodomics dan Agriomics : Analisis Multi-Omics untuk Riset Pertanian dan Pangan*”, di Yogyakarta (2024), dan *Workflow for Food Technology Research and Analysis* di Yogyakarta (2025).

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Pernah menduduki jabatan struktural sebagai Kepala Balai Bio Industri Laut (BBIL) LIPI (2019–2021), dan Kepala Kantor Bio Industri Laut (BIL) Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) (Oktober 2021–Maret 2022).

Jabatan fungsional peneliti diawali sebagai Peneliti Ahli Madya IV/b pada 31 Mei 2016, Peneliti Ahli Madya IV/c pada 10 Juni 2019, dan Peneliti Ahli Utama IV/e pada 25 Januari 2023.

Menghasilkan 101 karya tulis ilmiah (KTI), yang ditulis bersama penulis lain dalam bentuk buku, jurnal, dan prosiding. Sebanyak 98 KTI ditulis dalam bahasa Inggris, 14 kekayaan intelektual telah didaftarkan dalam bentuk 10 paten, dan 4 hak cipta.

Ikut serta dalam pembinaan kader ilmiah, yaitu sebagai pembimbing periset pada Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan (PR TPP) BRIN, Balai Bio Industri Laut (BBIL) LIPI, Pusat Penelitian Oseanografi (P2O) LIPI, pembimbing skripsi (S-1) pada Universitas Jendral Soedirman (UNSOED), Universitas Brawijaya (UB), Universitas Trunojoyo Madura (UTM), Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi (STIFAR), Universitas Negeri Semarang (UNNES), pembimbing skripsi (S-2) di STIFAR, dan pembimbing disertasi (S-3) serta penguji disertasi (S-3) di UNSOED, dan Deakin University (Australia).

Aktif dalam organisasi profesi ilmiah, yaitu sebagai anggota Ikatan Keluarga Alumni Universitas Diponegoro (IKA UNDIP) (2006–sekarang), Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo) (2015–2022), Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI) (2017–sekarang), Tropical Seaweed Innovation network (TSIN) (2017–sekarang), Asosiasi Peneliti Indonesia di Korea Selatan (APIK) (2022–sekarang), Ikatan Sarjana Ilmu Kelautan Indonesia (Iskindo) (2022–sekarang), Perhimpunan Periset

Indonesia (2022–sekarang), Majelis Asesor Peneliti Pusat (MAPP) (2022–2025), Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (2024–sekarang), Majelis Asesor Uji Kompetensi (MAUK) (2025–sekarang), dan The Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD) (2026–sekarang).

Menerima penghargaan antara lain Lulusan dengan Pujian Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK) UNDIP (2006), *Brain Korea* (BK) 21 (2009), Postdoctoral Fellowship *Marine Bioprocess Research Centre* (MBPRC), Korea Selatan (2012); Peserta Diklat Prajabatan Terbaik LIPI (2015); LIPI Young Scientist Awards (LYSA) (2015); Finalis L'oreal for Women in Science (2015), Peserta Diklat Jabatan Fungsional Lanjutan Terbaik LIPI (2017); Peneliti Produktif LIPI (2017); Postdoctoral Fellowship *National Research Foundation* (NRF), Korea Selatan (2018); Kenaikan Pangkat Luar Biasa (KPLB) dari Badan Kepegawaian Negara (BKN) (2021), Best Presenter International Conference of Lignocellulose (ICONLIG) (2022), Satya Lancana Karya Satya X Tahun (2024) dan masuk dalam jajaran World Top 2% scientist ver. Elsevier & Stanford (2021, 2022, 2023, 2024, 2025).

PRAKATA PENGUKUHAN

Bismillaahirrohmaanirraahim.

Assalaamu' alaykum warrahmatullaahi wabarakaatuh.

Salam sejahtera untuk kita semua.

Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Kepala Instansi 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 15 April 2026, menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

“BIOPROSPEKSI MAKROALGA SEBAGAI PILAR PANGAN DAN KESEHATAN DALAM TRANSFORMASI BIOINDUSTRI BIRU INDONESIA”

Dalam orasi ini disajikan *state of the art* bioprospeksi makroalga tropis beserta peluang strategis dan tantangan ilmiah serta kebijakan yang menyertainya, dalam kerangka menjadikan makroalga sebagai pilar pangan dan kesehatan bagi pembangunan bioindustri biru Indonesia yang berkelanjutan. Makroalga diposisikan bukan lagi sekadar komoditas primer, melainkan sebagai sumber biomolekul bernilai tinggi yang menopang

pengembangan pangan fungsional, bahan aktif kesehatan, serta industri bioteknologi kelautan. Melalui sintesis keanekaragaman metabolit bioaktif, mekanisme bioaktivitasnya, dan kemajuan teknologi ekstraksi hijau, orasi ini menegaskan bahwa sumber daya hayati laut Indonesia memiliki potensi ilmiah, ekonomi, dan ekologis yang sangat besar untuk ditransformasikan menjadi nilai tambah berkelanjutan.

Lebih lanjut, orasi ini bertujuan memberikan landasan konseptual dan strategis mengenai arah pengembangan bio-prospeksi makroalga sebagai penggerak sistem pangan dan kesehatan yang lebih aman, sehat, dan ramah lingkungan, sekaligus sebagai fondasi transformasi bioekonomi kelautan nasional. Integrasi antara pemahaman biodiversitas laut, inovasi teknologi pemrosesan ramah lingkungan, dan pengembangan produk bernilai tambah diharapkan dapat berkontribusi pada perumusan kebijakan nasional yang visioner, bertanggung jawab, dan berkelanjutan. Dengan demikian, pemanfaatan makroalga tropis tidak hanya menjadi hasil eksplorasi hayati, tetapi juga bagian integral dari penguatan ketahanan pangan, peningkatan kesejahteraan masyarakat pesisir, serta pembangunan bioindustri biru Indonesia yang berdaya saing global.

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar di dunia dan salah satu pusat biodiversitas laut global, dengan lebih dari 17.000 pulau yang membentang di antara dua samudra dan dua benua (Pangestuti & Limantara, 2010; Pangestuti & Wibowo, 2013). Posisi strategis ini tidak hanya mencerminkan keunggulan geografis, tetapi juga menegaskan besarnya potensi sumber daya hayati laut sebagai fondasi pengembangan bioindustri biru, yaitu paradigma pembangunan yang menempatkan sumber daya laut sebagai penggerak utama penciptaan nilai tambah ekonomi, ketahanan pangan, dan kesehatan masyarakat secara berkelanjutan. Dalam konteks pembangunan abad ke-21, potensi tersebut semakin relevan seiring meningkatnya tekanan global terhadap sistem pangan dan kesehatan.

Pertumbuhan penduduk global yang diproyeksikan mencapai 10,3 miliar jiwa pada tahun 2080 memberikan tekanan besar terhadap sistem pangan dunia (United Nations DESA/Population Division, 2024). Perubahan pola konsumsi akibat urbanisasi dan peningkatan pendapatan turut mendorong meningkatnya prevalensi penyakit degeneratif yang berkaitan erat dengan kualitas diet. Kondisi ini menuntut transformasi sistem pangan menuju pendekatan yang tidak hanya berorientasi pada ketersediaan saja, tetapi juga pada fungsi kesehatan dan pencegahan penyakit.

Di sisi lain, ketimpangan akses terhadap pangan sehat masih menjadi persoalan serius. Pola konsumsi modern yang tinggi kalori namun rendah mikronutrien berkontribusi pada meningkatnya prevalensi penyakit degeneratif, sementara ketergantungan pada sumber pangan darat semakin memperberat

tekanan terhadap lahan, air, dan energi. Dalam konteks ini, pemanfaatan sumber daya perairan melalui pengembangan pangan biru (*blue foods*) menawarkan solusi strategis untuk mendiversifikasi sumber pangan sekaligus mengurangi tekanan ekologis daratan.

Sebagai bagian integral dari pangan biru, makroalga atau yang juga dikenal dengan rumput laut menempati posisi yang sangat strategis (Pangestuti et al., 2024; Pangestuti & Arifin, 2018; Siahaan & Pangestuti, 2017). Kurang lebih 900 spesies makroalga tercatat di Indonesia. Dari sisi produksi, Indonesia merupakan salah satu produsen makroalga terbesar di dunia, dengan produksi nasional makroalga secara konsisten berada pada kisaran lebih dari 10 juta ton basah per tahun (KKP, 2024). Indonesia secara konsisten menempati posisi teratas produsen makroalga global, terutama dari genus *Kappaphycus* sp., *Euचेuma* sp., dan *Gracilaria* sp. (KKP, 2024). Secara spasial, potensi lahan budidaya makroalga Indonesia diperkirakan mencapai lebih dari 12 juta hektar, namun tingkat pemanfaatannya masih relatif rendah dibandingkan kapasitas ekologis yang tersedia (Sekretariat Kabinet RI, 2019).Keunggulan makroalga tidak hanya terletak pada ketersediaan biomassa, tetapi juga pada karakter ekologisnya yang tidak memerlukan lahan subur, air tawar, maupun input agrokimia, sehingga tidak berkompetisi dengan sistem pangan darat.

Namun demikian, pemanfaatan makroalga nasional hingga saat ini masih didominasi oleh ekspor bahan mentah atau produk setengah jadi dengan nilai tambah yang relatif rendah (Pangestuti et al., 2019; Rasyid et al., 2019). Kondisi ini membuka peluang strategis bagi pengembangan bioprospeksi makroalga secara lebih sistematis dan berorientasi hilirisasi. Bioprospeksi makroalga mencakup eksplorasi, isolasi, dan

karakterisasi senyawa bioaktif yang memiliki potensi aplikasi luas dalam pencegahan penyakit degeneratif, peningkatan kesehatan metabolik, serta pengembangan pangan fungsional dan nutrasetikal. Dengan demikian, bioprospeksi menempatkan makroalga pada persimpangan strategis antara pangan dan kesehatan, sehingga berperan langsung dalam penguatan ketahanan pangan berbasis kualitas dan fungsi, bukan semata-mata kuantitas.

Dalam dua dekade terakhir, berbagai studi menunjukkan bahwa makroalga Indonesia kaya akan senyawa bioaktif dengan beragam aktivitas biologis (Arsianti et al., 2016; Pangestuti & Kim, 2015e, 2015b). Temuan ini relevan untuk menjawab tantangan *double burden of malnutrition* yang dihadapi Indonesia, di mana masalah kekurangan gizi dan penyakit degeneratif muncul secara bersamaan. Integrasi bioprospeksi makroalga memungkinkan penguatan ketahanan pangan yang tidak hanya menjamin ketersediaan pangan, tetapi juga meningkatkan kualitas kesehatan masyarakat. Meskipun potensinya sangat besar, pengembangan bioprospeksi makroalga di Indonesia masih menghadapi berbagai tantangan, terutama keterbatasan teknologi ekstraksi dan pemrosesan yang efisien serta ramah lingkungan. Oleh karena itu, pengembangan teknologi ekstraksi non-konvensional berbasis *green chemistry* menjadi krusial untuk menjembatani potensi makroalga dengan kebutuhan industri pangan dan kesehatan yang berkelanjutan.

Naskah orasi ilmiah ini membahas secara komprehensif biodiversitas dan potensi makroalga Indonesia, perkembangan riset bioprospeksi, serta integrasinya dalam penguatan ketahanan pangan nasional. Dengan pendekatan tersebut, makroalga diposisikan sebagai sumber biomolekul strategis yang menjembatani pangan, kesehatan, dan keberlanjutan dalam kerangka bioindustri biru Indonesia.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

II. PERKEMBANGAN RISET MAKROALGA DI INDONESIA

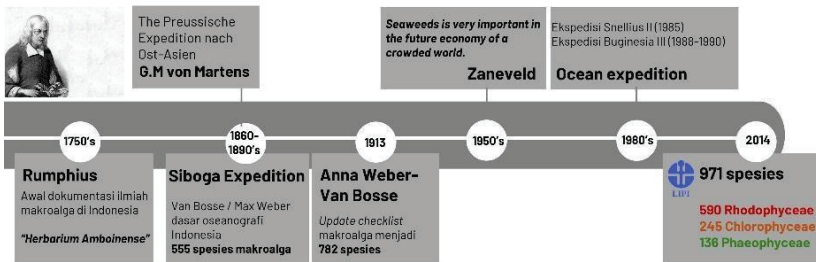
Bab ini menguraikan secara komprehensif perkembangan riset makroalga di Indonesia, mulai dari kekayaan biodiversitasnya, karakteristik riset makroalga, hingga peluang pemanfaatannya dalam mendukung sistem pangan yang tangguh dan berkelanjutan. Pemahaman yang lebih mendalam mengenai potensi biologis dan ekologis makroalga diharapkan mampu memperkuat peranannya sebagai pilar kedaulatan pangan biru dan fondasi strategis bagi keberlanjutan pembangunan kawasan pesisir tropis.

A. Perkembangan Riset Biodiversitas Makroalga Indonesia

Secara global, lebih dari 12.000 spesies makroalga telah diidentifikasi, tersebar dari perairan kutub hingga tropis (Corrigan et al., 2025). Makroalga diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok besar berdasarkan pigmen dominannya, yaitu alga merah (*Rhodophyceae*), alga coklat (*Phaeophyceae*), dan alga hijau (*Chlorophyceae*) (Pangestuti & Wibowo, 2013; Siahaan & Pangestuti, 2017). Di Indonesia, kajian awal mengenai makroalga dapat ditelusuri pada abad ke-18 melalui karya monumental Rumphius *Herbarium Amboinense*, yang mendokumentasikan lebih dari 1.000 spesies flora darat dan akuatik, termasuk berbagai jenis makroalga yang dimanfaatkan sebagai pangan dan obat (Pangestuti et al., 2025). Dokumentasi ini menandai tonggak penting dalam sejarah eksplorasi fikologi di Indonesia.

Momentum ilmiah berikutnya hadir melalui Ekspedisi Siboga (1899–1900), sebuah ekspedisi oseanografi legendaris yang

menghasilkan pencatatan 555 spesies makroalga (Pangestuti et al., 2025). Temuan ini kemudian diperkaya melalui analisis taksonomi Weber dan Bosse, yang meningkatkan jumlah spesies tercatat menjadi 782 spesies, terdiri atas 196 *Chlorophyceae*, 452 *Rhodophyceae*, dan 134 *Phaeophyceae* (Pangestuti et al., 2025). Kompilasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) tahun 2014 memperkirakan sedikitnya terdapat 971 spesies makroalga, menempatkan Indonesia sebagai salah satu negara dengan biodiversitas makroalga terkaya di dunia. Dengan demikian, catatan historis maupun data ilmiah memperlihatkan bahwa potensi makroalga Indonesia sangat besar dan menyimpan peluang bioprospeksi yang belum sepenuhnya digali (Widjaja et al., 2014; Pangestuti et al., 2019) (Gambar 2.1).



Sumber: Pangestuti et al. (2024)

Gambar 2.1 Perkembangan Riset Biodiversitas Makroalga di Indonesia dari 1750–2014.

B. Perkembangan Riset Bioprospeksi Makroalga

Sejarah bioprospeksi makroalga untuk kesehatan dan pangan telah berlangsung selama ribuan tahun, mencerminkan peran pentingnya dalam kehidupan manusia. Literatur klasik Tiongkok lebih dari dua milenium lalu telah mencatat pemanfaatan berbagai makroalga sebagai obat tradisional (Rahmadi et al., 2010, 2011).

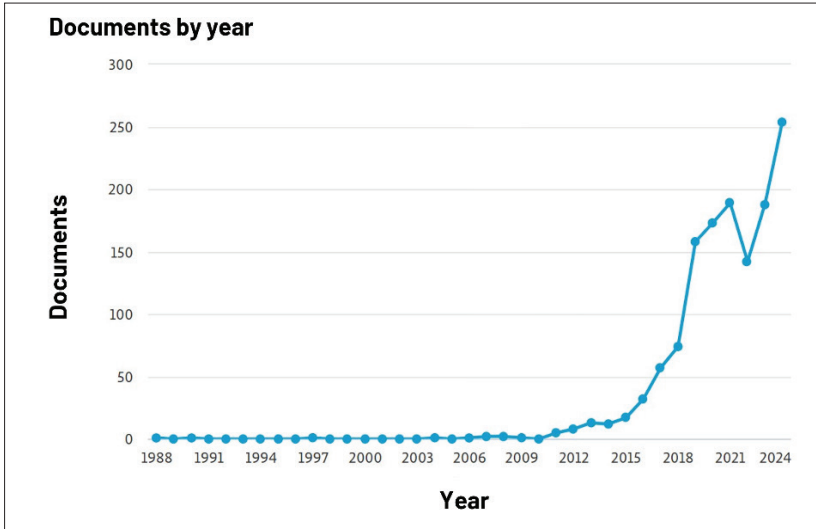
Catatan ini menunjukkan bahwa jauh sebelum konsep senyawa bioaktif dipahami secara ilmiah, makroalga telah dimanfaatkan sebagai sumber kesehatan berbasis pengetahuan empiris.

Di Indonesia, pemanfaatan makroalga pertama kali terdokumentasi secara ilmiah melalui *Herbarium Amboinense*, yang mencatat spesies makroalga sebagai bahan pangan dan obat masyarakat pesisir di Ambon (Rumphius, 1750). Karya ini tidak hanya menjadi tonggak awal eksplorasi ilmiah makroalga di Indonesia, tetapi juga refleksi keterkaitan masyarakat pesisir dan sumber daya hayati laut. Memasuki abad ke-20, perhatian terhadap makroalga bergeser menuju nilai industri seiring ditemukannya peranan strategis polisakarida laut. Studi awal menegaskan bahwa *Gracilaria* sp., *Gelidium* sp., dan *Eucheuma* sp. dari Asia Tenggara, termasuk Indonesia, merupakan sumber penting fikokoloid dunia (Zaneveld, 1959). Biomaterial ini kemudian menjadi tulang punggung berbagai industri, sekaligus menempatkan Indonesia pada posisi strategis dalam rantai pasok global.

Peran makroalga dalam kehidupan masyarakat pesisir juga ditegaskan melalui kajian etnobotani, yang menunjukkan bahwa konsumsi makroalga sebagai pangan dan obat tradisional masih berlangsung luas, seperti pada masyarakat Sumba (Anggadiredja, 2009). Fakta ini menunjukkan bahwa pemanfaatan makroalga bukan sekadar praktik subsistensi, tetapi merupakan bagian dari identitas budaya dan pengetahuan ekologis yang diwariskan lintas generasi, sehingga pengembangan riset modern idealnya berangkat dari sinergi antara sains dan kearifan lokal.

Dalam dua dekade terakhir, riset makroalga Indonesia mengalami percepatan signifikan (Gambar 2.2). Hingga tahun 2024, tercatat lebih dari 1.300 publikasi ilmiah terkait makroalga Indonesia dalam basis data Scopus, dengan peningkatan tajam sejak 2016. Tren ini sejalan dengan menguatnya agenda ekonomi

biru, meningkatnya kapasitas riset nasional, serta kesadaran global terhadap potensi bioteknologi kelautan.



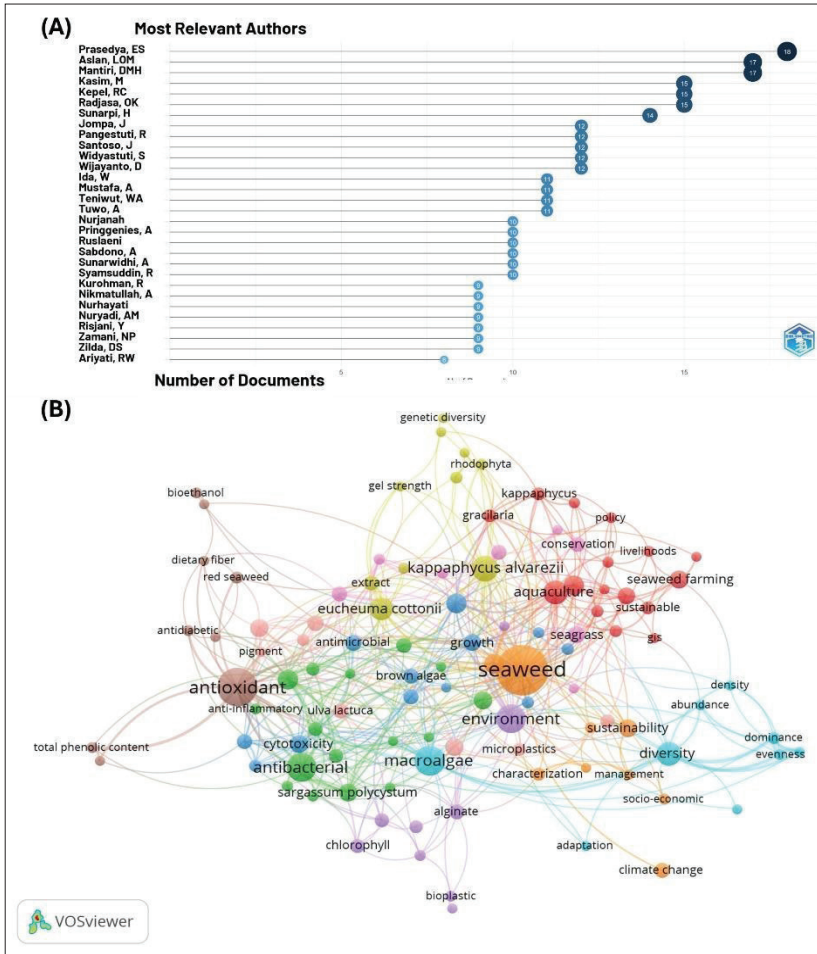
Sumber: Diolah dari Scopus Index (2025)

Gambar 2.2 Perkembangan Publikasi Terkait Makroalga dari Indonesia dari 1988 hingga Desember 2024 Dilihat dari Data Scopus Indeks.

Kolaborasi penelitian yang semakin meluas tampak jelas pada pemetaan bibliometrik yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Beberapa penulis muncul sebagai penulis dengan kontribusi publikasi yang signifikan, antara lain Prasadya, E.S., Aslan, L.O.M., Mantiri, D.M.H., Kasim, M., Kepel, R.C., Radjasa, O.K., Sunarpi, H., Jompa, J., serta Pangestuti, R. Visualisasi jaringan menggambarkan bagaimana para peneliti Indonesia dan dunia terhubung dalam jejaring ilmiah yang aktif dan produktif. Lingkaran-lingkaran yang saling terhubung menunjukkan hubungan kolaboratif yang kuat, menandakan bahwa riset makroalga telah menjadi wadah pertemuan para ilmuwan dari berbagai

disiplin (Rahmadi et al., 2025). Sementara itu, pemetaan kata kunci mengungkapkan bahwa topik-topik penelitian seperti *macroalgae*, *environment*, *antioxidant*, *aquaculture*, dan *biodiversity* membentuk klaster tematik yang saling berinteraksi. Pemetaan ini menunjukkan bahwa penelitian makroalga di Indonesia telah berkembang secara multidimensional, menghubungkan aspek ekologi, bioteknologi, nutrisi, kesehatan, hingga perubahan iklim. Meskipun demikian, fokus riset masih relatif terkonsentrasi pada beberapa komoditas utama, seperti *Kappaphycus alvarezii*, *Euचेuma* sp., *Gracilaria* sp., *Sargassum* sp., dan *Ulva lactuca* (Pangestuti et al., 2025).

