



IPB University
— Bogor Indonesia —

Peran Bioteknologi Kelautan dalam Mendukung Pembangunan Agromaritim Berkelanjutan

Prof. Dr. rer. nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si

Guru Besar Tetap Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
IPB University

ORASI ILMIAH GURU BESAR IPB UNIVERSITY

Auditorium Andi Hakim Nasution
IPB University
25 April 2026

ORASI ILMIAH GURU BESAR IPB

**PERAN BIOTEKNOLOGI KELAUTAN
DALAM Mendukung PEMBANGUNAN
AGROMARITIM BERKELANJUTAN**

ORASI ILMIAH

**Guru Besar Tetap
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
IPB University**

Prof. Dr. rer. nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si

**Auditorium Andi Hakim Nasution
IPB University
25 April 2026**

Ringkasan

Pembangunan agromaritim berkelanjutan di Indonesia merupakan sebuah keniscayaan yang menempatkan wilayah laut dan darat sebagai satu kesatuan ekosistem produktif. Dalam visi Indonesia Emas 2045, sektor kelautan dan perikanan diproyeksikan menjadi tulang punggung transformasi ekonomi nasional melalui implementasi ekonomi biru yang menekankan pada keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan masyarakat dan kesehatan ekosistem laut.

Saat ini bioteknologi kelautan dan perikanan belum menjadi prioritas dalam pembangunan perekonomian Indonesia. Padahal, potensi bioteknologi kelautan dan perikanan Indonesia terus tumbuh dengan laju pertumbuhan tahunan (CAGR) sekitar 7% dan ditargetkan mencapai 15% pada 2045. Oleh karena itu, pengembangan bioteknologi kelautan dan perikanan dalam berbagai bidang untuk mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan penting untuk terus dikembangkan.

Bioteknologi kelautan merupakan aplikasi berbagai ilmu dan teknologi dengan memanfaatkan biota laut, baik mikroorganisme maupun makroorganisme, atau bagian dari biota laut misalnya sel dan enzim, untuk menghasilkan produk dan jasa. Bioteknologi kelautan memegang peranan penting dalam memodifikasi produk, memperbaiki kualitas genetik, serta merekayasa organisme untuk kepentingan industri dan perbaikan lingkungan.

Penerapan bioteknologi kelautan dalam mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan dapat menggunakan empat pilar strategi pengembangan, yaitu: (1) Transformasi pangan lokal menjadi pangan biru (*blue*

foods) dan bioprospeksi sumber pangan baru, (2) Bioprospeksi bahan alam laut dan peningkatan nilai tambah produk turunan hasil perairan melalui proses biologis (enzimatis), (3) Peningkatan proses produksi secara biologis (enzimatis) sehingga lebih ramah lingkungan (*enzyme-based biorefinery*), dan (4) Penerapan produksi bersih (*cleaner production*) untuk mendukung ekonomi sirkular (*circular economy*) dan bioekonomi biru (*blue bioeconomy*).

Bioteknologi kelautan memberikan solusi pada pemanfaatan sumber daya hayati yang berkelanjutan di berbagai bidang, sehingga berdampak dalam pengembangan sains, bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan. Namun demikian, potensi pengembangan bioteknologi kelautan dalam mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan di Indonesia menghadapi tantangan yang besar.

Untuk menjawab tantangan besar tersebut diperlukan **strategi yang integratif** dengan melibatkan berbagai pihak yang berkepentingan, serta **adaptif**. Selain integrasi semua *stakeholders*, **kolaborasi transdisiplin** juga sangat penting, sehingga dapat mempercepat hilirisasi produk bioteknologi kelautan sekaligus menghasilkan produk yang berdaya saing. Selain itu, **percepatan transfer teknologi** melalui *technology transfer office* (TTO) baik di perguruan tinggi maupun lembaga penelitian dan pengembangan yang dapat melakukan pendampingan dalam komersialisasi produk bioteknologi kelautan sangat diperlukan.

Ucapan Selamat Datang

Bismillahirrohmanirrohim

Assalamualaikum warahmatullahi wabarakatuh

Selamat pagi dan salam sejahtera bagi kita semua,

Yang saya hormati,

Rektor Institut Pertanian Bogor

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat IPB

Ketua dan Anggota Dewan Guru Besar IPB

Ketua dan Anggota Senat Akademik IPB,

Para Wakil Rektor, Dekan, dan Pejabat Struktural di IPB

Para Dosen, Tenaga Kependidikan, Mahasiswa dan Alumni

Keluarga, serta sahabat dan para undangan yang saya muliakan

Alhamdulillah rasa syukur marilah kita panjatkan kehadiran Allah SWT yang telah menganugerahkan rahmat dan hidayahNya sehingga kita semua dapat bersilaturahmi pada acara hari ini, yaitu Orasi Ilmiah Guru Besar IPB. Shalawat dan salam semoga Allah limpahkan kepada Nabi Muhammad SAW beserta keluarga, sahabatnya dan para pengikutnya sampai akhir zaman. *Aamiin*.

Pada suasana yang penuh khidmat ini, perkenankan saya sebagai Guru Besar Tetap Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB dalam bidang Ilmu Bioteknologi Hasil Perairan menyampaikan orasi ilmiah dengan judul:

***“Peran Bioteknologi Kelautan dalam Mendukung
Pembangunan Agromaritim Berkelanjutan”***

Hadirin yang berbahagia,

Pada kesempatan ini, saya ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan Bapak dan Ibu semuanya yang telah meluangkan waktu dan kehadirannya pada orasi hari ini baik secara luring maupun daring. Semoga Allah SWT mencatat sebagai pahala dan amal kebaikan bagi Bapak dan Ibu semua.

Materi orasi ilmiah ini merupakan rangkuman sebagian hasil perjalanan ilmiah saya baik yang dikerjakan bersama kolega riset di lingkungan IPB maupun dengan Perguruan Tinggi atau Lembaga Riset di luar IPB (dalam dan luar negeri), dan para mahasiswa bimbingan dari strata S-1, S-2 dan S-3. Besar harapan saya tulisan ini dapat bermanfaat terutama untuk pengembangan bioteknologi kelautan di Indonesia.

Aamiin Ya Robbal Alamin.

Foto Orator



Prof. Dr. rer. nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si

Daftar Isi

Ringkasan.....	iii
Ucapan Selamat Datang.....	v
Foto Orator.....	vii
Daftar Isi	ix
Daftar Gambar	xi
Pendahuluan.....	1
Konsep Bioteknologi Kelautan	2
Batasan Orasi Ilmiah	3
Penerapan Bioteknologi Kelautan dengan Empat Pilar Strategi Pengembangan.....	4
Pilar Pertama: Transformasi Pangan Lokal Menjadi Pangan Biru (<i>Blue Foods</i>) dan Bioprospeksi Sumber Pangan Baru	5
Pengembangan Pangan Biru (<i>Blue Foods</i>) Berbasis Mikroalga dan Rumput Laut.....	5
Peningkatan Sensori <i>Blue Foods</i> dengan Biotransformasi	11
Pemantauan Kualitas <i>Snack Bar</i> Secara <i>Real-Time</i> dengan <i>Smart Indicator</i>	13
Bioprospeksi Sumber Pangan Baru	15
Pilar Kedua: Bioprospeksi Bahan Alam Laut dan Peningkatan Nilai Tambah Produk Turunan Secara Biologis (Enzimatis)	16

Bioprospeksi dan Pengembangan Senyawa Bioaktif.....	16
Peningkatan Nilai Tambah Produk Turunan Hasil Perairan Secara Biologis (Enzimatis).....	26
Pilar Ketiga: Peningkatan Proses Produksi Secara Biologis (Enzimatis) Sehingga Lebih Ramah Lingkungan (<i>Enzyme-based Biorefinery</i>).....	28
Pilar Keempat: Penerapan Produksi Bersih (<i>Cleaner Production</i>) untuk Mendukung Ekonomi Sirkular (<i>Circular Economy</i>) dan Bioekonomi Biru (<i>Blue Bioeconomy</i>).....	31
Tantangan dan Rekomendasi	33
Penghargaan.....	34
Daftar Pustaka.....	35
Ucapan Terima Kasih.....	43
Foto Keluarga.....	53
Riwayat Hidup	54

Daftar Gambar

- Gambar 1. Profil perdagangan komoditas rumput laut Indonesia (Diolah dari berbagai sumber)..... 5
- Gambar 2. Kenampakan beras analog porang setelah ditanak, (a) tanpa spirulina; (b) spirulina 1%; (c) spirulina 1,5%; (d) spirulina 3% (Juno *et al.* 2025) 7
- Gambar 3. *Snack bar* dengan penambahan spirulina (Tarman *et al.* 2024)..... 9
- Gambar 4. Tempe yang diperkaya rumput laut *Ulva lactuca* dengan konsentrasi berbeda (Putra *et al.* 2026)..... 10
- Gambar 5. Minuman herbal-rumput laut dengan tiga varian rasa, (a) Jahe, (b) Lemon, (c) Sereh 11
- Gambar 6. Kenampakan jelly spirulina non-fermentasi (A) dan fermentasi (B) dengan fortifikasi KPI, (a,d) 0% KPI; (b,e) 3% KPI; (c,f) 6% KPI. (Hasna *et al.* 2026) 12
- Gambar 7. Yoghurt dengan konsentrasi spirulina berbeda (Khairul *et al.* 2025) 13
- Gambar 8. Indikator cerdas dengan biofilm berbasis agar dan kitosan untuk memantau kualitas *snack bar* secara *real time* (Dewanti *et al.* 2024) 15

Gambar 9. Kapang laut <i>Aspergillus</i> sp. KTR 50 dan <i>Trichoderma</i> sp. KTR03 (Nurazizah <i>et al.</i> 2026).....	18
Gambar 10. Kapang laut <i>Penicillium</i> sp. KTR47 dan <i>Fomitopsis</i> sp. KTR51 (Nurazizah <i>et al.</i> 2026).....	18
Gambar 11. Pohon filogenik fungi laut <i>Penicillium</i> sp. KTR47 dan <i>Fomitopsis</i> sp. KTR03 (Nurazizah <i>et al.</i> 2026).....	19
Gambar 12. (a) Fungi laut <i>Nodulisporium</i> sp. KT29 (Tarman <i>et al.</i> 2011) dan (b) aktivitas antibakteri ekstraknya terhadap <i>Vibrio harveyii</i> (Saputra <i>et al.</i> 2016).....	21
Gambar 13. Morfologi sel <i>Vibrio harveyi</i> (A) sel normal, (B) setelah pemberian ekstrak <i>Nodulisporium</i> sp. KT29, perbesaran 10.000x (Hariati <i>et al.</i> 2018).....	22
Gambar 14. Mikrovilli usus udang vanamei yang diberi pakan mengandung ekstrak fungi laut <i>Nodulisporium</i> sp. KT29 (Wahjuningrum <i>et al.</i> 2025)	22
Gambar 15. Pengaruh filtrat fungi laut terhadap perkembangan antraknosa pada buah cabai: Kontrol (A); 4145 (B); B3st2 (C); Gn322 (D); dan Z521 (E) (Syam <i>et al.</i> 2022).....	24

Gambar 16. Aktivitas antibakteri fungi laut <i>Aspergillus</i> sp. terhadap <i>Escherichia coli</i> (Kurnia <i>et al.</i> 2024).....	25
Gambar 17. Kromatogram ekstrak fungi laut <i>Aspergillus terreus</i> dengan reagen (A) Anisaldehyda, (B) FeCl ₃ (Nabila <i>et al.</i> 2024).....	26
Gambar 18. Kitosan (A), Kitosan setelah <i>pretreatment</i> dengan <i>autoclave</i> (B), Oligokitosan hasil <i>T. harzianum</i> KTR3 (C), dan Oligokitosan hasil <i>A. sydowi</i> KTR50 (D) (Budiman <i>et al.</i> 2025)	28
Gambar 19. Spektrum FT-IR karaginan (a) komersial, (b) ekstraksi panas tanpa enzim, (c) hasil ekstraksi dengan 1%, dan (d) 2% enzim fungi laut (Sulistiawati <i>et al.</i> 2020)	30
Gambar 20. Cangkang kapsul berbahan gelatin dengan substitusi karaginan pada konsentrasi berbeda (Tarman <i>et al.</i> 2024)	30
Gambar 21. Alga hijau <i>Ulva</i> sp. di habitat berpasir	33

Pendahuluan

Pembangunan agromaritim berkelanjutan di Indonesia merupakan sebuah keniscayaan yang menempatkan wilayah laut dan darat sebagai satu kesatuan ekosistem produktif. Dalam visi Indonesia Emas 2045, sektor kelautan dan perikanan diproyeksikan menjadi tulang punggung transformasi ekonomi nasional melalui implementasi ekonomi biru yang menekankan pada keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi, kesejahteraan masyarakat dan kesehatan ekosistem laut.

Indonesia dengan panjang pantai lebih dari 108.000 km dan terdiri lebih dari 17.500 pulau merupakan tempat bagi sumber daya hayati laut dengan keanekaragaman yang tinggi. Perairan Indonesia tercatat dihuni sekitar 4.954 spesies ikan (Peristiwady 2021), lebih dari 600 spesies coral (Mangubhai *et al.* 2012), lebih dari 900 spesies rumput laut, dan 240 spesies mangrove (Rahman *et al.* 2024).

Sektor perikanan dan kelautan menyumbang sekitar 2,5% perekonomian Indonesia dengan nilai produk domestik bruto (PDB) mencapai sekitar Rp554,67 triliun. Nilai PDB tersebut sebagian besar dari komoditas ekspor yaitu udang, tuna, cakalang, cumi, sotong, gurita dan rumput laut (KKP 2025).

Potensi bioteknologi kelautan dan perikanan Indonesia terus tumbuh dengan laju pertumbuhan tahunan (*Compound Annual Growth Rate*, CAGR) sekitar 7%. Namun demikian, kontribusinya pada perekonomian Indonesia diperkirakan baru mencapai 7,9%. Dalam Visi Indonesia Emas, pemerintah melalui Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) Tahun 2025-2029 menargetkan kenaikan menjadi 15% pada 2045. Oleh karena itu, pengembangan bioteknologi

kelautan dan perikanan dalam berbagai bidang untuk mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan perlu untuk terus dilakukan.

Konsep Bioteknologi Kelautan

Bioteknologi kelautan merupakan aplikasi berbagai ilmu dan teknologi, yaitu biologi termasuk mikrobiologi, kimia dan biokimia, fisika, genetika, teknologi (*engineering*), bioinformatika, statistika, ekonomi dan lain-lain, dengan memanfaatkan biota laut, baik mikroorganisme maupun makroorganisme, atau bagian dari biota laut misalnya sel dan enzim, untuk menghasilkan produk dan jasa. Bioteknologi kelautan memegang peranan penting dalam memodifikasi produk, memperbaiki kualitas genetik, serta merekayasa organisme untuk kepentingan industri dan perbaikan lingkungan.

Dengan kekayaan biodiversitas laut sebagai pusat segitiga terumbu karang (*coral triangle*) dunia, potensi industri bioteknologi kelautan dan perikanan Indonesia sangat besar. Pengembangan bioteknologi kelautan dan perikanan di Indonesia mencakup ekstraksi senyawa bioaktif (*marine natural products*), rekayasa genetika (*genetic engineering*), hingga pemulihan lingkungan yang tercemar (*bioremediation*).

Potensi pengembangan bioteknologi kelautan dan perikanan sangat beragam, baik di bidang pangan maupun industri lainnya. Pengembangan bioteknologi kelautan dan perikanan diantaranya *blue foods* dan produk pangan fermentasi, hidrokoloid dan bioteknologi rumput laut, penemuan dan pengembangan produk farmasi, pemuliaan benih dan rekayasa genetik, produksi enzim dan bioenergi, serta bioremediasi dan bioteknologi lingkungan.

