

**PROSPEK AGENSIA HAYATI *Bacillus* spp.  
SEBAGAI BAHAN BAKU PRODUK  
RAMAH LINGKUNGAN MULTIFUNGSI**



**Pidato**

**Disampaikan pada Pengukuhan Jabatan Guru Besar  
dalam Bidang Ilmu Mikrobiologi Terapan  
pada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga  
di Surabaya pada Hari Kamis, Tanggal 8 Mei 2025**

**Oleh**

**SALAMUN**

وَإِذْ قَالَ رَبُّكَ لِلْمَلَائِكَةِ إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً  
قَالُوا أَتَجْعَلُ فِيهَا مَنْ يُفْسِدُ فِيهَا وَيَسْفِكُ الدِّمَاءَ وَنَحْنُ  
نُسَبِّحُ بِحَمْدِكَ وَنُقَدِّسُ لَكَ قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

"Ingatlah ketika Tuhanmu berkata kepada malaikat:  
'Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah di  
muka bumi.' Mereka (Malaikat) bertanya: 'Mengapa Engkau  
hendak menjadikan di bumi itu makhluk yang membuat  
kerusakan dan menumpahkan darah, padahal kami senantiasa  
bertasbih dengan memuji-Mu dan mensucikan-Mu?'  
Allah berfirman: 'Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang  
tidak kamu ketahui.'"

[QS. Al-Baqarah (2:30)]

إِنِّي جَاعِلٌ فِي الْأَرْضِ خَلِيفَةً

"Sesungguhnya Aku hendak menjadikan seorang khalifah  
di muka bumi"

قَالَ إِنِّي أَعْلَمُ مَا لَا تَعْلَمُونَ

"Sesungguhnya Aku mengetahui apa yang tidak kamu ketahui "

*Kupersembahkan untuk:*

Almarhum Ibu dan Bapak

Istri dan Anak-Anak

Saudara Kandung dan Saudara Ipar

Keluarga Besar Bani Mat-Selam dan Bani Busyri Al-Aly

serta Almater tercinta Universitas Airlangga

*Bismillahirrahmanirrahim*

*Assalamualaikum wa Rahmatullahi wa Barakatuh*

Selamat Pagi dan Salam Sejahtera untuk kita semua

*Yang terhormat:*

Ketua dan Anggota Majelis Wali Amanat Universitas Airlangga

Rektor Universitas Airlangga,

Ketua dan Anggota Senat Akademik Universitas Airlangga,

Para Wakil Rektor Universitas Airlangga

Sekretaris Universitas Airlangga

Para Dekan dan Wakil Dekan Fakultas di Lingkungan Universitas Airlangga

Para Direktur dan Wakil Direktur Sekolah di Lingkungan Universitas Airlangga

Para Ketua dan Sekretaris Lembaga, Badan, dan Pusat di Lingkungan Universitas Airlangga

Para Guru Besar di Lingkungan Universitas Airlangga dan Guru Besar Tamu,

Kolega, Rekan, Keluarga, Undangan dan Hadirin yang saya muliakan

Alhamdulillah segala puji bagi Allah Subhanahu wa Ta'ala yang telah memberi karunia sangat besar kepada kita semua, sehingga kita bisa hadir pada Acara Sidang Universitas Airlangga dalam rangka Pengukuhan Guru Besar ini. Sholawat dan Salam, semoga senantiasa terlimpahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad Shallahu 'Alaihi wa Sallam, serta para sahabat dan semua pengikutnya hingga akhir zaman.

Jabatan Guru Besar merupakan jabatan tertinggi karir dosen. Saya telah diberi kesempatan oleh Allah untuk mengembannya. Semoga saya amanah dalam mengemban tanggung jawab yang besar ini.

*Hadirin yang saya hormati*

Perkenankanlah saya untuk menyampaikan Pidato Ilmiah pada Pengukuhan Guru Besar saya di bidang ilmu **Mikrobiologi Terapan**, dengan judul **Prospek agensia hayati *Bacillus* spp. sebagai bahan baku produk ramah lingkungan multifungsi**. Dalam narasi ini, saya ingin menyampaikan kepada para hadirin sekalian tentang kekayaan alam Indonesia yang dikenal sebagai negara megabiodiversitas makhluk hidup, termasuk mikroorganisme dari bakteri *Bacillus* spp. yang dapat dieksplorasi dari keanekaragaman ekosistem yang ada di Indonesia, dan hasil eksplorasi berpeluang besar untuk dikembangkan sebagai bahan baku produk ramah lingkungan multifungsi, dan pada akhirnya nanti dapat diproduksi sebagai produk inovasi multifungsi di Universitas Airlangga.

Ketertarikan saya di bidang **Mikrobiologi Terapan** ini, terutama pada aspek kajian peran bakteri *Bacillus* spp. pada pengembangannya sebagai bioinsektisida terhadap vektor penyakit Demam Berdarah Dengue (DBD). Ketertarikan ini, diawali pada saat saya sedang menempuh studi S2 Ilmu Kedokteran Dasar di Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta, pada tahun 1990-1993 di bawah bimbingan Prof. Sugeng Yuwono Mardihusodo, fokus pengendalian hayati vektor berbahan baku mikroba, di Laboratorium Entomologi Fakultas Kedokteran UGM. Pada waktu itu *Bacillus* spp. yang menjadi bahan penelitian saya, berasal dari *Vector Control Research Centre* (VCRC), Pondicherry, India. Kemudian pada tahun-tahun berikutnya kami berusaha melakukan eksplorasi dari ekosistem di Indonesia untuk mendapatkan isolat-isolat lokal yang dapat dikembangkan sebagai bahan baku bioinsektisida mikrobial dalam upaya mengatasi masalah DBD, melalui pengendalian hayati ramah lingkungan dengan bahan baku *Bacillus* spp. lokal asal Indonesia. Tahun 2000-2004 kami menemukan isolat yang potensial yang kami isolasi dari Taman Nasional Baluran (TNB), tetapi isolat tersebut hilang akibat pembersihan Laboratorium Mikrobiologi FMIPA-Universitas Airlangga yang dilakukan secara berkala, waktu itu belum ada alat yang memadai untuk menyimpan isolat. Pada tujuh tahun

terakhir kami mengulangi eksplorasi lagi dari TNB dan ditambah dari tempat-tempat perindukan nyamuk dan dari larva nyamuk *A. aegypti* di Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo. Isolat-isolat yang telah kami temukan tidak hanya berpotensi dikembangkan di pengendalian vektor DBD saja, namun *Bacillus* spp. yang kami temukan tersebut mempunyai prospek sebagai bahan baku untuk dikembangkan di berbagai bidang, baik di bidang kesehatan, pertanian, lingkungan, dan bahkan dapat berperan sebagai bahan baku di berbagai industri ramah lingkungan lainnya.

Apresiasi saya untuk mengkaji **Mikrobiologi Terapan** ini, didasarkan pada keyakinan saya bahwa Allah yang maha pencipta telah menyiapkan rahasia besar di alam semesta ini, khususnya di Indonesia untuk dapat digali, dikaji, dikelola, dan dimanfaatkan. "**Inni Jaailum fil ardlil kholiifah**". Sesungguhnya Allah menciptakan manusia di bumi ini adalah sebagai pengelola.

*Hadirin yang saya muliakan*

Saya awali pidato ilmiah saya ini dengan mengungkap fakta bahwa Indonesia mempunyai predikat sebagai negara megabiodiversitas makhluk hidup, termasuk biodiversitas mikroorganisme.

### **Megabiodiversitas bakteri *Bacillus* spp. di Indonesia**

Indonesia, dengan keragaman ekosistem yang luas dan keanekaragaman hayati yang sangat tinggi, menyimpan potensi megabiodiversitas mikroorganisme, termasuk di dalamnya kelompok bakteri dari genus *Bacillus*. *Bacillus* spp. adalah kelompok bakteri gram-positif yang memiliki banyak spesies dengan berbagai kemampuan bioteknologi, baik untuk pengendalian hama, patogen tanaman, lingkungan, maupun aplikasi dalam industri ramah lingkungan<sup>[1,2]</sup>. Keanekaragaman dan potensi *Bacillus* spp. hasil eksplorasi di Indonesia menawarkan peluang besar untuk aplikasinya di berbagai sektor.

*Bacillus* spp., dapat ditemukan di berbagai habitat, seperti tanah, air, tanaman, hewan, dan bahan organik lainnya. Beberapa

spesies *Bacillus* yang dapat ditemukan di antaranya adalah *B. thuringiensis*, *B. subtilis*, *B. amyloliquefaciens*, *B. sphaericus*, *B. mojavensis*, *B. velezensis*, *Lactobacillus lactis*, *Calidifontibacillus erzurumensis*, dan *Bacillus* spp. lainnya.

***B. thuringiensis*** (Bt) telah berhasil diisolasi dari tanah di Indonesia<sup>[3,4,5,6]</sup>, telah dikenal sebagai agen pengendali vektor, hama dan patogen tanaman. Spesies ini menghasilkan kristal protein toksik (*Cry*) yang efektif membunuh larva serangga, menjadikannya agen hayati untuk pengendalian hama dan vektor<sup>[7]</sup>, juga dilaporkan mempunyai efek sitotoksik terhadap sel kanker servik<sup>[8]</sup>. ***B. subtilis***, dikenal sebagai bakteri yang menguntungkan bagi proteksi tanaman karena kemampuannya menghasilkan senyawa antimikroba<sup>[9]</sup> dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen<sup>[10]</sup>. ***B. amyloliquefaciens***, memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim yang dapat digunakan dalam industri pangan, serta memiliki sifat antimikroba yang bermanfaat untuk pengendalian penyakit tanaman<sup>[11]</sup>. ***B. sphaericus***, dapat digunakan sebagai agen pengendali nyamuk karena menghasilkan toksin yang mematikan bagi larva nyamuk<sup>[12]</sup>. ***B. mojavensis***, ditemukan sebagai bakteri endofit dan dikenal sebagai bakteri yang menguntungkan bagi tanaman, karena kemampuannya menghasilkan senyawa antimikroba<sup>[9]</sup> dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen<sup>[13,14]</sup>. ***B. velezensis***, dikenal sebagai bakteri yang menguntungkan bagi tanaman karena kemampuannya menghasilkan senyawa antimikroba<sup>[9]</sup> dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen<sup>[15,16]</sup>. ***B. coagulans*** telah digunakan secara luas dalam industri obat-obatan, makanan, dan kimia<sup>[17]</sup>. ***Lactobacillus lactis*** merupakan bakteri yang berperan sebagai probiotik<sup>[18]</sup>. ***Calidifontibacillus erzurumensis*** merupakan spesies baru yang ditemukan di Turkey<sup>[19]</sup>, dan dapat memproduksi Levan, senyawa eksopolisakarida, yang memiliki aplikasi di sektor kesehatan dan makanan<sup>[20]</sup>. Spesies yang disebut di atas juga telah ditemukan dari eksplorasi tujuh tahun terakhir dan menjadi topik penelitian berkelanjutan dalam upaya membuktikan bahwa temuan *Bacillus* spp. tersebut dapat dikembangkan sebagai bahan baku ramah lingkungan multifungsi di Universitas Airlangga.