Secara keseluruhan, perkembangan riset makroalga di Indonesia memperlihatkan lintasan evolutif yang jelas dari eksplorasi biodiversitas dan pemanfaatan tradisional di masa lalu, menuju penguatan riset bioprospeksi dan komoditas industri pada masa kini, serta membuka peluang transformasi berbasis IPTEK di masa mendatang. Pada fase awal, riset didominasi oleh inventarisasi taksonomi, etnobotani, dan pemanfaatan makroalga sebagai pangan dan obat tradisional. Seiring meningkatnya kebutuhan industri dan kemajuan sains, fokus riset bergeser pada eksploitasi polisakarida laut dan senyawa bioaktif sebagai bahan baku pangan, farmasi, dan kesehatan. Ke depan, pengembangan riset makroalga Indonesia perlu dipertajam melalui pendekatan integratif yang menghubungkan pemetaan biodiversitas, karakterisasi biomolekul/metabolit berbasis lokasi tumbuh, teknologi ekstraksi hijau, serta sistem budidaya presisi dan *marine biorefinery*. Arah ini menempatkan makroalga tidak lagi sebagai komoditas primer semata, tetapi sebagai sumber biomolekul strategis yang relevan dengan kebutuhan pangan fungsional, kesehatan, dan bioindustri biru berkelanjutan, sekaligus menjadi jembatan konseptual antara budaya masa lalu, riset dan strategi pengembangan makroalga Indonesia di masa kini dan masa mendatang.



Sumber: Diolah dari Scopus Index (2025)

Gambar 2.3 (A) Visualisasi penulis publikasi dengan kata kunci yang Berhubungan dengan makroalga Indonesia dalam kurun waktu (1988–2024); (B) Visualisasi jaringan bibliografi menggunakan VOSviewer yang memetakan hubungan antar topik dalam publikasi terkait makroalga Indonesia dalam kurun waktu (1988–2024).

III. BIOPROSPEKSI MAKROALGA TROPIS

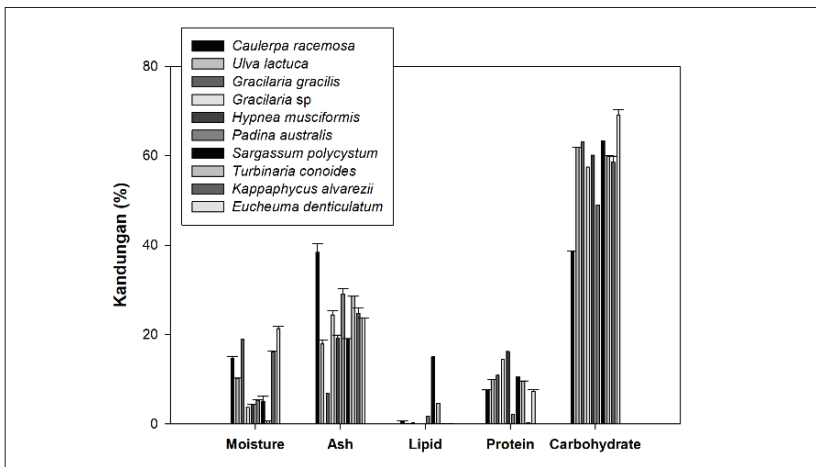
Bioprospeksi merupakan pendekatan ilmiah yang mencakup eksplorasi, identifikasi, serta karakterisasi sumber daya hayati untuk menemukan senyawa atau biomaterial bernilai tinggi yang berpotensi dikembangkan bagi pangan, kesehatan, dan industri berbasis hayati. Dalam konteks bioteknologi kelautan, makroalga tidak hanya berperan sebagai sumber pangan, tetapi juga sebagai gudang alami senyawa bioaktif dengan spektrum aktivitas biologis yang luas. Kandungan metabolit fungsional tersebut menempatkan makroalga sebagai sumber daya strategis bagi pengembangan pangan fungsional, suplemen kesehatan, kosmetika berbasis bahan alam, serta aplikasi biomedis modern yang sejalan dengan penguatan bioekonomi dan ketahanan pangan berkelanjutan.

A. Fondasi Kimia Makroalga: Dari Metabolit Primer Hingga Senyawa Bioaktif

1. Komposisi Proksimat Makroalga Tropis

Komposisi metabolit primer makroalga merupakan faktor kunci yang menentukan nilai nutrisi dan kesesuaiannya untuk aplikasi pangan, kesehatan, dan bioteknologi (Pangestuti et al., 2021; Pangestuti et al., 2024; Rasyid et al., 2019; Siahaan et al., 2018). Kajian terhadap makroalga dari perairan tropis Indonesia menunjukkan kandungan karbohidrat yang relatif tinggi ($\pm 38\text{--}63\%$ bobot kering), terutama dalam bentuk polisakarida fungsional, yang berperan sebagai serat pangan sekaligus komponen bioaktif (Gambar 3.1) (Pangestuti et al., 2021). Sebaliknya, makroalga dari wilayah subtropis umumnya dilaporkan memiliki kandungan protein dan lipid yang lebih

tinggi, yang berkaitan dengan adaptasi fisiologis terhadap suhu lebih rendah dan fluktuasi musiman cahaya (Susanto et al., 2019). Makroalga tropis, dengan kandungan lemak yang sangat rendah (<2% bobot kering) dan dominasi polisakarida struktural, menawarkan keunggulan sebagai bahan pangan rendah kalori dengan sifat fungsional unggul, seperti kemampuan membentuk gel, mengikat air, dan meningkatkan stabilitas produk. Secara keseluruhan, profil proksimat makroalga tropis Indonesia yang kaya serat dan mineral, didukung oleh biodiversitas yang tinggi, menempatkannya sebagai sumber biomassa strategis bagi pengembangan pangan inovatif, dan nutrasetikal. Profil proksimat makroalga Indonesia tersebut merupakan salah satu hal yang mendasari pengembangan *Ulva lactuca* sebagai nori analog dan perenyah sebagaimana sudah didaftarkan Paten dengan nomor P00202315106 dan P00202414771 (Poeloengasih et al., 2023; Siahaan et al., 2024).



Sumber: Diharmi et al. (2019); Pangestuti et al. (2021); Pangestuti et al. (2024); Rasyid et al. (2019); Siahaan et al. (2018); Syafitri et al. (2022).

Gambar 3.1 Kandungan Proksimat (%) Makroalga dari Tiga Kelas yang Berbeda.

2. Polisakarida Makroalga Tropis

Makroalga tropis merupakan sumber utama polisakarida sulfat bernilai tinggi, yang berperan penting dalam industri pangan, kesehatan, dan biomaterial. Karagenan, yang diekstraksi terutama dari alga merah tropis *Kappaphycus alvarezii* dan *Eucheuma denticulatum*, tersusun atas tiga tipe utama (κ , ι , dan λ) yang dibedakan berdasarkan tingkat sulfatasi dan konformasi galaktan (Pangestuti & Kim, 2015a; Puspita et al., 2020). Variasi struktur ini menentukan sifat fungsionalnya, mulai dari pembentukan gel kuat dan elastis hingga fungsi sebagai pengental non-gelling, sehingga menjadikan karagenan salah satu hidrokoloid paling luas digunakan dan telah dinyatakan aman oleh Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives (JECFA, 2001).

Pada makroalga coklat, fucoidan merupakan polisakarida sulfat kompleks yang terutama tersusun atas L-fukosa tersulfatasi dengan variasi struktur yang tinggi antarspesies. Meskipun fucoidan banyak dilaporkan pada alga subtropis, makroalga tropis juga menunjukkan keragaman struktur fucoidan yang khas, yang dipengaruhi oleh suhu perairan lebih tinggi dan intensitas cahaya, sehingga berpotensi menghasilkan aktivitas biologis yang berbeda (Gereniu et al., 2017; Saravana et al., 2016). Sementara itu, ulvan dari makroalga hijau tropis genus *Ulva* memiliki struktur unik berbasis rhamnosa sulfat, xilosa, dan asam glukuronat. Dibandingkan polisakarida dari alga subtropis, ulvan tropis cenderung menunjukkan variasi komposisi dan berat molekul yang lebih dipengaruhi oleh fluktuasi lingkungan, yang berdampak pada sifat fungsionalnya sebagai biomaterial, termasuk aplikasi film biodegradable dan sistem penghantaran obat (Pangestuti & Kurnianto, 2017). Secara komparatif, makroalga subtropis umumnya menghasilkan polisakarida dengan struktur yang lebih stabil dan terstandarisasi akibat kondisi lingkungan yang relatif homogen, sedangkan makroalga tropis

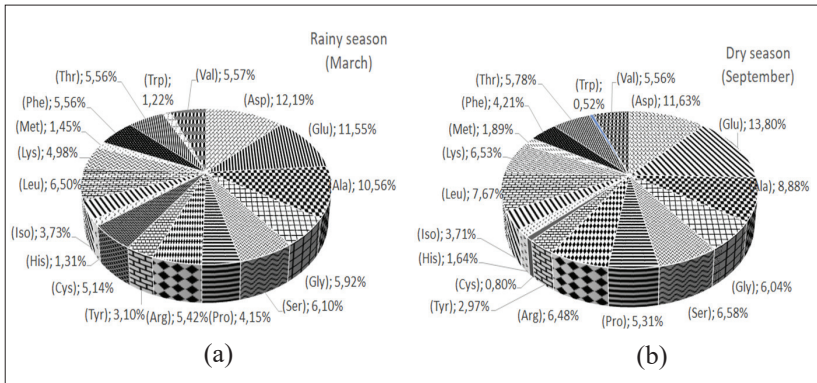
menunjukkan keragaman struktural dan fungsional yang lebih tinggi sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan laut yang dinamis.

3. Protein, Peptida Aktif, dan Asam Amino Makroalga Tropis

Makroalga memiliki profil protein dan asam amino yang khas, yang berkontribusi pada nilai nutrisi dan karakter sensorinya. Makroalga merah dan hijau umumnya memiliki kandungan dan keragaman asam amino lebih tinggi dibandingkan makroalga coklat, mencerminkan perbedaan taksonomi dan kondisi lingkungan tropis yang memengaruhi metabolisme protein (Kim et al., 2011; Kim & Pangestuti, 2013a; Poeloengasih et al., 2023; Rasyid et al., 2019; Siahaan et al., 2018). Makroalga tropis biasanya memiliki kandungan protein yang lebih rendah dari makroalga yang tumbuh pada daerah subtropis (Pangestuti & Kim, 2015d; Suryaningtyas et al., 2023).

Pada *Ulva* spp. dan *Gracilaria* spp., asam aspartat dan asam glutamat merupakan asam amino dominan. Asam glutamat, khususnya, berperan dalam pembentukan rasa umami yang menjadi ciri hidangan laut. Konsistensi tingginya kadar glutamat pada berbagai spesies *Ulva* spp. dari lokasi dan musim berbeda menegaskan stabilitas metabolit ini (Kim et al., 2011; Kim & Pangestuti, 2013a; Poeloengasih et al., 2023). Kualitas protein makroalga tercermin dari rasio asam amino esensial (EAA) terhadap non-esensial (NEAA). Variasi rasio ini dipengaruhi jenis makroalga dan faktor lingkungan seperti suhu, salinitas, cahaya, dan ketersediaan nutrisi, yang memengaruhi biosintesis protein. Pada *Ulva* spp., rasio EAA/NEAA juga dipengaruhi musim, dengan nilai lebih tinggi pada musim kemarau (Gambar 3.2). Makroalga merupakan sumber protein dan peptida bio-aktif yang potensial untuk pangan dan biofarmaka. Namun,

pemanfaatannya dalam produk seperti suplemen, *skincare*, dan nutrasetikal masih relative terbatas. Kendala utama meliputi kompleksitas matriks dinding sel yang kaya polisakarida struktural, tingginya kandungan senyawa pengikat protein, serta keberadaan antinutrien yang menghambat efisiensi ekstraksi dan menurunkan ketersediaan hayati protein (Pangestuti & Kim, 2015d; Suryaningtyas et al., 2023).



Keterangan: (a) musim penghujan; (b) musim kemarau

Sumber: Poeloengasih et al. (2023)

Gambar 3.2 Komposisi asam amino *Ulva* spp yang dipanen

4. Profil Asam Lemak Makroalga Tropis

Meskipun kadar lemak makroalga rendah, profil asam lemaknya menunjukkan karakter nutrisi yang penting. Walaupun makroalga dari daerah subtropis umumnya memiliki proporsi *polyunsaturated fatty acids* (PUFA) yang lebih tinggi karena adaptasi terhadap suhu rendah (Susanto et al., 2019). Namun makroalga tropis cenderung menunjukkan dominasi asam lemak jenuh dan tak jenuh tunggal dengan komposisi PUFA yang lebih bervariasi dan sangat dipengaruhi oleh spesies serta kondisi lingkungan lokal. Makroalga tropis mengandung berbagai

asam lemak esensial, termasuk kelompok omega-3 ($\omega 3$) yang berperan dalam kesehatan jantung, modulasi inflamasi, dan fungsi neurologis (Pangestuti & Kim, 2013b). Dua spesies alga coklat yakni *Padina australis* dan *Turbinaria conoides* bahkan mengandung alpha-linolenic acid (ALA), eicosapentaenoic acid (EPA), dan docosahexaenoic acid (DHA), suatu karakteristik yang jarang ditemukan pada sumber nabati (Siahaan et al., 2018). Sebaliknya, alga hijau (*Caulerpa racemosa*, *Ulva lactuca*) hanya mengandung ALA, sementara alga merah (*Gracilaria* spp.) dilaporkan mengandung DHA saja, menegaskan pengaruh spesies dan lingkungan terhadap profil lipid.

Rasio omega-6/omega-3 ($\omega 6/\omega 3$) merupakan salah satu indikator penting kesehatan metabolik. WHO merekomendasikan rasio tidak melebihi 10:1, karena ketidakseimbangan yang terlalu tinggi dikaitkan dengan risiko inflamasi kronis dan penyakit degeneratif (Pangestuti & Kim, 2017). Makroalga Indonesia memiliki rasio $\omega 6/\omega 3$ yang rendah yakni antara 1.21 sampai 2.71, menunjukkan potensi kontribusi protektif terhadap kesehatan melalui peningkatan asupan $\omega 3$ alami (Pangestuti et al., 2021; Pangestuti et al., 2024; Siahaan et al., 2018). Karakterisasi profil lipid makroalga Indonesia menjadi langkah strategis untuk memperkuat basis data pangan biru nasional dan mendukung pengembangan intervensi gizi berbasis sumber daya laut yang berkelanjutan.

5. Pigmen Alami Makroalga Tropis

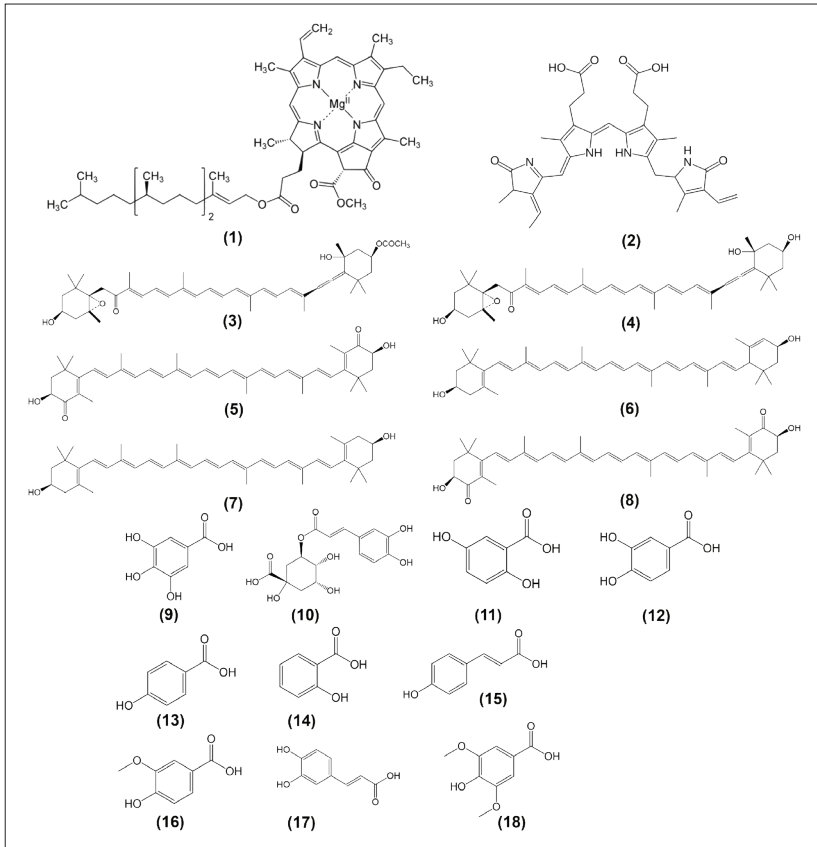
Pigmen alami (Gambar 3.3) merupakan komponen kunci makroalga yang menentukan warna, mendukung fotosintesis, serta berperan dalam perlindungan terhadap stres lingkungan. Tiga kelompok utama pigmen makroalga meliputi klorofil, karotenoid, dan fikobilin, yang bersama-sama berfungsi dalam penangkapan cahaya dan fotoproteksi. Klorofil merupakan

pigmen fotosintetik utama pada makroalga, dengan klorofil *a* sebagai bentuk dominan dan tipe lain (b, c, d, f) yang memperluas spektrum penyerapan cahaya dan memungkinkan adaptasi terhadap variasi intensitas cahaya (Pangestuti & Kim, 2011a).

Karotenoid adalah pigmen kuning hingga merah yang berperan dalam penyerapan cahaya dan fotoproteksi, mencakup karoten dan xantofil (Kusmita et al., 2021; Rahmadi et al., 2025). Di antara xantofil, fucoxanthin merupakan pigmen khas alga coklat yang paling banyak diteliti karena kelimpahan dan aktivitas biologisnya yang luas seperti antioksidan, antikanker, anti-obesitas, dan neuroprotektif (Pangestuti & Siahaan, 2018; Siahaan et al., 2018). Sementara itu, fikobiliprotein merupakan pigmen-protein larut air khas makroalga merah yang berfungsi sebagai antena cahaya, memungkinkan efisiensi fotosintesis tinggi terutama pada kondisi cahaya rendah. Secara keseluruhan, keragaman pigmen makroalga mencerminkan adaptasi ekologis yang kuat serta mendukung pemanfaatannya sebagai sumber pigmen alami bernilai tambah tinggi.

6. Polifenol

Polifenol (Gambar 3.3) merupakan metabolit sekunder utama pada makroalga yang berperan dalam pertahanan biologis dan berkontribusi pada aktivitas bioaktif seperti antioksidan dan antikanker, dengan komposisi yang sangat dipengaruhi oleh spesies, fase pertumbuhan, dan kondisi lingkungan (Pangestuti, Rahmadi, et al., 2024). Asam fenolik pada makroalga profilnya bervariasi luas antarspesies dan dipengaruhi oleh faktor lingkungan serta metode ekstraksi (Pangestuti et al., 2019; Pangestuti et al., 2021). Studi sebelumnya menunjukkan bahwa kandungan asam fenolik yang tertinggi pada *Hypnea musciformis* adalah chlorogenic acid (27.98 ± 0.57 mg/g) dan gallic acid (1.22 ± 0.20 mg/g).



Keterangan: (1) Klorofil *a*; (2) Phycoerythrobilin; (3) Fucoxanthin; (4) Fucoxanthinol; (5) Amarouciaxanthin A; (6) Lutein; (7) Zeaxanthin; (8) Astaxanthin; (9) Gallic acids; (10) Chlorogenic acids; (11) Gentisic acids; (12) Protocatechuic acids; (13) *p*-hydroxybenzoic acids; (14) Salicylic acids; (15) Coumaric acids; (16) Vanillic acids; (17) Caffeic acids; dan (18) Syringic acids.

Sumber: Pangestuti et al. (2018)

Gambar 3.3 Struktur kimia pigmen alami dan fenolik dari makroalga.

Phlorotanin merupakan polifenol khas makroalga coklat yang tersusun dari unit phloroglucinol dan menjadi kontributor utama aktivitas bioaktif kelompok ini (Pangestuti et al., 2018). Sebaliknya, makroalga merah dan hijau lebih didominasi oleh asam fenolik, flavonoid, *mycosporine like amino acids* (MAAs), dan bromofenol, yang mencerminkan adaptasi biokimia terhadap variasi cahaya, salinitas, dan radiasi ultraviolet (UV).

B. Aktivitas Biologis Dan Manfaat Kesehatan Metabolit Pada Makroalga

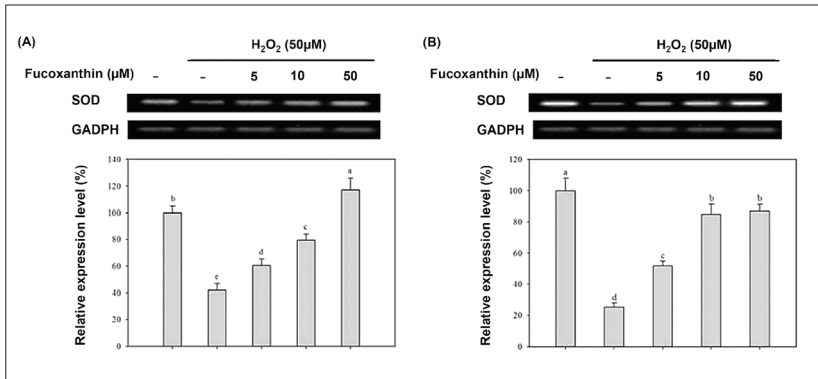
Makroalga mengandung metabolit primer dan sekunder seperti polisakarida sulfat, fenolik, terpenoid, sterol, pigmen fotosintetik, peptida, dan asam lemak, yang berinteraksi dengan berbagai target molekuler, menghasilkan beragam aktivitas biologis penting bagi kesehatan dan aplikasi industri. Aktivitas tersebut bergantung pada mekanisme aksi, hubungan struktur–fungsi, serta bukti empiris *in vitro* dan *in vivo*.

1. Aktivitas Antioksidan Sebagai Landasan Proteksi Seluler

Antioksidan merupakan salah satu aktivitas biologis paling banyak dilaporkan pada makroalga, didukung oleh keberadaan polifenol, karotenoid, pigmen fotosintetik, dan polisakarida tersulfatasi sebagai bentuk adaptasi terhadap lingkungan laut yang kaya oksidan. Metabolit ini menjadikan makroalga sumber antioksidan alami yang potensial.

Antioksidan makroalga bekerja melalui mekanisme komplementer, meliputi penangkapan radikal bebas, penghambatan peroksidasi lipid, khelasi ion logam transisi, serta aktivasi sistem pertahanan endogen (Gambar 3.4). Efektivitas aktivitas antioksidan dari makroalga sangat ditentukan oleh struktur kimia

senyawa, seperti kandungan gugus hidroksil pada polifenol, sistem ikatan rangkap terkonjugasi pada karotenoid, dan pola sulfatasi pada polisakarida (Pangestuti et al., 2013; Wijesekara et al., 2011).