Aplikasi bioteknologi kelautan dan perikanan tidak hanya dalam bidang kelautan saja, tetapi juga dapat dimanfaatkan di bidang pertanian, peternakan, farmasi, energi, biomaterial dan bidang lainnya. Selain itu, penggunaan sumber daya hayati yang dapat diperbarui merupakan prinsip dasar dalam bioteknologi. Oleh karena itu, bioteknologi kelautan berpotensi dalam mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan.

Batasan Orasi Ilmiah

Pada orasi ilmiah kali ini akan dijelaskan penerapan bioteknologi kelautan dalam mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan. Penerapan tersebut menggunakan empat pilar strategi pengembangan, yaitu:

1. Transformasi pangan lokal menjadi pangan biru (*blue foods*) dan bioprospeksi sumber pangan baru
2. Bioprospeksi bahan alam laut dan peningkatan nilai tambah produk turunan hasil perairan melalui proses biologis (enzimatis)
3. Peningkatan proses produksi secara biologis (enzimatis) sehingga lebih ramah lingkungan (*enzyme-based biorefinery*)
4. Penerapan produksi bersih (*cleaner production*) untuk mendukung ekonomi sirkular (*circular economy*) dan bioekonomi biru (*blue bioeconomy*)

Penerapan Bioteknologi Kelautan dengan Empat Pilar Strategi Pengembangan

Indonesia sebagai negara kepulauan dengan wilayah laut mencapai 70% memiliki potensi sumber daya hayati laut yang sangat besar. Sektor kelautan dan perikanan Indonesia didominasi oleh komoditas ikan, udang dan rumput laut. Produsen rumput laut terbesar dunia adalah Tiongkok, akan tetapi untuk jenis rumput laut tropis, Indonesia mendominasi pasar global hingga 82,7% untuk *Kappaphycus alvarezii* (7,05 juta ton) dan 32,1% produksi *Gracilaria* sp. (1,91 juta ton) (KKP 2025).

Transformasi sektor ini terlihat dari peningkatan volume produksi yang mencapai 23 kali lipat dalam dua dekade terakhir, hingga mencapai 10,80 juta ton pada tahun 2024, atau tumbuh sebesar 10,82% dari tahun sebelumnya (KKP 2025; Kasmianti *et al.* 2026). Namun demikian, dari mayoritas rumput laut yang diekspor masih berupa bahan mentah (*raw dried seaweed*), hanya 33,39% yang diolah (Gambar 1).

Rumput laut merupakan komoditas perikanan yang memiliki potensi diversifikasi pangan sangat tinggi. Sebagai produsen rumput laut tropis terbesar di dunia, Indonesia harus berkembang tidak hanya ekspor bahan mentah berupa rumput laut kering. Inovasi bioteknologi pascapanen memungkinkan rumput laut dari jenis *Kappaphycus alvarezii*, *Gracilaria* sp., dan *Sargassum* sp. diolah menjadi berbagai produk pangan biru yang kaya serat, mineral, dan senyawa bioaktif. Penambahan tepung rumput laut pada produk lokal misalnya *cake* dan *jelly* terbukti meningkatkan kandungan senyawa bioaktif antioksidan dan serat pangan.



Gambar 1. Profil perdagangan komoditas rumput laut Indonesia (Diolah dari berbagai sumber)

Pilar Pertama: Transformasi Pangan Lokal Menjadi Pangan Biru (*Blue Foods*) dan Bioprospeksi Sumber Pangan Baru

Transformasi pangan lokal menjadi pangan biru (*blue foods*) dan bioprospeksi sumber pangan baru dengan memanfaatkan sumber daya hayati laut merupakan langkah strategis untuk mengurangi ketergantungan pada komoditas pangan impor dan memperkuat kedaulatan pangan nasional. Sumber daya hayati laut dengan keanekaragaman yang tinggi dan jumlahnya yang berlimpah berpotensi besar untuk dikembangkan menjadi produk pangan fungsional, yang tidak hanya berperan untuk ketahanan gizi, tetapi juga bermanfaat untuk kesehatan.

Pengembangan Pangan Biru (*Blue Foods*) Berbasis Mikroalga dan Rumput Laut

Pangan biru (*blue foods*) adalah pangan bergizi yang memanfaatkan biota perairan, yaitu ikan, kekerangan, krustase, gastropoda, mikro dan makroalga, serta tumbuhan perairan lainnya. Istilah *blue foods* juga sering disebut *aquatic foods*. Tren pengembangan pangan biru terus meningkat karena

selain bergizi tinggi pangan biru juga mengandung komponen bioaktif yang bermanfaat untuk kesehatan, berkelanjutan, inklusif dan tahan terhadap perubahan iklim.

Indonesia dengan keanekaragaman suku dan budaya juga memiliki keanekaragaman pangan lokal. Beberapa makanan lokal, terutama yang berupa kudapan (*snack*) umumnya berbasis karbohidrat dan gula, sehingga rendah kandungan protein dan vitamin serta zat gizi lainnya. Penggunaan sumber daya hasil laut diantaranya mikroalga dan rumput laut (makroalga) yang kaya akan kandungan gizi protein, asam lemak tak jenuh, vitamin dan mineral, serta serat pangan akan meningkatkan nilai gizi kudapan lokal.

Ganggang laut berukuran mikro (mikroalga) diantaranya spirulina telah dikenal sebagai *superfood* karena kandungan gizi dan senyawa bioaktif yang bermanfaat untuk kesehatan. Penulis dan tim telah melakukan penelitian tentang kandungan gizi dan senyawa bioaktif spirulina berikut aktivitas biologisnya.

Ekstrak etanol spirulina komersial dari dua manufaktur di Indonesia menunjukkan aktivitas antioksidan dan sitotoksik terhadap sel kanker paru-paru (A549) dan sel kanker serviks (sel HeLa). Ekstrak tersebut juga mengandung senyawa bioaktif yaitu flavonoid dan fenol yang cukup tinggi, masing-masing sebesar 12,52 mg QE/g dan 19,10 GAE/g (Tarman *et al.* 2025). Spirulina menunjukkan aktivitas antioksidan dengan mereduksi kadar malondialdehida (MDA) hati sebesar 50 mg/kg bobot badan pada tikus uji yang diinduksi dengan streptozotocin (Windari *et al.* 2019).

Berbagai produk pangan biru telah penulis kembangkan bersama mahasiswa bimbingan dan kolega dengan spirulina sebagai *ingredient* pentingnya. Beberapa contohnya beras analog spirulina, *snack bar* spirulina, *jelly* spirulina dan tempe rumput laut.

a. Beras Analog Spirulina

Kebutuhan beras dengan indeks glikemik (IG) rendah terus meningkat seiring dengan meningkatnya prevalensi penyakit diabetes melitus (DM). Kesadaran masyarakat akan pentingnya manajemen gula darah melalui diet sehat menjadikan beras rendah IG sebagai alternatif sumber karbohidrat dalam menu kesehariannya. Selain itu, beras dengan kandungan senyawa bioaktif diantaranya senyawa flavonoid dan fenol berpotensi sebagai sumber antioksidan.

Salah satu alternatif beras rendah IG adalah beras berbahan tepung porang (*konjac*) dengan pengayaan gizi dari spirulina. Beras analog spirulina mengandung serat pangan 57% (bk) dengan IC_{50} aktivitas antioksidan 47,10 $\mu\text{g/mL}$ menunjukkan kemampuan menangkal radikal bebas yang kuat (Juno *et al.* 2025). Visualisasi beras analog spirulina pada Gambar 2.



Gambar 2. Kenampakan beras analog porang setelah ditanak, (a) tanpa spirulina; (b) spirulina 1%; (c) spirulina 1,5%; (d) spirulina 3% (Juno *et al.* 2025)

b. *Snack Bar* dengan Penambahan Spirulina

Snacking atau kebiasaan menyantap kudapan (camilan atau *snack*) tidak mengenal umur, anak-anak hingga dewasa. Camilan yang tersedia di pasar umumnya tinggi karbohidrat dan gula. Hal ini menyebabkan kebiasaan makan camilan (ngemil) berpeluang menyebabkan *malnutrition* diantaranya kegemukan (obesitas). Ketersediaan camilan yang

menyehatkan dengan kandungan gizi dan senyawa bioaktif yang baik untuk kesehatan merupakan suatu kebutuhan. Oleh karena itu, pengembangan produk camilan berbasis tempe, biji-bijian dan kacang dengan penambahan spirulina bisa menjadi alternatif. Tempe merupakan produk fermentasi yang disebut juga dengan *superfood* karena kaya protein dan kandungan gizi lainnya. Spirulina merupakan *superfood* dari laut yang selain kaya protein dan vitamin juga mengandung berbagai senyawa bioaktif yang mempunyai beragam aktivitas biologis, diantaranya antioksidan, antimikroba, antikanker, antiinflamasi dan imunostimulan. Tempe dan spirulina dapat menjadi produk *snack bar* yang selain bergizi tinggi juga kaya rasa dengan berbagai formulasi.

Kudapan dari masa kecil menjadi salah satu favorit ketika dewasa karena menimbulkan rasa kangen masa kecil (bernostalgia). Pengalaman tersebut dialami sebagian besar masyarakat, terutama di Indonesia yang mencapai 98%. Selain itu, jenis *snack* yang dikonsumsi juga menjadi tradisi yang turun temurun, bahkan di Indonesia mencapai 89% (Mondelez 2025).

Penulis dan tim mengembangkan *snack bar* berbasis biji-bijian, kacang-kacangan dan sereal dengan penambahan spirulina (Gambar 3). *Snack bar* tersebut dikembangkan menggunakan kudapan lokal yang dikenal luas di berbagai daerah, yaitu jipang kudapan khas Indonesia berbasis berondong beras (*rice balls*) dengan bahan pengikat gula. Hasil penelitian dan pengembangan yang dilakukan menunjukkan bahwa *snack bar* yang dihasilkan mengandung protein 9-16%. Inovasi ini telah dipatenkan dengan status *granted* (Tarman *et al.* 2025). Selain itu, kudapan tersebut juga mengandung senyawa antioksidan (Dewanti *et al.* 2024). Berdasarkan uji pasar yang dilakukan pada responden usia produktif, *snack* tersebut masuk kategori disukai dan 75% memilih karena manfaat kesehatan (Tarman *et al.* 2024).



Gambar 3. *Snack bar* dengan penambahan spirulina (Tarman *et al.* 2024)

c. Tempe Rumput Laut

Transformasi pangan lokal menjadi pangan biru bertujuan untuk meningkatkan kandungan gizi dan senyawa bioaktif, sehingga meningkatkan nilai tambah produk lokal. Tempe merupakan produk asli Indonesia yang telah turun temurun menjadi makanan pokok terutama di pulau Jawa. Selain kandungan protein, tempe juga mengandung senyawa flavonoid yang tinggi terutama isoflavon yang merupakan senyawa antioksidan kuat. Karenanya tempe juga dikenal sebagai *superfood* asli Indonesia.

Penambahan rumput laut hijau *Ulva lactuca* sebesar 2,5-10% pada fermentasi kedelai menghasilkan tempe rumput laut dengan warna tempe setelah digoreng coklat kehijauan (Gambar 4) dan karakteristik fisikokimia yang unggul, diantaranya tambahan kadar serat hingga 3,87% dan mineral hingga 2,44% (Putra *et al.* 2026). Hal ini sangat relevan untuk mengatasi masalah kesehatan masyarakat seperti diabetes, karena serat dapat memperlambat penyerapan glukosa dan mendukung kesehatan pencernaan. Yaich *et al.* (2021) meneliti kandungan utama mineral pada *Ulva lactuca* adalah magnesium, kalsium dan kalium. Selain untuk peningkatan kandungan gizi, strategi ini juga mendukung pembangunan berkelanjutan karena

rumpit laut mampu menyerap karbon dioksida selama masa pertumbuhannya, menjadikannya komoditas yang ramah iklim.



Gambar 4. Tempe yang diperkaya rumput laut *Ulva lactuca* dengan konsentrasi berbeda (Putra *et al.* 2026)

d. Minuman Herbal-Rumpit Laut

Masyarakat Indonesia mempunyai tradisi minum jamu, yaitu minuman tradisional berbasis herbal, yang diyakini mempunyai khasiat untuk menjaga kesehatan dan meningkatkan daya tahan tubuh. Tradisi tersebut telah turun temurun sejak ratusan tahun yang lalu. Herbal yang sering digunakan sebagai *ingredients* jamu adalah kunyit, jahe, kencur, temulawak, bunga telang, lemon, kayu secang, dan sereh.

Ramadhan *et al.* (2024) menambahkan ekstrak alga coklat *Sargassum* sp. pada minuman berbasis ekstrak bunga telang dan kayu secang. Minuman tersebut mengandung alkaloid, flavonoid, dan fenol, yang merupakan senyawa antioksidan. Tiga varian minuman dengan penambahan rasa alami berbeda yaitu jahe, sereh dan lemon menunjukkan aktivitas antioksidan sangat kuat, masing-masing 9,93 ppm, 55,98 ppm dan 20,62 ppm.

Penggunaan berbagai ekstrak herbal dalam minuman selain mengandung berbagai jenis senyawa bioaktif juga berkontribusi dalam menciptakan warna alami minuman. Perpaduan kayu secang dan bunga telang menghasilkan minuman berwarna

biru, sedangkan penambahan lemon menjadikan minuman berwarna ungu. Minuman herbal-rumput laut dengan tiga varian rasa dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Minuman herbal-rumput laut dengan tiga varian rasa, (a) Jahe, (b) Lemon, (c) Sereh

Peningkatan Sensori *Blue Foods* dengan Biotransformasi

Bioteknologi memberikan peluang untuk memanfaatkan jasa mikroorganisme untuk merombak senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana yang lebih aman, bergizi, dan mempunyai cita rasa yang diinginkan. Alga hijau biru (*Cyanobacteria*) diantaranya spirulina telah banyak dikembangkan menjadi produk pangan. Spirulina dikenal sebagai *superfood* dari laut karena kandungan gizinya yang tinggi, juga senyawa bioaktif yang beragam.

Snack sehat menjadi pilihan karena meningkatnya kesadaran akan kesehatan, sehingga kandungan bahan yang baik untuk kesehatan menjadi salah satu pertimbangan dalam memilih *snack*. Namun demikian, sebagian besar kita (88%) ketika menikmati *snack*, rasa adalah yang utama (Mondelez 2025).

Penambahan spirulina pada *snack bar* dan jelly sebagai upaya pengayaan kandungan gizi maksimal hanya sebesar 3%. Citarasa dan aroma spirulina yang kurang enak (*off-odour*) dan amis menjadi pembatasnya, karena selain kandungan protein, vitamin, pigmen dan senyawa bioaktif juga mengandung

senyawa organik volatil (VOCs). Paraskevopoulou *et al.* (2024) menyebutkan lebih dari 83% VOCs didominasi oleh golongan senyawa alkana (47,2%), keton (25,7%) dan aldehid (10,9%). Oleh karena itu, preparasi atau praperlakuan untuk menghilangkan citarasa spirulina yang tidak disukai sangat diperlukan. Penelitian Prasetiyo *et al.* (2024) menunjukkan bahwa maltodekstrin dapat digunakan untuk menutupi flavor dan aroma yang tidak disukai, selain konsentrasi maltodekstrin, suhu dalam proses pengolahan juga berpengaruh terhadap karakteristik spirulina.

Beberapa perlakuan yang dapat digunakan untuk mengurangi atau bahkan menghilangkan *off-odour* tersebut diantaranya dengan memfermentasi spirulina sebelum digunakan atau ditutupi dengan aroma lain. Fermentasi spirulina dapat dilakukan menggunakan bakteri asam laktat, diantaranya *Lactobacillus plantarum*.

Jelly berbahan agar dan karaginan dengan penambahan konsentrat protein ikan dan spirulina hasil fermentasi mempunyai warna hijau kebiruan dan aroma amis spirulina juga tidak terdeteksi (Gambar 6). Selain warna yang lebih menarik dengan rata-rata kesukaan panelis 8 (skala 9) jelly tersebut juga mengandung senyawa bioaktif yaitu fenol yang aktif sebagai antioksidan (Hasna *et al.* 2026).