*Hadirin yang saya muliakan*

## **Bacillus spp. sebagai Bahan Baku Produk Ramah Lingkungan**

Produk ramah lingkungan (*Green Product*) mikrobial multifungsi, berbahan baku *Bacillus* spp. memiliki prospek sangat menjanjikan di berbagai bidang<sup>[21]</sup>, terutama dalam pengembangannya sebagai agensia biokontrol, pestisida, pupuk hayati, kualitas lingkungan,, dan industri ramah lingkungan lainnya<sup>[22]</sup>.

*Bacillus* spp. memiliki kemampuan sebagai agen pengendali hayati (**biocontrol**) untuk mengendalikan berbagai patogen tanaman, seperti jamur atau bakteri yang menyebabkan penyakit pada tanaman<sup>[23]</sup>. Beberapa spesies *Bacillus*, seperti *B. thuringiensis*, menghasilkan toksin yang dapat membunuh larva serangga dari ordo Diptera, Coleoptera, dan Hymenoptera, atau menghambat pertumbuhan patogen tanaman, sehingga mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia<sup>[24,25]</sup>. Hal ini penting dalam mendukung pengendalian vektor penyakit dan hama pertanian berkelanjutan dan bersifat lebih ramah lingkungan. *Bacillus* spp. juga dapat berperan sebagai pupuk hayati (**biofertilizer**) dengan kemampuan untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman<sup>[11]</sup>. Beberapa spesies *Bacillus* dapat menghasilkan senyawa untuk meningkatkan pembentukan akar atau memfasilitasi pengambilan nutrisi, seperti nitrogen dan fosfor. Selain itu, *Bacillus* spp. juga dapat meningkatkan ketahanan tanaman pada kondisi lingkungan yang buruk, seperti kekeringan dan salinitas tinggi<sup>[26]</sup>.

*Bacillus* spp. memiliki kemampuan untuk penguraian (**bioremediasi**) berbagai bahan organik, termasuk limbah pertanian, limbah industri, dan polutan lainnya. Oleh karena itu, produk berbahan baku *Bacillus* spp. dapat digunakan dalam pengelolaan limbah organik dan pemulihan lingkungan. Hal ini juga mendukung pengembangan teknologi bioremediasi untuk membersihkan kontaminasi pada lingkungan hidup<sup>[27]</sup>. *Bacillus* spp. dapat meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki

struktur tanah dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat. *Bacillus* spp. juga dapat mengurangi pembentukan senyawa toksik di tanah dan memperbaiki keseimbangan komunitas mikroba tanah, dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman menjadi lebih sehat<sup>[28]</sup>.

Sebagai produk mikroba yang tidak mengandung bahan kimia berbahaya, *Bacillus* spp. merupakan alternatif yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan produk-produk berbasis sintesis kimia. Dengan meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan masalah kesehatan yang disebabkan oleh penggunaan pestisida kimia, produk berbahan baku *Bacillus* spp. dapat menjadi solusi yang lebih aman dan ramah lingkungan dalam berbagai sektor<sup>[1]</sup>. *Bacillus* spp. juga memiliki potensi diaplikasikan di bidang industri, seperti industri makanan, obat-obatan, dan bioteknologi lainnya. Beberapa spesies *Bacillus* dapat menghasilkan enzim yang digunakan dalam proses industri, seperti pembuatan deterjen, pakan ternak, dan produksi biofuel<sup>[29]</sup>. *Bacillus* spp. mudah untuk dikultur dan diproduksi dalam skala besar, dengan biaya yang relatif rendah. Karena dapat tumbuh dengan cepat dalam media yang sederhana, ini menjadikannya bahan baku yang sangat efisien dan *cost-effective* untuk pengembangan produk mikrobial dalam skala industri<sup>[30]</sup>. Dengan kemajuan dalam teknologi formulasi dan pengemasan, produk berbahan baku *Bacillus* spp. dapat dikembangkan dalam berbagai bentuk, seperti suspensi cair, bubuk, atau pelet. Ini memungkinkan penerapan yang lebih luas, dari pertanian organik hingga penggunaan dalam rumah tangga atau industri.

Meskipun memiliki banyak potensi, pengembangan produk berbahan baku *Bacillus* spp. juga menghadapi beberapa tantangan, yang meliputi skalabilitas produksi, stabilitas produk, dan penerimaan pasar<sup>[31]</sup>. Meskipun *Bacillus* spp. mudah diproduksi, mengelola produksi dalam skala besar untuk pasar global memerlukan sistem yang efisien dan biaya yang terkendali. Produk berbahan baku *Bacillus* spp. harus stabil selama penyimpanan dan transportasi agar lebih efektif ketika digunakan. Meskipun ada

peningkatan kesadaran akan produk ramah lingkungan, adopsi teknologi baru memerlukan edukasi dan pengenalan pasar yang lebih luas, baik untuk praktisi pengendali vektor, petani, maupun konsumen lainnya.

Jadi, pengembangan produk ramah lingkungan mikrobial berbahan baku *Bacillus* spp. memiliki prospek yang cerah, mengingat potensinya sangat besar, baik di bidang kesehatan, pertanian, lingkungan, maupun industri. Dengan meningkatnya kesadaran akan keberlanjutan dan kebutuhan akan alternatif yang ramah lingkungan, produk berbahan baku *Bacillus* spp. dapat menjadi solusi yang sangat penting untuk masa depan.

### *Hadirin yang saya muliakan*

Berikutnya saya akan menjelaskan tentang potensi riset dan pengembangan serta tantangan pengembangan bahan baku *Bacillus* spp sebagai produk ramah lingkungan di Indonesia.

## **1. Potensi Riset dan Pengembangan di Indonesia**

Menggunakan keanekaragaman *Bacillus* spp. yang ada di Indonesia dapat membuka peluang besar untuk riset dan pengembangan. Beberapa area potensial untuk penelitian dan pengembangan *Bacillus* spp. antara lain dengan eksplorasi dan identifikasi untuk menemukan spesies baru. Indonesia yang memiliki beragam ekosistem tropis dapat menjadi sumber spesies *Bacillus* baru yang memiliki sifat unik dan spesifik pada berbagai ekosistem yang ada. Mengingat ketergantungan Indonesia terutama pada bidang kesehatan, pertanian, dan lingkungan, pengembangan agen hayati berbasis *Bacillus* spp. dapat menjadi solusi dalam mengurangi penggunaan pestisida kimia dan dapat meningkatkan pengendalian vektor dan hasil pertanian secara berkelanjutan. Potensi *Bacillus* spp. dalam bidang bioteknologi, baik untuk produksi enzim, biofertilizer, maupun bioremediasi polutan, juga membuka peluang untuk pengembangan produk baru yang dapat mendukung keberlanjutan industri.

## 2. Tantangan Pengembangan di Indonesia

Walaupun memiliki potensi besar, pengembangan *Bacillus* spp. di Indonesia masih menghadapi beberapa tantangan. Meskipun ada penelitian tentang *Bacillus* spp. di Indonesia, masih banyak area yang belum dieksplorasi secara maksimal. Keterbatasan dana dan infrastruktur riset juga menjadi tantangan dalam pengembangan produk berbasis *Bacillus* spp. ini. Meskipun agen hayati seperti *Bacillus* spp. sangat menjanjikan, penerapannya di lapangan memerlukan penyuluhan dan meyakinkan kepada pengguna mengenai cara penggunaan dan manfaatnya. Penyuluhan yang kurang, dapat menghambat adopsi dari teknologi ini. Proses registrasi dan standarisasi produk berbasis *Bacillus* spp. di Indonesia masih perlu ditingkatkan agar dapat lebih diterima dan dimanfaatkan oleh para pengguna.

Jadi, *Bacillus* spp. memiliki potensi multifungsi sebagai bahan baku *green product*. Dengan megabiodiversitas yang dimiliki Indonesia, ada banyak peluang untuk mengeksplorasi *Bacillus* spp. baru yang dapat dioptimalkan untuk berbagai aplikasi. Namun, untuk memaksimalkan potensi ini, diperlukan upaya lebih sistematis dalam riset dan pengembangan sampai dengan penggunaannya di masyarakat.

### *Hadirin yang saya muliakan*

Bahan baku *Bacillus* spp. dapat diperoleh di ekosistem kawasan Indonesia dengan cara eksplorasi, karakterisasi, uji potensi skala laboratorium, uji potensi skala kecil sampai dengan penerapannya di lapangan.

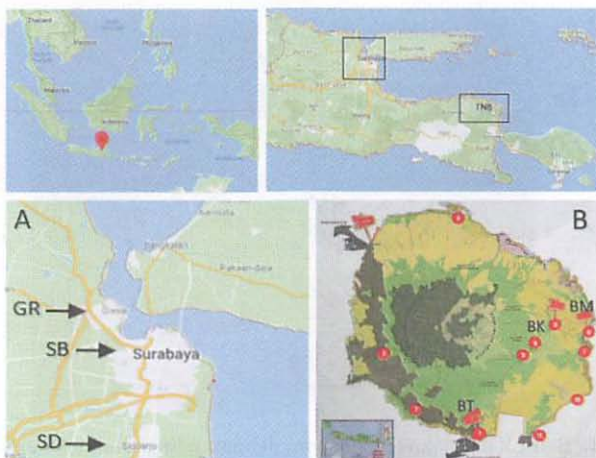
### **Eksplorasi, karakterisasi, uji potensi skala laboratorium, uji potensi skala kecil di lapangan,**

Eksplorasi, karakterisasi, uji potensi skala laboratorium, uji potensi skala kecil di lapangan, diperlukan sebelum bahan baku ramah lingkungan berbasis *Bacillus* spp. diterapkan di lapangan. Tahapan ini sangat penting dilakukan dalam rangka pengembangan produk atau teknologi inovatif yang lebih ramah

lingkungan, terutama dalam konteks aplikasi bioteknologi multifungsi.

**Eksplorasi** bertujuan untuk menemukan spesies atau strain *Bacillus* spp. yang memiliki potensi untuk digunakan dalam berbagai aplikasi. Eksplorasi diawali dengan pengambilan sampel dari berbagai sumber lingkungan seperti dari tanah, air, kompos, limbah organik, atau bahan alami lainnya. Kemudian diteruskan untuk isolasi dan identifikasi *Bacillus* spp. yang potensial. Metode isolasi bisa menggunakan teknik kultur dengan media selektif dan atau identifikasi molekuler, misalnya PCR dan *sequencing* (sekuesnsi) gen.