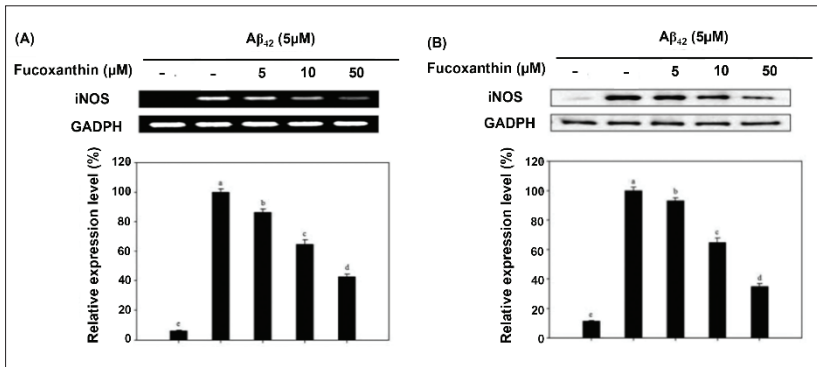
Sumber: Pangestuti et al. (2013)

Gambar 3.4 Ekspresi mRNA enzim antioksidan oleh fucoxanthin pada sel mikroglia BV2.

2. Aktivitas Antiinflamasi

Inflamasi kronis merupakan faktor kunci dalam perkembangan penyakit degeneratif, dan metabolit makroalga terutama polisakarida tersulfatasi, senyawa fenolik, dan karotenoid menunjukkan aktivitas antiinflamasi yang kuat. Senyawa-senyawa ini bekerja dengan menekan mediator proinflamasi melalui penghambatan *inducible nitric oxide synthase* (iNOS), *cyclooxygenase-2* (COX-2), serta jalur pensinyalan *nuclear factor kappa B* (NF-κB) dan *mitogen-activated protein kinase* (MAPK), sekaligus menurunkan stres oksidatif yang memicu respons inflamasi (Pangestuti et al., 2011). Efektivitas mekanisme tersebut telah dibuktikan pada model sel mikroglia BV2, di mana fucoxanthin secara signifikan menurunkan produksi *nitric oxide*

(NO) dan ekspresi iNOS pada kondisi inflamasi, menegaskan relevansinya dalam proteksi saraf seperti pada Gambar 3.5. (Pangestuti et al., 2013). Secara fisiologis, aktivitas antiinflamasi makroalga menjadi dasar bagi berbagai manfaat biologis lain, termasuk efek antidiabetes, antiobesitas, dan antikanker, sehingga modulasi inflamasi merupakan fondasi utama efek proktif sistemik biomolekul dari makroalga.



Sumber: Pangestuti et al. (2013)

Gambar 3.5 Pengaruh fucoxanthin terhadap ekspresi iNOS pada sel BV2.

3. Aktivitas Antidiabetes dan Antiobesitas

Makroalga berkontribusi pada pengendalian metabolisme glukosa dan lipid melalui beberapa jalur kunci. Secara molekuler, metabolitnya menghambat enzim pencernaan karbohidrat (α -glukosidase, α -amilase), meningkatkan sensitivitas insulin melalui aktivasi jalur *insulin receptor substrate-1 (IRS-1)/phosphoinositide 3-kinase (PI3K)/protein kinase B (Akt) signaling pathway* dan peningkatan ekspresi *glucose transporter type 4 (GLUT4)*, serta mengaktivasi *adenosine monophosphate-activated protein kinase (AMPK)* yang mendorong oksidasi

lemak dan menekan lipogenesis. Regulasi negatif terhadap *peroxisome proliferator-activated receptor gamma (PPAR γ)* dan *sterol regulatory element-binding protein-1c (SREBP-1c)* turut menghambat adipogenesis dan memperbaiki fungsi metabolik jaringan adiposa (Magwaza & Islam, 2023). Polisakarida sulfat seperti ulvan dan fucoidan memainkan peran utama dalam penghambatan enzim dan aktivasi AMPK, sementara fucoxanthin meningkatkan termogenesis dengan menginduksi *uncoupling protein 1 (UCP1)* pada jaringan adiposa putih (Pangestuti & Kim, 2011a). Produk nutrasetikal berbasis fucoxanthin telah dikembangkan, meskipun bukti klinis masih memerlukan verifikasi lebih lanjut untuk memastikan efektivitas dan keamanan jangka panjang.

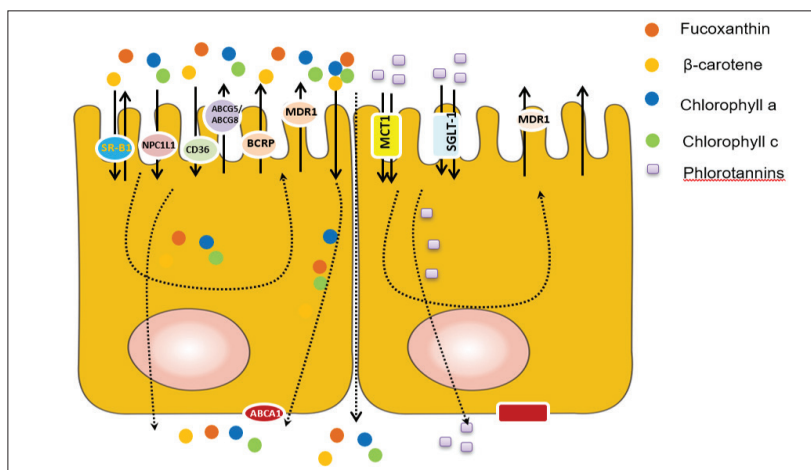
4. Aktivitas Antikanker

Makroalga merupakan sumber metabolit bioaktif dengan potensi antikanker yang luas, termasuk polisakarida tersulfatasi, phlorotannin, karotenoid seperti fucoxanthin, terpenoid, dan senyawa khas seperti caulerpin (Pangestuti & Kim, 2015b; Pangestuti & Siahaan, 2018; Permatasari et al., 2022). Metabolit ini menunjukkan aktivitas antiproliferatif, proapoptotik, dan imunomodulator pada berbagai model kanker. Aktivitas tersebut telah dibuktikan, misalnya pada *Ulva lactuca* dan *Eucheuma cottonii*, yang memperlihatkan efek penghambatan signifikan pada sel kanker payudara MCF-7 dan kanker kolorektal HCT-116 dengan nilai IC_{50} 21–99 $\mu\text{g/mL}$, bergantung fraksi dan pelarut ekstraksi (Arsianti et al., 2016).

Mekanisme antikanker makroalga bersifat multitarget, meliputi induksi apoptosis melalui jalur intrinsik dan ekstrinsik, penghambatan angiogenesis, serta penekanan jalur proliferasi (Kim & Pangestuti, 2011; Pangestuti & Kim, 2011b; Yasuda et al., 2022). Metabolit spesifik seperti fucoidan dan fucoxanthin

juga meningkatkan sensitivitas sel kanker terhadap kemoterapi. Efektivitas fucoxanthin ini turut dipengaruhi proses absorpsi, di mana karotenoid memanfaatkan transporter membran seperti *cluster of differentiation 36* (CD36), *niemann-pick C1-like 1* (NPC1L1), dan *scavenger receptor class B type 1* (SR-B1), sementara polifenol seperti phlorotannin diduga menggunakan *monocarboxylate transporter 1* (MCT-1) dan *sodium-glucose cotransporter 1* (SGLT-1); sebaliknya, efflux melalui *ATP-binding cassette* (ABC) *transporters* dapat menurunkan bioavailabilitas seperti pada Gambar 3.6. (Pangestuti et al., 2024).

Meskipun didukung bukti pra-klinis yang kuat, pemanfaatan klinis metabolit makroalga masih menghadapi kendala berupa rendahnya bioavailabilitas, variabilitas struktur, dan keterbatasan data klinis. Makroalga tetap menjadi kandidat menjanjikan untuk pengembangan obat dan nutrasetikal antikanker berbasis sumber daya hayati laut, dengan dukungan inovasi formulasi dan studi klinis lanjutan.



Sumber: Pangestuti et al. (2024)

Gambar 3.6 Skema mekanisme penyerapan pigmen dan polifenol makroalga dalam sel enterosit.

5. Aktivitas Antimikroba dan Antivirus

Senyawa bioaktif makroalga menunjukkan aktivitas antibakteri, antifungi, dan antivirus melalui mekanisme yang beragam dan saling melengkapi. Aktivitas antibakteri dan antifungi terutama dimediasi oleh asam lemak bioaktif, terpenoid, dan senyawa terhalogenasi yang mampu mengganggu integritas membran sel mikroba, meningkatkan permeabilitas, serta menghambat sintesis dinding sel dan fungsi enzim esensial (Park et al., 2013). Mekanisme ini menjelaskan spektrum aktivitas antimikroba yang luas terhadap bakteri gram-positif, gram-negatif, dan fungi patogen.

Aktivitas antivirus makroalga umumnya dikaitkan dengan polisakarida tersulfatasi seperti karagenan dan fucoidan (Wijesekara et al., 2011). Struktur bermuatan negatif dari polisakarida ini memungkinkan terjadinya interaksi dengan protein permukaan virus, sehingga menghambat proses perlekatan dan penetrasi ke sel inang. Selain mengganggu tahap awal infeksi, beberapa metabolit makroalga juga berpotensi memengaruhi replikasi virus serta memodulasi respons imun inang, menjadikannya kandidat sumber antiviral alami yang menjanjikan.

Dari sisi aplikasi, kemampuan karagenan dalam menghambat perlekatan virus telah dimanfaatkan dalam pengembangan produk topikal, termasuk sediaan nasal dan obat kumur (Pangestuti & Kim, 2014). Studi pra-klinis menunjukkan efektivitasnya terhadap berbagai virus, termasuk coronavirus, meskipun pemanfaatan lebih lanjut dalam kesehatan masyarakat masih memerlukan evaluasi menyeluruh terkait bioavailabilitas, keamanan, dan efektivitas klinis. Secara keseluruhan, aktivitas antimikroba dan antivirus makroalga menegaskan perannya sebagai sumber biomolekul strategis untuk pengembangan terapi

komplementer dan produk kesehatan preventif yang berkelanjutan berbasis sumber daya laut.

6. Aktivitas Neuroprotektif

Makroalga merupakan sumber metabolit bioaktif dengan potensi signifikan dalam melindungi sistem saraf pusat dari proses neurodegeneratif, yang umumnya ditandai oleh stres oksidatif, neuroinflamasi, dan akumulasi neurotoksin (Pangestuti & Kim, 2013b, 2010, 2011b). Berbagai senyawa makroalga mampu menargetkan mekanisme patogenik tersebut secara simultan, menjadikan aktivitas neuroprotektifnya sebagai fokus penting dalam riset bioteknologi kelautan dan nutrasetikal.

Secara molekuler, efek neuroprotektif metabolit makroalga dimediasi melalui penurunan stres oksidatif dan regulasi inflamasi mikroglia, netralisasi *reactive oxygen species* (ROS), serta penghambatan pelepasan mediator inflamasi neurotoksik (Kim & Pangestuti, 2013b; Pangestuti & Kim, 2011b). Beberapa senyawa juga mencegah agregasi atau meningkatkan clearance protein patologis seperti β -amiloid dan α -sinuklein. Selain itu, aktivasi jalur pro-survival PI3K/Akt dan *extracellular signal-regulated kinase* (ERK) meningkatkan ketahanan neuron dan menstimulasi ekspresi faktor neurotropik, yang berperan dalam pemeliharaan fungsi sinaptik dan plastisitas saraf.

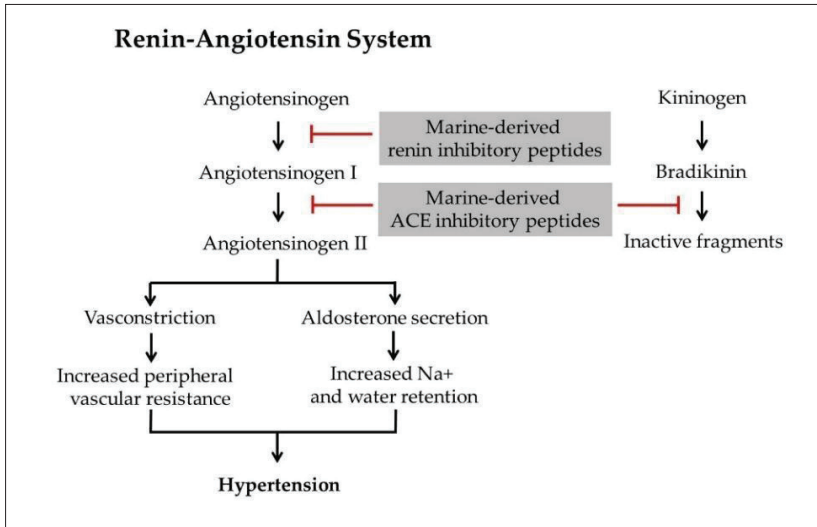
Bukti eksperimental dari model sel dan hewan menunjukkan bahwa metabolit seperti fucoxanthin, fikobiliprotein, dan phlorotannin mampu menekan aktivasi mikroglia, mengurangi stres oksidatif, menghambat apoptosis, serta mempertahankan viabilitas neuron (Pangestuti et al., 2013). Konsistensi temuan ini menegaskan potensi makroalga sebagai kandidat nutrasetikal neuroprotektif yang menjanjikan.

7. Aktivitas Kardioprotektif dan Antihipertensi

Makroalga berkontribusi signifikan terhadap kesehatan kardiovaskular melalui metabolit seperti polisakarida sulfat, sterol, karotenoid, fenolik, dan peptida bioaktif. Senyawa-senyawa ini menargetkan mekanisme patogenesis utama penyakit jantung termasuk dislipidemia, inflamasi vaskular, stres oksidatif, dan hipertensi melalui modulasi parameter metabolik dan vaskular. Antioksidan seperti fucoxanthin dan phlorotannin efektif menurunkan oksidasi *low-density lipoprotein (LDL)*, sebuah langkah kunci dalam aterosclerosis, sedangkan polisakarida sulfat dapat memperbaiki profil lipid dengan menurunkan LDL dan trigliserida serta meningkatkan *high-density lipoprotein (HDL)* (Maeda et al., 2005).

Makroalga juga mempengaruhi homeostasis energi melalui aktivasi *Silent Information Regulator 1 (SIRT1)* dan AMPK, yang berperan dalam peningkatan oksidasi asam lemak, penurunan lipogenesis, serta perbaikan fungsi endotelial (Pangestuti & Kim, 2017; Zhang et al., 2025). Efek antihipertensi terutama disumbang oleh peptida bioaktif penghambat enzim pengonversi angiotensin (*ACE-inhibitory peptides*), yang menurunkan produksi angiotensin II dan meningkatkan vasodilatasi (Gambar 3.7). Bioaktif peptida dari *Undaria pinnatifida* dan *Porphyra yezoensis* tidak hanya aktif secara biologis tetapi juga telah dikategorikan menjadi produk *Foods for Specified Health Uses (FOSHU)* di Jepang, menegaskan relevansi industri makroalga dalam kesehatan kardiovaskular (Harnedy & Fitzgerald, 2013).

Meski menjanjikan, translasi klinis peptida antihipertensi dari makroalga masih menghadapi tantangan terkait stabilitas pencernaan, bioavailabilitas, dan metabolisme sistemik. Penelitian farmakokinetik–farmakodinamik dan uji klinis acak berskala besar tetap diperlukan untuk memastikan efektivitas dan keamanan penggunaan jangka panjang.



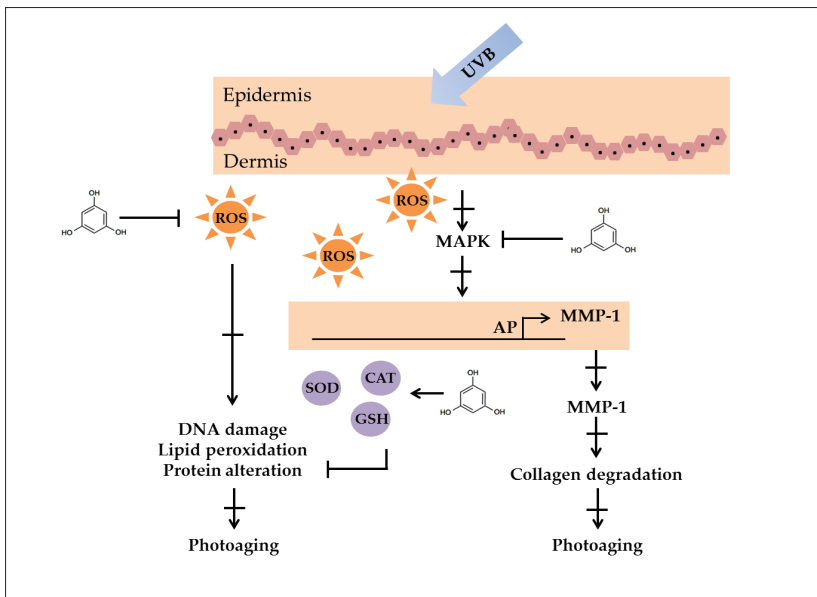
Sumber: Pangestuti & Kim (2017)

Gambar 3.7 Aktivitas penghambatan renin dan enzim pengubah angiotensin-I dari bioaktif peptida organisme laut.

8. Aktivitas Antiaging dan Fotoprotektif - Modulasi Jalur Penuaan

Aktivitas antiaging makroalga merupakan hasil sinergi kemampuan antioksidan, modulasi jalur metabolik, dan proteksi seluler. Karotenoid seperti astaxanthin dan fucoxanthin, bersama polifenol seperti phlorotannin serta MAAs, berperan menurunkan ROS, mencegah kerusakan oksidatif biomolekul, dan mengaktifasi jalur protektif seperti SIRT1, AMPK, serta autophagy (Cao et al., 2020). Senyawa-senyawa ini meningkatkan homeostasis dan viabilitas sel sekaligus menekan aktivitas *matrix metalloproteinases (MMP)* yang menguraikan kolagen dan elastin, dua komponen kritis dalam elastisitas kulit.

Makroalga juga menawarkan fotoproteksi yang kuat. Phlorotannin dan MAAs mampu menyerap UV-A dan UV-B melalui struktur aromatik terkonjugasi, sehingga menghambat fotooksidasi, pembentukan ROS, serta kerusakan matriks ekstraseluler. Studi Pangestuti et al. (2018) menunjukkan bahwa phlorotannin secara efektif meningkatkan kelangsungan hidup sel setelah paparan UV dan menekan ekspresi MMP, menegaskan potensinya sebagai agen fotoprotektif alami (Gambar 3.8). Dengan sifat antioksidan, antiinflamasi, dan fotoprotektif yang kuat, metabolit makroalga menjadi kandidat unggulan untuk formulasi kosmetik antiaging, nutrikosmetik, serta aplikasi biomedis yang menargetkan penuaan seluler dan fotoinduksi.



Sumber: Pangestuti et al. (2018)

Gambar 3.8 Aktivitas fotoprotektif phloroglucinol dari makroalga.

C. Sinergi Antar-Metabolit dan Tantangan Translasi

Aktivitas biologis makroalga umumnya muncul dari sinergi antar-metabolit, bukan dari satu molekul tunggal. Polisakarida tersulfatasi, polifenol, karotenoid, peptida bioaktif, dan pigmen fotosintetik sering bekerja komplementer. Sebagai contoh polisakarida meningkatkan kelarutan dan stabilitas senyawa fenolik atau karotenoid, sementara polifenol memperkuat efek antioksidan dan imunomodulator polisakarida. Pemahaman integratif mengenai hubungan struktur–fungsi menjadi kunci untuk merancang formulasi bioproduk yang konsisten dan efektif.

Namun translasi ke produk terstandarisasi menghadapi tantangan besar. Kandungan metabolit sangat bervariasi antar spesies, musim, dan kondisi lingkungan, sehingga memengaruhi potensi bioaktivitas makroalga. Proses ekstraksi konvensional sering tidak selektif dan dapat menurunkan stabilitas senyawa sensitif, sehingga menjadi tantangan standarisasi senyawa bioaktif makroalga. Tantangan lain mencakup bioavailabilitas rendah, metabolisme kompleks di tubuh, serta minimnya data farmakokinetik, toksisitas jangka panjang, dan uji klinis terkontrol.

Pada ranah riset dasar, masih terdapat celah terkait struktur rinci polisakarida seperti pola sulfatasi dan konfigurasi glikosidik yang sangat menentukan aktivitas biologis. Selain itu, interaksi metabolit dengan mikrobiota-saluran pencernaan, bio-transformasi, dan identifikasi bentuk aktif *in vivo* masih perlu diungkap. Untuk mengatasi tantangan tersebut, riset modern menekankan integrasi pendekatan omics, pemodelan struktur–aktivitas berbasis komputasi, dan teknologi fraksinasi yang lebih selektif untuk menghasilkan komponen bioaktif makroalga dengan konsistensi tinggi.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

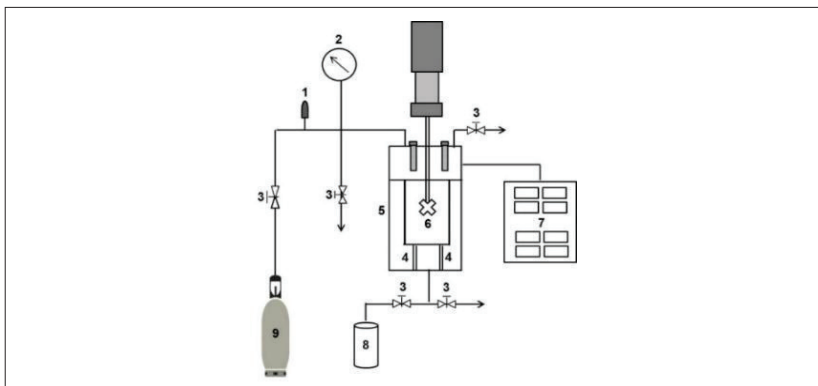
IV. TRANSFORMASI TEKNOLOGI EKSTRAKSI MAKROALGA MENUJU PEMANFAATAN BERKELANJUTAN

Makroalga merupakan sumber daya hayati laut yang kaya akan senyawa bioaktif bernilai tinggi, sehingga proses ekstraksi memegang peranan kunci dalam rantai hilirisasi bioindustri makroalga. Selama beberapa dekade, metode ekstraksi konvensional berbasis pelarut organik telah digunakan secara luas, namun pendekatan ini memiliki keterbatasan mendasar, termasuk waktu proses yang panjang, konsumsi pelarut dan energi yang tinggi, risiko degradasi senyawa termolabil, serta dampak negatif terhadap kesehatan dan lingkungan (Pangestuti et al., 2024). Seiring meningkatnya tuntutan efisiensi, keamanan, dan keberlanjutan, riset terkini berfokus pada pengembangan teknologi ekstraksi non-konvensional atau ekstraksi hijau yang menawarkan peningkatan efisiensi, selektivitas, dan kualitas ekstrak dengan dampak lingkungan yang lebih rendah (Pangestuti et al., 2022). Pergeseran ini menandai transformasi paradigma ekstraksi menuju pendekatan berbasis *green chemistry* sebagai fondasi penguatan bioindustri biru berbasis makroalga.