Gambar 6. Kenampakan jelly spirulina non-fermentasi (A) dan fermentasi (B) dengan fortifikasi KPI, (a,d) 0% KPI; (b,e) 3% KPI; (c,f) 6% KPI. (Hasna *et al.* 2026)

Fermentasi spirulina pada produk yoghurt juga menunjukkan hilangnya aroma tak sedap khas spirulina. Invensi ini telah didaftarkan patennya (Tarman *et al.* 2025). Khairul *et al.* (2025) berhasil mendapatkan formula terbaik yoghurt spirulina dengan penambahan karaginan. Yoghurt yang dihasilkan berwarna hijau kebiruan khas fikosianin, pigmen pada spirulina (Gambar 7). Selain itu, yoghurt tersebut juga mempunyai aktivitas antioksidan yang kuat (IC_{50} 68,53 ppm).



Gambar 7. Yoghurt dengan konsentrasi spirulina berbeda (Khairul *et al.* 2025)

Pemantauan Kualitas *Snack Bar* Secara *Real-Time* dengan *Smart Indicator*

Salah satu faktor yang memengaruhi kualitas suatu produk adalah kemasan. Kemasan produk pangan yang baik menjadikan produk terbebas dari kontaminasi dan masa simpannya dapat dipertahankan. Kemasan pangan telah berevolusi menjadi bagian penting dalam strategi pemasaran. Kemasan yang baik dan menarik juga akan memengaruhi keputusan konsumen dalam memilih dan membeli produk.

Teknologi kemasan terus berkembang salah satunya penggunaan bahan untuk menciptakan kemasan yang dapat didegradasi secara alami (*biodegradable*) sehingga ramah lingkungan dan mendukung keberlanjutan. Selain itu, penggunaan bahan aktif untuk meningkatkan fungsionalitasnya menjadi kemasan cerdas (*smart packaging*).

Salah satu fitur kemasan cerdas adalah kemampuannya mendeteksi kualitas produk di dalamnya. Bahan alam hasil perairan berpotensi digunakan sebagai bahan baku kemasan *biodegradable*, serta biofilm dengan *smart indicator* untuk memantau status kualitas suatu produk. Dewanti *et al* (2025) mengembangkan biofilm dengan *smart indicator* yang dapat digunakan dalam kemasan untuk menunjukkan kualitas *snack bar* secara *real time* tanpa merusak kemasan dan mengonsumsi produknya, sehingga lebih praktis.

Agar dan kitosan dapat digunakan sebagai biofilm atau dikembangkan menjadi *biodegradable active packaging*, karena mempunyai aktivitas antioksidan dengan IC_{50} 139 hingga 493 ppm, tergantung jenis pewarna yang digunakan. Biofilm dengan pewarna alami bunga telang mempunyai aktivitas antioksidan paling kuat dengan IC_{50} 139 ppm. Selain itu, biofilm tersebut dapat dikembangkan menjadi *smart packaging* karena menunjukkan perubahan warna jika produk mengalami kemunduran mutu karena oksidasi (tengik). Semakin lama penyimpanan intensitas warna semakin kuat, menunjukkan ketengikan produk semakin meningkat (Gambar 8) (Dewanti *et al.* 2024).



Gambar 8. Indikator cerdas dengan biofilm berbasis agar dan kitosan untuk memantau kualitas *snack bar* secara *real time* (Dewanti *et al.* 2024)

Bioprospeksi Sumber Pangan Baru

Keanekaragaman hayati pesisir dan laut berpotensi untuk menjadi sumber bahan pangan fungsional, nutrasetikal atau sumber gizi alternatif. Bioprospeksi sumber pangan baru merupakan langkah untuk diversifikasi pangan demi mencapai ketahanan pangan.

Mangrove merupakan ekosistem pesisir yang tidak hanya memainkan peran ekologis penting tetapi juga menyimpan mikroorganisme yang belum banyak dieksplorasi, termasuk thraustochytrid. Protista dari filum Labyrinthulomycota ini menghasilkan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) dan senyawa bioaktif dengan berbagai aktivitas biologis. Tarman *et al.* (2025) melaporkan empat isolat thraustochytrids yang diisolasi dari ekosistem mangrove di Semarang menghasilkan asam lemak omega-3, salah satunya asam linolenat. Selain itu, ekstrak thraustichytrids juga menunjukkan aktivitas antibakteri kuat terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*.

Pilar Kedua: Bioprospeksi Bahan Alam Laut dan Peningkatan Nilai Tambah Produk Turunan Secara Biologis (Enzimatis)

Pilar kedua berfokus pada pemanfaatan bahan alam laut untuk akuakultur, pertanian, peternakan, kosmetik dan farmasi. Selain itu, peningkatan nilai tambah (*value-added*) produk turunan hasil perairan secara biologis (enzimatis).

Bioprospeksi dan Pengembangan Senyawa Bioaktif

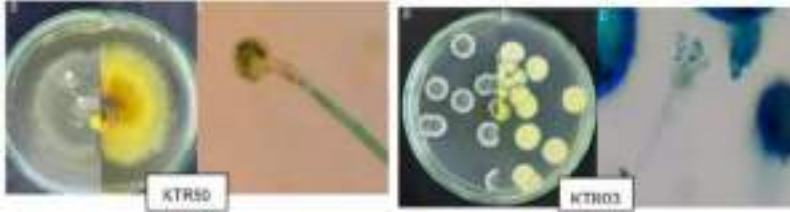
Bioprospeksi laut merupakan upaya sistematis untuk menemukan senyawa kimia baru dari organisme laut yang memiliki potensi farmakologis. Organisme laut diantaranya spons, fungi laut, teripang, rumput laut dan mangrove mengandung berbagai senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai antifungi, antikanker, antibakteri, anti-inflamasi dan imunostimulan. Salah satu keberhasilan bioteknologi laut dunia adalah penemuan *Ziconotide*, senyawa analgesik yang diisolasi dari racun siput laut *Conus magus*, yang telah disetujui sebagai pengganti morfin untuk nyeri kronis. Selain itu, obat kanker yang diisolasi dari tunicata dan telah diperdagangkan sebagai *Yondelis*.

Bioprospeksi umumnya diarahkan untuk memanfaatkan mikroorganisme laut yang mampu menghasilkan enzim yang unik dan senyawa bioaktif sebagai antibiotik dan antikanker. Misalnya, enzim dari bakteri laut yang tetap aktif pada suhu rendah sangat berguna untuk industri deterjen yang rendah energi dan ramah lingkungan. Peningkatan nilai tambah ini tidak hanya memberikan keuntungan ekonomi tetapi juga mendorong upaya konservasi laut, karena nilai ekonomi dari ekosistem yang sehat menjadi jauh lebih tinggi dibandingkan jika dieksploitasi secara destruktif.

Kapang laut yaitu mikroorganisme eukariotik dari Kerajaan Fungi merupakan salah satu sumber senyawa bioaktif dengan berbagai aktivitas biologis. Mikroorganisme ini juga sering disebut sebagai fungi laut (*marine fungi*). Calabon *et al.* (2023) menyebutkan bahwa secara global tercatat ada sembilan filum, 107 ordo, 273 famili, 767 genus dan 1898 spesies. Penulis dan tim telah meneliti fungi laut yang diisolasi dari berbagai tumbuhan laut dan pesisir diantaranya rumput laut, lamun, mangrove, dan terong punggong (Tarman *et al.* 2011, Andhikawati *et al.* 2014, Rahaweman *et al.* 2016, Sibero *et al.* 2017, Ukhty *et al.* 2017, Isti'annah *et al.* 2024).

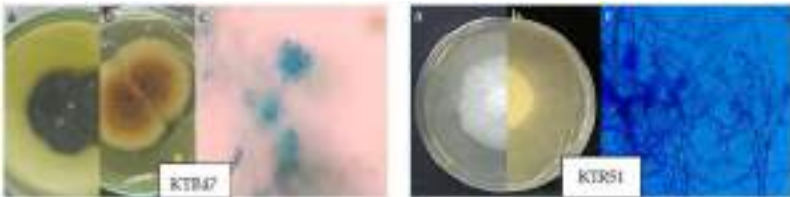
Lebih dari 200 isolat koleksi fungi laut hasil isolasi dari berbagai daerah dan juga tumbuhan inang telah diskriminasi untuk memilih isolat yang potensial. Salah satu metode yang digunakan adalah uji antagonis (*dual culture*) untuk memilih isolat fungi laut yang mempunyai aktivitas antibakteri dan antifungi. Hasil penapisan tersebut menunjukkan bahwa fungi laut mempunyai aktivitas antibakteri terhadap beberapa bakteri uji, diantaranya bakteri patogen pada ikan dan udang (Tarman *et al.* 2011), *Escherichia coli* (Kurnia *et al.* 2024), *Staphylococcus aureus* (Isti'annah *et al.* 2024), *Salmonella typhimurium* (Nabila *et al.* 2024), dan kapang *Colletotrichum acutatum* (Syam *et al.* 2022).

Selain itu, penapisan awal isolat fungi juga dilakukan menggunakan substrat spesifik untuk menentukan fungi yang memproduksi enzim tertentu, di antaranya selulase (Andhikawati *et al.* 2014), kitinolitik (Budiman *et al.* 2024), dan proteolitik (Nurazizah *et al.* 2026). Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa jenis fungi yang mempunyai aktivitas biologis paling potensial sebagai penghasil senyawa antibakteri, antifungi dan enzim adalah *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* sp. (Gambar 9).

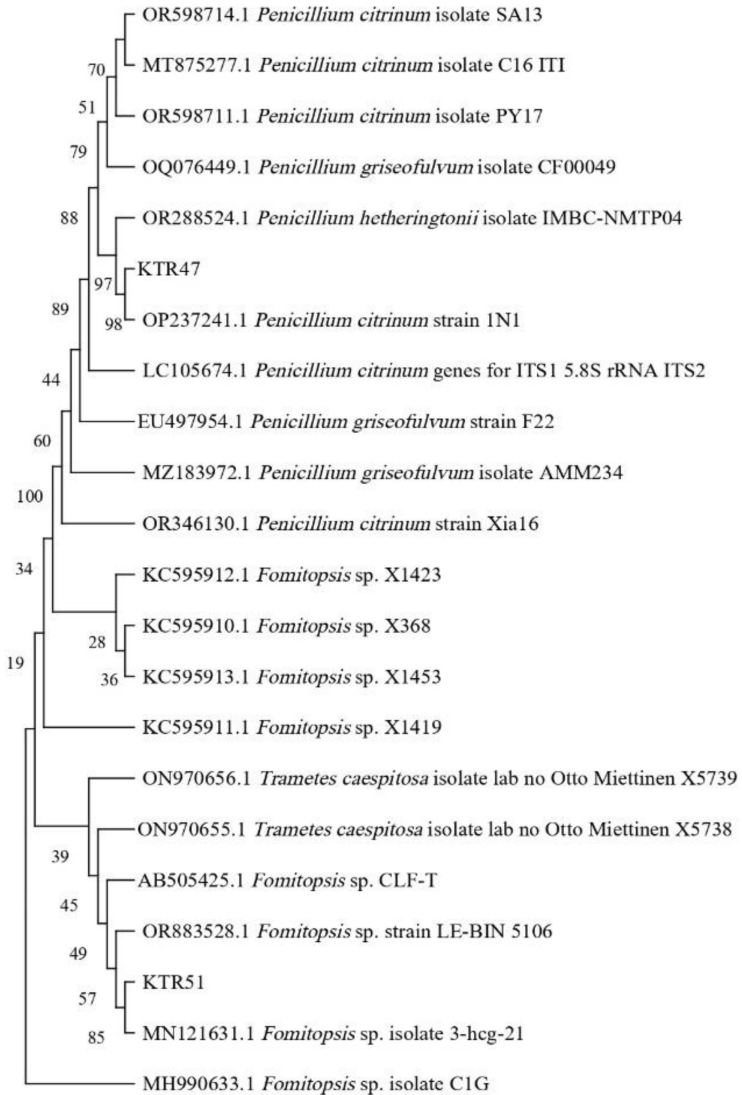


Gambar 9. Kapang laut *Aspergillus* sp. KTR 50 dan *Trichoderma* sp. KTR03 (Nurazizah *et al.* 2026)

Identifikasi fungi umumnya berdasarkan spora generatif. Namun, fungi yang dikultur di laboratorium tidak selalu memproduksi spora generatif, melainkan hanya spora vegetatif, sehingga sulit menentukan jenisnya, kecuali fungi yang mempunyai bentuk spora vegetatif yang khas diantaranya *Penicillium* sp. Sebagai contoh *Fomitopsis* sp. KTR51 yang mempunyai spora vegetatif berupa konidia berbentuk bulat sebagaimana kebanyakan spora vegetatif pada jenis-jenis fungi yang lain (Gambar 10). Oleh karena itu, identifikasi molekuler merupakan satu-satunya cara untuk mengidentifikasi jenis fungi tersebut (Gambar 11).



Gambar 10. Kapang laut *Penicillium* sp. KTR47 dan *Fomitopsis* sp. KTR51 (Nurazizah *et al.* 2026)



Gambar 11. Pohon filogenik fungi laut *Penicillium* sp. KTR47 dan *Fomitopsis* sp. KTR03 (Nurazizah *et al.* 2026)

a. Akuakultur

Fungi laut mengandung berbagai senyawa bioaktif diantaranya terpenoid, flavonoid dan fenol. Senyawa bioaktif yang beragam pada fungi laut juga menunjukkan berbagai aktivitas biologis, diantaranya antibakteri (Rahaweman *et al.* 2016), antifungi (Syam *et al.* 2022), antikanker (Tarman *et al.* 2011), selulolitik (Andhikawati *et al.* 2014), kitinolitik (Budiman *et al.* 2024) dan imunostimulan (Saputra *et al.* 2016).

Aktivitas antibakteri pada fungi laut potensial untuk dikembangkan menjadi senyawa antibiotik alami yang dapat digunakan sebagai alternatif antibiotik pada udang. Tahun 2025 FDA *refusal report* mencatat 486 kasus penolakan ekspor udang ke Amerika Serikat diantaranya karena terdeteksi mengandung antibiotik. Hal tersebut diperkirakan menyebabkan kerugian negara sebesar Rp450-600 miliar.

Salah satu metode pengendalian penyakit pada budidaya udang adalah penggunaan antibiotik. Namun, praktik ini tidak sejalan dengan prinsip keberlanjutan karena berisiko menimbulkan residu berbahaya pada lingkungan, memicu resistensi bakteri patogen, serta mengancam keamanan pangan bagi konsumen. Oleh karena itu, imunostimulan berbasis bahan alam dapat menjadi alternatif strategis untuk meningkatkan ketahanan udang terhadap penyakit sekaligus menjaga kualitas lingkungan.

Senyawa metabolit sekunder fungi laut menunjukkan aktivitas antibakteri dengan spektrum yang cukup luas, di antaranya pada bakteri patogen pada ikan dan udang, *Vibrio anguillarum*, *Aeromonas salmonicida* and *Yersinia ruckeri* (Tarman *et al.* 2011). Kapang laut *Nodulisporium* sp. KT29 yang diisolasi

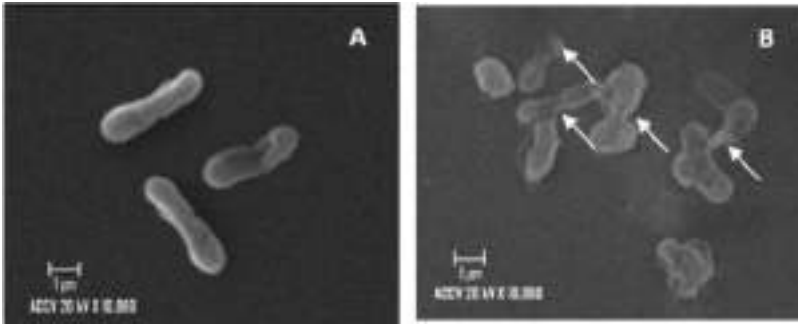
dari rumput laut merah *Eucheuma edule* mempunyai aktivitas antibakteri terhadap *Vibrio harveyii* bakteri patogen pada ikan dan udang (Gambar 12).