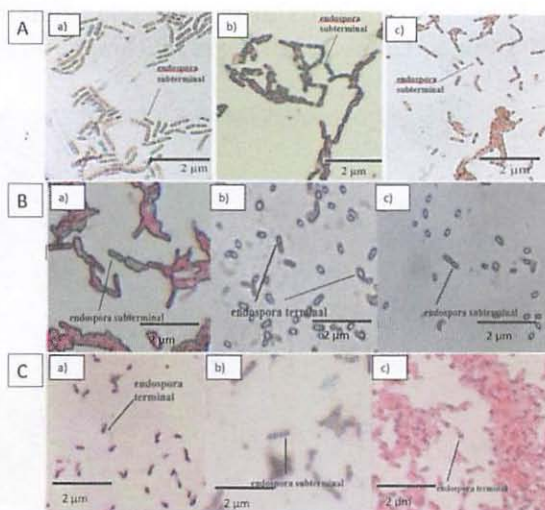
Eksplorasi yang telah dilakukan di tiga lokasi sampling di Surabaya, Gresik dan Sidoarjo, telah diambil masing-masing 30 sampel dari endapan TPA perindukan nyamuk *A. aegypti* dan 30 sampel dari larva *A. aegypti* (Gambar 1A)<sup>[32]</sup>. Sampel dari tanah alamiah di Taman Nasional Baluran, juga telah diambil sampel sebanyak 30 sampel (Gambar 1B). Dari 90 sampel tersebut telah



**Gambar 1.** Lokasi sampling eksplorasi *Bacillus* spp. di Tempat Penampung Air (TPA) dan Larva *Aedes aegypti* (A) di Surabaya (SB), Gresik (GR) dan Sidoarjo (SD). Lokasi sampling di tanah alamiah di area Batangan (BT), Bekol (BK), dan Bama (BM) di Taman Nasional Baluran (TNB/B). (Sumber: A = Salamun et al., 2023b<sup>[32]</sup>; B = Foto Pribadi dari Gambar di Kantor Taman Nasional Baluran).

diperoleh isolat-isolat *Bacillus* spp. yang potensial sebagai bahan baku produk ramah lingkungan<sup>[33]</sup>, dan isolat yang potensinya sangat tinggi diteruskan untuk di karakterisasi fenotipik (biologis dan fisiologis) dan genotipik (genomik dan proteomik).

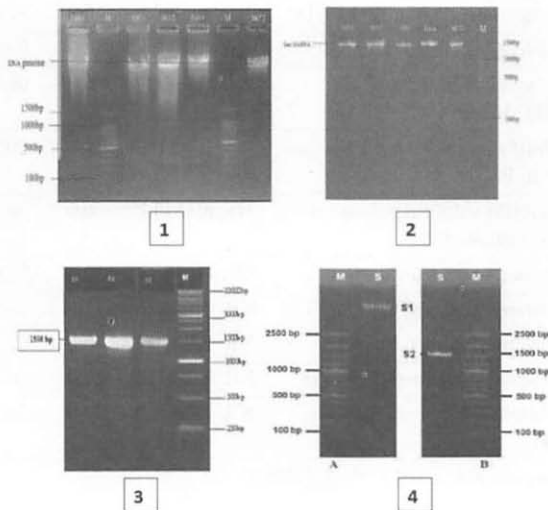
**Karakterisasi** bertujuan untuk menilai sifat biologis dan fisiologis dari strain *Bacillus* spp. hasil isolasi, untuk memahami aktivitasnya dan potensi aplikasinya. Metode dengan cara pengujian aktivitas enzimatik, misalnya enzim protease, lipase, dan selulase, untuk mengetahui aplikasinya dalam pengolahan limbah organik atau pertanian. Uji ketahanan terhadap faktor lingkungan ekstrim, seperti suhu, pH, atau salinitas, yang berpengaruh pada efektivitasnya di lapangan. Uji terhadap patogen atau mikroorganisme pengganggu untuk memastikan strain tersebut aman digunakan. Pada Gambar 2 adalah hasil karakterisasi



**Gambar 2.** Bentuk dan lokasi endospora dengan pewarnaan spora dari 9 isolat bakteri paling potensial entomopatogen *Bacillus* spp. yang diisolasi dari tanah alamiah di Taman Nasional Baluran. Keterangan: Aa) = Isolat BK5.2, Ab) = BK7.1 dan Ac) = BK7.2. Isolat dari tanah endapan TPA tempat perindukan *Aedes aegypti*. Ba) = EG6.4, Bb) = ES4.3 dan Bc) = ES7.3. Isolat dari larva *Aedes aegypti*. Ca) = LSD4.2, Cb) = LS9.1 dan Cc) = LS3.3. (Perbesaran=1000x) (Sumber: Salamun *et al.*, 2018<sup>[6]</sup>; Salamun *et al.*, 2020a<sup>[33]</sup>; 2020b<sup>[34]</sup>)

fenotipik sembilan isolat *Bacillus* spp. paling potensial hasil eksplorasi dari lapangan<sup>[33,34]</sup>.

Karakterisasi genomik dan proteomik *Bacillus* spp. merujuk pada penggunaan teknik-teknik molekuler untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasikan bakteri berdasarkan informasi genetiknya. Pendekatan ini sangat penting karena memberikan pemahaman yang lebih mendalam tentang spesies *Bacillus* spp., memungkinkan identifikasi spesies dan hasil metabolitnya yang lebih akurat, serta memberikan gambaran tentang potensi bioteknologi dan aplikasinya<sup>[35,36,37]</sup>. Gambar 3 adalah hasil elektroforesis DNA genom isolat-isolat *Bacillus* spp. divisualisasi di bawah sinar UV dan Tabel 1 hasil *sequencing* dan dilakukan analisis *Basic Local Alignment Search Tools* (BLAST) gen 16S rRNA di Genbank (genomik), sehingga menghasilkan nama spesies dari isolat-isolat



**Gambar 3.** Hasil elektroforesis DNA genom (1) dan gen 16S rRNA (2) *B. spp* isolat BK7.2, LS9.1, BK5.2, ES7.3, EG6.4, isolat LSD4.2 (S1), LS3.3 (S2), LS9.1 (S3), dan DNA genom (4.A) dan gen 16S sRNA (4.B) isolat BK7.1, untuk identifikasi nama spesies dari isolat potensial untuk dikembangkan sebagai bahan baku produk ramah lingkungan (Keterangan: M = Marker; S = Sampel Isolat). (Sumber: Salamun, 2023 (1 dan 2)<sup>[38]</sup>; Salamun *et al.*, 2023b (3)<sup>[32]</sup>; Salamun *et al.*, 2023c (4)<sup>[39]</sup>)

**Tabel 1.** Hasil analisis *Basic Local Alignment Search Tools* (BLAST) gen 16S rRNA isolat-isolat *Bacillus* spp. potensial yang telah berhasil diisolasi dari berbagai ekosistem.

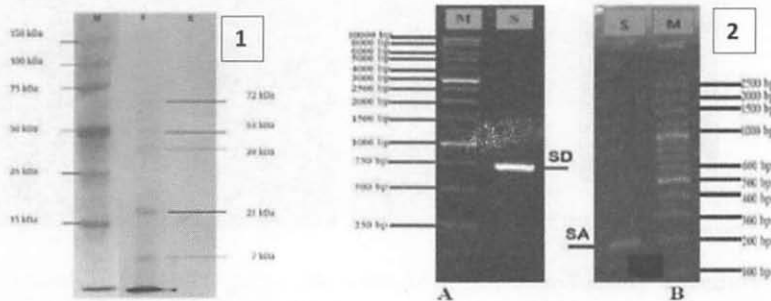
<b>Kode Isolat</b>	<b>Nama Spesies</b>	<b>Accession</b>	<b>E value</b>	<b>%ID</b>	<b>Query Cover</b>
BK7.1	<i>B. subtilis</i> subsp. <i>inaquosorum</i> strain BGSC 3A28	NR_104873.1	0.0	98.68	99%
	<i>B. subtilis</i> strain DSM 10	NR_027552.1	0.0	98.61	99%
BK7.2	<i>B. subtilis</i> subs. <i>inaquosorum</i> strain BGSC 3A28	NR 104873.1	0.0	100	100%
	<i>B. subtilis</i> strain JCM 1465	NR 113265.1	0.0	99.93	100%
BK5.2	<i>B. thuringiensis</i> strain B16	KX977387.1	0.0	100	99%
	<i>B. thuringiensis</i> strain IARI-UPS 6	KT441072.1	0.0	100	99%
EG6.4	<i>B. mojavensis</i> strain NBRC 15718	NR 112725.1	0.0	97.89	100%
	<i>B. mojavensis</i> strain IFO 15718	NR 024693.1	0.0	97.89	100%
ES7.3	<i>B. velezensis</i> strain CBMB205	NR 116240.1	0.0	99.31	100%
	<i>B. amyloliquefaciens</i> strain NBRC 15535	NR 112685.1	0.0	99.30	99%
ES9.1	<i>Calidifontibacillus erzurumensis</i> strain P2	NR_180225.1	00	99,78	99%
LS9.1	<i>B. subtilis</i> subs. <i>inaquosorum</i> strain BGSC 3A28	NR 104873.1	0.0	99.93	100%
	<i>B. subtilis</i> strain JCM 1465	NR 113265.1	0.0	99.86	100%
LSD4.2	<i>B. velezensis</i> strain CBMB205	NR_075005.2	0.0	99.16	99%
	<i>B. velezensis</i> strain FZB42	NR_116240.1	0.0	99.02	99%
LS3.3	<i>B. mojavensis</i> strain IFO15718	NR_024693.1	0.0	98.22	99%
	<i>B. halotolerans</i> strain LMG 22477	NR_115931.1	0.0	98.11	99%

(Sumber: Salamun *et al.*, 2019<sup>[40]</sup>; 2021b<sup>[41]</sup>)

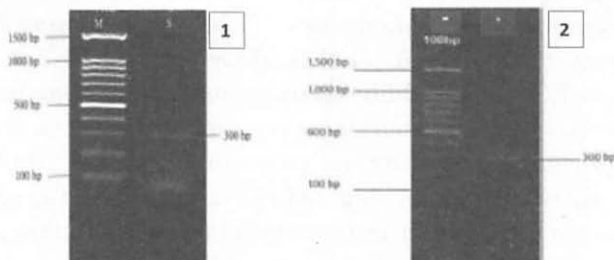
yang telah ditemukan. Pada Gambar 4, 5, dan 6, serta Tabel 2 dan 3 adalah hasil karakterisasi proteomik dari *Bacillus* spp. yang telah ditemukan.