A. Ekstraksi Cair Bertekanan

Ekstraksi Cair Bertekanan/*Pressurized Liquid Extraction* (PLE) merupakan metode ekstraksi “hijau” yang memanfaatkan pelarut pada suhu dan tekanan tinggi (di atas titik didih namun di bawah titik kritis) untuk meningkatkan daya larut dan difusivitas senyawa target, sehingga mempercepat perpindahan massa serta mengurangi waktu dan volume pelarut. Ketika air digunakan sebagai pelarut, metode ini dikenal sebagai *Subcritical Water Extraction* (SWE; Gambar 4.1), di mana penurunan konstanta

dielektrik air pada suhu tinggi memungkinkan ekstraksi senyawa semi-polar hingga non-polar. Berbagai studi menunjukkan bahwa SWE efektif mengekstraksi polifenol, flavonoid, saponin, dan senyawa fungsional lainnya dari makroalga tropis dan subtropis dengan rendemen lebih tinggi dibandingkan metode konvensional, asalkan parameter suhu, rasio pelarut, dan waktu diekstraksi dioptimalkan. Keunggulan PLE/SWE meliputi efisiensi ekstraksi tinggi, waktu proses singkat, pengurangan penggunaan pelarut organik, serta kesesuaian dengan prinsip keberlanjutan lingkungan. Namun, keterbatasannya mencakup risiko degradasi senyawa termolabil pada suhu tinggi, kebutuhan peralatan bertekanan dengan biaya relatif tinggi, serta perlunya kontrol proses yang ketat untuk menjaga kualitas ekstrak. Meskipun demikian, dengan optimasi parameter yang tepat, SWE memiliki potensi besar untuk aplikasi ekstraksi senyawa fungsional makroalga (Pangestuti et al., 2019; Pangestuti et al., 2021).



Keterangan: (1) Katup pengaman; (2) Pengukur tekanan; (3) Katup jarum; (4) Pemanas listrik; (5) Reaktor tekanan tinggi; (6) Pengaduk; (7) Pengontrol kecepatan dan suhu pengadukan; (8) Pengumpul sampel; dan (9) Gas nitrogen.

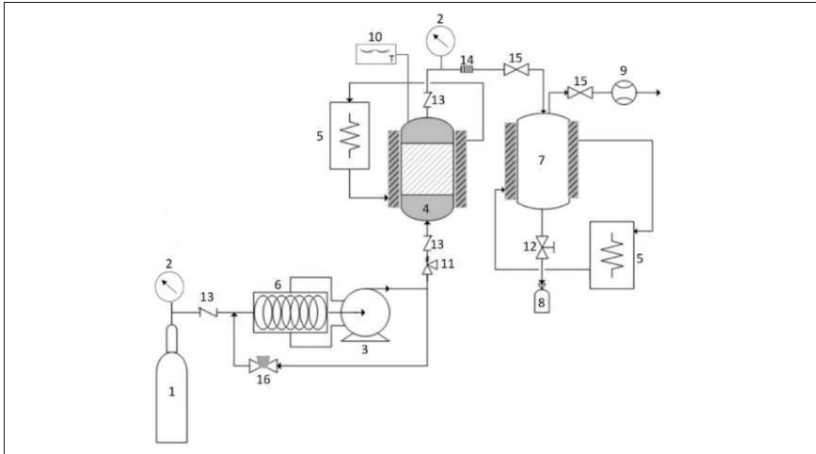
Sumber: Pangestuti et al. (2024)

Gambar 4.1 Diagram ekstraksi air subkritis atau *subcritical water hydrolysis* (SWE) skala laboratorium.

B. Ekstraksi Fluida Superkritis

Supercritical Fluid Extraction (SFE) merupakan teknik pemisahan modern yang memanfaatkan fluida superkritis, umumnya CO₂, sebagai pelarut. Pada kondisi superkritis, fluida memiliki densitas mendekati cairan dengan viskositas rendah dan difusivitas tinggi, sehingga memungkinkan penetrasi pelarut yang efisien ke dalam matriks biomassa dan menghasilkan ekstraksi yang selektif serta berdaya hasil tinggi. Selektivitas SFE dapat dikendalikan secara presisi melalui pengaturan suhu dan tekanan, serta ditingkatkan dengan penambahan *co-solvent* polar seperti etanol untuk mengekstraksi senyawa fenolik, flavonoid, dan pigmen karotenoid bernilai tinggi. Studi menunjukkan bahwa SFE (Gambar 4.2) efektif mengekstraksi senyawa bioaktif makroalga, termasuk fucoxanthin, polifenol, serta asam lemak omega-3 (EPA dan DHA), dengan kemurnian dan aktivitas biologis yang lebih tinggi dibandingkan metode konvensional berbasis pelarut organik. Metode SFE juga dapat digunakan untuk menghilangkan larutan lipid makroalga dan meningkatkan kapasitasnya sebagai *carrier* material untuk pengawet makanan alami, sebagaimana telah didaftarkan dalam Hak Cipta EC002025167213 (Putra et al., 2025).

Keunggulan utama SFE meliputi kemurnian ekstrak tinggi tanpa residu pelarut, selektivitas yang dapat dikontrol, waktu proses relatif singkat, serta kesesuaian untuk aplikasi pangan, farmasi, dan kosmetik. Namun, SFE juga memiliki keterbatasan, antara lain biaya investasi dan operasional yang tinggi, kebutuhan peralatan bertekanan tinggi, serta efektivitas yang terbatas untuk senyawa sangat polar tanpa penambahan *co-solvent*. Dengan optimasi parameter proses yang tepat, SFE tetap menjadi teknologi kunci dalam marine biorefinery dan pengembangan bioindustri biru berkelanjutan (Pangestuti et al., 2021; Pangestuti & Arifin, 2018).



Keterangan: (1) Tangki CO₂; (2) pengukur tekanan ; (3) pompa tekanan tinggi; (4) ekstraktor; (5) penukar panas; (6) pendingin; (7) pemisah; (8) pengumpul sampel; (9) pengukur aliran; (10) thermometer digital; (11) katup pengaman; (12) katup jarum; (13) katup periksa; (14) filter; (15) katup pengukur; (16) regulator tekanan balik.

Sumber: Pangestuti et al. (2018)

Gambar 4.2 Diagram Ekstraksi Menggunakan Fluida Superkritis CO₂ (Sc-CO₂)

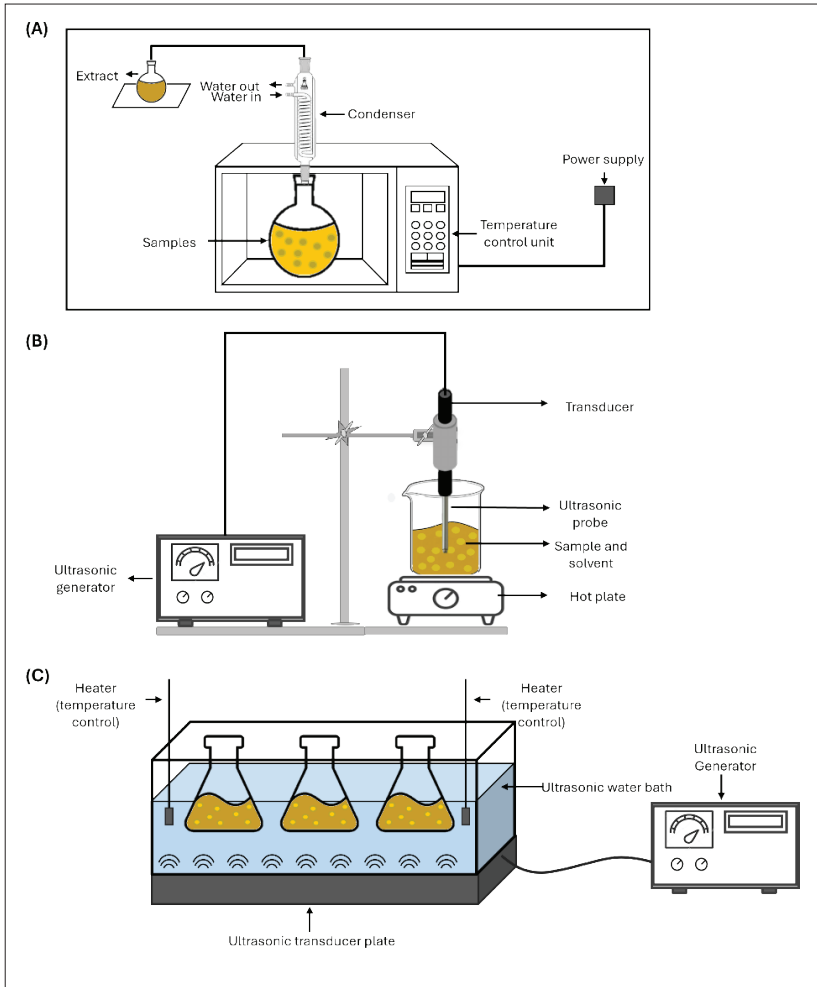
C. Ekstraksi dengan Bantuan Gelombang Mikro

Microwave-Assisted Extraction (MAE; Gambar 4.3 A) merupakan metode ekstraksi non-konvensional yang memanfaatkan gelombang mikro untuk menghasilkan pemanasan volumetrik cepat melalui rotasi dipol dan konduksi ionik, sehingga mempercepat disrupti dinding sel dan pelepasan senyawa bioaktif dari makroalga. Pemanasan yang merata dan terkontrol memungkinkan penetrasi pelarut yang lebih efisien serta secara signifikan mempersingkat waktu ekstraksi dibandingkan pemanasan konvensional. Studi menunjukkan bahwa MAE efektif meningkatkan rendemen polifenol, pigmen, dan polisakarida sulfat dari

berbagai spesies makroalga dalam waktu singkat dengan efisiensi energi yang lebih baik (Pangestuti et al., 2018). Parameter utama yang memengaruhi kinerja MAE meliputi jenis pelarut, rasio pelarut terhadap bahan, daya gelombang mikro, suhu, dan waktu ekstraksi, yang memungkinkan optimasi rendemen dan kualitas ekstrak secara presisi. Keunggulan MAE meliputi waktu proses sangat singkat, efisiensi energi tinggi, pemanasan homogen, serta potensi penggunaan pelarut ramah lingkungan. Namun, MAE juga memiliki keterbatasan, antara lain risiko degradasi senyawa sensitif pada suhu dan daya tinggi, keterbatasan kompatibilitas pelarut non-polar, tantangan dalam pengendalian suhu pada skala besar, serta biaya investasi peralatan yang relatif tinggi. Meskipun demikian, MAE tetap berpotensi besar untuk diintegrasikan dalam marine biorefinery dan bioindustri biru berkelanjutan (Pangestuti et al., 2022; Pangestuti et al., 2021).

D. Teknologi Ekstraksi dengan Gelombang Ultrasonik

Ultrasound-Assisted Extraction (UAE) merupakan metode ekstraksi non-konvensional yang memanfaatkan gelombang ultrasonik berfrekuensi tinggi untuk meningkatkan efisiensi pelepasan senyawa bioaktif dari biomassa, termasuk makroalga (Pangestuti & Kurnianto, 2017). Mekanisme utama UAE didasarkan pada fenomena kavitasi akustik yang menghasilkan mikrojet dan gelombang kejut lokal, sehingga merusak dinding sel, meningkatkan permeabilitas jaringan, dan mempercepat difusi pelarut serta pelepasan senyawa target. UAE dapat dioperasikan menggunakan bak atau probe ultrasonik (Gambar 4.3 B-C), dengan probe lebih efektif untuk ekstraksi intensif karena transfer energi yang lebih tinggi (Pangestuti et al., 2024). Efektivitas proses dipengaruhi oleh daya ultrasonik, jenis pelarut, suhu, waktu ekstraksi, dan ukuran partikel bahan.



Keterangan: (A) Ekstraksi dengan Bantuan Gelombang Mikro atau *Microwave Assisted Extraction* (MAE) dan (B) *Ultrasound-Assisted Extraction* (UAE) probe, dan (C) bak.

Sumber: Pangestuti et al. (2024)

Gambar 4.3 Skema Teknologi Ekstraksi Non-Konvensional

Berbagai studi melaporkan bahwa UAE mampu meningkatkan rendemen polifenol, pigmen, dan senyawa fungsional lainnya dari makroalga dengan waktu proses singkat dan konsumsi pelarut yang lebih rendah.

Keunggulan utama UAE meliputi efisiensi ekstraksi yang tinggi, waktu proses singkat, kebutuhan pelarut dan energi yang lebih rendah, serta kemampuan mempertahankan stabilitas senyawa sensitif panas. Namun, UAE juga memiliki keterbatasan, antara lain potensi degradasi senyawa akibat intensitas ultrasonik yang berlebihan, kesulitan dalam skala-up industri, distribusi energi yang tidak merata pada sistem volume besar, serta biaya peralatan yang relatif tinggi. Meskipun demikian, dengan optimasi parameter dan integrasi teknologi, UAE tetap menjadi pendekatan yang sangat menjanjikan untuk marine biorefinery dan pengembangan bioindustri biru berkelanjutan.

E. Ekstraksi dengan Menggunakan Enzim

Teknologi Enzim-*Assisted Extraction* (EAE) merupakan pendekatan inovatif yang memanfaatkan aktivitas enzim untuk meningkatkan pelepasan senyawa bioaktif secara lebih efisien dibandingkan metode ekstraksi konvensional (Pangestuti et al., 2013; Pangestuti & Kim, 2013a). Keunggulan utama EAE meliputi operasi pada suhu rendah, waktu proses yang lebih singkat, konsumsi energi yang minimal, selektivitas tinggi, serta kemampuan mempertahankan stabilitas senyawa termolabil. Prinsip EAE didasarkan pada hidrolisis selektif komponen dinding sel, seperti selulosa, hemiselulosa, dan pektin, sehingga meningkatkan permeabilitas sel dan efisiensi ekstraksi (Pangestuti, 2012; Pangestuti & Kim, 2015a). Dalam konteks makroalga, EAE sangat relevan karena banyak senyawa bioaktif terikat kuat dalam matriks polisakarida dinding sel yang sulit diekstraksi

secara konvensional. Metode ini terbukti mampu meningkatkan rendemen, mengonversi fraksi tidak larut menjadi lebih mudah larut dalam air, serta memperluas aplikasi senyawa hasil ekstraksi pada pangan fungsional dan produk farmasi. Peptida bioaktif yang diperoleh melalui EAE menunjukkan aktivitas neuroprotektif, sebagaimana sudah didaftarkan Paten US 2014/0094414 A1 (Kim & Pangestuti, 2014). Namun demikian, EAE juga memiliki keterbatasan, terutama terkait biaya enzim yang relatif tinggi, kebutuhan optimasi kondisi proses yang spesifik untuk setiap jenis biomassa, keterbatasan enzim dengan spesifisitas tinggi, serta potensi penurunan aktivitas enzim pada proses berkelanjutan.

V. PELUANG, TANTANGAN & STRATEGI PENGEMBANGAN MAKROALGA MENUJU BIOINDUSTRI BIRU BERKELANJUTAN

Makroalga memiliki peluang strategis untuk menjadi pilar pangan dan kesehatan dalam transformasi bioindustri biru Indonesia. Hilirisasi makroalga merepresentasikan perubahan paradigma dari pemanfaatan komoditas primer menuju pengembangan sumber biomolekul strategis bagi pangan fungsional, produk kesehatan, biomaterial ramah lingkungan, dan aplikasi biomedis yang selaras dengan pencapaian Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs) (Gambar 5.1). Peluang ini semakin menguat seiring pergeseran preferensi global menuju produk alami, sehat, fungsional, dan berkelanjutan, serta pertumbuhan pasar pangan fungsional, nutrasetikal, kosmetik alami, biomaterial *biodegradable*, dan bahan baku biofarmasi bernilai ekonomi tinggi. Keunggulan Indonesia terletak pada tingginya biodiversitas makroalga tropis, luasnya wilayah pesisir, serta basis sosial ekonomi masyarakat pesisir yang telah lama terlibat dalam kegiatan budidaya makroalga.

Dalam konteks tersebut, pemetaan potensi makroalga Indonesia menjadi fondasi strategis untuk memperkuat ketahanan pangan fungsional dan menjamin ketersediaan bahan baku farmasi yang berkelanjutan. Pemetaan makroalga alami diarahkan pada spesies yang keberadaannya melimpah dan tersebar luas, seperti *Sargassum* sp., *Gracilaria* sp., dan *Ulva* sp., dengan mempertimbangkan sebaran geografis, dinamika biomassa musiman, serta daya dukung ekosistem guna menjamin pemanfaatan yang lestari. Sejalan dengan itu, pemetaan makroalga hasil budidaya difokuskan pada komoditas unggulan

nasional seperti *Kappaphycus* sp., dan *Eucheuma* sp., melalui identifikasi sentra produksi, produktivitas, stabilitas pasokan, serta kesiapan teknologi budidaya sebagai prasyarat industrialisasi berbasis mutu.

Peran Makroalga Dalam Mencapai Tujuan Pembangunan Berkelanjutan (SDGs)

<div style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 1 NO POVERTY </div> <p>TANPA KEMISKINAN Makroalga memberikan sumber pendapatan & membuka peluang usaha</p>	<div style="background-color: #ffc107; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 12 RESPONSIBLE CONSUMPTION AND PRODUCTION </div> <p>KONSUMSI & PRODUKSI YG BERTANGGUNG JAWAB Makroalga dpt dibudidayakan tanpa merusak lingkungan, praktik produksi berkelanjutan. ↓ ketergantungan produk sintetis & optimalisasi sumber daya lokal.</p>
<div style="background-color: #ffc107; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 2 ZERO HUNGER </div> <p>TANPA KELAPARAN Makroalga sbg pangan biru menjadi solusi alternatif untuk kebutuhan nutrisi.</p>	<div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 13 CLIMATE ACTION </div> <p>PENANGANAN PERUBAHAN IKLIM Budidaya makroalga berkontribusi thd blue carbon, ↓ kadar karbon di laut & memperlambat pemanasan global, ↑ kualitas perairan.</p>
<div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 3 GOOD HEALTH AND WELL-BEING </div> <p>KEHIDUPAN SEHAT & SEJAHTERA Makroalga kaya nutrisi & senyawa aktif, mendukung pangan sehat, kesejahteraan & kualitas hidup.</p>	<div style="background-color: #2196f3; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 14 LIFE BELOW WATER </div> <p>EKOSISTEM LAUT Budidaya makroalga dpt menjaga kualitas laut & keseimbangan ekosistem. mjd alternatif mata pencaharian ramah lingkungan dari overeksploitasi SDL</p>
<div style="background-color: #e91e63; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 5 GENDER EQUALITY </div> <p>KESETARAAN GENDER Industri makroalga, meningkatkan pemberdayaan perempuan, akses pekerjaan & pendapatan mandiri, memperkuat peran perempuan.</p>	<div style="background-color: #2e7d32; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 15 LIFE ON LAND </div> <p>EKOSISTEM DARATAN Substitusi bahan industri berbasis darat dgn makroalga dpt ↓ tekanan SD & lingk. darat.</p>
<div style="background-color: #a1887f; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 8 DECENT WORK AND ECONOMIC GROWTH </div> <p>PEKERJAAN LAYAK & ↑ EKONOMI Makroalga memberikan peluang kerja & potensi pasar yg berkembang.</p>	<div style="background-color: #2196f3; color: white; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> 17 PARTNERSHIPS FOR THE GOALS </div> <p>KEMITRAAN UTK TUJUAN Pengembangan makroalga mendorong kolaborasi pemerintah, akademisi, pelaku usaha, komunitas lokal, & organisasi internasional.</p>

Gambar 5.1 Peran makroalga dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (SDGs)

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Strategi pemetaan tersebut diperkuat melalui karakterisasi kandungan biokimia dan profil senyawa fungsional dari setiap spesies dan lokasi tumbuh, mengingat faktor lingkungan berpengaruh signifikan terhadap kualitas dan aktivitas metabolit bioaktif. Integrasi data ekologi, produksi, dan biokimia memungkinkan seleksi spesies unggul yang sesuai untuk aplikasi pangan fungsional dan farmasi, sekaligus kompatibel dengan teknologi ekstraksi hijau dan standar mutu. Dengan dukungan basis data nasional serta sinergi antara riset, industri, dan kebijakan, pemetaan makroalga berfungsi sebagai instrumen penghubung antara potensi sumber daya dan kebutuhan hilirisasi bernilai tambah tinggi.

Meskipun peluang pengembangan makroalga sangat besar, tantangan struktural, teknologis, dan kelembagaan masih menjadi hambatan utama. Variabilitas biomassa dan ketidakseragaman mutu bahan baku menyulitkan proses standarisasi sebagai prasyarat industri. Keterbatasan infrastruktur dan penguasaan teknologi proses lanjut menyebabkan hilirisasi nasional masih didominasi produk bernilai tambah menengah. Selain itu, tantangan harmonisasi standar nasional dan internasional, serta persoalan sosial ekonomi dalam rantai pasok—termasuk lemahnya posisi tawar pembudidaya dan ketimpangan distribusi nilai tambah—berpotensi menghambat keberlanjutan transformasi bioindustri biru yang inklusif.

Oleh karena itu, strategi pengembangan makroalga menuju bioindustri biru berkelanjutan harus dibangun melalui pendekatan terintegrasi hulu–tengah–hilir yang selaras dengan visi pangan dan kesehatan nasional. Pada sisi hulu, penguatan pemetaan sumber daya, budidaya presisi berbasis sains, standarisasi mutu biomassa, pengendalian pascapanen, serta seleksi spesies unggul berbasis profil metabolit menjadi kunci untuk menjamin ketersediaan

bahan baku yang stabil dan bermutu tinggi. Pengembangan teknologi budidaya untuk menghasilkan makroalga berkualitas tinggi sangat memungkinkan untuk dilaksanakan, sebagaimana ditunjukkan dalam Paten No. P00202512687 (Lideman et al., 2025). Pada sisi proses, penguasaan teknologi ekstraksi hijau dan pendekatan *marine biorefinery* berperan strategis dalam meningkatkan nilai tambah melalui pemanfaatan biomassa secara efisien dan sirkular. Sementara itu, pada sisi produk dan pasar, penguatan riset bioavailabilitas, keamanan, dan uji klinis merupakan prasyarat utama komersialisasi, yang harus berjalan seiring dengan pemberdayaan masyarakat pesisir sebagai aktor utama rantai pasok dan penjaga keberlanjutan ekosistem.