Gambar 12. (a) Fungi laut *Nodulisporium* sp. KT29 (Tarman *et al.* 2011) dan (b) aktivitas antibakteri ekstraknya terhadap *Vibrio harveyii* (Saputra *et al.* 2016)

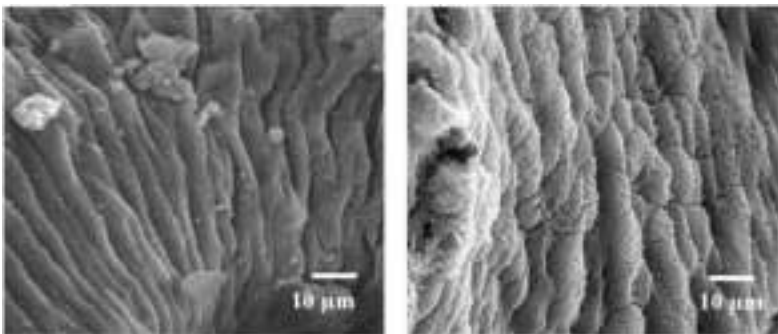
Selain berperan sebagai antibiotik, komponen aktif pada fungi laut juga dapat meningkatkan imunitas udang. Penambahan metabolit eskraseluler fungi laut pada pakan sebanyak 20 mL/kg pakan dapat meningkatkan *survival rate* (SR) udang yang dibudidaya di keramba jaring apung sebesar 63-66% dibandingkan kontrol negatif, tanpa penambahan ekstrak fungi laut dengan SR 56% (Saputra *et al.* 2016).

Pengamatan lebih detail terhadap sel bakteri uji *V. harveyi* menunjukkan bahwa sel bakteri mengalami lisis setelah pemberian ekstrak fungi laut. Hal ini menunjukkan bahwa mekanisme bakterisidal metabolit fungi laut tersebut dengan merusak dinding sel bakteri (Gambar 13) (Hariati *et al.* 2018).



Gambar 13. Morfologi sel *Vibrio harveyi* (A) sel normal, (B) setelah pemberian ekstrak *Nodulisporium* sp. KT29, perbesaran 10.000x (Hariati *et al.* 2018)

Senyawa dalam ekstrak fungi laut yang berperan dalam meningkatkan imunitas udang diduga golongan senyawa β -glukan (Hariati *et al.* 2018). Mekanisme metabolit fungi laut dalam meningkatkan imunitas udang berkaitan dengan senyawa fitosterol dan saponin (Wahjuningrum *et al.* 2022). Hal ini ditunjukkan dengan visualisasi penampang usus udang dengan mikrovilli yang seragam dan penampang lintang yang lebih luas sehingga meningkatkan konversi pakan (Gambar 14) (Wahjuningrum *et al.* 2025).



Gambar 14. Mikrovilli usus udang vanamei yang diberi pakan mengandung ekstrak fungi laut *Nodulisporium* sp. KT29 (Wahjuningrum *et al.* 2025)

b. Pertanian

Senyawa antibiotik pada fungi laut juga menunjukkan aktivitas antifungi. Tarman *et al.* (2011) menguji senyawa metabolit fungi laut terhadap cendawan patogen pada timun yaitu *Cladosporium cucumerinum*. Syam *et al.* (2022) menguji aktivitas antifungi dari 27 isolat fungi laut koleksi penulis terhadap cendawan patogen pada cabai, yaitu *Colletotrichum acutatum*. Delapan isolat (30%) fungi laut menunjukkan penghambatan relatif lebih dari 40%. Aktivitas antifungi metabolit fungi laut tersebut diduga berkaitan dengan kandungan enzim kitinase yang dihasilkan, sehingga merusak dinding sel fungi. Selain itu, aktivitas penghambatan tersebut diduga juga karena senyawa volatil yang diproduksi oleh fungi laut. Senyawa volatil antifungi yang terdeteksi dengan GC-MS adalah fenil asetaldehida dan sikloheksanon.

Uji secara *in planta* pada buah cabai terhadap empat isolat fungi laut yang terpilih aman secara hayati diperoleh dua isolat yang menunjukkan insidensi penyakit rendah (20%) dibandingkan kontrol (75%) (Tabel 1). Perlakuan dengan kedua isolat tersebut juga menunjukkan diameter gejala antraknosa yang lebih rendah, yaitu 1,60 dan 0,94 mm, dibandingkan kontrol (5,18 mm) (Gambar 15). Selain itu, dalam uji aktivitas kitinolitik menunjukkan hasil bahwa keempat isolat cendawan laut tersebut mampu menghasilkan enzim kitinase (Syam *et al.* 2022).

Tabel 1. Pengaruh kultur filtrat fungi laut uji *in planta* terhadap perkembangan antraknosa pada buah cabai

Isolat	Insidensi penyakit (%)	Diameter gejala antraknosa (mm)
4145	45,00±0,19 ^{bc}	3,02±1,69 ^{bc}
B3st2	20,00±0,23 ^c	1,60±1,88 ^{a^{bc}}
GN322	35,00±0,10 ^{bc}	1,76±1,33 ^{bc}
Z521	20,00±0,28 ^c	0,94±0,85 ^c
Kontrol	75,00±0,30 ^{ab}	5,18±2,37 ^{ab}

* Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji Tukey). Sumber: Syam *et al.* (2022)



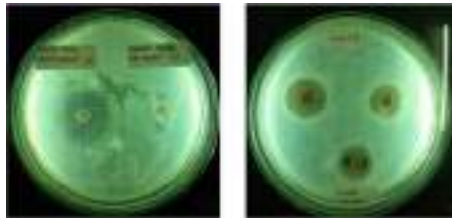
Gambar 15. Pengaruh filtrat fungi laut terhadap perkembangan antraknosa pada buah cabai: Kontrol (A); 4145 (B); B3st2 (C); Gn322 (D); dan Z521 (E) (Syam *et al.* 2022)

Hasil penelitian ini dapat menjadi alternatif solusi permasalahan penyakit antraknosa pada cabai. Penurunan hasil panen cabai karena penyakit antraknosa yang disebabkan oleh cendawan *Colletotrichum* spp. diperkirakan mencapai 20-90% tergantung pada varietas cabai, pola tanam dan kondisi lingkungan (Gunaeni *et al.* 2021; Warman *et al.* 2025). Penyakit antraknosa ini menyebabkan penurunan kualitas cabai karena menyebabkan luka nekrotik sehingga nilai jualnya menurun (Gunaeni *et al.* 2021; Hadiyah *et al.* 2024). Penyakit ini ditemukan di berbagai daerah penghasil cabai di Indonesia, yaitu Bali, Jawa Barat dan Sumatera Barat, dengan tingkat kejadian penyakit yang tinggi, misalnya di Garut hingga 100% (Warman *et al.* 2025; Hadiyah *et al.* 2024; Khalimi *et al.* 2019).

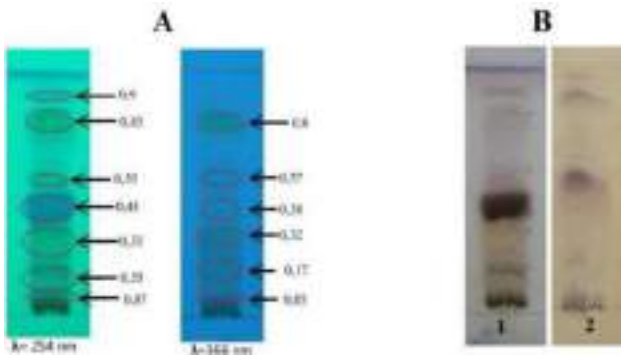
c. Peternakan

Permasalahan peternakan unggas di Indonesia diantaranya biaya pakan yang tinggi dan penyakit. Pakan yang berkualitas juga memengaruhi kesehatan unggas. Penggunaan antibiotik menjadi salah satu alternatif untuk meningkatkan ketahanan unggas terhadap penyakit, akan tetapi berpotensi menyebabkan resistensi antibiotik bagi yang mengkonsumsi dan menyebabkan residu antibiotik dalam produk unggas.

Penapisan fungi laut pada beberapa bakteri uji menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri yang menjadi penyebab penyakit pada unggas, di antaranya *Salmonella typhimurium* (Nabila *et al.* 2024) dan *Escherichia coli* (Kurnia *et al.* 2024) (Gambar 16). Senyawa bioaktif yang terdeteksi dalam ekstrak fungi laut tersebut adalah fitosterol, fenol dan flavonoid (Gambar 17).



Gambar 16. Aktivitas antibakteri fungi laut *Aspergillus* sp. terhadap *Escherichia coli* (Kurnia *et al.* 2024)



Gambar 17. Kromatogram ekstrak fungi laut *Aspergillus terreus* dengan reagen (A) Anisaldehida, (B) FeCl_3 (Nabila *et al.* 2024)

Penambahan ekstrak fungi laut pada pakan ayam kampung sebesar 1 mL/kg pakan terbukti meningkatkan imunitasnya (Nurhayati *et al.* 2025). Selain itu, penggunaan ekstrak fungi laut dalam pakan juga menurunkan konsumsi pakan sekitar 10% dibandingkan kontrol. Hal ini akan meningkatkan efisiensi penggunaan pakan, jika hal tersebut tidak diikuti penurunan bobot badan.

Peningkatan Nilai Tambah Produk Turunan Hasil

Perairan Secara Biologis (Enzimatis)

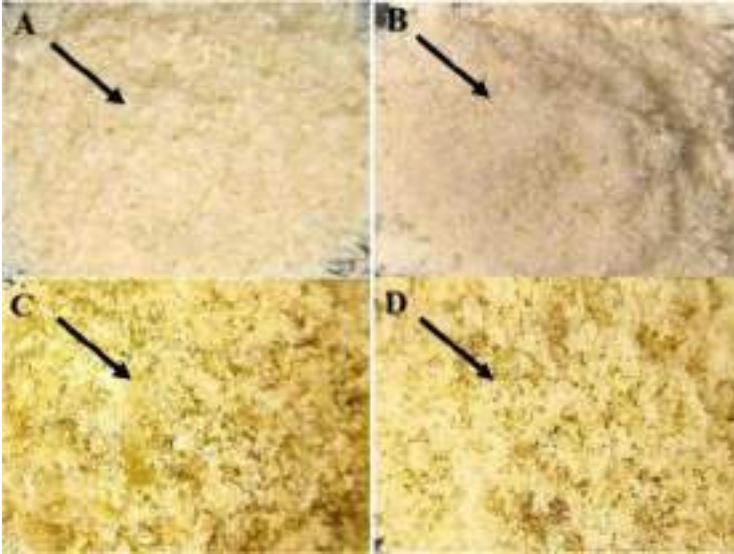
Bahan alam hasil perairan dengan berbagai kandungan senyawa bioaktif mempunyai aktivitas biologis berbeda-beda yang dapat dikembangkan di berbagai bidang di antaranya farmasi dan biomaterial. Modifikasi material baik secara kimiawi, fisik maupun biologis (enzimatis) akan berpengaruh pada sifat material tersebut. Pendekatan enzimatis lebih dipilih karena kemampuannya untuk bekerja secara spesifik pada

substrat tertentu tanpa merusak struktur molekul senyawa yang diinginkan, serta menghindari penggunaan pelarut kimia berbahaya dan lebih ramah lingkungan.

Kitosan merupakan produk hasil sampingan (*by-products*) industri perikanan. Kitosan telah digunakan sebagai pengawet alami pada produk makanan karena kemampuannya sebagai antibakteri. Selain itu, kitosan dapat dihidrolisis menjadi glukosamin yang dapat digunakan sebagai komponen dalam obat degeneratif, misalnya untuk pengobatan sakit persendian.

Modifikasi kitosan menjadi oligokitosan dengan rantai yang lebih pendek dapat meningkatkan aktivitas antioksidan dan antibakterinya. Penelitian Budiman *et al.* (2024) menunjukkan bahwa oligokitosan yang dihasilkan dari modifikasi menggunakan fungi laut *Trichoderma harzianum* KTR3 dan *Aspergillus sydowi* KTR50, aktivitas antioksidannya meningkat 100%. Aktivitas antibakteri kitosan sebagai material awal pada konsentrasi 0,1% tidak terdeteksi, tetapi pada oligokitosan menunjukkan aktivitas antibakteri terhadap bakteri uji yaitu *E. coli* dan *S. aureus*.

Oligokitosan hasil hidrolisis menggunakan fungi laut mempunyai bobot molekul lebih kecil dibandingkan kitosan sebelum perlakuan (75,58 kDa) yaitu 9,06 kDa dengan *T. harzianum* KTR3 dan 4,47 kDa dengan *A. sydowi* KTR50 (Budiman *et al.* 2025). Kenampakan kitosan sebelum dan setelah hidrolisis dapat dilihat pada Gambar 18.



Gambar 18. Kitosan (A), Kitosan setelah *pretreatment* dengan *autoclave* (B), Oligokitosan hasil *T. harzianum* KTR3 (C), dan Oligokitosan hasil *A. sydowi* KTR50 (D) (Budiman *et al.* 2025)

Pilar Ketiga: Peningkatan Proses Produksi Secara Biologis (Enzimatis) Sehingga Lebih Ramah Lingkungan (*Enzyme-based Biorefinery*)

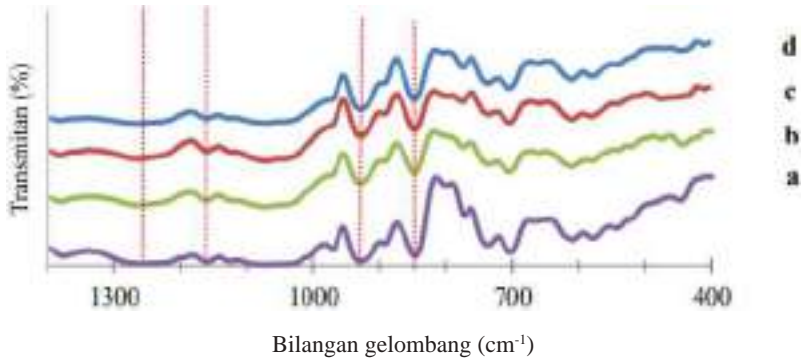
Pilar ketiga menekankan pada transformasi proses produksi yang ada menjadi lebih efisien dan minim dampak negatif terhadap lingkungan. Penggunaan agen hayati dan enzim dalam proses produksi dapat mengurangi konsumsi energi, air, dan bahan kimia berbahaya, sejalan dengan prinsip pembangunan agromaritim berkelanjutan.

Industri bioteknologi kelautan Indonesia memiliki peluang besar dalam pemanfaatan enzim yang berasal dari makro dan mikroorganisme laut, di antaranya fungi. Fungi laut adalah fungi yang diisolasi dari habitat laut, baik yang berasosiasi dengan organisme lain maupun dari substrat/sedimen laut.

Karaginan merupakan polisakarida yang diekstraksi dari alga merah (Rhodophyta) yang digunakan sebagai pengental, pengemulsi, penstabil dan pembentuk gel, baik di produk pangan, kosmetik maupun farmasi. Indonesia sebagai produsen terbesar alga tropis dari jenis *Eucheuma* dan *Kappaphycus alvarezii* mencapai 7,05 juta ton (KKP 2023).

Karaginan umumnya dihasilkan dengan ekstraksi menggunakan alkali (NaOH/KOH) pada suhu tinggi diikuti proses presipitasi dengan pelarut alkohol/isopropil alkohol. Alternatif ekstraksi dapat menggunakan enzim selulolitik untuk proses hidrolisis dinding sel rumput laut sehingga lebih ramah lingkungan karena tidak menghasilkan limbah cair alkali yang berpotensi merusak lingkungan dan beracun bagi biota air.

Sulistiawati *et al.* (2020) menggunakan 1% ekstrak kasar enzim fungi laut EN selama 3 jam proses ekstraksi dapat menghasilkan rendemen karaginan sebesar 30,96%. Akan tetapi, kandungan sulfat dan kekuatan gelnya masih lebih rendah jika dibandingkan karaginan hasil ekstraksi alkali. Hasil analisis dengan spektroskopi FT-IR menunjukkan bahwa gugus fungsi karaginan yang dihasilkan sama dengan gugus fungsi karaginan komersial (Gambar 19).