Hasil analisis BLAST gen 16S rRNA menunjukkan bahwa isolat *Bacillus* sp. BK7.1, BK7.2 dan BK5.2 yang telah diisolasi

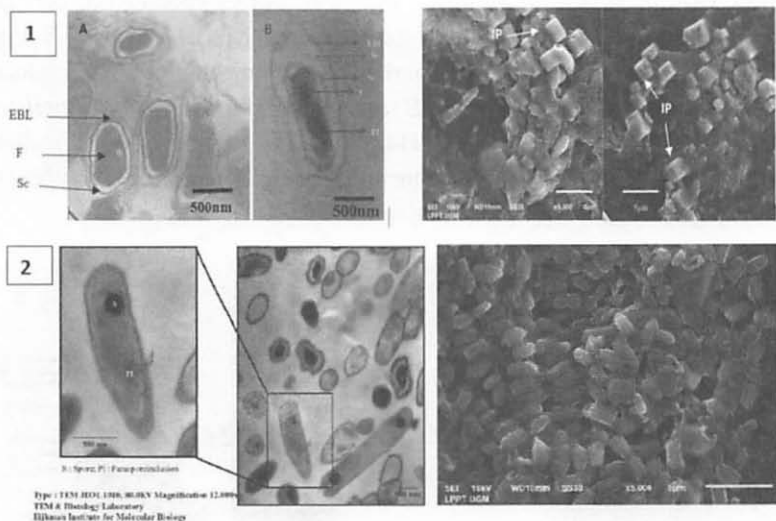
dari Taman Nasional Baluran ini merupakan spesies bakteri *B. subtilis* dan *B. thuringiensis*. Isolat *Bacillus* sp. EG6.4, ES7.3 dan ES9.1 yang diisolasi dari endapan TPA, masing-masing merupakan spesies bakteri *B. mojavensis*, *B. velezensis*, dan *Calidifontibacillus erzurumensis*. Isolat LS9.1, LSD4.2, dan LS3.3 yang telah diisolasi dari larva nyamuk *A. aegypti* merupakan spesies bakteri *B. subtilis*, *B. velezensis*, dan *B. mojavensis*.



**Gambar 4.** Hasil visualisasi protein inklusi paraspora (1) dari *B. subtilis* strain LS9.1 (metode SDSPAGE) dan hasil elektroforesis amplifikasi gen penyandi protein (2) dari *B. subtilis* BK7.1 (PCR). Keterangan: (1) M=Penanda protein 15-159 kDa; S=Sampel protein 7-72 kDa K=Kontrol. (2) A=Gen surfaktin srtAD; B=Gen surfaktin srfAA; M=Penanda DNA 100 bp; SA=Sampel gen surfaktin srfAA 201 bp; SD=sampel gen surfaktin srfAD 729 bp. (Salamun *et al.*, 2022a<sup>[42]</sup>; 2023c<sup>[39]</sup>; 2024<sup>[43]</sup>)



**Gambar 5.** Hasil elektroforesis amplifikasi gen Cry (1) dari *B. thuringiensis* BK5.2 dan hasil elektroforesis amplifikasi gen Cry (2) dari *B. subtilis* LS9.1 (PCR). Keterangan: M=Penanda DNA 100 bp; SA=Sampel, pita pada 300 bp. (Salamun *et al.*, 2021a<sup>[44]</sup>; 2024<sup>[43]</sup>)



**Gambar 6.** Hasil *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) entomopatogen *B. thuringiensis* BK5.2 (1). Keterangan: **1A**= Irisan melintang, **1B**=Irisan memanjang, EBL=Exosporium Basal Layer, IS=Interspace, Sc=Spore coat, F=Forespore, PI/IP=Inklusi Paraspora. Hasil TEM dan SEM entomopatogen *B. mojavenensis* EG6.4 (2). Keterangan: S=Forespore, PI=Parasporal Inclusion. (Salamun *et al*, 2019<sup>[40]</sup>, 2020c<sup>[45]</sup>, 2021a<sup>[44]</sup>)

Mekanisme kerja bahan baku *Bacillus* spp. dideteksi melalui metabolit (bahan bioaktif) yang dihasilkan oleh bakteri. Hasil *Transmission Electron Microscopy* (TEM) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) isolat lokal *B. thuringiensis* BK5.2. dan *B. mojavenensis* EG6.4 dapat dilihat pada gambar 6. Pada Gambar 6.1, *B. thuringiensis* BK5.2 selama siklus pertumbuhannya menghasilkan endospora dan toksin inklusi paraspora<sup>[40,45]</sup>. Ada hubungan antara aktivitas toksin dan bentuk kristal toksin, sehingga pengamatan ultra struktur dapat memberikan petunjuk penting. *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* memiliki variasi bentuk inklusi paraspora protein *Cry* yang diekspresikan dan mengandung gen pengkode protein insektisida spesifik untuk serangga ordo Diptera, yaitu *Cry4A*, *Cry4B*, *Cry11*, *P19*, *P20*, *Cyt1A* dan *Cyt2*<sup>[46]</sup>.

*Bacillus* sp. EG6.4 adalah *B. mojavensis* dan menghasilkan inklusi paraspora bentuk masif. Hasil bioassay menunjukkan toksisitas yang tinggi terhadap larva *A. aegypti*. *B. mojavensis* EG6.4 menunjukkan aktivitas hemolitik dan ditemukan gen *srfA-D* pengkode surfaktin, yang menunjukkan potensinya untuk menghasilkan bahan aktif biosurfaktan. Sehingga *B. mojavensis* EG6.4 dapat dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati untuk vektor penyakit dan hama tanaman serta penyakit tanaman<sup>[47]</sup>.

**Tabel 2.** Hasil karakterisasi genomik, melalui analisis *Basic Local Alignment Search Tools* (BLAST) gen *Cry* isolat *B. thuringiensis* BK5.2

No.	Nama Spesies	Accession	E value	%ID	Query Cover
1	<i>B. thuringiensis</i> strain BT62	CP044978.1	0.0	99.12	100%
2	<i>B. thuringiensis</i> strain c25	CP022345.1	0.0	99.12	100%
3	<i>B. thuringiensis</i> strain GA-A07	CP042270.1	0.0	98.68	100%

Keterangan: *B. thuringiensis* BK5.2 terdeteksi mengkode gen penyandi toksin *Cry* (Sumber: Salamun *et al.*, 2019<sup>[40]</sup>)

**Tabel 3.** Hasil karakterisasi proteomik, melalui analisis *Basic Local Alignment Search Tools* (BLAST) *Surfactin non-ribosomal peptide synthetase srfAA* dan *Surfactin biosynthesis thioesterase SrfAD* dari isolat *B. subtilis* BK 7.1

No.	Nama Spesies	Accession	E value	%ID	Query Cover
1	Surfactin non-ribosomal peptide synthetase <i>srfAA</i>	WP_060397903.1	9e-34	91.04	100%
2	Surfactin biosynthesis thioesterase <i>SrfAD</i>	WP_075750164.1	5e-178	99.17	99%

Keterangan: *B. subtilis* BK7.1 terdeteksi mengkode gen penyandi bahan aktif biosurfaktan (surfaktin) *srfAA* dan *srfAD* (Sumber: Salamun *et al.*, 2022a<sup>[42]</sup>)

**Uji Potensi Skala Laboratorium** bertujuan untuk mengevaluasi potensi strain *Bacillus* spp. dalam kondisi terkontrol di laboratorium sebelum diaplikasikan lebih lanjut. Pengujian skala kecil dalam medium kultur untuk mempelajari laju pertumbuhan,

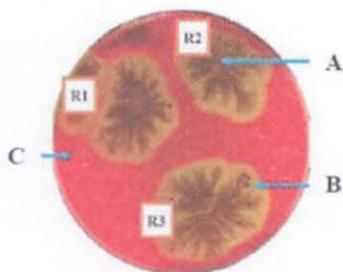
produksi metabolit, atau aktivitas enzim. Uji efektivitas dalam pengendalian patogen atau peningkatan kualitas tanah, tanaman, atau dekomposisi limbah organik. Optimasi kondisi kultur, misalnya, suhu, pH, konsentrasi nutrisi, untuk meningkatkan produksi bahan aktif. Gambar 7, 8, 9, dan 10 adalah hasil uji potensi *Bacillus* spp. skala laboratorium.

Uji aktivitas hemolitik *Bacillus* sp. BK7.2, LS9.1 dan EG6.4 pada media *Blood Agar* dengan metode totol dan streak menunjukkan hasil positif hemolitik, membuktikan bahwa isolat-isolat tersebut memproduksi bahan aktif biosurfaktan (Gambar 7.1). Hasil penelitian menunjukkan bahwa, *B. subtilis* BK7.1 memiliki kemiripan 98,68% dengan *B. subtilis* subsp. *inaquosorum* strain BGSC 3A28. Hasil skrining aktivitas biosurfaktan menunjukkan aktivitas hemolitik positif (Gambar 7.2), dan ditunjukkan dengan penurunan tegangan permukaan, dan peningkatan aktivitas emulsifikasi (Gambar 7.3). Terdeteksi adanya gen *srfAA* dan *srfAD* yang mengkode surfaktin yang memiliki kapasitas untuk produksi biosurfaktan pada berbagai substrat glukosa, gliserol, dan molase. Sehingga *B. subtilis* BK7.1 menghasilkan biosurfaktan yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati yang ramah lingkungan untuk biopestisida di bidang pertanian, pengendalian vektor di bidang kesehatan, dan bioremediasi limbah di lingkungan, serta berbagai bahan baku industri<sup>[39]</sup>.