Sejumlah temuan riset yang dihasilkan penulis memberikan landasan saintifik yang kuat dalam mendukung agenda nasional Transformasi Bioindustri Biru. Kajian bioprospeksi makroalga tropis Indonesia menunjukkan bahwa berbagai spesies unggulan memiliki profil material fungsional dengan spektrum aktivitas biologis yang relevan untuk aplikasi pangan dan kesehatan. Senyawa-senyawa tersebut tidak hanya bernilai fungsional tinggi, tetapi juga dapat diperoleh melalui penerapan teknologi ekstraksi hijau yang efisien dan ramah lingkungan, sehingga sejalan dengan prinsip keberlanjutan dalam pemanfaatan sumber daya laut (Ardiansyah et al., 2020; Pangestuti et al., 2019; Pangestuti et al., 2021; Pangestuti et al., 2024). Temuan ini memperkuat basis ilmiah bagi pergeseran paradigma kebijakan dari orientasi ekspor bahan mentah menuju pengembangan produk bernilai tambah tinggi berbasis sumber daya lokal dan inovasi teknologi.

Lebih lanjut, pengembangan teknologi budidaya makroalga yang adaptif terhadap kondisi pesisir tropis menunjukkan bahwa peningkatan mutu biomassa dan efisiensi produksi da-

pat dicapai tanpa meningkatkan tekanan terhadap lingkungan (Lideman et al., 2025). Pendekatan ini menjadi krusial dalam menjamin ketersediaan bahan baku yang stabil dan bermutu sebagai prasyarat utama industrialisasi berbasis kualitas. Di sisi hilir, pengembangan pangan berbasis makroalga juga telah menunjukkan potensi penerapan teknologi pengolahan yang relatif sederhana dan mudah diadopsi oleh masyarakat pesisir (Poeloengasih, et al., 2023; Siahaan et al., 2024). Integrasi antara inovasi budidaya, teknologi pengolahan yang aplikatif, dan prinsip ekonomi sirkular dalam kerangka *marine biorefinery* membuka peluang nyata bagi penguatan usaha mikro, kecil, dan menengah di wilayah pesisir, sekaligus mendorong pemberdayaan perempuan pesisir sebagai aktor penting dalam rantai nilai bioindustri biru.

Dengan demikian, temuan-temuan tersebut tidak hanya berkontribusi pada penguatan fondasi ilmiah bioindustri biru, tetapi juga memberikan model nyata integrasi riset–teknologi–masyarakat. Implementasi hasil riset ini berpotensi meningkatkan daya saing ekonomi masyarakat pesisir, memperkuat kemandirian bahan baku pangan dan kesehatan, serta mendukung kebijakan pemerintah dalam membangun bioindustri biru yang inklusif dan berkelanjutan.

Secara keseluruhan, pemetaan potensi makroalga yang terintegrasi dengan penguatan teknologi, hilirisasi berbasis mutu, dan kebijakan ekonomi biru yang konsisten akan menentukan keberhasilan transformasi makroalga Indonesia dari komoditas primer menjadi pilar bioindustri biru berkelanjutan. Dengan menempatkan makroalga sebagai sumber biomolekul strategis, Indonesia tidak hanya memperkuat ketahanan pangan fungsional dan kemandirian bahan baku kesehatan, tetapi juga membangun fondasi ekonomi biru yang berdaulat, inklusif, dan berkelanjutan bagi generasi mendatang.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

VI. KESIMPULAN

Makroalga bukan hanya sekadar komoditas primer, melainkan modal biologis unggulan untuk membangun sistem bioindustri biru yang berkelanjutan, berdaya saing, dan berdaulat, melalui sintesis perspektif bioprospeksi, bioteknologi, dan kebijakan pembangunan. Profil metabolit makroalga menunjukkan keragaman struktur kimia dan spektrum aktivitas biologis yang luas yang menempatkan bioprospeksi makroalga sebagai landasan ilmiah bagi pengembangan pangan fungsional dan produk kesehatan berbasis laut, sekaligus mendukung seleksi spesies unggulan dan optimasi proses produksi bernilai tambah tinggi. Teknologi ekstraksi hijau, berperan sebagai penghubung kunci antara potensi biologis dan aplikasi industri. Pendekatan ini meningkatkan efisiensi proses dan kualitas ekstrak sekaligus menekan dampak lingkungan, sehingga teknologi proses diposisikan sebagai instrumen strategis dalam menjamin keberlanjutan ekologis dan daya saing bioindustri nasional. Pemanfaatan biomassa secara terpadu memungkinkan pengembangan berbagai produk strategis yang selaras dengan agenda SDGs memperkuat posisi makroalga sebagai pilar bioindustri masa depan. Secara keseluruhan, makroalga berpotensi menjadi lokomotif baru bioekonomi Indonesia dalam kerangka transformasi bioindustri biru. Realisasi potensi tersebut memerlukan sinergi riset multi-disiplin, inovasi teknologi, kebijakan publik yang progresif, penguatan industri, serta pemberdayaan masyarakat pesisir. Dengan pendekatan terintegrasi dan berkelanjutan, makroalga berpeluang menjadi fondasi utama pembangunan pangan, kesehatan, dan daya saing industri nasional yang tangguh dan berorientasi global.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

VII. PENUTUP

Makroalga tropis Indonesia merupakan sumber daya hayati strategis dengan potensi signifikan sebagai pilar pangan, kesehatan, dan penggerak transformasi bioindustri biru nasional. Makroalga bukan hanya sekadar komoditas primer, melainkan modal biologis unggulan untuk membangun sistem bioindustri biru yang berkelanjutan, berdaya saing, dan berdaulat, melalui sintesis perspektif bioprospeksi, bioteknologi, dan kebijakan pembangunan. Kekayaan hayati laut Indonesia termasuk makroalga bukan semata anugerah ekologis, melainkan mandat ilmiah, ekonomi, dan moral untuk dikelola secara bertanggung jawab, berbasis ilmu pengetahuan, serta berorientasi pada keberlanjutan. Secara keseluruhan, makroalga berpotensi menjadi lokomotif baru bioekonomi Indonesia dalam kerangka transformasi bioindustri biru. Namun, perjalanan menuju bioindustri yang tangguh dan berdaya saing global bukanlah proses yang instan. Perjalanan ini menuntut kolaborasi lintas-disiplin, integrasi riset dasar dan terapan, penguatan hilirisasi, dukungan kebijakan yang konsisten, investasi infrastruktur, serta keterlibatan aktif dunia usaha dan masyarakat pesisir. Transformasi bioindustri biru hanya dapat tercapai apabila seluruh pemangku kepentingan antara lain ilmuwan, industri, pemerintah, komunitas pesisir, dan mitra global bergerak dalam satu visi yang terintegrasi. Dengan pendekatan terintegrasi dan berkelanjutan, makroalga berpeluang menjadi fondasi utama pembangunan pangan, kesehatan, dan daya saing industri nasional yang tangguh dan berorientasi global.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Mengakhiri Orasi Pengukuhan Profesor Riset ini, izinkan saya menyampaikan rasa syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga acara ini berjalan lancar sesuai dengan harapan. Terimakasih saya sampaikan kepada Presiden Republik Indonesia, Jendral TNI (Purn) H. Prabowo Subianto; Kepala BRIN, Prof. Dr. Arif Satria, S.P, M.Si; Wakil Ketua BRIN, Laksamana Madya TNI (Purn) Prof. Dr. Amarulla Octavian, S.T, M.Sc, DESD, ASEAN Eng., Ketua Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Wimpie Agung Nugroho Aspar; Sekretaris Majelis Pengukuhan Profesor Riset, Prof. Dr. Zainal Arifin; Tim Penelaah Naskah Orasi Ilmiah yang terdiri dari Prof. Dr. Ocky Karna Radjasa, M.Sc.; Prof. Dr. Ir. Nina Artanti, M.Sc.; Prof. Dr. Maria Dyah Nur Meinita, S.Pi., M. Sc; dan Prof. Dr. Ir. Dwi Eny Djoko Setyono M.Sc. Ucapan terimakasih juga saya sampaikan kepada Sekretaris Utama BRIN, Nur Tri Aries Suestiningtyas, M.A.; Kepala Organisasi Riset Pertanian dan Pangan (ORPP), Puji Lestari, S.P, M.Si, Ph.D; Kepala Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan (PR TPP), Satriyo Krido Wahono, Ph.D; Kepala BOSDM BRIN, Ratih Retno Wulandari, M.Si.; dan Deputy SDMI BRIN, Prof. Dr. Giri Rahman Putra atas kesempatan dan perhatian yang diberikan kepada saya. Apresiasi juga kami sampaikan kepada seluruh panitia penyelenggara acara pengukuhan Profesor riset hari ini.

Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada seluruh sivitas PR TPP BRIN, ex. P2O, dan ex. BBIL LIPI. Kepada seluruh kolega yang tidak dapat saya sebutkans atu per satu.

Salam takzim dan terima kasih sebesar-besarnya kepada para Guru dan Dosen yang telah mendidik dan mengajar saya, atas semua ilmu dan pengajaran yg telah diajarkan, khususnya kepada Alm. Dr.rer.nat. AB. Susanto (Universitas Diponegoro), Prof. Leenawaty Limantara, Ph.D (Universitas Pelita Jaya), Prof. Ari Sadanandom, Ph.D (Durham University), Prof. Richard J. Cogdell, Ph.D (Glasgow University), Prof. Se-Kwon Kim, Ph.D Pukyong National University (PKNU) & Marine Bioprocess Research Centre (MBPRC) dan Prof. Byung-Soo Chun, Ph.D (PKNU).

Penghargaan dan terima kasih yang sedalam-dalamnya saya persembahkan kepada kedua orang tua tercinta, yang dengan kasih sayang, ketulusan, dan pengorbanan membesarkan saya dengan penuh kesabaran dan keikhlasan. Dari mereka saya belajar arti kerja keras, kejujuran, keteguhan, dan doa yang tidak pernah terputus. Ucapan terima kasih yang tak kalah mendalam saya sampaikan kepada kedua mertua tercinta, atas kasih sayang, teladan, serta doa tulus yang senantiasa mengalir.

Kepada suami tercinta, saya sampaikan terima kasih yang tak terhingga atas pengertian, dukungan, semangat, dan kasih sayang yang tak pernah surut. Di balik setiap keberhasilan yang saya raih, ada ketulusan dan pengorbanannya yang menjadi sumber kekuatan. Untuk kedua ananda tersayang, terima kasih atas pengertian, dan keceriaan yang selalu menghidupkan hari-hari saya. Kalian adalah alasan terbesar untuk terus berjuang, belajar, dan memberi makna pada setiap karya.

Akhir kata, terima kasih atas perhatian seluruh hadirin. Mohon maaf atas segala kekurangan dan kekhilafan dalam penyampaian orasi ilmiah ini. Semoga Allah Swt. senantiasa

melimpahkan kekuatan, petunjuk, dan rahmat-Nya kepada kita semua, menjadikan kita pemimpin bagi orang-orang yang bertakwa, serta membalas dengan berlipat ganda segala kebaikan Bapak, Ibu, dan rekan-rekan sekalian.

Wabillahi taufik wal hidayah. Wassalamu'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggadiredja, J. A. (2009). Ethnobotany study of seaweed diversity and its utilization in Warambadi, Panguhalodo Areas of East Sumba District. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(3), 297–310.
- Ardiansyah, A., Rasyid, A., Siahaan, E. A., **Pangestuti, R.**, & Murniasih, T. (2020). Nutritional value and heavy metals content of sea cucumber *Holothuria scabra* commercially harvested in indonesia. *Current Research in Nutrition and Food Science*, 8(3), 765–773. <https://doi.org/10.12944/CRNFSJ.8.3.09>
- Arsianti, A. A., Fadilah, F., Fatmawaty, Y., Wibisono, L. K., Kusmardi, S., Azizah, N. N., Putrianingsih, R., Murniasih, T., Rasyid, A., & **Pangestuti, R.** (2016). Phytochemical composition and anticancer activity of seaweeds *Ulva lactuca* and *Euचेuma cottonii* against breast MCF-7 and colon HCT-116 cells. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(6). <https://doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9i6.13798>
- Cao, L., Lee, S. G., Lim, K. T., & Kim, H.-R. (2020). Potential Anti-Aging Substances Derived from Seaweeds. *Marine Drugs*, 18(11), 564. <https://doi.org/10.3390/md18110564>
- Corrigan, S., Cottier-Cook, E. J., Lim, P.-E., & Brodie, J. (2025). *The State of The World's Seaweeds*.
- Diharmi, A., Fardiaz, D., & Andarwulan, N. (2019). Chemical and Minerals Composition of Dried Seaweed *Euचेuma spinosum* Collected from Indonesia Coastal Sea Regions . *International Journal of Oceans and Oceanography* , 13(1), 65–71.

- Gereniu, C. R. N., Saravana, P. S., Getachew, A. T., & Chun, B.-S. (2017). Characteristics of functional materials recovered from Solomon Islands red seaweed (*Kappaphycus alvarezii*) using pressurized hot water extraction. *Journal of Applied Phycology*, 29(3), 1609–1621. <https://doi.org/10.1007/s10811-017-1052-3>
- Harnedy, P. A., & Fitzgerald, R. J. (2013). Bioactive Proteins and Peptides from Macroalgae, Fish, Shellfish and Marine Processing Waste. In *Marine Proteins and Peptides* (pp. 5–39). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118375082.ch2>
- Kim, S.K., & Pangestuti, R. (2011). Potential role of marine algae on female health, beauty, and longevity. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 64). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00004-1>
- Kim, S.K., & Pangestuti, R. (2013a). Nutritional Value of Sea Lettuces. In yaswant Pathak (Ed.), *Marine Nutraceuticals Prospects and Perspectives* (pp. 5–15). CRC Press.
- Kim, S.K., & Pangestuti, R. (2014). *Composition for preventing or treating neurodegenerative disease including boactive peptide as effective component* (Patent US 2014/0094414 A1).
- Kim, S.K., Pangestuti, R., & Rahmadi, P. (2011). Sea lettuces. culinary uses and nutritional value. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 64). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00005-3>
- Kim, S. K., & Pangestuti, R. (2013b). Prospects and Potential Applications of Seaweeds as Neuroprotective Agents. In Y. Pathak (Ed.), *Marine Nutraceuticals Prospects and Perspectives* (pp. 17–32). CRC Press.
- KKP. (2024). *Laporan Kinerja Kementerian Kelautan dan Perikanan 2024*. <https://www.kkp.go.id/publikasi/akuntabilitas-kinerja/pelaporan-kinerja/detail/laporan-kinerja-final-tahun-202467dbca81410e8.html>

- Kusmita, L., Mutmainah, N. F. 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). <https://doi.org/10.3390/cosmetics8040120>
- Lideman, Laining, A., Gafur, A., Pangestuti, R., Wahyuni, D., Safri, M., Ardyansyah, S., Adriani, I., Manikharda, Kasturi, & Fadli. (2025). *Metode budidaya rumput laut Ulva spp. pada wadah terkontrol* (Patent P00202512687). DJKI.
- Maeda, H., Hosokawa, M., Sashima, T., Funayama, K., & Miyashita, K. (2005). Fucoxanthin from edible seaweed, *Undaria pinnatifida*, shows antiobesity effect through UCP1 expression in white adipose tissues. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 332(2), 392–397. <https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.05.002>
- Magwaza, S., & Islam, Md. (2023). Roles of Marine Macroalgae or Seaweeds and Their Bioactive Compounds in Combating Overweight, Obesity and Diabetes: A Comprehensive Review. *Marine Drugs*, 21(4), 258. <https://doi.org/10.3390/md21040258>
- Pangestuti, R.** (2012). *Neuroprotective Effects of Peptides Derived from Seahorse Hippocampus trimaculatus Mediated through PI3K/Akt Pathway* [Thesis]. Pukyong National University.
- Pangestuti, R.**, & Arifin, Z. (2018). Medicinal and health benefit effects of functional sea cucumbers. In *Journal of Traditional and Complementary Medicine* (Vol. 8, Issue 3, pp. 341–351). National Taiwan University. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2017.06.007>
- Pangestuti, R.**, Bak, S.-S., & Kim, S. K. (2011). Attenuation of pro-inflammatory mediators in LPS-stimulated BV2 microglia by chitooligosaccharides via the MAPK signaling pathway. *International Journal of Biological Macromolecules*, 49(4). <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2011.06.014>

- Pangestuti, R.**, Getachew, A. T., Siahaan, E. A., & Chun, B. S. (2019). Characterization of functional materials derived from tropical red seaweed *Hypnea musciformis* produced by subcritical water extraction systems. *Journal of Applied Phycology*, 31(4), 2517–2528. <https://doi.org/10.1007/s10811-019-1754-9>
- Pangestuti, R.**, Haq, M., Rahmadi, P., & Chun, B. S. (2021). Nutritional value and biofunctionalities of two edible green seaweeds (*Ulva lactuca* and *Caulerpa racemosa*) from indonesia by subcritical water hydrolysis. *Marine Drugs*, 19(10). <https://doi.org/10.3390/md19100578>
- Pangestuti, R.**, & Kim, S.K. (2013a). Marine Bioactive Peptide Sources: Critical Points and the Potential for New Therapeutics. In *Marine Proteins and Peptides: Biological Activities and Applications*. <https://doi.org/10.1002/9781118375082.ch28>
- Pangestuti, R.**, & Kim, S.K. (2013b). Marine-derived bioactive materials for neuroprotection. *Food Science and Biotechnology*, 22(5). <https://doi.org/10.1007/s10068-013-0200-z>
- Pangestuti, R.**, & Kim, S. K. (2010). Neuroprotective properties of chitosan and its derivatives. *Marine Drugs*, 8(7). <https://doi.org/10.3390/md8072117>
- Pangestuti, R.**, & Kim, S. K. (2011a). Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of Functional Foods*, 3(4). <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.07.001>
- Pangestuti, R.**, & Kim, S. K. (2011b). Neuroprotective effects of marine algae. *Marine Drugs*, 9(5). <https://doi.org/10.3390/md9050803>
- Pangestuti, R.**, & Kim, S. K. (2014). Biological activities of Carrageenan. In *Advances in Food and Nutrition Research* (Vol. 72). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-800269-8.00007-5>

- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2015a).** An Overview of Phycocolloids: The Principal Commercial Seaweed Extracts. In *Marine Algae Extracts: Processes, Products, and Applications* (Vols. 1–2). <https://doi.org/10.1002/9783527679577.ch19>
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2015b).** Carotenoids, bioactive metabolites derived from seaweeds. In *Springer Handbook of Marine Biotechnology*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-53971-8_34
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2015c).** Peptide-derived from Seahorse Exerts a Protective Effect against Cholinergic Neuronal Death in in vitro Model of Alzheimer’s Disease. *Procedia Chemistry, 14*, 343–352. <https://doi.org/10.1016/j.proche.2015.03.047>
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2015d).** Seaweed proteins, peptides, and amino acids. In *Seaweed Sustainability: Food and Non-Food Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-418697-2.00006-4>
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2015e).** Seaweeds-Derived Bioactive Materials for the Prevention and Treatment of Female’s Cancer. In *Handbook of Anticancer Drugs from Marine Origin* (pp. 165–176). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07145-9_8
- Pangestuti, R., & Kim, S. K. (2017).** Bioactive peptide of marine origin for the prevention and treatment of non-communicable diseases. *Marine Drugs, 15*(3). <https://doi.org/10.3390/md15030067>
- Pangestuti, R., & Kurnianto, D. (2017).** Green Seaweeds-Derived Polysaccharides Ulvan: Occurrence, Medicinal Value and Potential Applications. In *Seaweed Polysaccharides* (pp. 205–221). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809816-5.00011-6>
- Pangestuti, R., & Limantara, L. (2010).** Rumput Laut, Zamrud Tak Terali dari Laut. *BIOS, 2*, 1–8.

- Pangestuti, R.,** Rahmadi, P., Siahaan, E. A., Putra, Y., & Kim, S.-K. (2024). Seaweeds Polyphenolic Compounds: A Marine Potential for Human Skin Health. In *Seaweeds and Seaweed-Derived Compounds* (pp. 291–307). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-65529-6_10
- Pangestuti, R.,** Rahmadi, P., Siahaan, E., Nisa, K., Poeloengasih, C., Kurnianto, D., & Lideman. (2025). Sea grape-based traditional foods in Indonesia: a glimpse into the tropical coastal culinary heritage. *Journal of Ethnic Foods*, 12(20), 1. <https://doi.org/10.1186/s42779-025-00281-7>
- Pangestuti, R.,** Ridwanudin, A., Putra, Y., Prathama, I., Rahmadi, P., Siahaan, E., & Kim, S. (2022). Valuable bioproducts from seaweeds obtained by green extraction technologies: Potential health benefits and applications in pharmacological industries. In V. Pandey (Ed.), *Algae and Aquatic Macrophytes in Cities* (pp. 315–347). Elsevier.
- Pangestuti, R.,** Ryu, B., Himaya, S., & Kim, S.-K. (2013). Optimization of hydrolysis conditions, isolation, and identification of neuroprotective peptides derived from seahorse *Hippocampus trimaculatus*. *Amino Acids*, 45(2). <https://doi.org/10.1007/s00726-013-1510-4>
- Pangestuti, R.,** Shin, K. H., & Kim, S. K. (2021). Anti-photoaging and potential skin health benefits of seaweeds. In *Marine Drugs* (Vol. 19, Issue 3). MDPI. <https://doi.org/10.3390/MD19030172>
- Pangestuti, R.,** & Siahaan, E. A. (2018). Seaweed-derived carotenoids. In *Bioactive Seaweeds for Food Applications: Natural Ingredients for Healthy Diets* (pp. 95–107). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813312-5.00005-4>
- Pangestuti, R.,** Siahaan, E. A., & Kim, S. K. (2018). Photoprotective substances derived from marine algae. In *Marine Drugs* (Vol. 16, Issue 11). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/md16110399>

- Pangestuti, R.**, Siahaan, E. A., Sedayu, B. B., Poelongasih, C. D., Wullandari, P., Sefrienda, A. R., & Fadhilah, N. (2024). Development of Marine Foods in Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2957(1). <https://doi.org/10.1063/5.0183932>
- Pangestuti, R.**, Siahaan, E., Putra, Y., & Rahmadi, P. (2021). Polysaccharides from Marine Microalgal Sources. In S. P. Singh & S. K. Upadhyay (Eds.), *Bioprospecting of Microorganism-Based Industrial Molecules* (pp. 278–294). John Wiley & Sons, Ltd.
- Pangestuti, R.**, Suryanegara, L., Rahmadi, P., & Kurnianto, D. (2024). Nutritional value of red and brown seaweeds from Indonesia. *AIP Conference Proceedings*, 2973(1). <https://doi.org/10.1063/5.0184461>
- Pangestuti, R.**, Susanto, E., Siahaan, E. A., Munarwoh, H. S. H., Ningrum, A., & Purnamayati, L. (2024). Brown seaweed phenolics and photosynthetic pigments: Bioavailability, challenges, and potential applications in food industries. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 14(1), 1–18. <https://doi.org/10.7324/JAPS.2024.121531>
- Pangestuti, R.**, Vo, T.-S., Ngo, D.-H., & Kim, S.-K. (2013). Fucoxanthin ameliorates inflammation and oxidative responses in microglia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61(16). <https://doi.org/10.1021/jf400015k>
- Pangestuti, R.**, & Wibowo, S. (2013). Prospects and health-promoting effects of brown algal-derived natural pigments. *Squalene*, 8(1), 37–46.
- Park, N.-H., Choi, J.-S., Hwang, S.-Y., Kim, Y.-C., Hong, Y.-K., Cho, K. K., & Choi, I. S. (2013). Antimicrobial activities of stearidonic and gamma-linolenic acids from the green seaweed *Enteromorpha linza* against several oral pathogenic bacteria. *Botanical Studies*, 54(1), 39. <https://doi.org/10.1186/1999-3110-54-39>

- Permatasari, H. K., Nurkolis, F., Hardinsyah, H., Taslim, N. A., Sabrina, N., Ibrahim, F. M., Visnu, J., Kumalawati, D. A., Febriana, S. A., Sudargo, T., Tanner, M. J., Kurniatanty, I., Yusuf, V. M., Rompies, R., Bahar, M. R., Holipah, H., & Mayulu, N. (2022). Metabolomic Assay, Computational Screening, and Pharmacological Evaluation of *Caulerpa racemosa* as an Anti-obesity With Anti-aging by Altering Lipid Profile and Peroxisome Proliferator-Activated Receptor- γ Coactivator 1- α Levels. *Frontiers in Nutrition*, 9. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.939073>
- Poeloengasih, C. D., **Pangestuti, R.**, Siahaan, E. A., Putra, Y., Bardant, T. B., Prasetyo, D. J., Hernawan, Jatmiko, T. H., Suratno, Khasanah, Y., Ali, L., Christyandari, D. A., Widiastuti, W., Suryani, R., Windarsih, A., Kumayanjati, B., & Wahyudin, N. (2023). Seasonal effect on the amino acid and fatty acid profiles of *Ulva* spp. collected from Sepanjang Beach, Yogyakarta, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1289(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1289/1/012031>
- Poeloengasih, **Pangestuti, R.**, Prasetyo, D., Hernawan, Jatmiko, T., Khasanah, Y., Slahaan, E., Putra, Y., Ali, L., Christyandari, D., Widiastuti, W., & Wahyudin, N. (2023). *Nori substitusi berbahan dasar alga hijau ulva spp. dan proses pembuatannya* (Patent P00202315106). DJKI.
- Puspita, M., Setyawidati, N., & **Pangestuti, R.** (2020). Hydrocolloid Production of Indonesian Seaweeds . In *Encyclopedia of Marine Biotechnology* (Vol. 1, pp. 407–416).
- Putra, Y., Siahaan, E., **Pangestuti, R.**, Ali, L., & Wahab, A. (2025). *Characterization of powdered S. japonica as carrier material for natural food preservatives* (Patent EC002025167213). Direktorat Hak Cipta dan Desain Industry.
- Rahmadi, P., **Pangestuti, R.**, & Salim, G. (2011). Potensi Rumput Laut Sebagai Bahan Dasar Kosmeseutikal. *Jurnal Harpodon Borneo*, 4(1), 77–88.