Gambar 19. Spektrum FT-IR karaginan (a) komersial, (b) ekstraksi panas tanpa enzim, (c) hasil ekstraksi dengan 1%, dan (d) 2% enzim fungi laut (Sulistiawati *et al.* 2020)

Namun demikian, penelitian Tarman *et al.* (2024) menunjukkan bahwa karaginan hasil ekstraksi menggunakan fungi laut dengan viskositas 45 cP dan kekuatan gel 175 gf masih dapat digunakan sebagai substitusi bahan baku pembuatan cangkang kapsul keras (Gambar 20).



Gambar 20. Cangkang kapsul berbahan gelatin dengan substitusi karaginan pada konsentrasi berbeda (Tarman *et al.* 2024)

Pilar Keempat: Penerapan Produksi Bersih (*Cleaner Production*) untuk Mendukung Ekonomi Sirkular (*Circular Economy*) dan Bioekonomi Biru (*Blue Bioeconomy*)

Pilar keempat merupakan integrasi dari seluruh inovasi bioteknologi ke dalam sistem produksi yang holistik dengan tujuan mencapai *zero waste* (nir-limbah). Produksi bersih (*cleaner production*) adalah strategi pencegahan polusi terpadu yang diterapkan pada proses, produk, dan jasa untuk meningkatkan efisiensi total serta mengurangi risiko bagi manusia dan lingkungan.

Konsep *zero waste* dalam agromaritim menekankan bahwa semua hasil samping (*by-products*) produksi harus menjadi input bagi proses produksi lainnya. Dalam proses produksi hidrokoloid dari rumput laut, misalnya agar-agar dan karaginan, hanya bagian ekstrak (pati) yang menjadi produk utama, sedangkan sisanya (*by-product*) baik berupa cairan maupun padatan dapat dikelola secara produktif dengan bioteknologi untuk menjadi produk bernilai tambah.

Distribusi pemanfaatan limbah industri rumput laut berdasarkan prinsip produksi bersih:

1. Padatan: digunakan sebagai bahan baku dan diolah menjadi bioenergi terbarukan, atau bahan pakan ternak.
2. Cairan: dimanfaatkan untuk pupuk cair atau biostimulan.

Pendekatan ini mendukung ekonomi sirkular (*circular economy*) yang tidak hanya menghilangkan ancaman pencemaran lingkungan tetapi juga menciptakan aliran pendapatan baru (*revenue streams*) yang signifikan bagi industri perikanan, menjadikannya lebih kompetitif secara ekonomi dan berkelanjutan secara ekologis.

a. Produksi Bioetanol dari Limbah Padat Ekstraksi Agar

Limbah padat hasil ekstraksi agar-agar mengandung selulosa berkisar 3,01–16,40% (Muryanto *et al.* 2024). Selulosa ini dapat digunakan sebagai bahan baku dalam fermentasi gula untuk menghasilkan bioetanol.

Penelitian Andhikawati *et al.* (2014) menunjukkan bioetanol dapat diproduksi menggunakan limbah padat ekstraksi agar-agar dari rumput laut merah *Gracilaria* sp. Proses hidrolisis atau sakarifikasi limbah padat (selulosa) menjadi gula sederhana dilakukan menggunakan fungi laut EN yang diisolasi dari lamun *Enhalus* sp. setelah dipilih berdasarkan indeks selulolitiknya. Fermentasi untuk menghasilkan bioetanol dilakukan menggunakan khamir *Saccharomyces cerevisiae*. Konsentrasi bioetanol yang dihasilkan sebesar 3892 ppm.

b. Biostimulan dari Limbah Cair Ekstraksi Ulvan

Ulva sp. merupakan alga hijau yang cukup melimpah ditemukan di perairan laut Indonesia. Alga hijau ini biasanya hidup di substrat berpasir (Gambar 21). Beberapa jenis species *Ulva* yang banyak ditemukan di perairan Indonesia di antaranya *Ulva lactuca*, *U. reticulata* dan *U. ohnoi*.

Salah satu jenis *Ulva* yang belum banyak dimanfaatkan adalah *U. reticulata*. Sebagaimana jenis *Ulva* lainnya, *U. reticulata* juga mengandung ulvan, polisakarida bersulfat dari alga hijau golongan *Ulva* yang mempunyai aktivitas biologis beragam. Proses ekstraksi ulvan akan menghasilkan limbah baik cair maupun padatan, meski konsentrasi residu padatan tidak sebanyak limbah hasil ekstraksi agar-agar.



Gambar 21. Alga hijau *Ulva* sp. di habitat berpasir

Fermentasi *Ulva* menggunakan bakteri asam laktat dan fungi laut *Trichoderma harzianum* KTR3 menghasilkan cairan biostimulan dengan kandungan fitohormon yang cukup besar, di antaranya auxin, sitokinin (kinetin dan zeatin) dan gibberellin. Uji coba yang dilakukan pada kangkung dan ubi jalar menunjukkan bahwa penambahan biostimulan dari rumput laut *Ulva* dapat meningkatkan jumlah daun dan umbi (Tarman *et al.* 2026).

Tantangan dan Rekomendasi

Bioteknologi kelautan memberikan solusi pada pemanfaatan sumberdayahayati yang berkelanjutan. Keanekaragaman hayati laut Indonesia yang tinggi memungkinkan pengembangannya di berbagai bidang, sehingga berdampak tidak hanya dalam pengembangan sains, tetapi juga bermanfaat bagi masyarakat dan lingkungan. Namun demikian, potensi pengembangan bioteknologi kelautan dalam mendukung pembangunan agromaritim berkelanjutan di Indonesia menghadapi tantangan yang besar.

Untuk menjawab tantangan besar tersebut diperlukan **strategi yang integratif** dengan melibatkan berbagai pihak yang berkepentingan, serta **adaptif**. Selain integrasi semua *stakeholders*, **kolaborasi transdisiplin** juga sangat penting. Upaya ini tidak hanya dapat mempercepat hilirisasi produk bioteknologi kelautan sehingga manfaatnya dapat menjangkau masyarakat luas, tetapi juga menghasilkan produk yang berdaya saing.

Hilirisasi produk bioteknologi kelautan sebagaimana produk bioteknologi lainnya juga menghadapi lembah kematian (*dead valley*) sebelum akhirnya berhasil dikomersialisasikan. Untuk mengatasi hal tersebut, **percepatan transfer teknologi** sangat penting. Keberadaan *technology transfer office* (TTO) baik di perguruan tinggi maupun lembaga penelitian dan pengembangan yang dapat melakukan pendampingan dalam komersialisasi produk bioteknologi kelautan dan perikanan sangat diperlukan.

Penghargaan

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tulus kepada mahasiswa, asisten, teknisi laboratorium dan rekan sejawat yang telah memberikan bantuan dan dukungan dalam penelitian. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi, Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan, Badan Riset Inovasi Nasional, SEAMEO BIOTROP, serta IPB untuk pendanaan penelitian.

Daftar Pustaka

- Andhikawati A, Oktavia Y, Ibrahim B, **Tarman K**. 2014. Isolation and screening of endophytic marine fungi for cellulase production. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*, 6(1): 219–227.
- Budiman MA, **Tarman K**, Hardiningtyas SD, Nurazizah MA. 2024. Eksplorasi aktivitas enzimatis dari fungi endofit laut serta aplikasinya untuk hidrolisis kitosan. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 27(11): 1035.
- Budiman MA, **Tarman K**, Hardiningtyas SD. 2025. Antioxidant and antibacterial activities of chitosan oligosaccharides hydrolyzed using isolate *T. harzianum* KTR3 and *A. sydowii* KTR50. *BIO Web of Conferences* 176: 02005.
- Calabon MS, Jones EBG, Pang KL, Abdel-Wahab MA, Jin J, Devadatha B, Sadaba RB, Apurillo CC, Hyde KD. 2023. Updates on the classification and numbers of marine fungi. *Botanica Marina*, 66(4): 213–238.
- Dewanti EW, **Tarman K**, Santoso J, Nurjanah, Hardiningtyas SD, Sedayu BB, Sari RN, Fateha. 2024. Antioxidant properties and thermal stability of active packaging incorporated with dyes. *BIO Web Conf.* 147: 01002.
- Dewanti EW, **Tarman K**, Santoso J, Nurjanah, Hardiningtyas SD. 2025. Assessing lipid degradation as an indicator of rancidity in spirulina snack bar fortified with collagen. *Malaysian J. Medicine & Health Sciences*. 21: 73.
- Gunaeni N, Karlina E, Wulandari AW, Sulastrini I, Gaswanto R. 2021. Virulence of five anthracnose *Colletotricum acutatum* isolates from West Java against the resistance of hot pepper. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 653: 012139.

- Hariati S, Wahjuningrum D, Yuhana M, **Tarman K**, Effendi I, Saputra F. 2018. Aktivitas antibakteri ekstrak kapang laut *Nodulisporium* sp. KT29 terhadap *Vibrio harveyi*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 21(1): 250–257.
- Hodiyah I, Suryaman M, Hartini E, Juhaeni AH, Laksana BY, Aisyah, Benatar GV. 2024. Diversity of morphology, pathogenicity, and host range of *Colletotrichum* spp. associated with chili anthracnose in East Priangan, Indonesia. *Biodiversitas*, 25(2): 533–541.
- Isti'anah I, Chien-Lee W, **Tarman K**, Suseno SH, Nugraha R, Effendi I. 2024. Biological evaluation of mangrove endophytic fungi *Aspergillus terreus* derived from *Sonneratia alba*. *BIO Web Conferences*. 106: 1–10.
- Isti'anah I, **Tarman K**, Suseno SH, Nugraha R, Effendi R. 2024. Penapisan senyawa bioaktif antibakteri fungi laut endofit asal Pulau Buton Sulawesi Tenggara. *JPHPI*. 27 (7): 553–563.
- Juno BD, Setyaningsih I, Buyukates Y, **Tarman K**. 2025. Physicochemical characterization of porang tubers (*Amorphophallus muelleri*) analog rice with the addition of *Spirulina platensis*. *JPHPI*. 28(8).
- Kasmiasi K, Alimin AWF, Fatchurrachman F, Alam JF, Syahrul S, Aswin A, Fahrurrozi F, Iqbal DM, Elmania MS. 2026. Harnessing Indonesian seaweed biodiversity: a comprehensive two-decade review of cultivation, bioactive compounds, and applications, *New Zealand J. Marine and Freshwater Research*. 60(1): 1–35.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2025. Data Statistik Produksi Perikanan Tangkap 2024, Portal Data Produksi Perikanan KKP RI.

- Kementerian Kelautan dan Perikanan. 2026. Data Volume Produk Olahan Ikan di Indonesia, Portal Data KKP.
- Khairul F, Desniar D, Nguyen TT, **Tarman K**. 2025. Characterization and phytochemical compounds identification of yoghurt with the addition of carrageenan and *Spirulina* sp. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(9): 755–771.
- Khalimi K, Darmadi AAK, Suprpta DN. 2019. First report on the prevalence of *Colletotrichum scovillei* associated with anthracnose on chili pepper in Bali, Indonesia. *Intl. J. Agric. Biol.*, 22: 363–368.
- Kurnia AD, Suharti S, **Tarman K**. 2024. Antibacterial activity assay of marine fungal extract *Aspergillus terreus* (WB 1-2) against *Escherichia coli* cause of Colibacillosis disease. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 1359: 012090.
- Mangubhai S, Erdmann MV, Wilson JR, Huffard CL, Ballamu F, Hidayat NI, Hitipeuw C, Lazuardi ME, Muhajir, Pada D, Purba G, Rotinsulu C, Rumetna L, Sumolang K, Wen W. 2012. Papuan Bird's Head Seascape: Emerging threats and challenges in the global center of marine biodiversity, *Marine Pollution Bulletin*. 64(11): 2279-2295.
- Mondelez International. 2025. State of snacking report 2024.
- Muryanto M, Chasanah E, Sudiyani Y, *et al*. 2024. Characterization of solid waste biomass of agar processing plants and scale-up production of bioethanol. *Biomass Conv. Bioref*. 14: 22357–22366.
- Nabila S, Suharti S, **Tarman K**. 2024. Investigated of marine endophytic fungi *Aspergillus terreus* extract's antibacterial activity against *Salmonella* Typhimurium. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*, 1359: 012093.

- Nurazizah MA, Hardiningtyas SD, Budiman MA, Kadir NHA, **Tarman K.** 2026. Potential of Indonesian Marine Endophytic Fungi as Extracellular Enzymes Producers. *Journal of Fungi. in review.*
- Nurhayati N, Nelwida N, Lisna L, Ramadan F, **Tarman K.** 2025. Effectiveness of marine fungi as feed additive on native chicken performance. *Iraqi Journal of Agricultural Sciences.* 56(5): 1592–1600.
- Prasetyo H, Purwaningsih S, Setyaningsih I, Sadi U, Nurilmala M, **Tarman K.** 2024. Optimization of maltodextrin coating for masking to maintain the characteristic of Spirulina powder using the Box-Behnken design: A Response Surface Methodology approach. *BIO Web Conf.* 147: 01004.
- Putra IGAA, Santoso J, Ramadhan W, **Tarman K.** 2026. Karakteristik sensori dan proksimat tempe kedelai dengan penambahan rumput laut (*Ulva lactuca*). *In prep.*
- Rahaweman AC, Pamungkas J, Madduppa H, Thoms C, **Tarman K.** 2016. Screening of endophytic fungi from chlorophyta and phaeophyta for antibacterial activity. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science.* 31: 012026.
- Rahman, Lokollo, F.F., Manuputty, G.D. et al. 2024. A review on the biodiversity and conservation of mangrove ecosystems in Indonesia. *Biodivers Conserv.* 33: 875–903.
- Ramadhan W, Yanti MD, **Tarman K.** Oktaviarty V, Meydia. 2024. Synergistic formulation and shelf stability evaluation of brown seaweed (*Sargassum* sp.) infused tisane enhanced with butterfly pea flower and sappan wood. *BIO Web Conf.* 92: 02002.

- Saputra F, Wahjuningrum D, **Tarman K**, Effendi I. 2016. Pemanfaatan metabolit jamur laut *Nodulisporium* sp. KT29 untuk meningkatkan kinerja produksi budidaya udang di laut. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kelautan Tropis*. 8(2): 747–55.
- Sibero MT, Sahara R, Syafiqoh N, **Tarman K**. 2017. Antibacterial activity of red pigment isolated from coastal endophytic fungi against multi-drug resistant bacteria. *Biotropia*. 24(2): 161–172.
- Sulistiawati S, Ain NH, Uju, **Tarman K**. 2020. Characterization of refined carrageenan from *Kappaphycus alvarezii* extracted using marine fungi. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science*. 404: 012071.
- Syam NA, Tondok ET, **Tarman K**, Widodo W. 2022. Screening of marine fungi as biological control agent of *Colletotrichum acutatum* on chili. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 18(2): 53–65.
- Tarman K**, Lindequist U, Wende K, Porzel A, Arnold N, Wessjohann LA. Isolation of a new natural product and cytotoxic and antimicrobial activities of extracts from fungi of Indonesian marine habitats. *Marine Drugs*. 9(3): 294–306.
- Tarman K**, Sadi U, Santoso J, Hardjito L. 2020. Carrageenan and its enzymatic extraction. *Encyclopedia Marine Biotechnology*. 7: 147–159.
- Tarman K**, Setyaningsih I, Ramadhan W, Oktaviarty V, Meydia, Rehatta JA. 2025. Proses pembuatan spirulina snack bar berbasis alga laut mikro (*Spirulina platensis*). Paten *granted* IDS000010560.