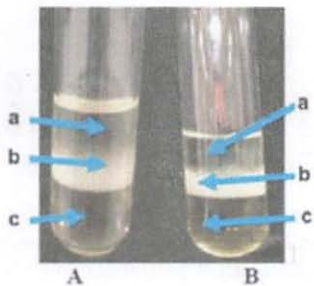
Hasil uji coba pada patogen tanaman, menunjukkan bahwa, ada perbedaan pengaruh yang signifikan antara isolat BK7.1, EG6.4, LSD42, C+, dan C- terhadap penghambatan pertumbuhan jamur patogen *F. oxysporum* (Gambar 8.2). Penggunaan konsorsium biopestisida dari anggota genus *Bacillus* spp. dapat menjadi salah satu solusi pengendalian bakteri patogen tanaman, khususnya *X. campestris*. (Gambar 8.1). Hasil penelitian Nurhariyati *et al.* (2024) menunjukkan bahwa kombinasi isolat BK7.1+EG6.4+LSD4.2 memberikan penghambatan paling efektif terhadap pertumbuhan *X. campestris* yang ditunjukkan dengan luas pertumbuhan paling rendah<sup>[50]</sup>. Kombinasi terbaik dalam menghambat pertumbuhan *X. campestris* adalah konsorsium BK7.1+EG6.4+LSD4.2 kandidat formula **BIOME**<sup>CONS</sup><sub>2</sub>. Temuan ini menunjukkan potensi



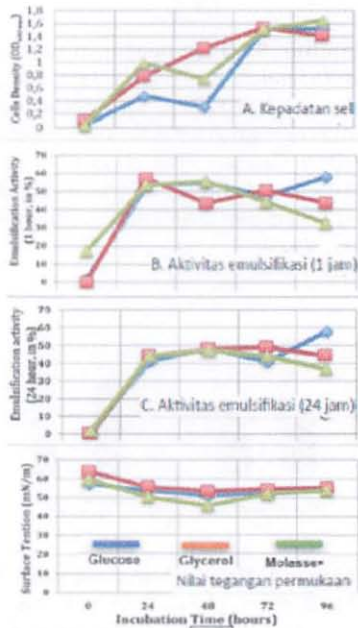
1



2

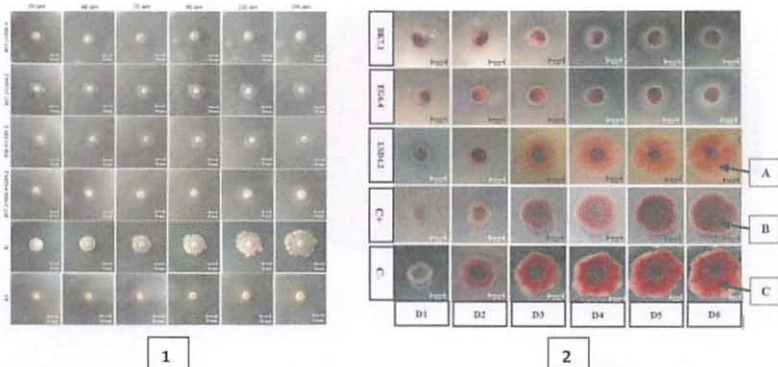


3

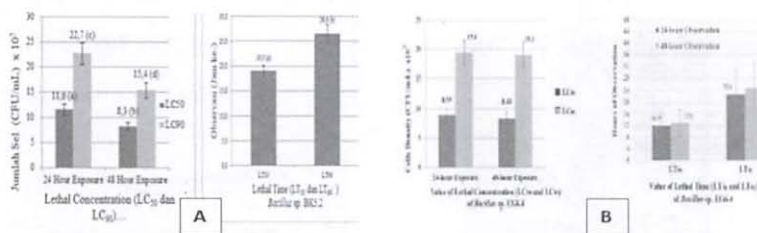


4

**Gambar 7.** Aktivitas hemolitik isolat *Bacillus* sp. BK7.2 (1A), LS9.1 (1B), dan EG6.4 (1C) pada media *blood agar*. Keterangan: uji menggunakan totol; R=Replikasi; a=Koloni; b=Zona bening (hemolisis  $\beta$ ) (Salamun *et al.*, 2020c)<sup>[45]</sup> dan hasil skrining aktifitas hemolituik (2, A=Koloni; B= Zona bening; C=Media, Emulsifikasi (3, A=1 jam; B=24 jam; a=kerosen; b=emulsi; c=isolate), dan Produksi Biosurfaktan (4) *B. subtilis* BK7.1 pada substrat Glukosa, Gliserol, dan Mo;ase (Sumber: Salamun *et al.*, 2023c)<sup>[39]</sup>)



**Gambar 8.** Hasil pengamatan uji aktivitas pertumbuhan bakteri patogen *Xanthomonas campestris* dari setiap kombinasi isolat kandidat konsorsium formula **BIOME**<sup>CONS</sup><sub>2</sub> serta perlakuan kontrol pada waktu inkubasi yang berbeda dan fungi patogen *Fusarium oxysporum* dari isolate tunggal BK7.1, EG6.4, dan LSD4.2. Catatan: Kontrol positif (C+); Kontrol negatif (C-); Inkubasi (D1=1, D2=2, D3=3, D4=4, D5=5, D6=6); A=pigmen miselium LSD4.2; B=pigmen miselium C+; C=pigmen miselium C-. (Sumber: Foto pribadi Salamun 2024, Nurhariyati *et al.*, 2024<sup>[50]</sup>)



**Gambar 9.** Hasil uji hayati toksisitas, LC<sub>50</sub> dan LC<sub>90</sub> serta LT<sub>50</sub> dan LT<sub>90</sub> dari isolat lokal *B. thuringiensis* BK5.2 (A) dan *B. thuringiensis* EG6.4 (B) dalam membunuh larva nyamuk *A. aegypti*. (Sumber: Salamun *et al.*, 2021a<sup>[44]</sup>, 2022b<sup>[47]</sup>)

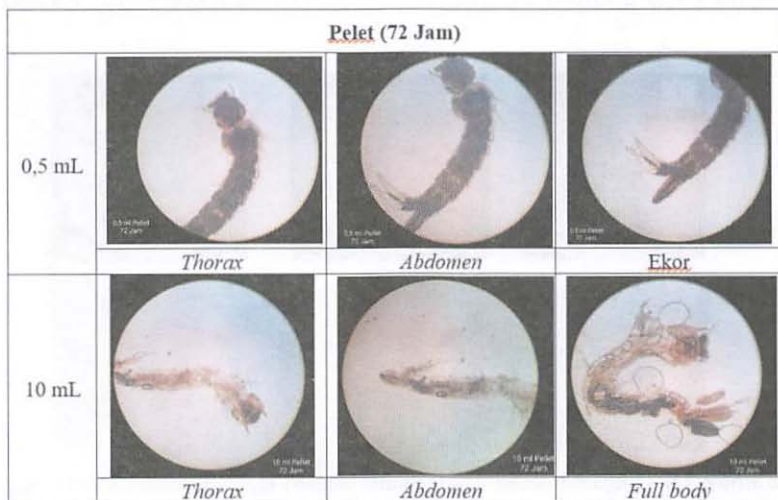
konsorsium kandidat formula **BIOME**<sup>CONS</sup><sub>2</sub> dengan perbandingan 1:1:1, sebagai agen pengendali hayati terhadap bakteri dan fungi patogen dalam bidang pertanian.

Data hasil uji hayati toksisitas isolat lokal *Bacillus* spp. dalam membunuh larva nyamuk *A. aegypti* disajikan pada Gambar 9. Kematian larva *A. aegypti* yang disebabkan oleh

bakteri *B. thuringiensis* BK5.2 (Gambar 9A) dan *B. mojavensis* EG6.4 (Gambar 9B), menunjukkan bahwa kedua isolat tersebut berpotensi membunuh larva *A. aegypti*. Berdasarkan persentase mortalitas larva *A. aegypti*, isolat *B. thuringiensis* BK5.2 dan *B. mojavensis* EG6.4 termasuk dalam kategori memiliki potensi toksisitas yang tinggi<sup>[44,47]</sup>.

Pengaruh sediaan pellet kandidat formula **Bac-TITD<sup>FORM</sup>** bahan baku isolat lokal *B. thuringiensis* BK5.2 terhadap kerusakan tubuh larva *A. aegypti*, dapat dilihat pada gambar 10. Ciri-ciri larva yang terinfeksi, tubuh berwarna kehitaman dan mengalami paralisis di daerah abdomen dan thorax. Indikasi lainnya dapat dilihat dari aktivitas makan larva yang menurun bahkan dapat berhenti sehingga larva menjadi lemah<sup>[48]</sup>. Tingkat instar larva berpengaruh pada sensitivitas larva *A. aegypti* terhadap toksin yang dihasilkan bakteri *B. thuringiensis*<sup>[49]</sup>.

Untuk memastikan bahwa bakteri ini selektif terhadap larva serangga tertentu tanpa membahayakan komunitas di

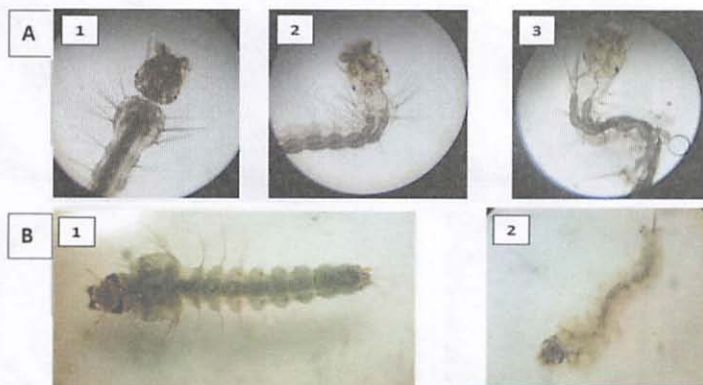


**Gambar 10.** Pengaruh sediaan pellet kandidat formula **Bac-TITD<sup>FORM</sup>** berbahan baku isolat lokal *B. thuringiensis* BK5.2 terhadap kerusakan tubuh larva *Aedes aegypti* (Sumber: Salamun *et al.*, 2024<sup>[50]</sup>)

ekosistem lainnya, diperlukan uji toksisitas *Bacillus* spp. terhadap organisme non-target di lingkungan, misalnya, serangga lainnya atau organisme lain yang ada di tanah atau air. Hal ini penting untuk memastikan bahwa penggunaan *Bacillus* spp. sebagai biolarvasida tidak akan merusak keseimbangan ekosistem.

**Uji Potensi Skala Kecil di Lapangan** bertujuan untuk menguji aplikasi strain *Bacillus* spp. dalam kondisi nyata, namun dalam skala kecil, seperti di kebun percobaan atau di area terbatas. Pengujian strain pada tanaman, tanah, atau lingkungan yang relevan untuk memantau hasil atau efektivitasnya, misalnya, peningkatan hasil tanaman, pengendalian hama, atau restorasi tanah. Evaluasi terhadap dampak ekologis dan interaksi strain dengan mikroorganisme atau spesies lain di lapangan. Gambar 11 dan 12, adalah hasil uji potensi *Bacillus* spp. skala kecil di lapangan.