- Rahmadi, P., **Pangestuti, R.**, & Susanto, A. (2010). History, Nutrition, and Advantages of Seaweed for Human Body. *Journal of Marine Bioscience and Biotechnology*, 4(1), 15–23.
- Rahmadi, P., Sjafrie, NDSM., Rizqi, MP., Triyono., Handayani, A., Kusnasi, A., Duan, D., Dirhamsyah, Hernawan, UE., & **Pangestuti, R.** (2025). Opportunities in Seaweed (Eucaematoids) Cultivation in Indonesia: A Review and Strategic Recommendations. *Aquaculture International*, 33, 680.
- Rasyid, A., Ardiansyah, A., & **Pangestuti, R.** (2019). Nutrient Composition of Dried Seaweed *Gracilaria gracilis*. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*, 24(1), 1–6. <https://doi.org/10.14710/ik.ijms.24.1.1-6>
- Rumphius, G. (1750). *Herbarium amboinense : plurimas conplectens arbores* (6). <https://www.biodiversitylibrary.org/item/10356>
- Saravana, P. S., Cho, Y.-J., Park, Y.-B., Woo, H.-C., & Chun, B.-S. (2016). Structural, antioxidant, and emulsifying activities of fucoidan from *Saccharina japonica* using pressurized liquid extraction. *Carbohydrate Polymers*, 153, 518–525. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.08.014>
- Sekretariat Kabinet RI. (2019). *Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 33 Tahun 2019 Tentang Peta Panduan (Road Map) Pengembangan Industri Rumput Laut Nasional Tahun 2018-2021*.
- Siahaan, E., Asaduzzaman, A. K. M., & **Pangestuti, R.** (2018). Chemical Compositions of Two Brown Seaweed Species from Karimun Jawa, Indonesia. *Marine Research in Indonesia*, 43(2), 71–78. <https://doi.org/10.14203/mri.v43i2.480>
- Siahaan, E., **Pangestuti, R.**, & Kim, S. K. (2018). Seaweeds: valuable ingredients in pharmaceutical industries. In P. H. Rampelotto & A. Trincone (Eds.), *Grand Challenges in Biology and Biotechnology Grand Challenges in Marine Biotechnology* (pp. 49–95). Springer. <http://www.springer.com/series/13485>

- Siahaan, E., Putra, Y., **Pangestuti, R.**, Poeloengasih, C., Hadi, A., & Aini, Z. (2024). Komposisi makanan ringan nori berbahan dasar rumput laut *Ulva lactuca* dan *Euचेuma denticulatum* bersalut perenyah dan proses pembuatannya (Patent P00202414771). DJKI.
- Siahaan, E., & **Pangestuti, R.** (2017). Pangan fungsional dan nutrasetikal dari laut: Prospek dan tantangannya. *Depik*, 6(3), 273–281. <https://doi.org/10.13170/depik.6.3.6874>
- Suryaningtyas, I., Je, J.-Y., & **Pangestuti, R.** (2023). Protein from Seaweed Aquaculture. In B. Tiwari & L. Healy (Eds.), *Future Proteins Sources, Processing, Applications and the Bioeconomy* (pp. 131–152). Academic Press.
- Susanto, E., Fahmi, A. S., Hosokawa, M., & Miyashita, K. (2019). Variation in Lipid Components from 15 Species of Tropical and Temperate Seaweeds. *Marine Drugs*, 17(11), 630. <https://doi.org/10.3390/md17110630>
- Syafitri, T., Hafiludin, H., & Chandra, A. B. (2022). Pemanfaatan Ekstrak Rumput Laut (*Euचेuma cottonii*) Dari Perairan Sumenep Sebagai Antioksidan. *Jurnal Kelautan: Indonesian Journal of Marine Science and Technology*, 15(2), 160–168. <https://doi.org/10.21107/jk.v15i2.14905>
- United Nations DESA/Population Division. (2024). *World Population Prospects*. United Nations. https://desapublications.un.org/publications/world-population-prospects-2024-summary-results?_gl=1*1he9h98*_ga*M-TI0MTAzNDU4My4xNzU2OTkxNzE3*_ga_TK9BQL5X7Z*c-zE3NjA3OTI3OTMkbzEkZzEkdDE3NjA3OTMxMDQkajYwJ-GwwJGgw
- Widjaja, EA., Rahayuningsih, Y., Rahajoe, J.S., Ubaidillah, R., Maryanto, I., Walujo, E.B., & Semiadi, G. (2014). *Keaneka ragaman hayati Indonesia*. LIPI Press, 344 pp.

- Wijesekara, I., **Pangestuti, R.**, & Kim, S. K. (2011). Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. In *Carbohydrate Polymers* (Vol. 84, Issue 1, pp. 14–21). <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2010.10.062>
- Yasuda, A., Wagatsuma, M., Murase, W., Kubota, A., Kojima, H., Ohta, T., Hamada, J., Maeda, H., & Terasaki, M. (2022). Fucoxanthinol Promotes Apoptosis in MCF-7 and MDA-MB-231 Cells by Attenuating Laminins–Integrins Axis. *Onco*, 2(3), 145–163. <https://doi.org/10.3390/onco2030010>
- Zaneveld, J. S. (1959). The Utilization of Marine Algae in Tropical South and East Asia. *Economic Botany*, 13(2), 89–131.
- Zhang, R., Ren, Y., Ren, T., Yu, Y., Li, B., & Zhou, X. (2025). Marine-Derived Antioxidants: A Comprehensive Review of Their Therapeutic Potential in Oxidative Stress-Associated Diseases. *Marine Drugs*, 23(6), 223. <https://doi.org/10.3390/md23060223>

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

DAFTAR PUBLIKASI ILMIAH

Karya Tulis Ilmiah

1	Bagian dari Buku Internasional	38	buah
2	Jurnal Internasional	49	buah
3	Jurnal Nasional	3	buah
4	Prosiding Internasional	11	buah

Kekayaan Intelektual

5	Paten Internasional		
	Tersertifikasi	1	buah
6	Paten Nasional		
	Terdaftar	9	buah
7	Hak Cipta	4	buah

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

Buku Bahasa Inggris

1. SK. Kim, **R. Pangestuti**. Biological Properties of Cosmeceuticals derived from Marine Algae. Chapters in Marine Cosmeceuticals. CRC Taylor and Francis, 2011, Chapter 11, 191–200. ISBN: 978-1-4398-6028-1
2. SK. Kim, **R. Pangestuti**. Potential Role of marine algae on female health, beauty and longevity. Chapters in Advances in food and nutrition research Vol. 64. Academic Press, 2011, Chapter 4, 41–55. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00004-1
3. SK. Kim, **R. Pangestuti**, P. Rahmadi. Sea Lettuces: Culinary Uses and Nutritional Value. Chapters in Advances in food and nutrition research Vol. 64. Academic Press, 2011, Chapter 5, 57–70. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00005-3
4. SK. Kim, **R. Pangestuti**. Biological Activities and Potential Health Benefits of Fucoxanthin Derived from Marine Brown Algae. Chapters in Advances in food and nutrition research Vol. 64. Academic Press, 2011, Chapter 9, 111–128. DOI: 10.1016/B978-0-12-387669-0.00009-0
5. SK. Kim, **R. Pangestuti**, AB. Susanto. Pharmacological — Effects of Marine Algae in Promoting Women’s Health and Longevity. Chapters in Marine Pharmacognosy: Trends and Applications. CRC Taylor and Francis, 2012, Chapter 18, 209–219. DOI: 10.1201/b13868-19.

6. SK. Kim, **R. Pangestuti**. Nutritional Value of Sea Lettuces. Chapters in *Nutraceuticals : Prospects and Perspectives*. CRC Taylor and Francis, 2013, Chapter 2, 5–15. ISBN: 978-1-4665-1351-8
7. SK. Kim, **R. Pangestuti**. Prospects and Potential Applications of Seaweeds as Neuroprotective Agents. Chapters in *Nutraceuticals : Prospects and Perspectives*. CRC Taylor and Francis, 2013, Chapter 3, 17–32. ISBN: 978-1-4665-1351-8
8. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Marine bioactive peptide sources: Critical points and the potential for new therapeutics. Chapters in *Marine proteins and peptides: Biological activities and applications*, Wiley, 2013, Chapter 28, 533–544. DOI: 10.1002/9781118375082.ch28
9. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Biological activities of carrageenan. Chapters in *Advances in food and nutrition research* 72, Academic Press, 2014, 113–124. DOI: 10.1016/B978-0-12-800269-8.00007-5.
10. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Bioactive Materials Derived from Seafood and Seafood Processing by-Products. Chapters in *Functional foods and dietary supplements: Processing effects and health benefits*, Wiley, 2014, Chapter 6, 113–124. DOI: 10.1002/9781118227800.ch6
11. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Carotenoids, Bioactive Metabolites derived from Seaweeds. Chapters in *Handbook of Marine Biotechnology*, Springer, 2015, Chapter 34, 816–821. DOI:10.1007/978-3-642-53971-8_34
12. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Seaweeds-derived bioactive materials for the prevention and treatment of female’s cancer. Chapters in *Handbook of anticancer drugs from marine origin*, Springer, 2015, Chapter 8, 165–176. DOI: 10.1007/978-3-319-07145-9_8

13. **R. Pangestuti**, SK. Kim. An overview of phycocolloids: the principal commercial seaweed extracts. Chapters in *Marine Glicobiology*, Wiley, 2015, Chapter 19, 247–254. DOI: 10.1002/9783527679577.ch19
14. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Seaweed proteins, peptides, and amino acids. Chapters in *Seaweed Sustainability*, Academic Press, 2015, Chapter 6, 125–140. DOI: 10.1016/B978-0-12-418697-2.00006-4
15. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Pharmaceutical importance of marine algal-derived carbohydrates. Chapters in *Marine Glicobiology*, CRC Taylor and Francis, 2016, Chapter 16, 247–254. DOI: 10.1201/9781315371399
16. **R. Pangestuti**, D. Kurnianto. Green seaweeds-derived polysaccharides ulvan: occurrence, medicinal value and potential applications. Chapters in *Seaweed Polysaccharides*, Academic Press, 2017, Chapter 11, 205–221. DOI: 10.1016/B978-0-12-809816-5.00011-6
17. **R. Pangestuti**, EA. Siahaan. Seaweed-derived carotenoids. Chapters in *Bioactive Seaweeds for Food Applications*, Academic Press, 2017, Chapter 5, 95–107. DOI: 10.1016/B978-0-12-813312-5.00005-4
18. EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, SK Kim. Seaweeds: Valuable ingredients for the pharmaceutical industries, Chapters in *Grand challenges in marine biotechnology*, Springer, 2018, Chapter 2, 49–95. DOI: 10.1007/978-3-319-69075-9_2
19. **R. Pangestuti**, IT. Suryaningtyas, EA. Siahaan, SK. Kim. Cosmetics and cosmeceutical applications of microalgae pigments. Chapters in *Pigments from Microalgae Handbook*, Springer, 2020, 611–633. DOI:10.1007/978-3-030-50971-2_25.

20. **R. Pangestuti**, DR. Noerdjito, EA. Siahaan, S. Sapulete, SK. Kim. Marine Microalgae in Food and Health Applications. Chapters in Encyclopedia of Marine Biotechnology 1, Wiley, 2020, 445–458. DOI: 10.1002/9781119143802.ch14
21. M. Puspita, **R. Pangestuti**, NAR. Setyawidati, Hydrocolloid Production of Indonesian Seaweeds. Chapters in Encyclopedia of Marine Biotechnology 1, Wiley, 2020, 407–416. DOI: 10.1002/9781119143802.ch12.
22. EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, IS. Pratama, SK. Kim. Beneficial effects of astaxanthin in cosmeceuticals with focus on emerging market trends, Chapters in Global Perspectives on Astaxanthin, Academic Press, 2021, 557–568. DOI: 10.1016/B978-0-12-823304-7.00015-5.
23. **R. Pangestuti**, EA. Siahaan, Y. Putra, P. Rahmadi. Polysaccharides from Marine Microalgal Sources. Bioprospecting of Microorganism-Based Industrial Molecules, 2022, 278–294. DOI: 10.1002/9781119717317.ch14
24. E. Susanto, Y. Putra, **R. Pangestuti**. Industrial Potential of Seaweeds in Biomedical Applications: Current Trends and Future Prospects. Sustainable Global Resources of Seaweeds Volume 2, 2022, 433–440. DOI: 10.1007/978-3-030-92174-3_23
25. **R. Pangestuti**, A. Ridwanudin, Y. Putra, IS. Prathama, P. Rahmadi, EA. Siahaan, SK. Kim. Valuable bioproducts from seaweeds obtained by green extraction technologies: Potential health benefits and applications in pharmacological industries. Algae and Aquatic Macrophytes in Cities, 2022, 315–347. DOI: 10.1016/B978-0-12-824270-4.00005-5

26. **R. Pangestuti**, LF. Indriana, Y. Putra, IS. Pratama, P. Rahmadi, SK Kim. Nutraceuticals-Based Echinodermata in Marine-Based Bioactive Compounds, 2023, 1, 33. DOI: 10.1201/9781003128175
27. IT. Suryaningtyas, JY. Je, **R. Pangestuti**. Protein from seaweed aquaculture. *Future Proteins*, 2023, 131–152. DOI: 10.1016/B978-0-323-91739-1.00007-6
28. A. Satya, **R. Pangestuti**, T. Crismadha, IA. Satya, P. Rahmadi, A. Harimawan, T. Setiadi. Phycoremediation of Food Processing Wastewater by Microalgae. *Algae Mediated Bioremediation: Industrial Prospectives*, 2024, 1, 335–354. DOI: 10.1002/9783527843367.ch16
29. Y. Putra, A. Ridwanudin, M. Firdaus, EA. Siahaan, **R. Pangestuti**. Marine Larval Development Assay: Current Trends and Applications. *Marine Larvae*, 2024, 40–54. DOI: 10.1201/9781003359388-3
30. **R. Pangestuti**, P. Rahmadi, EA. Siahaan, Y. Putra, SK. Kim. Chapter 10 Seaweeds Polyphenolic Compounds: A Marine Potential for Human Skin Health. *Seaweeds and Seaweed-derived Compounds*, 2024, 291–307. DOI: 10.1007/978-3-031-65529-6_10
31. Jasmadi, IT. Suryaningtyas, JY. Je, **R. Pangestuti**. Chemical composition of microalgae with potential for bioactive compounds. *Microalgae and One Health*, 2025, 37–57. DOI: 10.1016/B978-0-443-22080-7.00024-7
32. **R. Pangestuti**, AW. Indrianingsih, K. Nisa, MMA. Nur, Awalina S, P. Rahmadi, L. Kusmita, FT. Hastuti. Emerging Concepts About Applications of Microalgae Pigments: Cosmetics and Cosmeceutical Approaches. *Pigments from Microalgae Handbook*. 2026, 411–433. DOI: 10.1007/978-3-032-05253-7_17

33. Suryaningtyas, I., Je, J., Kim, S., **R. Pangestuti**. Phenolic Compounds from Seaweeds and Human Health. Natural Products: Phytochemistry, Botany, Metabolism of Alkaloids, Phenolics and Terpenes. 2026. Springer. ISBN: 978-3-642-36202-6
34. Awalina S., IA. Satya, T. Chrismadha, A. Hariman, T. Setiadi, A.Satya, **R. Pangestuti**. Chapter 13 Stress Response in Cyanobacteria Cultivation. Algae Classification and Species. 2026. Elsevier. DOI: 10.1016/b978-0-443-26502-0.00015-x
35. P. Rahmadi, M. Haq, S. Suraiya, Y. Andriana, **R. Pangestuti**. Post-harvest Strategies for Processing of Fish and Fishery Products in Retail: Past, Present, and Future. Processing, Preservation and Waste Utilization of Fish and Fishery Products. 2026. Springer. *In Press*.
36. **R. Pangestuti**, T. Arfianti, F. Budiyanto, T. Murniasih, P. Rahmadi, D. Kurnianto, Y. Andriana, SK. Kim. Chapter 18. Waste valorisation in shrimp processing byproducts. Processing, Preservation and Waste Utilization of Fish and Fishery Products. 2026. Springer. *In Press*.
37. AR. Hakim, A. Fauzi, A. Pamungkas, BB. Sedayu, P. Rahmadi, NR. Prasetiawan, TD. Novianto, **R. Pangestuti**. Healthier Surimi Products Through Microwave-Assisted Gelation and the Application of Deacetylated Konjac Glucomannan. Processing, Preservation and Waste Utilization of Fish and Fishery Products. 2026. Springer. *In Press*.
38. Y. Andriana, Jasmadi, D. Kurnianto, E. Apriyati, T. Erfianti, **R. Pangestuti**. Plant Extracts and Essential Oils as Natural Preservatives for Extending the Shelf Life of Fish and Fishery Products. Processing, Preservation and Waste Utilization of Fish and Fishery Products. 2026. Springer. *In Press*.