- Tarman K**, Supinah P, Dewanti EW, Santoso J, Nurjanah N. 2024. Characteristics of carrageenan from seaweed hydrolysis using marine fungi as hard-shell capsule material. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*. 27(8): 642–653.
- Tarman K**, Safithri M, Saputra RMA, Silitonga RG, Dwicesaria MA, Wong CW, Setyaningsih I. 2025. Bioactive properties of commercially cultivated *Spirulina platensis* in Indonesia: Evaluation of Anticancer and Antioxidant Potentials. *Ilmu Kelautan: Indonesian Journal of Marine Sciences*. 30(2): 301–310.
- Tarman K**, Khoirunnisa Q, Budiharjo A, Hardiningtyas SD, Iehata S, Rahimah S. 2025. Antibacterial activity and fatty acid content of mangrove-derived thraustochytrids. *Thai Society of Biotechnology (TSB)*.
- Tarman K**, Hasna L, Ramadhan W, Oktaviarty V. 2026. Formula Jelly dengan Pigmen *Spirulina platensis* Hasil Fermentasi dengan Fortifikasi Konsentrat Protein Ikan. Paten terdaftar S00202601971.
- Tarman K**, Budiman MA, Setyaningsih I, Santoso J. 2025. Biostimulan berbasis rumput laut hijau (*Ulva lactuca*) terfermentasi mikroorganisme laut. Paten terdaftar S00202515489.
- Ukhty N, **Tarman K**, Setyaningsih I. 2017. Isolation of endophytic fungi from the coastal plant terong pungo (*Solanum* sp.) and its antibacterial activity against oral pathogenic bacteria. *Biotropia*. 24(1): 9–15.

- Wahjuningrum D, Gustilatov M, **Tarman K**, Sukenda, Effendi I, Umam K, Ulzanah N, Miranti S, Kumala FB. 2025. Dietary comparison of algal, herbal, and fungal ingredients fed to Pacific white shrimp across cultivation sites: Impacts on growth performance, immune response, and *Vibrio harveyi* infection resistance. *Comp. Immunol. Rep.* 27(9): 200237.
- Wahjuningrum D, Hariati S, Yuhana M, Effendi I, Citarasu T, Utami DAS, **Tarman K**. 2022. Low dose of *Nodulisporium* sp. KT29 metabolite promotes production performance and innate immunity of Pacific white leg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against co-infection of white spot syndrome virus and *Vibrio harveyi*. *Aquacult. Int.* 30: 2611–2628.
- Warman R, Rahma H, Darnetty, Noveriza R. 2025. Fungal diversity associated with anthracnose in chili peppers of West Sumatra, Indonesia, using conventional and NGS approaches. *Biodiversita.* 26(9): 4257–4266.
- Windari HAS, **Tarman K**, Safithri M, Setyaningsih I. 2019. Antioxidant activity of *Spirulina platensis* and sea cucumber *Stichopus hermannii* in streptozotocin-induced diabetic rats. *Tropical Life Sciences Research.* 30(2): 119–129.
- Yaich H, Garna H, Besbes S, Paquot M, Blecker C, Attia H. 2011. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia. *Food Chemistry.* 128(4): 895–901.

Ucapan Terima Kasih

Alhamdulillah Robbil'Alamin, segala puji dan syukur senantiasa saya panjatkan hanya untuk Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayah, dan karunia-Nya yang tidak terhingga kepada kita semua, khususnya saya pribadi. Tanpa karunia-Nya mustahil saya dapat mencapai posisi akademik tertinggi ini dan dapat berdiri di sini untuk menyampaikan orasi ilmiah Guru Besar di forum yang mulia ini.

Pada kesempatan yang penuh berkah ini perkenankan saya menyampaikan ucapan terima kasih kepada Pemerintah Republik Indonesia melalui Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi yang telah menetapkan saya sebagai Guru Besar Tetap dalam bidang Bioteknologi Hasil Perairan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor terhitung mulai 1 Desember 2025. Penghargaan dan terima kasih yang setinggi-tinginya saya sampaikan kepada Rektor dan Wakil Rektor IPB periode 2023–2028 dan periode sebelumnya; Ketua, Sekretaris dan Anggota Wali Amanat IPB; Ketua, Sekretaris, dan Anggota Senat Akademik IPB; Ketua dan Sekretaris Dewan Guru Besar IPB serta Sekretaris Institut IPB.

Terima kasih saya sampaikan kepada Direktorat SDM IPB beserta jajarannya, Direktorat Administrasi Pendidikan IPB dan Tim Penilai Karya Ilmiah IPB. Terima kasih dan penghargaan juga saya haturkan kepada Dekan, Wakil Dekan dan jajarannya di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan (FPIK), Ketua dan Anggota Senat FPIK, Ketua dan Sekretaris Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK IPB.

Terima kasih kepada Prof. Dr. Iriani Setyaningsih dan Prof. Dr. Joko Santoso sebagai penelaah makalah orasi sekaligus sebagai mentor dalam pengajuan guru besar saya, terima kasih atas dorongan, bimbingan, dan bantuannya, semoga kebaikan ibu/bapak mendapatkan balasan kebaikan berlipat ganda.

Terima kasih kepada kolega di Divisi Bioteknologi Hasil Perairan: Prof. Dr. Iriani Setyaningsih, Prof. Dr. Sri Purwaningsih, Dr. Desniar, Dr. Eng. Safrina Dyah Hardiningtyas, Rizfi Fariz Pari, PhD.Eng., yang telah memberikan kesempatan, motivasi, memfasilitasi, memberi persetujuan dalam pengajuan kenaikan jabatan saya ke Guru Besar. Terima kasih kepada seluruh staf pengajar Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK, IPB atas bimbingan, semangat, arahan dan kebersamaannya sebagai keluarga besar THP. Terima kasih yang sangat mendalam saya sampaikan kepada Tenaga Kependidikan Departemen THP yang sudah memberikan semangat, bantuan dan kebersamaannya selama ini, serta dosen dan tenaga kependidikan di FPIK.

Terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Prof. Rokhmin Dahuri, Prof. Tridoyo Kusumastanto, Prof. Luky Adrianto, Prof. Ario Damar dan Prof. Yonvitner, sebagai Kepala Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan (PKSPL), IPB pada periode masing-masing atas kesempatan dan arahan yang diberikan sehingga saya bisa mengembangkan Bioteknologi Kelautan di PKSPL IPB.

Terima kasih kepada Vepryany Oktaviarty, STP., Dr. Eng. Wahyu Ramadhan, Meydia, S.Pi., Retno Purwaning H, M.M., Husnileili, M.Si., atas segala dukungan dan kerjasamanya untuk mengembangkan Divisi Bioteknologi Kelautan, PKSPL IPB.

Terima kasih yang tulus saya sampaikan kepada Bapak/Ibu guru yang telah berjasa mengantarkan saya dari awal hingga saat ini, mulai dari SDN Karangnongko II, Poncokusumo,

Malang, SMPN 1 Poncokusumo, Malang, SMAN 1 Tumpang, Malang. Terima kasih atas didikan dan bimbingannya yang telah diberikan kepada saya, hanya Allah SWT yang mampu membalas semua kebaikan Bapak/Ibu dan semoga mencatatnya sebagai amal jariyah. Saya menyampaikan terima kasih kepada para dosen di Tingkat Persiapan Bersama tahun 1994/1995, Departemen Teknologi Hasil Perairan, dan Teknologi Industri Pertanian, serta para dosen di almamater tercinta Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB yang telah memberikan pengajaran dan pembimbingan selama saya kuliah.

Terima kasih dan penghormatan yang tinggi saya sampaikan kepada pembimbing skripsi saya Prof. Dr. Linawati Hardjito, M.Sc., (Almh.) dan Dr. Desniar yang telah membimbing saya hingga menjadi seorang Sarjana Perikanan (S.Pi). Ucapan terima kasih tak terhingga saya haturkan kepada pembimbing Program Master, Prof. Dr. E. Gumbira Said (Alm.), Prof. Dr. Khaswar Syamsu dan Dr. Eng. Kaseno. Terima kasih tak terhingga juga saya sampaikan kepada pembimbing Doktoral Prof. Ulrike Lindequist dari Greifswald University dan Prof. Ludger A. Wessjohann dari Leibniz Institute of Plant Biochemistry, Halle-Saale, atas segala dukungan, bimbingan dan arahnya selama saya menempuh pendidikan tinggi di Jerman. Beliau mengajarkan saya bagaimana arti hidup seimbang, kerja keras di laboratorium, tanpa melupakan jalan-jalan. Beliau selalu memfasilitasi keikutsertaan saya dalam konferensi, sehingga saya tetap bisa menyelesaikan pendidikan S-3 tepat waktu meskipun sambil jadi turis dan melaksanakan umroh pertama kali saat menghadiri konferensi di Madinah.

Terima kasih tak terhingga kepada mentor saya di Laboratorium Natural Products, IPB Halle-Saale, Dr. Norbert Arnold dan Dr. Andrea Porzel, Greifswald University, Beate Cuypers, M.Sc., Dr. Martina Wurster, Prof. Michael Lalk, Dr. Kristian Wende Dr. Heinrich Cuypers, dan Dr. Gudrun Mernitz.

Sebelum menjadi dosen di Departemen THP IPB saya diberikan kesempatan untuk mengenal bioteknologi kelautan dengan menjadi asisten peneliti Prof. Dr. Linawati Hardjito (Almh.) di Laboratorium Fermentasi Pusat Antar Universitas, Institut Teknologi Bandung tahun 1999-2000. Terima kasih dan penghormatan yang tinggi saya sampaikan kepada Prof. Dr. Linawati Hardjito (Almh) dan Prof. Tridoyo Kusumastanto, yang memberikan kesempatan kepada saya untuk bergabung di PKSPL, IPB sejak tahun 2000 hingga sekarang.

Di awal karir saya sebagai dosen di Departemen THP IPB saya banyak dibimbing, diarahkan dan dididik oleh Prof. Dr. Wini Trilaksana (Kadep THP saat itu), Prof. Dr Nurjanah, dan Prof. Dr. Linawati Hardjito (Almh.).

Terima kasih kepada mitra penelitian lintas departemen di IPB, Dr. Dinamella Wahjuningrum, Prof. Mega Safithri, Dr. Hawis Madduppa (Alm.), Prof. Ono Suparno, Prof. Nunung Nuryartono, Prof. Sri Suharti, Dr. Henny Purwaningsih, Dr. Yessie W Sari, Dr. Efi T Tondok, Prof. Syartinilia, Prof. Anja Meryandini, Dr. Gayuh Rahayu, Dr. Novriyandi Hanif dan Prof. Herdhata Agusta. Terima kasih atas kerjasama dan kesempatannya untuk membimbing mahasiswa di luar THP. Terima kasih juga kepada mitra penelitian dari luar IPB, Dr. Maulidiani (Universitas Malaysia Terengganu), Prof. Thomas E. dela Cruz (Santo Tomas University, Filipina), Prof. Marianti Manggau (UNHAS), Prof. Endang Lukitaningsih (UGM), Dr. Elmi N Zainuddin (UNHAS), Prof. Nurhayati (Universitas Jambi), Dr. Anto Budiharjo (UNDIP), Dr. Souvia Rahimah (UNPAD), Dr. drg. Pratiwi Soesilawati (UNAIR), Dr. Sparisoma Viridi (ITB) Prof. Daniel Prajogo (Monash University), Prof. Rukman Hertadi (ITB) dan Dr. Siti Nurkhamidah (ITS).

Terima kasih kepada *Deutsche Akademische Austauschdienst* (DAAD) atas beasiswa doktoral maupun fasilitasnya sebagai alumni sehingga saya dapat terus terkoneksi baik dengan mitra di Jerman maupun alumni lintas negara. Direktur DAAD Jakarta Dr. Guido Schnieders, Alumni DAAD Prof. Iskandar Z. Siregar, Prof. Ario Damar, Dr. AB Susanto (Alm.), Dr. Chaidir dan seluruh pengurus serta dewan penasehat DAMARS (DAAD Alumni Association for Marine Resources Studies), juga kepada DAAD *Longterm Lecturer* di FPIK, IPB sejak tahun 2001 Prof. Harry W. Palm, Dr. Karen von Juterzenka, Dr. Carsten Thoms dan Dr. Sebastian Ferse terima kasih atas dukungan dan kerjasamanya selama ini.

Terima kasih kepada sahabat alumni INWENT Industrial Biotechnology Batch 2005, Prof. Renato G. Reyes, sehingga saya dapat berkiprah di Central Luzon State University sebagai *Adjunct Professor*, juga di *Aurora State College Technology*, Filipina. Terima kasih yang tulus juga kepada Dr. Martha Aznury, Agung B. Santoso, M.Sc. (Alm.), Dr. Le Anh Hong, Dr. Nuttakan Nitayapat, Dr. Chi Dang, Dr. Jaruwat Sitdipol, Dr. Nguyen Tung, Woro Umayi, M.Sc., *et al.* atas persahabatan dan kerjasamanya lebih dari 20 tahun.

Terima kasih kepada Ryan Dewangga, M.Si., Direktur PT. Ijo Inovasi Indonesia, dan Thomas Hendrawan, MBA., Direktur PT. Stor Foodindo Cookies sehingga saya dapat mengimplementasikan hasil riset di luar kampus. Terima kasih yang setinggi-tingginya kepada Muhammad Zusron, S.Si., M.Sc., (PT. Algaepark), Falasifah, S.Si., (PT. Albitec) dan apt. Diana Nilawati, S.Farm., (PT. Evergen Resources) atas fasilitasi dan *sharing*-nya tentang dunia mikroalga.

Terima kasih dan penghargaan yang tinggi kepada kepala dan direktur beserta jajaran dan staf di Lembaga Kawasan Sains dan Teknologi (LKST), Direktorat Riset dan Inovasi (DRI), Direktorat Konektivitas Global (DKG), Direktorat Pendidikan Internasional (DPI), Direktorat Kajian Strategis dan Reputasi Akademik (DKSRA), serta Direktorat Pengembangan Masyarakat Agromaritim (DPMA), IPB.

Terima kasih yang tulus kepada Prof. Luky Adrianto, Kepala Lembaga Riset Internasional Kemaritiman, Kelautan dan Perikanan atas kepercayaannya membersamai di LRI i-MAR. Terima kasih juga kepada Dina Yuniar, M.Si., dan Lusita Meilana, PhD., serta Keluarga besar Lembaga Riset Internasional (LRI) IPB atas kekompakan dan kekeluargaannya selama ini.

Terima kasih kepada Ir. Aris Tri Wibowo, M.Si., Direktur Pengolahan, Kementerian Kelautan dan Perikanan, atas kesempatan dan penghargaannya dilibatkan sebagai Komite Teknis standar produk perikanan non-pangan.

Kepada seluruh mahasiswa bimbingan S-1, S-2, dan S-3 yang tidak dapat saya sebutkan satu persatu, baik yang telah lulus maupun belum, saya ucapkan terima kasih dan penghargaan atas kerja keras dan kerja samanya selama ini. Semoga Anda semua sukses menjadi insan yang berguna bagi bangsa dan negara serta seluruh manusia di muka bumi. Aamiin YRA.

Kepada teman dan sahabat saya di SD, SMP, SMA, Kelompok 12 Angkatan 31 Tingkat Persiapan Bersama, THP Angkatan 31, FPIK Angkatan 31, kakak dan adik kelas FPIK IPB, alumni TIP-2002 dan DAAD-2007, terimakasih atas kebersamaannya semoga silaturahmi di antara kita dapat terpelihara dengan baik. Kawan-kawan AREMA seperjuangan perantau di Bogor, kawan-kawan Wisma Widara Malabar Ujung, Wisma 20½ dan Gg. Masjid Al Barokah Ciputih, saya ucapkan terima kasih atas kebersamaannya selama di IPB. Terima kasih tak terhingga

kepada kakak kelas SMA juga teman sekamar di 20½ Mbak Wiwin Damayanti GMSK30, yang sering membacakan buku catatan kuliah, ketika saya harus siap-siap berangkat ujian tapi belum selesai belajar. Terima kasih yang tulus kepada keluarga besar Greifswalder, Berliner, Halle dan Dresdner, juga kawan satu laboratorium di Farmasi Greifswald dan Leibniz IPB Halle-Saale atas support dan kekeluargaannya selama belajar Bahasa Jerman dan menempuh pendidikan S-3.