Pengaruh kandidat formula **Bac-SITD<sup>FORM</sup>** bahan baku isolat lokal *B. subtilis* BK7.1 terhadap kerusakan tubuh larva *A. aegypti* dan *Anopheles vagus* yang di koleksi dari lapangan, dapat dilihat pada gambar 11. Kerusakan organ larva tersebut terjadi



**Gambar 11.** Pengaruh kandidat formula **Bac-SITD<sup>FORM</sup>** bahan baku isolat lokal *B. subtilis* BK7.1 terhadap kerusakan tubuh larva *Aedes aegypti* (A) dan *Anopheles vagus* (B) dikoleksi dari lapangan. Keterangan A1 = Kontrol Negatif, A2 = Terpapar **Bac-SITD<sup>FORM</sup>**, Terpapar **Bactivec<sup>R</sup>** / Kontrol Positif (Sumber: Salamun, *et al.*, 2024a<sup>[51]</sup>).

akibat pengaruh fraksi pellet. Pelet hasil sentrifugasi berisi sel-sel murni bentuk endospora dari *B. subtilis* BK7.1 kandidat formula **Bac-SITD**<sup>FORM</sup>. Jika sel-sel tersebut dimakan oleh larva, maka sel endospora akan pecah dan mengeluarkan toksin inklusi paraspora atau enzim-enzim pelarut (Khitinase, Protease, atau Lipase) yang berada di dinding sel endospore, dan menyebabkan kerusakan pada organ abdomen dan thorax larva dan menyebabkan kematian larva.



**Gambar 12.** Uji coba lapangan skala kecil kandidat konsorsium formula **BIOME**<sup>CONS-1</sup> pada tanaman Cabe Rawit (*Capsicum frutescens*). Keterangan: PM2=Panen Minggu Ke-2; PM4= Panen Minggu Ke-4. (Foto pribadi: Salamun, 2024).

Uji coba lapangan skala kecil kandidat konsorsium formula **BIOME**<sup>CONS-1</sup> pada tanaman Cabe Rawit (*Capsicum frutescens*), dapat dilihat pada gambar 12. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kandidat formula **BIOME**<sup>CONS-1</sup> berbahan baku *B. subtilis* BK7.1, *B. mojavensis* EG6.4, dan *B. velezensis* LSD4.3 yang diaplikasikan terhadap tanaman Cabe Rawit (*Capsicum frutescens*), menunjukkan hasil pertumbuhan dan produktifitasnya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kontrol negatif maupun positif. Dari hasil pelacakan pustaka pengaruh *Bacillus* spp. tersebut, baik isolat

tunggal maupun konsorsium akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman dan hasil panen. Dukungan teoritis peran *Bacillus* spp. tersebut disajikan pada tabel 4 berikut.

**Tabel 4.** Pengaruh *Bacillus* spp. isolat unggul terhadap pertumbuhan tanaman, hasil panen, dan serapan hara dengan berbagai jenis tanaman.

<b>Spesies</b>	<b>Dampak pada Tanaman Target</b>	<b>Referensi</b>
<b><i>Bacillus</i> spp.</b>		
<i>Bacillus thuringiensis</i>	Biopestisida ramah lingkungan, terus dikembangkan, aplikasi tanaman di lapangan	Ragasruthi <i>et al.</i> , 2024 <sup>[52]</sup>
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Cell factory</i> untuk produksi bahan baku asal mikroba, enzim, dan bahan antimikroba untuk industri, pertanian, dan kedokteran	Su <i>et al.</i> , 2020 <sup>[30]</sup>
	Bertindak sebagai PGPR ( <i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i> ), Pupuk hayati, Biopestisida, <i>Bioalleviator</i> stres abiotik	Sagar <i>et al.</i> , 2021 <sup>[53]</sup>
<i>Bacillus mojavensis</i>	Antifungi, Produksi enzim, Toleransi kekeringan dan salinitas	Diabankana <i>et al.</i> , 2021 <sup>[54]</sup>
<i>Bacillus velezensis</i>	Antimikroba, Peningkatan pertumbuhan, Induksi resistensi penyakit tanaman	Rabbee <i>et al.</i> , 2023 <sup>[55]</sup>

Jadi, melalui uji potensi *Bacillus* spp. sebagai biofertilizer dan biopestisida, kita dapat menemukan solusi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. *Bacillus* spp. memiliki potensi besar sebagai alternatif pengganti pupuk dan pestisida kimia. Penggunaan biofertilizer dapat membantu menjaga keseimbangan ekosistem tanaman, seperti stress salinitas, toleransi kekeringan, fiksasi hara tanah, dan penghasil berbagai hormon yang diperlukan tanaman. Penggunaan biopestisida sebagai agen pengendali hayati hama dan penyakit tanaman.

*Hadirin yang saya muliakan*

**Penerapan di lapangan** bertujuan untuk menerapkan teknologi atau produk inovasi berbasis *Bacillus* spp. pada skala besar dan dalam kondisi lingkungan yang lebih luas. Metode yang digunakan adalah implementasi dalam praktik pertanian,

seperti penggunaan sebagai biopestisida atau biofertilizer untuk meningkatkan hasil atau kesehatan tanaman. Penggunaan dalam aplikasi bioremediasi untuk pembersihan tanah atau air yang terkontaminasi oleh bahan berbahaya. Pemantauan jangka panjang untuk memastikan keberlanjutan dan dampak positif pada lingkungan, serta evaluasi terhadap biaya dan manfaatnya. Namun sebelum sampai pada tahap penerapan di lapangan, perlu proses hilirisasi dari produk inovasi ini.

Tahap akhir yang paling penting, setelah tahap-tahap yang telah dilakukan di atas, adalah tahap hilirisasi bahan baku menjadi produk inovasi sampai dengan menjadi produk industri.

## **Hilirisasi Menjadi Produk Industri**

Hilirisasi produk inovasi berbahan baku *Bacillus* spp. menjadi produk industri melibatkan beberapa langkah teknis dan strategis untuk memanfaatkan potensi mikroba ini dalam proses produksi skala besar. *Bacillus* spp. merupakan bakteri yang memiliki berbagai kemampuan biologis multifungsi yang dapat diterapkan dalam industri kimia, pangan, farmasi, pertanian, energi, dan lingkungan. Berikut adalah beberapa contoh hilirisasi produk inovasi berbahan baku *Bacillus* spp. yang telah dan sedang dikembangkan atau berpotensi untuk dikembangkan menjadi produk industri, seperti industri enzim, biopestisida, probiotik, bioremediasi, biofuel dan energi terbarukan, antibiotik/ antimikroba, serta pengawet alami dan kosmetik<sup>[2,21,22,27,56,57,58,29,59]</sup>. Berikut adalah prospek bahan baku *Bacillus* spp. hasil eksplorasi, kemudian dilakukan proses hilirisasi untuk menjadi produk ramah lingkungan multifungsi.

### **1. Enzim Industri**

**Bahan baku** enzim industri yang diproduksi oleh *Bacillus* spp. seperti amilase, protease, dan lipase<sup>[29]</sup>. **Produk inovasi** berupa enzim untuk industri pangan, detergen, tekstil, dan kertas. **Hilirisasi** bahan baku *Bacillus* spp. yang dapat menghasilkan enzim, digunakan dalam berbagai industri enzim. Enzim amilase,

protease, dan lipase yang diproduksi oleh *Bacillus* spp. banyak digunakan dalam industri pangan untuk mempercepat pemrosesan bahan baku<sup>[60]</sup>. Selain itu, enzim-enzim ini juga digunakan dalam pembuatan detergen, pemutihan kain, dan pembuatan kertas. Proses hilirisasi dilakukan dengan optimasi kondisi fermentasi untuk memproduksi enzim dalam jumlah besar dan dalam kondisi yang ramah lingkungan, menggantikan proses kimia yang lebih berbahaya.

## 2. Biopestisida Berbasis *Bacillus* spp.

**Bahan baku** biopestisida *Bacillus* spp. berasal dari *B. thuringiensis* (Bt). **Produk inovasi** berupa biopestisida untuk pertanian dan kesehatan. Hilirisasi bahan baku *B. thuringiensis* menghasilkan protein kristal yang dapat membunuh serangga vektor tanpa membunuh non-target dan membunuh hama tertentu tanpa merusak tanaman dan aman terhadap lingkungan<sup>[21,52]</sup>. **Hilirisasi** dalam bentuk produk biopestisida, yang dapat dilakukan dengan memproduksi formulasi yang stabil dan efektif untuk diaplikasikan di tempat vektor dan lahan pertanian. Biopestisida berbasis *Bacillus* spp. ini merupakan alternatif ramah lingkungan untuk mengurangi pestisida kimia dan dapat mengurangi dampak negatif terhadap ekosistem.

## 3. Probiotik untuk Kesehatan

**Bahan baku** probiotik untuk kesehatan dari bahan baku *B. coagulans*, *B. subtilis*, dan *Lactobacillus lactis*<sup>[17,18,61]</sup>. **Produk inovasi** berupa suplemen probiotik dan produk pangan fungsional lainnya. **Hilirisasi** bahan baku *Bacillus* spp. seperti *B. coagulans*, *L. lactis*, dan *B. subtilis* memiliki manfaat probiotik yang dapat meningkatkan kesehatan pencernaan dan sistem imun. Produk inovasi dapat berupa suplemen probiotik berbasis *Bacillus* spp. dalam bentuk kapsul, tablet, atau produk pangan fungsional seperti yogurt, minuman, dan makanan fermentasi lainnya yang diperkaya dengan *Bacillus* spp. tertentu sebagai probiotik. Proses hilirisasi meliputi isolasi, pemurnian, dan pengembangan formulasi yang stabil serta uji efektivitas produk.

#### 4. Bioremediasi dan Pengolahan Limbah

**Bahan baku** untuk bioremediasi dan pengolahan limbah dari *Bacillus* spp. pengurai polutan<sup>[62,59]</sup>. **Produk inovasi** berupa teknologi pengolahan limbah berbasis bioteknologi. **Hilirisasi** bahan baku *Bacillus* spp. yang memiliki kemampuan untuk menguraikan bahan-bahan organik dan polutan dalam lingkungan, seperti limbah minyak, limbah industri, atau bahan kimia berbahaya lainnya. Teknologi berbasis bioremediasi dapat dikembangkan menjadi produk industri berupa sistem pengolahan limbah cair, tanah, atau udara yang ramah lingkungan, mengurangi kebutuhan akan solusi kimia yang berbahaya. Produk ini dapat diterapkan dalam sektor industri, kesehatan, pertanian, atau pemrosesan limbah domestik.

#### 5. Biofuel dan Energi Terbarukan

**Bahan baku** untuk biofuel dan energi terbarukan berasal dari *Bacillus* spp. penghasil enzim fermentasi<sup>[2]</sup>. **Produk inovasi** berupa bioetanol, biogas, dan produk energi terbarukan. **Hilirisasi** bahan baku dari beberapa jenis *Bacillus* spp. dapat digunakan untuk memfermentasi biomassa menjadi biofuel seperti bioetanol atau metana (biogas). Dalam industri energi terbarukan. Hilirisasi *Bacillus* spp. menjadi produk biofuel melibatkan pengembangan fermentasi terkontrol untuk menghasilkan bahan bakar dari limbah pertanian, limbah organik, atau biomassa. Produk ini dapat berfungsi sebagai alternatif yang ramah lingkungan terhadap bahan bakar fosil.