Jurnal Global

39. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Neuroprotective properties of chitosan and its derivatives. *Marine Drugs*. 2010; 8(7): 2117–2128. DOI: 10.3390/md8072117
40. SK. Kim, J. Venkatesan, **R. Pangestuti**, ZJ. Qian, BM. Ryu. Biocompatibility and alkaline phosphatase activity of phosphorylated chitooligosaccharides on the osteosarcoma MG63 cell line. *Journal of Functional Biomaterial*. 2010; 1(1): 3–13. DOI: 10.3390/jfb1010003
41. P. Rahmadi, **R. Pangestuti**, AB. Susanto. History, Nutrition, and Advantages of Seaweed for Human Body. *Journal of Marine Bioscience and Biotechnology*. 2010; 4(1): 15–23
42. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Neuroprotective effects of marine algae. *Marine Drugs*. 2011; 9(5): 803–818. DOI: 10.3390/md9050803
43. I. Wijesekara, **R. Pangestuti**, SK. Kim. Biological activities and potential health benefits of sulfated polysaccharides derived from marine algae. *Carbohydrate polymers*. 2011; 84(1):14–21. DOI: 10.1016/j.carbpol.2010.10.062
44. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Biological activities and health benefit effects of natural pigments derived from marine algae. *Journal of functional foods*. 2011; 4(3): 255–266. DOI: 10.1016/j.jff.2011.07.001
45. **R. Pangestuti**, SS. Bak, SK. Kim. Attenuation of pro-inflammatory mediators in LPS-stimulated BV2 microglia by chitooligosaccharides via the MAPK signaling pathway. *International journal of biological macromolecules*. 2011; 49(4): 599–606. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2011.06.014

46. R. Ewan, **R. Pangestuti**, S. Thornber, A. Craig, C. Carr, L. O'Donnell, C. Zhang. Deubiquitinating enzymes AtUBP12 and AtUBP13 and their tobacco homologue NtUBP12 are negative regulators of plant immunity. *New Phytologist*. 2011; *191*(1): 92–106. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2011.03672.x
47. P. Dewapriya, YX. Li, SWA. Himaya, **R. Pangestuti**, SK. Kim. Neoechinulin A suppresses amyloid- β oligomer-induced microglia activation and thereby protects PC-12 cells from inflammation-mediated toxicity. *Neurotoxicology*. 2012; *35*: 30–40. DOI: 10.1016/j.neuro.2012.12.004
48. **R. Pangestuti**, TS. Vo, DH. Ngo, SK. Kim. Fucoxanthin ameliorates inflammation and oxidative responses in microglia. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2013; *61*(16): 3.876–3.883. DOI: 10.1021/jf400015k
49. **R. Pangestuti**, BM. Ryu, SWA. Himaya, SK. Kim. Optimization of hydrolysis conditions, isolation, and identification of neuroprotective peptides derived from seahorse *Hippocampus trimaculatus*. *Amino Acids*. 2013; *45*(2): 369–381. DOI: 10.1007/s00726-013-1510-4
50. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Marine-derived bioactive materials for neuroprotection. *Food Science and Biotechnology*. 2013; *22*(5): 1–12. DOI: 10.1007/s10068-013-0200-z
51. **R. Pangestuti**, S. Wibowo. Prospects and health promoting effects of brown algal-derived natural pigments. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*. 2013; *8*(1): 37–46. DOI: 10.15578/squalen.v8i1.26

52. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Peptide-derived from Seahorse Exerts a Protective Effect against Cholinergic Neuronal Death in in vitro Model of Alzheimer's Disease. *Procedia Chemistry*. 2015; 14: 343–352. DOI: 10.1016/j.proche.2015.03.047
53. T. Murniasih, **R Pangestuti**, MY. Putra. Antioxidant Capacities of Holothuria Sea Cucumbers. *Annales Bogorienses*, Vol. 19, No. 2, 2015. ISSN 0517-8452 (print) | 2.407–7.518
54. **R. Pangestuti**, T. Murniasih, MY. Putra, A. Rasyid, JT. Wibowo, A. Ardiansyah. Free radical scavenging activity of selected sea cucumber species from Mataram-Lombok, Indonesia. *Jurnal Teknologi*. 2015; 78(4–2): 179-185. DOI: 10.11113/jt.v78.8202
55. A. Arsianti, F. Fadilah, LK. Wibisono, S. Kusmardi, R. Putrianingsih, T. Murniasih, A. Rasyid, **R. Pangestuti**. Phytochemical composition and anticancer activity of *seaweeds Ulva lactuca* and *Eucheuma cottonii* against breast MCF-7 and colon HCT-116 cells. *Asian J Pharm Clin Res*. 2016; 9(6): 115–119. DOI: <http://dx.doi.org/10.22159/ajpcr.2016.v9i6.13798>
56. **R. Pangestuti**, SK. Kim. Bioactive peptide of marine origin for the prevention and treatment of non-communicable diseases. *Marine Drugs*. 2017; 15(3): 67. DOI: 10.3390/md15030067
57. EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, H. Munandar, SK. Kim. Cosmeceuticals properties of Sea Cucumbers: Prospects and trends. *Cosmetics*. 2018; 4(3): 26. DOI: 10.3390/cosmetics4030026

58. **R. Pangestuti**, Z. Arifin. Medicinal and health benefit effects of functional sea cucumbers. *Journal of traditional and complementary medicine*. 2018; 8(3): 341–351. DOI: 10.1016/j.jtcme.2017.06.007
59. **R. Pangestuti**, EA. Siahaan, SK. Kim. Photoprotective substances derived from marine algae. *Marine drugs*. 2018; 16(11): 399. DOI: 10.3390/md16110399
60. EA. Siahaan, AKM. Asaduzzaman, **R. Pangestuti**. Chemical Compositions of Two Brown Seaweed Species from Karimun Jawa, Indonesia. *Marine Research in Indonesia*. 2018; 43(2): 71–78. DOI: 10.14203/mri.v43i2.480
61. A. Rasyid, A. Ardiansyah, **R. Pangestuti**. Nutrient composition of dried seaweed *Gracilaria gracilis*. *Indones. J. Mar. Sci.* 2018; 24(1): 1–6. DOI: 10.14710/ik.ijms.24.1.1-6
62. **R. Pangestuti**, AT. Getachew, EA. Siahaan, BS. Chun. Characterization of functional materials derived from tropical red seaweed *Hypnea musciformis* produced by subcritical water extraction systems. *Journal of Applied Phycology*. 2019; 31, 2.517–2.528. DOI: 10.1007/s10811-019-1754-9
63. **R. Pangestuti**, BS. Chun. Physicochemical and biofunctional properties of Indonesian mangroves hydrolysates obtained from subcritical water hydrolysis. *Research Journal of Chemistry and Environment*. 2020; 24(12): 31–35.
64. A. Rasyid, T. Murniasih, MY. Putra, **R. Pangestuti**, IA. Harahap, F. Untari. Evaluation of nutritional value of sea cucumber *Holothuria scabra* cultured in Bali, Indonesia. *Aquaculture, Aquarium, Conservation & Legislation*. 2020; 13(4): 2.083–2.093

65. A. Ardiansyah, A. Rasyid, EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, T. Murniasih. Nutritional Value and Heavy Metals Content of Sea Cucumber *Holothuria scabra* Commercially Harvested in Indonesia. *Current Research in Nutrition and Food Science*. 2020; 8(3): 765–773. DOI: 10.12944/CRNFSJ.8.3.09
66. MA. Ghafari, IT. Suryaningtyas, D. Yona, S. Sapulete, **R Pangestuti**. Effects of F/2 media modification on growth and antioxidant activity of microalgae *Nannochloropsis oculata*. *Marine Research in Indonesia*. 2020; 45(1). DOI: 10.14203/mri.v45i1.560
67. **R. Pangestuti**, KH. Shin, SK. Kim. Anti-photoaging and potential skin health benefits of seaweeds. *Marine Drugs*. 2021; 19(3): 172. DOI: 10.3390/md19030172
68. **R. Pangestuti**, M. Haq, P. Rahmadi, BS. Chun. Nutritional Value and Biofunctionalities of Two Edible Green Seaweeds (*Ulva lactuca* and *Caulerpa racemosa*) from Indonesia by Subcritical Water Hydrolysis. *Marine Drugs*. 2021; 19(10): 578. DOI: 10.3390/md19100578
69. L. Kusmita, NFN. Mutmainah, A. Sabdono, A. Trianto, OK. Radjasa, **R. Pangestuti**. Characteristic Evaluation of Various Formulations of Anti-Aging Cream from Carotenoid Extract of Bacterial Symbiont *Virgibacillus salarius* Strain 19. *PP. Sc1. 6. Cosmetics 2021*, 8(4), 120. DOI: 10.3390/cosmetics8040120
70. IS. Pratama, Y. Putra, **R. Pangestuti**, SK. Kim, EA. Siahaan. Bioactive peptides-derived from marine by-products: development, health benefits and potential application in biomedicine. *Fisheries and Aquatic Sciences*, 2022, 25(7), 357–379. DOI: 10.47853/FAS.2022.e33

71. IS. Pratama, EA. Siahaan, DA. Anggorowati, Y. Putra, A. Sujangka, **R. Pangestuti**. Seaweed phytochemicals utilization in marine aquaculture. *AACL Bioflux*, 2022, 15(4), 1.817–1.836
72. T. Chrismadha; A. Satya; I.A Satya; R. Rosidah; ADM. Satya; **R. Pangestuti**, A. Harimawan, T. Setiadi; KW Chew; PL. Show. Outdoor inclined plastic column photobioreactor: growth, and biochemicals response of *Arthrospira platensis* culture on daily solar irradiance in a tropical place. *Metabolites*, 2022, 12, 1199. DOI: 10.3390/metabo12121199
73. EA. Siahaan; Agusman; **R. Pangestuti**, K.H. Shin; SK. Kim. Potential Cosmetic Active Ingredients Derived from Marine By-Products. *Marine Drugs* 2022, 20(12), 734. DOI: 10.3390/md20120734
74. **R. Pangestuti**, EA. Siahaan, EA. Susanto, Brown Seaweed Phenolics and Photosynthetic Pigments: Bioavailability, Challenges and Potential Applications in Food Industries. *Journal of Applied Pharmaceutical Sciences*. 2024, 14(1), 1–18. DOI: 10.7324/JAPS.2024.121531
75. E. Susanto, RM. Mustajab, M. Kamil, MF. Atho'illah, PH. Riyadi, RA. Kurniasih, **R. Pangestuti**, DYB. Prasetyo. Unlocking Nature's Potential: A Comparative Study of Bioactive Compounds Extracted from Tropical Microalgae. *Molecular Biotechnology* 2024. DOI: 10.1007/s12033-024-01080-2
76. Mst. Antu, A. Rahman, Md. Sadek Ali, MJ. Ferdous, MT. Ahmed, MR. Ali, S. Suraiya, **R. Pangestuti**, M. Haq. Recovery and Characterization of Calcium-Rich Mineral Powders Obtained from Fish and Shrimp Waste: A Smart Valorization of Waste to Treasure. *Sustainability*. 2024, 16(14). DOI: 10.3390/su16146045

77. Mangkurat, B., Susanto, AB., Susanto, A.H., **R. Pangestuti**, Puspita, M., Meinita, M.D.N., Rahmiati, F., Jokhu, J.R. Case study of Indonesia's seaweed sustainability: traceability *Kappaphycus alvarezii* in Lombok. ISAR Journal of Economics and Business Management. 2024. 2(12), 58–62.
78. Andriana, Y., Abdurrahman, M.F., Haryanti, P., **R. Pangestuti**, Kurnianto, D., Sefrienda, A.R., Apriyati, E., Wungkana, J., Indriati, A., Litaay, C. Optimization of ultrasonic-assisted extraction (UAE) for phenolics and antioxidant activity from cocoa (*Theobroma cacao*) leaves and phytochemical profiling using GC-MS and LC-HRMS. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. 2025. 65. 103557. DOI: 10.1016/j.bcab.2025.103557
79. **R. Pangestuti**, P. Rahmadi, EA. Siahaan, K. Nisa, CD. Poeloengasih, D. Kurnianto, Lideman. Sea grape-based traditional foods in Indonesia: a glimpse into the tropical coastal culinary heritage. Journal of Ethnic Foods. 2025. 12(1): 20. DOI: 10.1186/s42779-025-00281-7
80. A. Windarsih, AW. Indrianingsih, R. Suryani, T. Wiyono, E. Noviana, C. Darsih, E. Rahayu, **R. Pangestuti**, SM. Asari, SI. Pratiwi, W. Apriyana, VT. Rosyida, MI. Sulistyowaty. Evaluation of the Antioxidant, Antidiabetic, and Antibacterial Activity of *Curcuma domestica*, *Zingiber officinale*, *Alpinia galanga*, *Curcuma xanthorrhiza*, and *Kaempferia galanga* Concurrent With Its Metabolite's Constituent Analysis. Chemistry & Biodiversity 2025. 22:e00645. DOI: 10.1002/cbdv.202500645
81. AW. Indrianingsih, NU. Suwanda, D. Ni'maturrohmah, **R. Pangestuti**, T. Wiyono, MI Sulistyowaty. The potential of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) as antioxidant and antidiabetic agent: a bibliometric study. Vegetoz, 2025. DOI: 10.1007/s42535-025-01417-5

82. P. Rahmadi, A. Satya, Y. Andriana, D. Kurnianto, L. Kusmita, **R. Pangestuti**. From Color to Cure: Bio-functional and Therapeutic Potential of *Spirulina*-Derived Natural Pigments. *Asian Food Science Journal*. 2025. 24(9): 58–85. DOI: <https://doi.org/10.9734/afsj/2025/v24i9817>
83. P. Rahmadi, NDSM. Sjafrie, MP. Rizqi, Triyono, T. Handayani, A. Kusnadi, D. Duan, Dirhamsyah, UE. Hermawan, **R. Pangestuti**. Opportunities in Seaweed (Eucheumatoids) Cultivation in Indonesia: A Review and Strategic Recommendations. *Aquaculture International*. 2025. 33: 680. DOI: 10.1007/s10499-025-02336-7
84. Kusmita, L., Nahdi, A., **R. Pangestuti**. Antioxidant Activity of β -Carotene Derived from *Spirulina platensis*: An In Vitro and In Silico Study. *Jordan Journal of Biological Sciences*. 2026. 9(3).
85. Kusmita, L., Mutmainah, Yuvianti D.F., I Kadek B., **R. Pangestuti**, A. Sabdaningsih. Antioxidant Activity of Mangrove Fruit Flour in Extracts and Peel-Off Gel Masks. *Egyptian Journal of Aquatic Biology & Fisheries*. 2026. 30(1): 2.627–2.643. ISSN 1110 – 6131
86. A. Chairunnisa, MRR. Rahardian, **R. Pangestuti**, YD. Franyoto, Kusmita, L. In Vitro and In Silico Anti-obesity Activities of *Avicennia marina* and *Bruguiera gymnorrhiza* Fruit Flour Extracts via Pancreatic Lipase Inhibition. *Jurnal Jamu Indonesia*. 2026. DOI: 10.29244/jji.v11i2.483
87. P. Rahmadi, **R. Pangestuti**. *Pecel*: a culinary reflection of Javanese cultural heritage, food ecological knowledge, and plant-based nutrition. *Journal of Ethnic Foods*. 2026. 13(1), 3. DOI: 10.1186/s42779-026-00304-x

Jurnal Nasional

88. **R. Pangestuti**, L Leemantara. Rumput Laut, Zamrud Tak Tergali Dari Laut. *BioS*. 2007; 2: 2–10
89. P. Rahmadi, **R. Pangestuti**, G Salim. Potensi rumput laut sebagai bahan dasar kosmeseutikal. *Jurnal Harpodon Borneo*. 2011; 4(1): 77–88. DOI: 10.35334/harpodon.v4i1.66
90. EA. Siahaan, **R. Pangestuti**. Pangan fungsional dan nutra-setikal dari laut: Prospek dan tantangannya. *DEPIK Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. 2018; 6(3): 273–281. DOI: 10.13170/depik.6.3.6874

Prosiding Global

91. **R. Pangestuti**, EA. Siahaan, F. Untari, BS. Chun. Biological activities of Indonesian mangroves obtained by subcritical water extraction. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020; 441(1): 012101. DOI: 10.1088/1755-1315/441/1/012101
92. EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, BS. Chun. Antioxidant Activity of Two Edible Korean Seaweed Oil Obtained from SC-CO₂ and Solvent Extraction. *E3S Web of Conferences*. 2020; 147: 03014. DOI: 10.1051/e3sconf/202014703014
93. **R. Pangestuti**, AT. Getachew, EA. Siahaan, BS. Chun. Characteristics of functional materials recovered from Indonesian mangroves (*Sonneratia alba* and *Rhizophora mucronata*) using subcritical water extraction. *E3S Web of Conferences*; 2020, 147: 03013. DOI: 10.1051/e3sconf/202014703013

94. Y. Putra, I. Mustikasari, **R. Pangestuti**, P. Rahmadi, EA. Siahaan. Fatty acid profiles and biological activity of *Nannochloropsis oculata* and *Isochrysis galbana*, clone t-ISO. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2022, 1083(1), 012079. DOI: 10.1088/1755-1315/1083/1/012079
95. Y. Putra, EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, L. Ali, A. Wahab. Characterization of powdered *S. japonica* as carrier material for natural food preservatives IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2022, 1083(1), 012053. DOI: 10.1088/1755-1315/1083/1/012053
96. Y. Putra, FB. Soffa, M. Firdaus, **R Pangestuti**, EA. Siahaan. Determination of fatty acid profiles and bioactive properties of body wall and viscera of *Holothuria atra* collected from Lombok Island, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 2022, 1119(1), 012052. DOI: 10.1088/1755-1315/1119/1/012052
97. CD. Poeloengasih, **R. Pangestuti**, EA. Siahaan, Y. Putra, TB. Bardant, DJ. Prasetyo, Hernawan, TH. Jatmiko, Suratno, Y. Khasanah, L. Ali, DA. Christyandari, W. Widiastuti, R. Suryani, A. Windarsih, B. Kumayanjati, N. Wahyudin. Seasonal effect on the amino acid and fatty acid profiles of *Ulva* spp. collected from Sepanjang Beach, Yogyakarta, Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 1289. 2023. 012031. DOI: 10.1088/1755-1315/1289/1/012031
98. **R. Pangestuti**, EA. Siahaan, BB. Sedayu, CD. Poelongasih, P. Wullandari, AR. Sefrienda, N. Fadhilah. Development of marine foods in Indonesia. AIP Conference Proceeding 2957 (2024). DOI: 10.1063/5.0183932

99. **R. Pangestuti**, L. Suryanegara, P. Rahmadi, D. Kurnianto. Nutritional value of red and brown seaweeds from Indonesia. AIP Conference Proceeding 2973 (2024). DOI: 10.1063/5.0184461.
100. B. Mangkurat, WN. Widodo, N. Nurwaesari, AB. Susanto, AH. Susanto, **R. Pangestuti**, M. Puspita. Short Studies: An Overview of Empowering Global Maritime Technology on Indonesia Seaweed Industries Innovations in 2045. Proceeding of IROFONIC 2023 “Global Initiatives for Sustainable Development Goals”, 159-170.
101. CD. Poeloengasih, Hernawan, DJ. Prasetyo, EA. Siahaan, Y. Putra , DA. Christyandari , A. Windarsih, Y. Khasanah, R. Suryani, P. Yuliyanto, B. Kumayanjati, **R. Pangestuti**. Metal Contamination of Seaweeds from Sepanjang Waters, Gunungkidul, Indonesia and Its Health Risk Assessment. Proceedings of the 10th International Conference on Science and Technology (ICST 2024).

Paten Global

102. SK. Kim, **R. Pangestuti**. Composition for preventing or treating neurodegenerative disease including bioactive peptide as effective component. US Patent App. 2012. 13/665,820

Paten Nasional

103. A. Ardiansyah, A. Rasyid, R. Dwimayasanti, IA. Harahap, T. Murniasih, **R. Pangestuti**, MY. Putra, S. Dody, Jasmadi, IT. Suryaningtyas, Suparmo, F. Untari. Komposisi Jeli Berbahan Dasar Teripang *Holothuria scabra* dan Proses Pembuatannya. 2019. P00201910449

104. EA. Siahaan, Y. Putra, **R. Pangestuti**, N. Tarmin, A. Wahab, P. Rahmadi. Metode Penghilangan Lapisan Kapur Pada Teripang Pasir (*Holothuria Scabra*) Dengan Daun Biduri (*Calotropis Gigantea*). 2021. P00202105268
105. CD. Poeloengasih, **R. Pangestuti**, DJ. Prasetyo, Hernawan, TH. Jatmiko, Y. Khasanah, EA. Siahaan, Y. Putra, L. Ali, DA. Christyandari, W. Widiastuti, N. Wahyudin. Nori Substitusi Berbahan Dasar Alga Hijau *Ulva* spp. dan Proses Pembuatannya. 2023. P00202315106
106. EA. Siahaan, Y. Putra, **R. Pangestuti**, CD. Poeloengasih, AS. Hadi, Z. Aini. Komposisi Makanan Ringan Nori Berbahan Dasar Rumput Laut *Ulva lactuca* dan *Eucheuma denticulatum* Bersalut Perenyah dan Proses Pembuatannya. P00202414771
107. T. Chrismadha, T. Setiadi, N. Artanti, A. Harimawan, **R. Pangestuti**, IA. Satya, Gunawan, Nofdianto, MS. Syawal, Rosidah. Fotobioreaktor Hibrida Untuk Kultivasi Mikroalga dan Penangkapan Karbondioksida Atmosferik. P00202415123.
108. Lideman, A. Laining, A. Gafur, **R. Pangestuti**, D.S. Wahyuni, M. Safri, S. Ardyansyah, I. Adriani, Manikharda, Kasturi, Fadli. Metode Budidaya Rumput Laut *Ulva* spp. pada Wadah Terkontrol. P00202512687
109. Satya, **R. Pangestuti**, T. Chrismadha, IA. Satya, Gunawan, Rosidah, E. Nafisyah, FS. Lestari, E. Waluyo, Nofdianto, Falasifah. Sistem Terintegrasi Untuk Kultivasi Serta Pemanenan Mikroalga, Sianobakteria dan Mikroorganisme Fotosintetik Lainnya. P00202513807.

110. E. Apriyanti, Y. Andriana, D. Kurnianto, Jasmadi, SD. Indrasari, **R. Pangestuti**, YP. Wanita, EA. Siahaan, DLN. Fibri. Formula Nasi RS 5 Instan Berbahan Beras Merah dengan Penambahan Minyak Zaitun dan Proses Pembuatannya. P00202514224
111. K. Nisa, AE. Suryani, S. Handayani, Hernawan, **R. Pangestuti**. Suatu Proses Fraksinasi Ekstrak Daun Singkil (*Premna corymbosa*) Berpotensi Antidiabetes. P00202514542

Hak Cipta

112. RSB. Mangkurat, **Ratih Pangestuti**, AB. Susanto, AH. Purnomo, MDN. Meinita, M. Puspita. Identifikasi Molekuler *Kappaphycus alvarezii* di Wilayah Indonesia Bagian Tengah. 2025. EC002025058135.
113. P. Rahmadi, D. Oktaviani, **R. Pangestuti**. Minimum Economic Value of Lema Fish from Mayalibit Bay Determined Based on Emergy Analysis. 2025. EC002025139344
114. Y. Putra, EA. Siahaan, **R. Pangestuti**, L. Ali, A. Wahab. Characterization of powdered *S. japonica* as carrier material for natural food preservatives. 2025. EC002025167213
115. P. Rahmadi, **R. Pangestuti**, J.D. Prasetya. Peta Metode Budidaya Rumput Laut (Eucaematoid) Yang Digunakan Di Indonesia Beserta Lokasi Penerapan Masing-Masing Metode. 2025. EC002025183033

Buku ini tidak diperjualbelikan.