Terima kasih kepada sahabat-sahabat kuliner dan pelesir di Genk M4k4ng² dan Konsumsi, Yayasan Jendela Kemanusiaan Lestari (JKL), Dewan Pengurus Pusat Himpunan Alumni IPB periode 2020-2025, Dewan Pengurus Cabang Himpunan Alumni IPB Kota Bogor periode 2025-2029 semoga selalu sehat dan terjalin persahabatan dan kekeluargaan dalam menebarkan kebaikan.

Keluarga besar Komplek Taman Yasmin V-2, Grup Tahsin, Jamaah Ibu-ibu Masjid Darussalam, dan Musholla Al Khair, terima kasih atas kebersamaan dan kekeluargaannya selama ini.

Terima kasih tak terhingga kepada Tim Persiapan Orasi, Dr. Eng. Safrina Dyah H, Dr. Eng. Wahyu Ramadhan, Rizfi Fariz Pari, PhD dan M. Arief Budiman, MSi.

Pada kesempatan yang berbahagia ini ananda ingin menyampaikan rasa hormat dan ucapan terima kasih yang tak terhingga kepada Ibunda Hj. Muslimah dan Ayahanda H. Tarman (alm.) atas kasih sayangnya, kesabaran, dan ketulusannya dalam membesarkan ananda sampai bisa berdiri di sini. Dari beliau berdua saya belajar kasih sayang, kesabaran, empati dan berkawan seluas-luasnya. Semoga Allah SWT melipatgandakan pahala dari kebaikan Ibu dan Ayah, serta menjadi amal jariyah. Terima kasih kepada adik kandung Erli Mugiarto dan Khoirul Fatikhin, serta adik ipar

Siti Yuniati dan Nanda Putri yang selalu berbagi kekeluargaan dan kebersamaan. Terima kasih tak terhingga atas ketulusannya menjaga dan menemani Ibu dan Ayah (Alm.) dengan baik, semoga adik-adik dan keluarga senantiasa menjadi keluarga yang *sakinah, mawaddah warahmah*. Saya haturkan terima kasih yang tulus untuk keluarga besar Alm. Mbah Kadiran dan Alm. Mbah H. Suradi atas doa dan kebersamaannya.

Selain untuk kedua orang tua tercinta, orasi guru besar ini saya persembahkan untuk Almh. nenek saya yang biasa dipanggil Mbok De. Dari Beliau saya melihat contoh “*khairunnas anfa’uhum linnas*”, sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat untuk orang lain. Beliau bisa menjadi chef hajatan tetangga hingga mengkafani jenazah. Beliau memperlakukan saya seperti anak bungsu, tetapi juga mendidik saya menjadi perempuan mandiri dan sangat men-*support* saya terus sekolah. Semoga ilmu yang saya amalkan, pahalanya juga menjadi amal jariyah beliau. *Allahummaghfirlaha warhamha wa’afha wa fu’anha*.

Terima kasih kepada panitia penyelenggara orasi ilmiah Guru Besar IPB yang diketuai oleh Direktur Administrasi Pendidikan Dr. Utami Dyah Sayafitri, S.Si., kepada Direktur Kerjasama, Komunikasi dan Pemasaran, Dr. Alfian Helmi, Direktur Umum dan Infrastruktur, Akhmad Kosasih, S.E., dan Kepala Lembaga Manajemen Informasi dan Transformasi Digital, Julio Adisantoso, M.Sc., serta seluruh staf atas fasilitas dan bantuan yang diberikan dalam penyelenggaraan orasi ilmiah ini.

Kepada Bapak, Ibu dan Hadirin sekalian, saya menghaturkan terima kasih atas kesediaannya untuk menghadiri acara orasi ilmiah ini baik secara langsung maupun secara *online*. Semoga Allah SWT membalas amal kebaikan Bapak/Ibu sekalian dengan pahala yang berlipat ganda. Dengan segala

keterbatasan, mohon maaf apabila tidak semua pihak dapat disebutkan dalam kesempatan ini. Saya mohon maaf yang sebesar-besarnya jika dalam penyampaian orasi ilmiah ini ada hal yang kurang berkenan di hati Bapak/Ibu sekalian. Akhirnya saya berserah diri kepada Allah SWT, serta memohon kepada-Nya agar senantiasa dapat diberikan perlindungan dan ketulusan niat dalam menjalankan tugas sebagai dosen dan peneliti untuk dapat mengamalkan ilmu agar bermanfaat bagi kemaslahatan masyarakat dan negara. *Aamiin Allahumma Aamiin.*

Billahitaufiq walhidayah. Wassalamualaikum warrahmatullahi wa barakatuh.

Foto Keluarga



Belakang (ki-ka):

Khoirul Fatikin, Nanda Putri, Siti Yuniati, Erli Mugiarto

Depan (ki-ka):

A. Hasbi Alfaruq Razi, Hj. Muslimah, Rizky Aditya,
Kustiariyah (orator), M. Fauzul Adhim

Riwayat Hidup

Identitas Diri

1. Nama Lengkap : Prof. Dr.rer.nat. Kustiariyah, S.Pi., M.Si
2. Jenis Kelamin : Perempuan
3. Tempat, Tgl Lahir : Malang, 18 Agustus 1975
4. Agama : Islam
5. Jabatan Fungsional : Guru Besar pada Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Sejak tanggal 1 Desember 2025
6. Pangkat/Golongan : Lektor Kepala / IVc
7. NIP : 19750818 200501 2 001
8. NIDN : 0018087503
9. Alamat Kantor : Departemen Teknologi Hasil Perairan
Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan
Jl. Agatis 1 Kampus IPB Darmaga
Bogor 16680
10. E-mail : kustiaz@apps.ipb.ac.id, kustya@gmail.com

Riwayat Pendidikan

Jenjang Pendidikan	Penyelenggara dan Negara	Bidang Keahlian	Nama Pembimbing/Promotor
Sarjana (S-1) 1994–1999	Institut Pertanian Bogor, Indonesia	Teknologi Hasil Perikanan	Prof. Dr. Ir. Linawati Hardjito, M.Sc.; Dr. Desniar
Magister (S-2) 2002–2006	Institut Pertanian Bogor, Indonesia	Teknologi Industri Pertanian	Prof. Dr. Ir. E. Gumbira Said, M.Agr.; Prof. Dr. Ir. Khaswar Syamsu, M.Sc.; Dr. Eng. Kaseno
Doktor (S-3) 2007–2011	Ernst-Moritz-Arndt Universitaet Greifswald, Germany	Biologi Farmasi	Prof. Ulrike Lindequist; Prof. Ludger A. Wessjohann

Judul Skripsi/ Tesis/Disertasi

Judul Skripsi	<i>Ammonia Removal</i> pada Limbah Budidaya Perikanan dengan Kultur Campuran Bakteri dan Mikroalga <i>Chlorella</i> sp.
Judul Tesis	Isolasi dan Uji Aktivitas Biologis Senyawa Steroid dari Teripang sebagai Aprosidiaka Alami
Judul Disertasi	Chemical and Biological Investigation of Indonesian Marine Fungi and their Secondary Metabolites

Riwayat Pekerjaan

2023–sekarang	Sekretaris Lembaga Riset Internasional Kemaritiman, Kelautan dan Perikanan, IPB
2025–sekarang	Komite Teknis Standar Produk Perikanan Non-Pangan, Dit. Pengolahan, PDSPKP, Kementerian Kelautan dan Perikanan
2022–sekarang	<i>Adjunct Professor, Department of Biological Sciences, Central Luzon State University, Filipina</i>
2021–2023	Ketua Program Studi Magister Teknologi Hasil Perairan, IPB
2020–sekarang	<i>The Australia-Indonesia Centre (AIC) Associate Fellow</i>
2016–2021	Sekretaris Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK IPB
2012–2021	Koordinator Penelitian Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK IPB
2012–sekarang	Kepala Divisi Bioteknologi Kelautan, Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan, IPB
2005–sekarang	Staf Pengajar Departemen Teknologi Hasil Perairan, FPIK IPB

Penghargaan yang Diterima

No	Waktu	Bentuk Penghargaan	Pemberi Penghargaan
1	2025	Satyaencana: 20 tahun	Presiden RI
2	2025	Peringkat-1 <i>Outstanding Staff</i>	FPIK IPB
3	2025	Top 10 Publikasi Scopus Tertinggi di FPIK	IPB
4	2025	Top 10 Jumlah H-indeks Scopus Dosen Tertinggi Departemen Teknologi Hasil Perairan	IPB
5	2024	Anugerah Prioritas Nasional, <i>Bronze Winner on Blue Economy</i>	Kemenristek Dikti RI
6	2022	Best Inventor	IPB
7	2015	Satyaencana: 10 tahun	Presiden RI
8	2018	Best Presenter pada <i>International Conference on Biology</i>	Biologi, ITS
9	2013	105 Inovasi Paling Prospektif (Antimalaria alami dari <i>Holothuria atra</i>)	Business Innovation Center
10	2011	Best Presenter	<i>International Conference on Oceanography and Technology</i> , IPB
11	2008	Best Poster Presenter	Seminar PPI, Delft, Belanda

Keikutsertaan dalam Organisasi Keilmuan atau Profesi

No.	Tahun	Jenis>Nama Organisasi	Jabatan
1	2025–sekarang	Asosiasi Praktisi Mikroalga Indonesia (ASMI)	Pengurus
2	2023–sekarang	DAAD Alumni <i>Association for Marine Resources Studies</i> (DAMARS)	Presiden
3	2015–sekarang	Perhimpunan Mikologi Indonesia (Mikolna), Bogor	Pengurus
4	2012–sekarang	Forum Bioremediasi Indonesia	Pengurus
5	2012–2017	Masyarakat Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (MPHPI)	Pengurus
6	2025–sekarang	<i>Asian Federation of Biotechnology</i> (AFOB)	Anggota
7	2018–2020	<i>Asian Fisheries Society</i>	Anggota
8	2012–sekarang	Perhimpunan Mikrobiologi Indonesia (PERMI)	Anggota

Kegiatan Pendidikan dan Pengajaran

No.	Mata Kuliah	Strata
1	Kimia Hayati Hasil Perairan	S-1
2	Mikrobiologi Hasil Perairan	S-1
3	Biokimia Hasil Perairan	S-1
4	Instrumentasi dan Pengujian Hasil Perairan	S-1
5	Fermentasi Hasil Perairan	S-1
6	Bioteknologi Hasil Perairan	S-1
7	Bioprospeksi Hasil Perairan	S-1
8	Farmasetika Hasil Perairan	S-1
9	Dasar-dasar Teknologi Hasil Perairan	S-1
10	Bioteknologi Mikroalga	S-2
11	Bioteknologi dan Kosmesetika Hasil Perairan	S-2
12	Nutrasetika dan Kosmesetika Hasil Perairan	S-2
13	Metodologi Penelitian	S-2
14	Teknologi Hasil Perairan Berkelanjutan	S-2
15	Teknologi Hasil Perairan Bernilai Tambah	S-3
16	Biomaterial Aktif Hasil Perairan	S-3

Pengalaman Membimbing Mahasiswa

No	Jenjang Pendidikan	Jumlah (orang)
1	Sarjana (S-1)	> 200
2	Magister (S-2)	> 40
3	Doktor (S-3)	3

Kegiatan Penelitian (5 Tahun Terakhir)

No	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
1	2025	Pengembangan Pigmen dalam Pangan Fungsional Berbasis Rumput Laut dan Mikroalga, serta Mekanisme Fungsinya	RIIM LPDP
2	2025	Optimasi Ekstraksi Karaginan dan Efisiensi Energi dengan Praperlakuan Berbeda, serta Karakterisasi Fisikokimianya	DIKTI

Kegiatan Penelitian (5 Tahun Terakhir) (lanjutan)

No	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
3	2023–2025	Biomaterial Aktif dari Mikroalga dan Mekanisme Fungsi Fisiologisnya Serta Aplikasinya untuk Pangan Fungsional	RIIM LPDP
4	2025	Biostimulan Rumput Laut–Mikroalga Berbasis Auxin dan <i>Slow-Release Carrier</i> untuk Tanaman Pangan	DIKTI
5	2025	Eksplorasi Kapang Endofit Laut Tropika Penghasil Biomaterial Polimer untuk Pengembangan <i>Innovative Drug Delivery System</i>	DIKTI
6	2024	Pengembangan Produk <i>Superfood</i> Berbasis Tempe Dan Spirulina “Penabar” Dengan Kemasan Cerdas Untuk Pemantauan Kualitas Secara <i>Real-Time</i>	DIKTI Kedaireka
7	2024	Exploring The Richness of Indonesian Mangrove Forest: Harnessing Thraustochytrids for Sustainable Omega 3 and Polyunsaturated Fatty Acids (PUFA) Production	RKI
8	2024	Metabolite <i>Profiling</i> Fungi Laut dan Uji Aktivitas Immunostimulan	IPB
9	2024	<i>Green Technology</i> Produksi Oligokitosan Menggunakan Enzim dari Fungi Laut	DIKTI
10	2024	Optimasi Formula Minuman Fungsional dari Daun Nipah (<i>Nypa fruticans</i>) dan Karaginan Sebagai Immunostimulan dengan Metode <i>I-Optimal Mixture Design</i>	DIKTI

Kegiatan Penelitian (5 Tahun Terakhir) (lanjutan)

No	Tahun	Judul Penelitian	Sumber Dana
11	2024	Pengembangan Material <i>Smart Food Packaging</i> Berbasis Paduan Biopolimer untuk <i>Monitoring</i> Kualitas dan Keamanan Produk Pangan	DIKTI
12	2023	Penambahan Ekstrak Fungi Laut dalam Ransum untuk Peningkatan Performa dan Imunitas Ayam Lokal	RKI
13	2022–2023	Pengembangan Imunostimulan Berbasis Fungi Laut dan Mekanisme Aksinya pada Lobster	DIKTI
14	2022	Modifikasi Oligokitosan dengan Enzim dari Kapang Asal Perairan Indonesia untuk <i>Drug Delivery</i>	DIKTI
15	2020–2022	Pengembangan Snackbar Spirulina	IPB dan DIKTI
16	2021	Pengembangan Tempe Rumput Laut	IPB
17	2021	Pengembangan Minuman Rumput Laut- <i>Marine Herbal Mix</i>	IPB
18	2020–2021	Valorisasi Biota Laut dan VCO Menjadi Emulsi untuk Meningkatkan Imunitas Tubuh Terhadap Covid-19	LPDP
19	2021	Deciphering the in vitro anti-inflammatory mechanism of silver nanoparticle co-applications with <i>Passiflora foetida</i> L. bioactive compounds using a multi-platform metabolomics approach	UMT dan IPB
20	2020–2021	Pengembangan Produksi <i>Cookies</i> Berbasis Sumberdaya Lokal Spirulina dan Rumput Laut	LPDP
21	2020–2022	Safety and Efficacy Test of Return Legacy Products in Vitro	Return Legacy Bhd.