#### 6. Pengawet Alami Produk Pangan dan Kosmetik

**Bahan baku** bahan pengawet alami untuk produk pangan dan kosmetik dari senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh *Bacillus* spp<sup>[63]</sup>. **Produk inovasi** berupa pengawet alami untuk makanan dan kosmetik. **Hilirisasi** bahan baku dari beberapa *Bacillus* spp. yang menghasilkan senyawa antimikroba, seperti lantibiotik atau peptida antimikroba, yang dapat digunakan untuk mengawetkan makanan atau produk kosmetik. Pengembangan

produk berbasis *Bacillus* spp. sebagai bahan pengawet alami akan menggantikan bahan kimia sintetik dan memberikan alternatif yang lebih aman dan alami bagi konsumen. Produk ini dapat berupa pengawet untuk makanan siap saji, minuman, atau kosmetik yang membutuhkan perlindungan terhadap mikroorganisme.

## 7. Bahan Baku Antibiotik Baru

**Bahan baku** antibiotik baru berasal dari *Bacillus* spp. penghasil antibiotik. **Produk Inovasi** berupa antibiotik dan obat-obatan. **Hilirisasi** bahan baku dari beberapa jenis *Bacillus* spp. yang menghasilkan senyawa antibiotik dan memiliki potensi untuk digunakan sebagai obat<sup>[30,64]</sup>. Hilirisasi dilakukan dengan memproduksi dan mengoptimalkan produksi antibiotik dalam jumlah besar, serta melakukan uji klinis untuk memastikan efektivitas dan keamanannya. Produk inovasi ini sangat penting dalam mengatasi masalah resistensi antibiotik yang semakin meningkat di kalangan pasien di seluruh dunia.

## 8. Bahan Baku Industri Kosmetik

**Bahan baku** untuk industri kosmetik berasal dari enzim atau senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh *Bacillus* spp.<sup>[29]</sup>. **Produk inovasi** berupa produk untuk perawatan kulit dan rambut. **Hilirisasi** bahan baku *Bacillus* spp. yang dapat menghasilkan enzim atau peptida bioaktif yang bermanfaat dalam industri kosmetik, seperti pemecah keratin untuk perawatan rambut atau enzim untuk eksfoliasi kulit. Produk inovasi berbasis *Bacillus* spp. ini dapat membantu dalam pengembangan kosmetik alami dan ramah lingkungan yang dapat digunakan dalam berbagai produk perawatan kulit, rambut, dan kecantikan lainnya.

**Proses hilirisasi** agensia hayati *Bacillus* spp. menjadi produk industri, melalui urutan tahapan: (1) Identifikasi strain *Bacillus* spp. dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti penghasil kristal toksin, enzim tertentu, senyawa bioaktif, atau kemampuan probiotik. (2) Pengembangan teknik fermentasi untuk menghasilkan produk dalam jumlah besar secara efisien.

(3) Pemisahan dan pemurnian senyawa atau produk bioteknologi yang dihasilkan oleh *Bacillus* spp. (4) Pengembangan produk akhir, baik dalam bentuk tablet, kapsul, cairan, atau bahan baku untuk produk industri lainnya, dengan uji kelayakan dan keamanan. (5) Pengemasan produk untuk konsumsi massal dan distribusi ke pasar industri.

## 9. Kendala, Tantangan, Dan Peluang Hilirisasi Produk Inovasi,

Proses hilirisasi ini sangat penting untuk memastikan bahwa produk inovasi yang telah ditemukan bisa memberi dampak nyata dan berkelanjutan. Namun, dalam proses hilirisasi produk inovasi ini terdapat kendala, tantangan, dan peluang yang perlu diperhatikan.

**Kendala** yang harus diatasi berupa keterbatasan infrastruktur, biaya produksi yang masih relatif tinggi, regulasi yang rumit, tantangan dalam pengembangan SDM, dan kurangnya kolaborasi antara peneliti dengan industri. **Tantangan** yang harus diatasi berupa kesiapan pasar, persaingan global, risiko bisnis, pengelolaan sumber daya, dan kesiapan teknologi. **Peluang** yang ada berupa peningkatan ekonomi, peningkatan kesejahteraan masyarakat, pengembangan teknologi lokal, akses pasar global, dan peningkatan investasi.

Untuk mengatasi kendala dan tantangan, serta menangkap peluang tersebut, dibutuhkan kolaborasi antara berbagai pihak, seperti pemerintah, dunia usaha, akademisi, dan masyarakat. Penciptaan kebijakan yang mendukung serta dukungan dari lembaga-lembaga riset dan pengembangan sangat penting dalam memfasilitasi proses hilirisasi yang efektif dari produk inovasi.

*Hadirin yang saya muliakan*

## Kesimpulan

Berdasarkan uraian yang telah disampaikan dapat disimpulkan sebagai berikut.

1. Agensia hayati *Bacillus* spp. dengan keanekaragaman spesiesnya dapat dikembangkan menjadi produk inovasi ramah lingkungan multifungsi.
2. Bahan baku ramah lingkungan *Bacillus* spp. terbukti dapat di eksplorasi di Indonesia sebagai negara berstatus megabiodiversitas makhluk hidup.
3. Bahan baku *Bacillus* spp. berpotensi untuk dikembangkan, di bidang pertanian sebagai biofertilizer dan biopestisida, bidang kesehatan sebagai pengendali vector, penghasil probiotik dan antibiotik alami, bidang pengelolaan lingkungan sebagai bioremediator, maupun aplikasinya di industri-industri ramah lingkungan lainnya.
4. Serangkaian proses eksplorasi *Bacillus* spp. dari alam, karakterisasi, uji potensi, ekstraksi bioaktif, dan pengembangan formula, merupakan tahap-tahap penting sebelum penerapannya di lapangan.
5. Proses hilirisasi produk inovasi yang telah ditemukan sangat penting untuk memastikan bahwa produk inovasi memberi dampak nyata dan berkelanjutan bagi masyarakat luas.

## **Rekomendasi**

Pengembangan produk ramah lingkungan berbahan baku *Bacillus* spp. memiliki potensi besar untuk memberikan solusi ramah lingkungan di berbagai sektor, sehingga direkomendasikan sebagai berikut.

1. Perlu digali, dikaji, dikelola, dan dimanfaatkan bahan baku *Bacillus* spp. untuk pengembangan produk inovasi di berbagai bidang.
2. Uji keamanan diperlukan untuk menilai dampak produk terhadap lingkungan, manusia, dan organisme non-target, serta memastikan bahwa produk yang dihasilkan aman digunakan dalam skala luas.
3. Pengujian dan aplikasi lapangan diperlukan untuk menilai efektivitas produk dalam berbagai kondisi tanah, iklim, dan jenis target, juga mengevaluasi dampaknya terhadap produktivitas, kualitas, dan ekosistem.

4. Pemanfaatan produk inovasi oleh masyarakat luas, baik di bidang kesehatan, pertanian, pengelolaan limbah, produk probiotik dan antibiotik untuk kesehatan, dan produk lainnya di industri terkait.
5. Kolaborasi antara peneliti, perguruan tinggi, lembaga penelitian, kemitraan, dan industri terkait, untuk mempercepat hilirisasi produk inovasi berbasis *Bacillus* spp.
6. Regulasi dan sertifikasi diperlukan untuk meningkatkan kepercayaan konsumen dan memperluas pasar, terutama untuk produk berbasis *Bacillus* spp.

Dengan mengadopsi kesimpulan dan rekomendasi di atas, produk berbasis *Bacillus* spp. dapat menjadi solusi inovatif ramah lingkungan juga multifungsi, memenuhi berbagai kebutuhan pasar yang semakin peduli pada keberlanjutan dan efisiensi. Namun kendala utama hilirisasi produk inovasi berbahan baku mikroba hidup ini, adalah pada ketertarikan industri untuk memproduksinya. Karena berbahan baku makhluk hidup, *green product* mikrobial mempunyai efek *recycle* secara alamiah. Sehingga efeknya tidak sekali pakai terus selesai, tetapi setelah diaplikasikan ber-efek lebih lama. Secara ekonomis kurang menarik, tetapi secara alamiah sangat menguntungkan, karena berkelanjutan dan ramah lingkungan. Itulah kendala utama yang harus dihadapi. Sehingga sangat diperlukan harmonisasi-kolaborasi antara peneliti, perguruan tinggi, institusi riset dan teknologi, industri terkait, dan masyarakat pengguna.

## UCAPAN TERIMA KASIH

*Hadirin yang saya hormati*

Kesempatan saya untuk melaksanakan Tri Dharma, Pendidikan, Penelitian, dan Pengabdian, serta tugas-tugas lainnya di Pemerintahan, Universitas Airlangga, dan Masyarakat, mendapatkan banyak ilmu pengetahuan dan pengalaman hingga mencapai Guru Besar ini. Amanah yang Allah berikan kepada saya adalah juga berkat bantuan dari berbagai pihak. Ucapan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya saya sampaikan kepada:

1. **Prof. Ir. Satryo Soemantri Brodjonegoro, M.Sc., Ph.D.** selaku Menteri Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi (Mendiktisaintek) Republik Indonesia dan **Nadiem Anwar Makarim, B.A., M.B.A.** selaku mantan Menteri Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Mendikbudristek) atas persetujuan dan penetapan saya sebagai Guru Besar.
2. **Prof. Dr. rer. nat. Abdul Haris** selaku Direktur Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, dan **Prof. Tjitjik Sri Tjahjandarie, Ph.D.** selaku Plt. Sekretaris Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi atas proses, persetujuan, sampai dengan penetapan saya sebagai Guru Besar.
3. Bapak **DR H Sunarto SH MH**, Ketua Majelis Wali Amanat (MWA) Universitas Airlangga, periode 2022-2027.
4. **Prof. Dr. Muhammad Nasih, S.E., M.T., Ak.**, selaku Rektor Universitas Airlangga yang telah menyetujui dan mengusulkan jabatan Guru Besar saya dan berkenan memimpin Sidang Universitas Airlangga untuk pengukuhan kami hari ini.
5. **Prof. Dr. Nursalam, M.Nurs (Horns)** selaku Ketua Senat Akademik Universitas Airlangga (periode: 2024-2029) dan **Prof. Djoko Santoso dr., Ph.D., Sp.PD., KGH., FINASIM**, selaku Ketua Senat Akademik Universitas Airlangga (periode: 2019-2024) atas proses persetujuan dan proses pengajuan Guru Besar saya.
6. Para Wakil Rektor: Bidang Akademik, Mahasiswa dan Alumni, **Prof. Dr. Bambang Sektiari Lukiswanto, drh., DEA.**, Bidang Sumber Daya, **Prof. Dr. M. Madyan, S.E., M.Si., M.Fin.**, Bidang Riset Inovasi Community Development, **Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si.**, Bidang Internasionalisasi Digitalisasi dan Informasi, **Prof. Muhammad Miftahussurur, dr. M.Kes., Sp. PD-KGEH., Ph.D.**, serta Sekretaris Universitas Airlangga, **Prof. Dr. Koko Srimulyo, Drs., M.Si.**, yang telah memfasilitasi saya untuk berkarya dan mengajukan kenaikan pangkat dan jabatan ini.