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

A. DATA PRIBADI

Nama	: Ratih Pangestuti
Tempat/Tanggal Lahir	: Grobogan, 27 Oktober 1983
Anak ke	: 2 dari 2 bersaudara
Jenis Kelamin	: Perempuan
Nama Ayah Kandung	: Daryanto, Bc.Hk
Nama Ibu Kandung	: Sumiati
Nama Suami	: Dr. Eng. Puji Rahmadi
Nama Anak	: 1. Shaka Rahmadi 2. Rafandra Rahmadi
Nama Unit	: Pusat Riset Teknologi dan Proses Pangan (PR TPP) BRIN
Nama Organisasi	: Organisasi Riset Pertanian dan Pangan
Nama Instansi	: Badan Riset dan Inovasi Nasional
Judul orasi	: Bioprospeksi Makroalga Sebagai Pilar Pangan dan Kesehatan Dalam Transformasi Bioindustri Biru Indonesia
Ilmu	: Ilmu Kelautan
Bidang	: Biologi Laut
Kepakaran	: Bioteknologi Laut
No. SK Pangkat Terakhir	: Keputusan Presiden RI Nomor 4/K tahun 2025, 19 September 2025
No. SK Peneliti Ahli Utama	: Keputusan Presiden RI Nomor 2/M tahun 2023, tanggal 9 Januari 2023
Tautan Scopus	: https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=36239197200
Tautan Google Scholar	: https://scholar.google.com/citations?user=ohwlxV8AAAAJ&hl=en

B. PENDIDIKAN FORMAL

No.	Jenjang	Sekolah/PT/Univ	Kota/Negara	Lulus
1.	SD	SDN III	Purwodadi	1995
2.	SMP	SMPN I	Purwodadi	1998
3.	SMA	SMAN I	Purwodadi	2001
4.	S-1	Ilmu Kelautan, Univ. Diponegoro	Semarang	2006
5.	S-2	Biologi, Univ. Kristen Satya Wacana	Salatiga	2008
6.	S-2	Life Sciences, Univ of Glasgow	Glasgow, UK	2009
7.	S-3	Marine Biochemistry, Pukyong National Univ	Busan, Korea Selatan	2012

C. PENDIDIKAN NONFORMAL

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/ Kota/ Negara	Tahun
1.	Postdoktoral Felloship di Marine Bioprocess Research Center	Busan, Korea Selatan	2012–2013
2.	Diklat Fungsional Peneliti Tingkat Pertama, Pusbindiklat LIPI	Bogor	2014
3.	Taxonomy Training of Marine Biota P2O LIPI	Jakarta	2014
4.	Pelatihan Sistem Manajemen Laboratorium Berbasis SNI/ISO/IEC 17025:2008	Jakarta	2014

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/ Kota/ Negara	Tahun
5.	Pelatihan Materi Perluasan Ruang Lingkup dan Validasi Metode berbasis SNI:ISO 19011:2012	Jakarta	2015
6.	Pelatihan Audit Internal SNI/ISO/ IEC 17025:2008 berbasis SNI:ISO 19011:2012 dan APLAC TC-002:2006	Jakarta	2015
7.	The First China-ASEAN Training Class for Medicinal Study on Traditional Medicine and Agricultural Residue	Naning, China	2017
8.	Pelatihan Reviewer Penelitian Kemenristek Dikti	Tangerang	2017
9.	Diklat Fungsional Peneliti Tingkat Lanjutan, Pusbindiklat LIPI	Bogor	2017
10.	The Molecular Taxonomy Training Based on Single DNA Barcoding and Metabarcoding	Jakarta	2017
11.	Postdoktoral Felloship National Research Foundation	Busan, Korea Selatan	2018–2019
12.	Pelatihan Natural Product Cosmetics	ITB Bandung	2019
13.	Pelatihan Kultur Jaringan Rumput laut SEAMEO BIOTROP	Virtual	2021
14.	Pelatihan Reviewer Penelitian K/L Angkatan I Tahun 2021 Kemenristek/BRIN	Virtual	2021

No.	Nama Pelatihan/Pendidikan	Tempat/ Kota/ Negara	Tahun
15.	Applied Good Clinical Practices IASMED, PRODIA & BRIN	Virtual	2021
16.	Pelatihan Evaluasi Sensori Pada Produk Pangan Anugrah Global Superintending (AGS)	Virtual	2022
17.	Pelatihan Genetically Modified Organism (GMO) dan Gene Editing (GE)	KST Soekarno, Cibinong & Virtual	2024
18.	Training of Trainers (ToT) Teaching Style Bagi Calon Fasilitator Pelatihan Teknis Penulisan Ilmiah	Virtual	2024
19.	Training “ <i>Fooddomics</i> dan <i>Agriomics</i> : Analisis Multi-Omics untuk Riset Pertanian dan Pangan”	KST Umar Anggara Djenie	2024
20.	Workflow for Food Technology Research and Analysis	Nutrilab	2025

D. JABATAN STRUKTURAL

No.	Jabatan/Pekerjaan	Nama Instansi	Tahun
1.	Kepala Balai Bio Industri Laut LIPI (Es. 3)	Balai Bio Industri Laut LIPI	2019– 2021
2.	Kepala Kantor Balai Bio Industri Laut BRIN	Balai Bio Industri Laut BRIN	2021–2022

E. JABATAN FUNGSIONAL

No.	Jenjang Jabatan	TMT Jabatan
1.	Peneliti Ahli Madya IV/b	1 Juni 2016
2.	Peneliti Ahli Madya IV/c	10 Juni 2019
3.	Peneliti Ahli Madya IV/c (Pemberhentian)	25 November 2019
4.	Peneliti Ahli Madya IV/c (Pengaktifan)	1 Oktober 2021
5.	Peneliti Ahli Utama IV/e	25 Januari 2023

F. PENUGASAN KHUSUS NASIONAL / INTERNASIONAL

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
1.	Anggota PME Pusat Penelitian Oseanografi LIPI	Kepala Pusat Penelitian Oseanografi LIPI	2015– 2017
2.	Sekretaris PME Pusat Penelitian Oseanografi LIPI	Kepala Pusat Penelitian Oseanografi LIPI	2016
3.	National Expert on Seaweed Mapping	United Nations Development Organizations (UNIDO)	2017
4.	Koordinator R&D PUI Bioprospeksi Laut	Kepala Pusat Penelitian Oseanografi LIPI	2017– 2019
5.	Anggota PUI Bioprospeksi Laut	Kepala Pusat Penelitian Bioteknologi BRIN	2020– 2021
6.	Ketua Kelompok Penelitian Bio Industri Laut LIPI	Deputi Ilmu Pengetahuan Kebumian (IPK) LIPI	2020
7.	Ketua Kelompok Penelitian Bio Industri Laut BRIN	Kepala OR Kebumian dan Maritim BRIN	2021

No.	Jabatan/Pekerjaan	Pemberi Tugas	Tahun
8.	Ketua Kelompok Riset Teknologi dan Proses Pangan Potensial Laut (TP3L)	Kepala OR Pertanian dan Pangan BRIN	2022
9.	Delegasi Indonesia dalam United Nations Ocean Conferences	United Nations (UN/PBB)	2022
10.	Majelis Asesor Peneliti Pusat (MAPP)	Kepala BRIN	2022– 2025
11.	Tim Verifikator Karya Tulis Imiah OR Pertanian dan Pangan BRIN	Kepala OR Pertanian dan Pangan BRIN	2024– sekarang
12.	Majelis Asesor Uji Kompetensi (MAUK)	Deputi Bidang Sumber Daya Manusia Ilmu Pengetahuan dan Teknologi BRIN	2025– sekarang
13.	Examiner The Fondecyt Research Initiation Project Competition	National Research and Development Agency (ANID)-Chile	2024 & 2025
14.	Examiner LE STUDIUM Visiting Researcher	LE STUDIUM Visiting Researcher-France	2026

G. KEIKUTSERTAAN DALAM KEGIATAN ILMIAH

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
1.	Natural Pigments Symposium	Pemakalah Oral	UKSW, Salatiga, Indonesia	2008
2.	The 243 rd American Chemical Society National Meeting,	Pemakalah poster	San Diego, California-USA	2011

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
3.	The 10 th European Chitin Chitosan Symposium,	Pemakalah poster	St. Petersburg-Russia.	2011
4.	The 20 th Spring Meeting of The Korean Society of Chitin and Chitosan.	Pemakalah poster	Busan-Republic of Korea.	2011
5.	The 7 th Korean Society of Annual Meeting & International Mini Symposium,	Pemakalah poster	Busan-Republic of Korea	2012
6.	The 9 th Asia Pacific Marine Biotechnology Conference,	Pemakalah Oral	Kochi-Japan.	2012
7.	The 15 th International Biotechnology Symposium,	Pemakalah Oral	Daegu, Korea Selatan	2012
8.	The Annual Meeting of the Korean Society for Biochemistry and Molecular Biology,	Pemakalah poster	Seoul, Korea Selatan	2013
9.	The Annual Meeting of the Korean Society for Biochemistry and Molecular Biology	Pemakalah poster	Seoul, Korea Selatan	2013
10.	International Conferences on Natural Sciences	Pemakalah Oral	Alexander von Humboldt-Malang, Indonesia	2014

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
11.	The 2 nd ISAPPROSH	Pemakalah Oral	Undip, Semarang, Indonesia	2015
12.	ASEAN-FEN IFS 2017	Pemakalah Oral	UniBraw, Malang, Indonesia	2017
13.	Seminar Nasional “Soedirman Science Competition”	Narasumber	Unsoed, Purwokerto, Indonesia	2019
14.	The 2 nd International Conference on Fisheries and Marine Science	Pemakalah poster	Unair, Surabaya, Indonesia	2019
15.	ASEAN Food Conference	Pemakalah poster	AFC, Bali, Indonesia	2019
16.	The 3 rd International Symposium on Marine and Fisheries Research	Pemakalah oral	UGM, Yogyakarta, Indonesia	2019
17.	The 5 th International Conference on Tropical & Coastal Region Eco- Development	Pemakalah oral	Undip, Semarang, Indonesia	2019
18.	Seminar Internasional “The 1 st International Conference on Biotechnology and Food Science”	<i>Invited speakers</i>	Unair, Surabaya, Indonesia	2020

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
19.	“Potensi Sumber Daya Rumput Laut dan Prospek Pemanfaatannya di Indonesia”	<i>Guest lecture</i>	FPIK Unsrat, Online	2020
20.	“Fisheries and Marine, The Sleeping Giant for Future Generations	<i>Guest lecture</i>	FPIK Unair, Surabaya, Indonesia	2021
21.	“Science and Innovative Technology”	<i>Guest lecture</i>	FPIK UGM, Yogyakarta, Indonesia	2021
22.	“Perempuan dan Laut”	Narasumber	Mata Cinta, Jakarta, Indonesia	2021
23.	Kuliah Tamu” Eksplorasi Sumberdaya Laut”	<i>Guest lecture</i>	FPIK Unair, Surabaya, Indonesia	2021
24.	Kuliah Umum “The Treasure of Seaweeds”	<i>Guest lecture</i>	FPIK Undip, Semarang, Indonesia	2021
25.	Seminar “Tropical Seaweed Innovation Network”	Narasumber	KKP, Jakarta, Indonesia	2021
26.	Seminar “Pengembangan Produk Pangan dan Kesehatan Berbasis Kelautan”	Narasumber	PUI Bioprospeksi Laut, Bogor, Indonesia	2021
27.	Seminar “Perempuan dan Laut”	Narasumber	Mata Cinta, Jakarta, Indonesia	2021

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
28.	Interactive dialogue 6: “Increasing scientific knowledge & developing research capacity & transfer of marine technology”	<i>Keynote speakers/ Panelist</i>	United Nations, Lisbon-Portugal	2022
29.	Seaweeds Forum and Festivals 2022	<i>Keynote speakers</i>	KKP, Surabaya, Indonesia	2022
30.	International Conference “Food technologies for shared planet”	<i>Keynote speakers</i>	Korean Society for Food Engineering Korea Selatan	2022
31.	The First International Conference on Food and Agricultural Sciences (ICFAS)	<i>Invited speakers</i>	BRIN, Yogyakarta, Indonesia	2022
32.	The second International Conference on Lignocellulose (ICONLIG) 2022	Pemakalah oral	BRIN, Bogor, Indonesia	2022
33.	Workshop Analisis Kurikulum Berdasarkan Kebutuhan Pasar	Narasumber	FPIK Unibraw, Online	2023
34.	2023 KoSFoST International Symposium and Annual Meeting	<i>Keynote speakers</i>	Korean Society for Food Science and Technology Jeju Korea Selatan	2023

No.	Nama Kegiatan	Peran/ Tugas	Penyelenggara (Kota, Negara)	Tahun
35.	e-ASIA JRP Call Development Workshop – “Food & Health (Personalized Nutrition, Functional & Future Foods)”	<i>Keynote speakers</i>	e-ASIA Joint Research Program Online	2023
36.	The Second International Conference on Food and Agricultural Sciences (ICFAS)	Moderator	BRIN, Yogyakarta, Indonesia	2023
37.	The 5 th International Conference on Biotechnology and Food Sciences (INCOBIFS)	<i>Keynote speaker</i>	Universitas Airlangga, Surabaya, Indonesia	2024
38.	The Third International Conference on Food and Agricultural Sciences (ICFAS)	Moderator & <i>Scientific division</i>	BRIN Yogyakarta, Indonesia	2025
39.	The Fondecyt Research Initiation Project Competition 2025	<i>Examiner</i>	National Research & Development Agency (ANID) Chile	2024 & 2025
40.	Seminar Farmasi Univ Ahmad Dahlan	Pembicara	Univ Ahmad Dahlan	2026

H. KETERLIBATAN DALAM PENGELOLAAN JURNAL ILMIAH

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
1.	Squalene	KKP	Reviewer	2015– 2023
2.	Jurnal Teknologi	UTM, Malaysia	Reviewer	2015
3.	Jurnal Pasca Panen dan Bioteknologi Kelautan Perikanan	KKP	Reviewer	2016
4.	Jurnal Pertanian	UPM, Malaysia	Reviewer	2016
5.	Jurnal Toxicology	Hindawi	Reviewer	2016
6.	Oseanologi dan Limnologi di Indonesia	PRO BRIN	Anggota Dewan Redaksi	2016– 2017
7.	Food Chemistry	Elsevier	Reviewer	2017, 2022
8.	Journal of Agricultural Science and Technology (JAST)	Tarbiat Modares Univ, Iran	Reviewer	2017
9.	Neurotoxicology and Teratology	Elsevier	Reviewer	2017
10.	Fisheries and Aquatic Science	Biomed Central	Reviewer	2018
11.	Herbal Medicine	Elsevier	Reviewer	2018
12.	Indonesian Journal of Natural Pigments	Ma Chung University	Anggota Dewan Redaksi	2018– 2020

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
13.	Journal of Photochemistry & Photobiology, B: Biology	Elsevier	Reviewer	2019
14.	BioMed Research International.	Hindawi	Reviewer	2019
15.	The Open Microalgae	Bentham Science	Anggota Dewan Redaksi	2019–2020
16.	Marine Research in Indonesia	PRO BRIN	Anggota Dewan Redaksi	2020–2021
17.	Journal of Applied Phycology	Springer	Reviewer	2021–2022
18.	Journal of Aquatic Food Product and Technology	Taylor and Francis	Reviewer	2022–2024
19.	Arabian Journal of Chemistry	Elsevier	Reviewer	2022, 2024
20.	Bioinformatics and Biology Insights	SAGE	Reviewer	2022
21.	Marine Drugs	MDPI	Reviewer	2022
22.	Frontiers in nutrition	Frontiers	Reviewer	2022
23.	Journal of Aquatic Food Product Technology	Taylor and Francis	Reviewer	2023
24.	Food and Humanity	Elsevier	Reviewer	2023
25.	Materials Today Sustainability	Elsevier	Reviewer	2023

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
26.	Scientific Report	Nature	Reviewer	2024
27.	Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry	Elsevier	Reviewer	2024
28.	Cell Biochemistry and Biophysiscs	Springer	Reviewer	2024
29.	Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries	The Egyptian Society for Development of Fisheries and Human Health	Reviewer	2024
30.	South African Journal of Botany	Elsevier	Reviewer	2024
31.	Beny Suef University Journal of Basic and Applied Sciences	Springer	Reviewer	2024
32.	Naunyn- Schmiedeberg's Archives of Pharmacology	Springer	Reviewer	2024
33.	Journal of Nanobiotechnology	Springer	Reviewer	2024
34.	Aquaculture International	Springer	Reviewer	2024
35.	Aquatic Sciences	Springer	Reviewer	2024
36.	Food and Bioprocess Technology	Springer	Reviewer	2024

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
37.	Archives of Microbiology	Springer	Reviewer	2024
38.	Food Chemistry Advances	Elsevier	Reviewer	2024
39.	Journal of Fisheries and Marine Research	Univ Brawijaya	Dewan Redaksi	2020-skr
40.	Applied Food Research	Elsevier	Reviewer	2025
41.	Chemical and Biological Technologies in Agriculture	Springer	Reviewer	2025
42.	International Microbiology	Springer	Reviewer	2025
43.	Discover Applied Sciences	Springer	Reviewer	2025
44.	Food Analytical Methods	Springer	Reviewer	2025
45.	ES Materials and Manufacturing	Springer	Reviewer	2025
46.	Blue Biotechnology	Springer	Reviewer	2025
47.	European Food Research and Technology	Springer	Reviewer	2025
48.	Asian Food Science Journal	Science Domain International	Reviewer	2025
49.	The Microbe	Elsevier	Reviewer	2025
50.	Egyptian Journal of Biological Sciences	Cairo: Ain Shams Univ.	Reviewer	2025

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama Jurnal	Penerbit	Peran/ Tugas	Tahun
51.	IOP conf Proceeding	IOP Publishing	Editor; Reviewer	2025
52.	Scientific Journal of Fisheries and Marine	Universitas Airlangga	Reviewer	2025
53.	Applied Biochemistry and Biotechnology	Springer	Reviewer	2025
54.	Journal of Functional Foods	Elsevier	Reviewer	2025
55.	Foods	MDPI	Reviewer	2025
56.	Journal of Biological Engineering	Springer	Reviewer	2026
57.	Chemical papers	Springer	Reviewer	2026
58.	BMC Complementary Medicine and Therapies	Springer	Reviewer	2026
59.	Cosmetics	MDPI	Reviewer	2026

I. CAPAIAN DALAM BIDANG IPTEK, RISET, DAN INOVASI

a) Kualifikasi Karya

1.	Bagian dari Buku Internasional	38	buah
2.	Jurnal Internasional	49	buah
3.	Jurnal Nasional	3	buah
4.	Prosiding Internasional	11	buah

b) Kualifikasi Penulis

No.	Kualifikasi Karya	Jumlah
1.	Penulis Tunggal	0
2.	Bersama Penulis Lainnya	101
	Total	101

c) Kualifikasi Bahasa

No	Kualifikasi Bahasa	Jumlah
1	Bahasa Inggris	98
2	Bahasa Indonesia	3
	Total	101

d) Kekayaan Intelektual

1.	Paten Internasional		
	Tersertifikasi	1	buah
2.	Paten Nasional		
	Terdaftar	9	buah
3.	Hak Cipta	4	buah

J. Pembinaan Kader Ilmiah

Pejabat Fungsional Peneliti

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Evi Amelia Siahhaan	BBIL LIPI, PR BILD, PR TPP BRIN	Penelitian, Penulisan Ilmiah	2015– 2024
2.	Ardi Ardiansyah	PRO LIPI, PR LTB BRIN	Penelitian, Penulisan Ilmiah	2019

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
3.	Idham S Prathama	BBIL LIPI, PR BILD BRIN	Penelitian, Penulisan Ilmiah	2021
4.	Yanuariska Putra	BBIL LIPI, PR BILD, PR BL, BRIN	Penelitian, Penulisan Ilmiah	2019–2022
5.	Ria Amelia	Postdoktoral PR TPP BRIN	Penelitian, Penulisan Ilmiah	2025–sekarang

Mahasiswa

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
1.	Aji Setyo Nugroho	FPIK Uni Brawijaya	Pembimbing S-1	2018
2.	M. Aulia Ghafari	FPIK Uni Brawijaya	Pembimbing S-1	2019
3.	Stevanus Bayu Mangkurat	Pasca Sarjana Biologi Unsoed	Pembimbing S-3	2019–2025
4.	Lisa Nurafifah	Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi	Pembimbing S-1	2024
5.	Amira Nahdi	Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi	Pembimbing S-1	2024
6.	Amanda Ami Putri	Teknologi Pangan Unsoed	Pembimbing S-1	2025
7.	Vigasini Subbiah	Deakin University Australia	Ph.D External Examiner	2025
8.	Susmitha Davvy Aoudy Firdaus	Universitas Trunojoyo Madura	Pembimbing S-1	2025
9.	Rahajeng Widhi Paramastri	Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi	Pembimbing S-1	2025

Buku ini tidak diperjualbelikan.

No.	Nama	Instansi	Peran/Tugas	Tahun
10.	Tsania Rendra Damayanti	Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi	Pembimbing S-1	2025
11.	Nugraha Jaya Pangestu	Sekolah Tinggi Ilmu Farmasi	Pembimbing S-2	2026
12.	Ulfa Hamidah	Universitas Negeri Semarang	Pembimbing S-1	2026

K. Organisasi Profesi Ilmiah

No.	Jabatan	Nama Organisasi	Tahun
1.	Anggota	Ikatan Keluarga Alumni Universitas Diponegoro (IKA UNDIP)	2006–sekarang
2.	Anggota	Himpunan Peneliti Indonesia (Himpenindo)	2014–2021
3.	Anggota	Ikatan Sarjana Oseanologi Indonesia (ISOI)	2017–sekarang
4.	Anggota	Ikatan Sarjana Ilmu Kelautan Indonesia (Iskindo)	2021–sekarang
5.	Anggota	Tropical Seaweed Innovation Network (TSIN)	2017–sekarang
6.	Anggota	Perhimpunan Periset Indonesia (PPI)	2022–sekarang
7.	Anggota	Asosiasi Peneliti Indonesia di Korea Selatan (APIK)	2022–sekarang
8.	Anggota	Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (MPHPI)	2024–sekarang
9.	Anggota	The Organization for Women in Science for the Developing World (OWSD)	2026–sekarang

L. Tanda Penghargaan

No.	Nama Penghargaan	Pemberi Penghargaan	Tahun
1.	Lulusan dengan Pujian	FPIK Undip	2006
2.	Brain Korea 21 Scholarship Awards	Korea Selatan	2009–2012
3.	Peserta Diklat Prajabatan Terbaik	LIPI	2014
4.	LIPI Young Scientist Awards (LYSA)	LIPI	2015
5.	Finalis L'oreal for Women in Sciences	L'oreal Foundation	2015
6.	Peserta Diklat Fungsional Lanjutan Terbaik	LIPI	2017
7.	Peneliti dengan Produktivitas dan Jumlah Sitasi Tertinggi 2017	LIPI	2018
8.	Kenaikan Pangkat Luar Biasa (KPLB)	Badan kepegawaian Negara (BKN)	2021
9.	Top 2% Worlds Ranking Scientist	Stanford University-Elsevier	2021–2025
10.	Best Oral Presenter	ICONLIG Symposium	2022
11.	Satya Lancana Karya Satya X Tahun	Presiden Republik Indonesia	2024

Indonesia dianugerahi kekayaan laut yang luar biasa, namun hingga kini belum sepenuhnya dimanfaatkan secara optimal sebagai fondasi pembangunan pangan dan kesehatan. Salah satu sumber daya hayati laut yang memiliki potensi strategis adalah makroalga atau rumput laut, organisme terbarukan yang melimpah dan menyimpan keragaman biomolekul bernilai tinggi. Selama ini, makroalga masih dipersepsikan terutama sebagai komoditas primer, padahal berbagai kajian ilmiah menunjukkan bahwa di dalamnya terkandung senyawa bioaktif yang berpotensi besar untuk meningkatkan kualitas kesehatan manusia dan mendukung sistem pangan berkelanjutan.

Orasi ilmiah ini merangkum pemikiran dan temuan riset mengenai bioprospeksi makroalga tropis Indonesia, mulai dari kekayaan biodiversitasnya, karakteristik metabolit primer dan sekunder, hingga aktivitas biologisnya yang relevan bagi kesehatan. Polisakarida sulfat, protein dan peptida bioaktif, asam lemak esensial, pigmen fotosintetik, serta senyawa fenolik dipaparkan sebagai dasar ilmiah pengembangan pangan fungsional, nutrasetikal, dan aplikasi bioteknologi kelautan. Orasi ini juga menyoroti kemajuan teknologi ekstraksi hijau non-konvensional sebagai kunci transisi dari eksploitasi sumber daya menuju pemanfaatan berkelanjutan yang sejalan dengan prinsip *green chemistry* dan ekonomi sirkular. Dengan mengintegrasikan perspektif biodiversitas, ilmu kelautan, bioteknologi, pangan, dan kesehatan, naskah ini menawarkan kerangka konseptual strategis bagi penguatan sistem pangan dan kesehatan berbasis makroalga.

Secara keseluruhan, orasi ilmiah ini menegaskan bahwa bioprospeksi makroalga merupakan pilar penting dalam pembangunan bioindustri biru Indonesia yang berdaulat, berdaya saing global, dan berkelanjutan, sekaligus berkontribusi pada ketahanan pangan, kesehatan masyarakat, dan kesejahteraan masyarakat pesisir.

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.2956