Perolehan HKI dalam 5 Tahun Terakhir

No	Judul HKI (ID)	Tahun	Jenis
1	Biostimulan Berbasis Rumput Laut Hijau (<i>Ulva lactuca</i>) Terfermentasi Mikroorganisme Laut (S00202515489)	30 Desember 2025	Paten Sederhana (Dalam Proses)
2	Formula Biostimulan Dengan Konsorsium Mikroorganisme Dan Rumput Laut (S00202515534)	30 Desember 2025	Paten Sederhana (Dalam Proses)
3	Formula Biofilm Indikator Cerdas Berbasis Agar Dan Kitosan Sebagai Indikator Kemunduran Mutu Produk Snack Bar (IDS000011312)	22-Sep-25	Paten Sederhana (Granted)
4	Formula Yoghurt Dengan Karaginan Dan Ganggang Laut Mikro <i>Spirulina Sp.</i> Sebagai Sumber Antioksidan (S00202508427)	2-Sep-25	Paten Sederhana (Dalam Proses)
5	Komposisi Snackbar Berbasis Tempe Dengan Penambahan Ganggang Laut Mikro (<i>Spirulina platensis</i>) Dan Kolagen (S00202507061)	29 Juli 2025	Paten Sederhana (Dalam Proses)
6	Proses Pembuatan Spirulina Snack Bar Berbasis Alga Laut Mikro (<i>Spirulina platensis</i>) (IDS000010560)	5 Juni 2025	Paten Sederhana (Granted)
7	Formulasi Beras Analog Berbasis Tepung Porang Dan Tepung Kentang Dengan Penambahan Ganggang Laut Mikro (<i>Spirulina platensis</i>) (IDS000011657)	19 Mei 2025	Paten Sederhana (Granted)
8	Penggunaan Jamur Laut (<i>Marine Fungi</i>) sebagai Pakan Aditif pada Ayam Kampung (EC002025042248)	25-Apr-25	Hak Cipta

Perolehan HKI dalam 5 Tahun Terakhir (lanjutan)

No	Judul HKI (ID)	Tahun	Jenis
9	Formulasi Sabun Cair Dengan Penambahan Spirulina (S00202503652)	23-Apr-25	Paten Sederhana (Dalam Proses)
10	Penabar (IDM001287042) (Merek)	3 Agustus 2024	Produk berbasis tepung
11	Formulasi dan Metode Pembuatan Beras Analog Berbasis Tepung Porang dan Tepung Mocaf dengan Penambahan Bubuk Spirulina (P00202407262)	31 Juli 2024	Paten (Dalam Proses)
12	Proses Isolasi Fukoidan Dari Alga Coklat (<i>Sargassum polycystum</i>) Sebagai Antikoagulan (IDS000008199)	29 Mei 2024	Paten Sederhana (Granted)
13	SakaSea (IDM001317785) (Merek)	12 Agustus 2024	Produk berbasis tepung
14	Formula Pangan Fungsional Antidiabetes Berbahan Dasar Tepung Porang Dan Produk Yang Dihasilkannya (P00202314360)	20 Desember 2023	Paten (Dalam Proses)
15	Formula Minuman Fungsional Tisane Berbasis Rumput Laut Cokelat (<i>Sargassum</i> sp.) dan Herbal (S00202310448)	15 Oktober 2023	Paten Sederhana (Dalam Proses)
16	Formula Kukis Sagu Berbasis Alga Laut (<i>Spirulina platensis</i>) Dan Rumput Laut (<i>Euचेuma cottonii</i>) (IDS000006371)	27-Sep-23	Paten Sederhana (Granted)
17	Kultivasi Spirulina Menggunakan Artificial Sea Water (S00202308480)	5-Sep-23	Paten Sederhana (Dalam Proses)
18	Qexea (IDM001200269) (Merek)	31 Agustus 2023	Produk berbasis tepung

Perolehan HKI dalam 5 Tahun Terakhir (lanjutan)

No	Judul HKI (ID)	Tahun	Jenis
19	Spirulina Corner (IDM001130756)	2 Februari 2023	Layanan kafetaria dan kantin
20	AlgaTea (IDM001131638) (Merek)	2 Februari 2023	Minuman berbahan dasar Teh
21	Formula Minuman Latte Instan Berbasis Alga Laut (<i>Spirulina platensis</i>) dan Karagenan (S00202111353)	10 Desember 2021	Paten Sederhana (Dalam Proses)
22	Tembora (IDM000997253) (Merek)	19 Oktober 2021	Makanan olahan (Hewani/Nabati)
23	SeaLatte (IDM001055833) (Merek)	6 Juli 2021	Minuman nonalcoholic
24	VitaSea (IDM001026347) (Merek)	23 Februari 2021	Produk Farmasi & Medis
25	CyanSea (IDM000961624) (Merek)	10 Februari 2021	Produk berbasis tepung

Editor/Redaktur Jurnal

No	Cakupan	Jurnal	Tahun
1	Redaktur	Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia (JPHPI), IPB, Sinta 2	2012–sekarang
2	Associate Editor	<i>Journal of Science and Technology Nexus</i>	2025–sekarang
3	Associate Editor	<i>Coastal and Ocean Journal</i>	2020–sekarang

Publikasi di Jurnal Ilmiah (2 tahun terakhir)

No	Tahun	Judul	Nama Jurnal
1	2025	Bioactive properties of commercially cultivated <i>Spirulina platensis</i> in Indonesia: Evaluation of anticancer and antioxidant potentials	ILMU KELAUTAN: Indonesian Journal of Marine Sciences
2	2025	Dietary comparison of algal, herbal, and fungal ingredients fed to Pacific white shrimp across cultivation sites: impacts on growth performance, immune response, and <i>Vibrio harveyi</i> infection resistance	Comparative Immunology Reports
3	2025	Valorization of the brown seaweed <i>Sargassum</i> sp. as a sole carbon source for marine endophytic fungus <i>Aspergillus flavus</i> KTR49 cultivation	Waste and Biomass Valorization
4	2025	Exploration of marine fungal endophytes from Buton Island, Southeast Sulawesi: Potential antibacterial metabolites for functional foods	Malaysian Journal of Medicine & Health Sciences
5	2025	Effectiveness of marine fungi as feed additive on native chicken performance	Iraqi Journal of Agricultural Sciences
6	2025	Characterization and phytochemical compounds identification of yoghurt with the addition of carrageenan and <i>Spirulina</i> sp.	Indonesian Fisheries Processing Journal
7	2025	Bioprospecting marine endophytic fungi from Buton Island: Antibacterial activity and cellulase production for sustainable blue economy	Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology

**Publikasi di Jurnal Ilmiah (2 tahun terakhir)
(lanjutan)**

No	Tahun	Judul	Nama Jurnal
8	2025	Partial purification and identification of antibacterial peptides from the endophytic fungus KT31 isolated from <i>Kappaphycus alvarezii</i>	Indonesian Fisheries Processing Journal
9	2025	Physicochemical characterization of porang tubers (<i>Amorphophallus muelleri</i>) analog rice with the addition of <i>Spirulina platensis</i>	Indonesian Fisheries Processing Journal
10	2025	Assessing lipid degradation as an indicator of rancidity in spirulina snack bar fortified with collagen	Malaysian Journal of Medicine & Health Sciences
11	2024	Characteristics of carrageenan from seaweed hydrolysis using marine fungi as hard-shell capsule material	Indonesian Fisheries Processing Journal
12	2024	The anticancer and antioxidant potential of local sea cucumber <i>Holothuria edulis</i> , an ecology balancer of Labuan Bajo marine ecosystem	Case Studies in Chemical and Environmental Engineering
13	2024	Karakteristik kimia, mikrob dan daya terima kukis sagu yang diperkaya spirulina dan rumput laut	Indonesian Fisheries Processing Journal
14	2024	Discrimination of marine polychaete species of different harvest times using FTIR metabolomics	Malaysian Journal of Chemistry

**Publikasi di Jurnal Ilmiah (2 tahun terakhir)
(lanjutan)**

No	Tahun	Judul	Nama Jurnal
15	2024	Eksplorasi aktivitas enzimatik dari fungi endofit laut serta aplikasinya untuk hidrolisis kitosan	Indonesian Fisheries Processing Journal
16	2024	Penapisan senyawa bioaktif antibakteri fungi laut endofit asal Pulau Buton Sulawesi Tenggara	Indonesian Fisheries Processing Journal
17	2024	Isolation and characterization of collagen from salmon (<i>Salmo salar</i>) skin using papain enzyme	Indonesian Fisheries Processing Journal
18	2024	Near-infrared genggam untuk penilaian mutu minyak ikan dari mata tuna beku	Akuatika Indonesia
19	2024	In vitro study of red betel leaves as lymphocyte cell proliferator and colorectal cancer cytotoxic agent in WIDR cells	Indonesian Journal of Applied Research
20	2024	Implementasi social-ecological rehabilitation dalam mensukseskan program konservasi mangrove di Desa Tanjung, Kabupaten Sumenep, Madura	Abdimas Agro-Maritime Journal
21	2024	Peningkatan pengetahuan dan keterampilan warga Desa Babakan melalui pelatihan pembuatan cookies spirulina	Agrokreatif: Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat

Publikasi di Prosiding Ilmiah (2 tahun terakhir)

No	Tahun	Judul Karya Ilmiah	Judul Prosiding
1	2025	Antioxidant and Antibacterial Activities of Chitosan Oligosaccharides Hydrolyzed Using Isolate <i>T. harzianum</i> KTR3 and <i>A. sydowii</i> KTR50	BIO Web of Conferences
2	2025	Optimizing the Coating for Masking Conditions Process with Gum Arabic Using Box-Behnken Design (BBD) on The Properties of Masked Spirulina Powder	BIO Web of Conferences
3	2025	Effect of Vacuum Filtration Pressure on The Harvesting Efficiency and Phycocyanin Quality of <i>Spirulina platensis</i>	BIO Web of Conferences
4	2025	Formulation of Functional Beverage with Antioxidant Properties Using Nypa Leaves (<i>Nypa fruticans</i>)	BIO Web of Conferences
5	2024	Synergistic formulation and shelf stability evaluation of Brown seaweed (<i>Sargassum</i> sp.) infused tisane enhanced with butterfly pea flower and Sappan wood	BIO Web of Conferences
6	2024	Diversity and antibacterial potential produced by marine endophytic fungi by submerged fermentation from Buton Island, Indonesia	BIO Web of Conferences
7	2024	Total phenolic content and antioxidant properties of hydrophobic compounds edible coating <i>Spirulina</i> snack bar	BIO Web of Conferences
8	2024	Antioxidant Properties and Thermal Stability of Active Packaging Incorporated with Dyes	BIO Web of Conferences
9	2024	Characteristics of bioactive components in fermented <i>Sargassum</i> and <i>Ulva</i> Seaweed using SCOBY as potential anti-diabetic candidates	BIO Web of Conferences

Publikasi di Prosiding Ilmiah (2 tahun terakhir) (lanjutan)

No	Tahun	Judul Karya Ilmiah	Judul Prosiding
10	2024	Total phenolic content and proliferation activity of Spirulina extract in lymphocyte cell	BIO Web of Conferences
11	2024	Protein Characterization in Edible Coating for Snack Bar Enriched with Spirulina	BIO Web of Conferences
12	2024	Biological evaluation of mangrove endophytic fungi <i>Aspergillus terreus</i> derived from <i>Sonneratia alba</i>	BIO Web of Conferences
13	2024	Action Mechanism of Marine Endophytic Fungi <i>Aspergillus terreus</i> as Antibacterial Agent Against <i>Vibrio harveyi</i>	BIO Web of Conferences
14	2024	Activity of Sea Cucumber and Spirulina in Wound Healing and Blood Glucose Decreasing in Streptozotocin-Induced Diabetic Rats	BIO Web of Conferences
15	2024	Biotransformation of bioactive compounds in seaweed through fermentation with marine endophytic fungi as antioxidant	BIO Web of Conferences
16	2024	Physico-chemical and antioxidant properties of brown seaweed (<i>Sargassum</i> sp.)	AIP Conference Proceedings
17	2024	Antibacterial activity assay of marine fungal extract <i>Aspergillus terreus</i> (WB 1-2) against <i>Escherichia coli</i> cause of Colibacillosis disease	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
18	2024	Investigated of marine endophytic fungi <i>Aspergillus terreus</i> extract's antibacterial activity against <i>Salmonella Typhimurium</i>	IOP Conference Series: Earth and Environmental Science
19	2024	Diseminasi Teknologi Pembuatan Konsentrat Protein Ikan dan Aplikasinya pada Produk Kukis di Kabupaten Wonogiri	Seminar Pengabdian

Penulisan Buku Teks/Buku Ajar/Book Chapter

Tahun	Judul	Penulis	Penerbit
2025	Myco-pharming the seas: bioactive metabolites from marine-derived fungi. <i>In Mycology in a Changing Planet: Applications and Perspectives from Southeast Asia</i>	Carlo CS Apurillo, C.C.S, Kustiariyah Tarman , Trung T Nguyen, JC Magday Jr, LCJ Llames, Thomas E dela Cruz	Springer
2025	Mikrobiologi dan Keamanan Pangan Hasil Perairan	Iriani Setyaningsih, Desniar, Kustiariyah Tarman	IPB Press
2022	Biological Preparation of Chitooligosaccharides-Based Hydrogel Systems for Drug Delivery Systems. <i>In Chitooligosaccharides: Prevention and Control of Diseases</i>	Safrina Dyah Hardiningtyas, Rizfi Fariz Pari, Kustiariyah Tarman	Springer
2021	Pengetahuan dan karakteristik bahan baku hasil perairan	Nurjanah, Asadatun Abdullah, Sabri Sudirman, Kustiariyah Tarman	IPB Press
2020	Carrageenan and its enzymatic extraction (<i>in Encyclopedia of Marine Biotechnology</i>)	Kustiariyah Tarman , Uju Sadi, Joko Santoso, Linawati Hardjito	Wiley
2020	Marine Fungi as Source of Bioactive Compounds (<i>in Encyclopedia of Marine Biotechnology</i>)	Kustiariyah Tarman	Wiley
2020	Biomining fungal endophytes from tropical plants and seaweeds for drug discovery	Thomas E dela Cruz, KIR Notarte, Carlo CS Apurillo, Kustiariyah Tarman , Melfei E Bungihan	Academic Press (Elsevier)
2013	Metabolites of Marine Microorganisms and Their Pharmacological Activities. <i>In Marine Microbiology</i> ,	Kustiariyah Tarman , Ulrike Lindequist, Sabine Mundt	Wiley

Pengabdian kepada Masyarakat dalam 3 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul /Tema Pengabdian kepada Masyarakat	Penyelenggara/ Mitra
1	2025–sekarang	Komite Teknis Standar Produk Perikanan Non-Pangan	Kementerian Kelautan dan Perikanan
2	2025	Fortifikasi yoghurt dengan spirulina dan karaginan (Dospulkam 2025)	Kecamatan Wajak, Kabupaten Malang
3	2025	Narasumber <i>Blue Foods</i>	BAPPENAS
4	2025	Pemanfaatan Immunostimulan Berbasis Fungi Laut pada Budidaya Udang di Gresik	PT. Saka Energy
5	2025	Narasumber di Fakultas Farmasi	Universitas Muhammadiyah Surakarta
6	2024	Dospulkam 2024	Wonogiri
7	2024	Narasumber <i>Blue Foods</i>	Kemenko Pangan
8	2024	Narasumber Bioteknologi Kelautan dan Perikanan	Kementerian Kelautan dan Perikanan
9	2023	Narasumber di Fakultas Farmasi	Universitas Hasanuddin
10	2022–2023	Dospulkam 2023	Kecamatan Tanjung, Sumenep, Madura
11	2023	Narasumber di Fakultas Teknik	Universitas Negeri Makassar

Pengalaman *Visiting Lecturer/Researcher*

No.	Tahun	Universitas	Sponsor
1	2025	SINTEF, Norwegia	PRIME Step/LKST IPB
2	2025	Xiamen University, China & Malaysia	IPB & Xiamen University
3	2024	National Pingtung University of Science and Technology, Taiwan	NPUST
4	2019	Greifswald University, Jerman	Kemenristek DIKTI
5	2018	Toyo University	Toyo University
6	2015–2016	FSU Jena University, Jerman	Kemenristek DIKTI
7	2015	Strathclyde University, Inggris	Kemenristek DIKTI
8	2014	Institute of Pharmacy, Greifswald University & Leibniz IPB Halle, Jerman	DAAD
9	2017	Central Luzon State University, Filipina	CLSU
10	2014	Santo Tomas University, Filipina	Santo Tomas University
11	2011	Yonsei University, Korea Selatan	Yonsei University



PT Penerbit IPB Press

Jalan Taman Kencana No. 3, Bogor 16128

Telp. 0251-8355 158 E-mail: ipbpress@apps.ipb.ac.id



Penerbit IPB Press



[ipbpress.official](https://www.instagram.com/ipbpress.official)



ipbpress.com