7. Ketua dan Anggota Tim Penilai Angka Kredit baik di tingkat Universitas maupun Fakultas, dan khususnya Direktur Sumber Daya Manusia, **Prof. Dr. Endang Dewi Masitah, Ir. M.P.**, dan jajarannya baik di tingkat Universitas maupun Fakultas, yang telah membantu kelancaran proses pengajuan jabatan Guru Besar saya.
8. Seluruh Panitia yang telah berkenan melakukan koreksi atas karya orasi ilmiah saya sehingga usulan Guru Besar ini disetujui, serta seluruh panitia pengukuhan Guru Besar Universitas Airlangga di tahun 2025 ini yang tidak bisa saya sebut satu per satu, yang telah bekerja keras sehingga upacara dapat terlaksana dengan sangat baik, saya sampaikan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya.
9. Para Dekan di FMIPA dan FST Universitas Airlangga, Bapak **Prof. Abdulbasir, M.S. (alm), Prof. Dr. Ami Soewandi, J.S., Dr. H. Harjana, M.Sc., Drs. H. A. Latief Burhan, M. S. (alm), Prof. Win Darmanto, M.Si., Ph.D., Prof. Dr. M. Yasin, M.Si., (alm)**, dan khususnya **Prof. Dr. Miratul Khasanah, M.Si.**, Dekan FST periode 2023-2025 atas berbagai dukungan yang telah diberikan. Demikian juga kepada segenap Pembantu Dekan dan Wakil Dekan di FMIPA dan FST Universitas Airlangga, khususnya Wakil Dekan periode 2020-2025, **Dr. Eridani, M.Si., Prof. Dr. Suryani Dyah Astuti, M.Si.**, dan **Prof. Dr. Fatmawati, M.Si.**
10. Ketua BPF-FST UNAIR, **Prof. Hery Purnobasuki, M.Si., Ph.D.** dan seluruh anggota atas persetujuan usulan kenaikan jabatan Guru Besar saya.
11. Para pimpinan Jurusan/Departemen Biologi di FMIPA dan FST Universitas Airlangga. dan khususnya Ketua dan Sekretaris Departemen Biologi periode 2020-2025, **Prof. Dr. Sri Puji Astuti Wahyuningsih, M.Si.** dan **Intan Ayu Pratiwi, S.Si., M.Si.**, atas berbagai kesempatan dan fasilitas yang diberikan kepada saya dalam melaksanakan kegiatan Tri Dharma Perguruan Tinggi.
12. Tim dosen dan peneliti di Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Mikrobiologi, Departemen Biologi, FST Unair, **Prof. Dr. Ir.**

**Tini Surtiningsih, DEA., Prof. Dr. Ni'matuzahroh, DEA, Drs. Agus Supriyanto, M.Kes., Tri Nurhariyati, S.Si., M.Kes., Dr. Fatimah, S.Si., M.Kes., Almando Geraldi, S.Si., M.Sc., Ph.D.** Terima kasih atas kerja-samanya dalam melaksanakan tugas pendidikan, penelitian dan pengabdian masyarakat, semoga Allah memberikan keberkahan atas semua yang telah kita upayakan bersama.

13. Tim dosen dan peneliti di Pusat Riset PUI-PT Rekayasa Molekul Hayati (*Research Center for Bio-Molecules Engineering*, BIOME) Universitas Airlangga di bawah bimbingan **Prof. Dr. Ni Nyoman Tri Puspaningsih, M.Si.**, dengan ketua **Dr. Imam Siswanto, M.Si.**, serta seluruh tim riset Kelompok Studi Entomologi di bawah bimbingan **Prof. Dr. Sri Subekti, DEA**, di bawah naungan Ketua LPT Universitas Airlangga **Prof. Maria Lucia Inge Lusida, dr., M.Kes., Ph.D., Sp.MK (K)** yang telah memberi semangat sinergi dan kolaborasi bersama untuk kebaikan dan kemajuan penelitian di Universitas Airlangga.
14. Tim peneliti mahasiswa saya dari Program Studi S1 Biologi, S2 Biologi, S3 MIPA Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Airlangga yang telah bersedia bergabung dalam topik penelitian kami mulai dari tahun 2018 hingga sekarang terkait eksplorasi bakteri *Bacillus* spp. dari berbagai ekosistem lingkungan, potensi *Bacillus* spp., mekanisme kerja, potensi produksi biosurfaktan, produk berbasis mikroba di bidang pengendalian vektor dan patogen tanaman.
15. Kepada semua rekan-rekan sejawat dosen di Departemen Biologi: **Prof. Dr. Bambang Irawan, Prof. Win Darmanto, M.Si., Ph.D., Prof. Dr. Edy Setiti Wida Utami, M.S., Prof. Dr. Sucipto Hariyanto, DEA., Prof. Dr. Y. Sri Wulan Manuhara, M.Si., Prof. Dr. Ir. Agoes Soegianto, DEA., Prof. H. Hery Purnobasuki. M.Si. Ph.D., Prof. Dr. Sri Pudji Astuti Wahyuningsih, M.Si., Prof. Dr. Alfiyah Hayati, M.Si., Prof. Dr. Ni'matuzahroh, Dr. Listyani Suhargo, M.Si., Prof. Dr. Dwi Winarni, M.Si., Dra. Thin Soedarti, CESA., Dr. Fatimah, S.Si, M.Si., Dr. Junairiyah, S.Si., M.Si., Tri Nurhariyati, S.Si.**

M.Si., Almando Geraldi, M.Si., Ph.D., Dr Agus Supriyanto, M.Kes., Hari Soepriandono, S.Si., M.Si., Dr. Sugiharto, S.Si., M.Si., Dwi Kusuma Wahyuni, S.Si., M.Si., Intan Ayu Pratiwi, S.Si, M.Si., Anjar Tri Wibowo, S.Si., M.Sc., Ph.D., Muhammad Hilman Fu'Adil Amin, S.Si., M.Si., Firli Rahmah Primula Dewi, M.Si., Ph.D., Manikya Pramudya, S.Si., M.Si., Drs. Trisnadi Widyaleksono C.P., M.Si., Dr. Eko Prasetyo Kuncoro, S.T., DEA., Nita Citrasari, S.Si., M.T., Dr. Nur Indradewi Oktavitri, S.T., M.T., Dwi Ratri Mitha Isnadina, S.T., M.T., Dr. Nurina Fitriani, S.T., Febri Eko Wahyudianto, S.T., M.T., Dio Alif Hutama, S.T., M.Sc., Wahid Dianbudiyanto, S.T., M.Sc., Muhammad Fauzul Imron, S.T., M.T.

16. Rekan-rekan tenaga kependidikan di Departemen Biologi: Mbak Ari, Mbak Yatminah, Mas Catur, Mas Sukaji, Mas Suwarni, Mas Setianto, Mas Eko, Mas Hasan, Mbak Alvin, Mbak Fitri, Mbak Iqlima, Mbak Yulis, Mas Muslimin, Mas Arif, terima kasih banyak untuk kebaikan hati dan suasana akademik yang menyenangkan yang telah diberikan selama berinteraksi bersama.
17. Kepada segenap tenaga kependidikan, teknisi dan laboran di FST, Universitas Airlangga. Terima kasih atas bantuan dan kerjasama yang diberikan selama ini.
18. Keluarga besar Alumni FMIPA/FST atas persaudaraan yang selama ini telah kita jalin.
19. Kepada Bapak dan Ibu tim PAK di FST Unair dan Tim Sumber Daya yang sangat mendukung dan membantu administrasi berkas pengusulan Guru Besar saya, Mas Vega dan tim. Semoga Allah membalas amal baik Bapak dan Ibu semua dengan pahala yang berlimpah.
20. Kepada Bapak dan Ibu Guru di MINU Klinterejo Mojokerto, SMP Islam Walisongo Mojokerto, SMA Islam Brawijaya Mojokerto, dan Bapak dan Ibu Dosen FMIPA Universitas Airlangga, S2 Ilmu Kedokteran Dasar UGM Yogyakarta, S3 MIPA FST Universitas Airlangga, atas semua ilmu yang telah diberikan kepada saya.

21. Kepada Almaghfurillah **K.H. Ahyat Khalimy**, pendiri dan sekaligus pengasuh pondok pesantren Sabilul Muttaqin Mojokerto yang selalu memberikan bekal agama dan selalu mendorong untuk belajar dan belajar saat saya berada di pondok pesantren tersebut, serta selalu mendorong saya **untuk menjadi Guru saja supaya ilmunya bermanfaat**.
22. Kepada Bapak **Prof. Dr. Fasich, Apt.** yang telah memberikan kesempatan pengalaman secara langsung di bidang Manajemen Pendidikan di lingkungan Universitas Airlangga, tahun 1998-2010, termasuk perubahan FMIPA UA menjadi FST UA pada tahun 2008.
23. Kepada Bapak **Prof. Dr. M. Zainuddin, Apt.**, Ibu **Prof. Dr. Widji Soeratri, Apt.**, dan **Prof. Dr. Syahrani, Apt.**, yang telah menjadi teladan saya mulai dari menjadi dosen muda, dan telah melibatkan saya di unit yang mengawali **wadah peduli kompetensi di bidang pendidikan bagi dosen**, yaitu di P4UA, LP3UA, dan wadah ini terus berkembang di Universitas Airlangga sampai dengan sekarang.
24. Juga kepada Bapak **Prof. Dr. Ir. Mohammad Nuh, DEA.** yang telah banyak memberikan kesempatan pengalaman secara langsung di bidang Manajemen Pendidikan di lingkungan Lembaga Pendidikan Nahdlatul Ulama, tahun 2010-2016 (STIKES YARSIS berubah menjadi UNUSA). Kata bijak dari beliau yang masih saya pegang teguh sampai saat ini adalah **“Nek gak iso ngrewangi, ojo ngrusuhi** (jika tidak bisa membantu, jangan mengganggu)”.
25. Juga kepada kolega seperjuangan saat mahasiswa sama-sama kos pada Gang Kecil di Tambangboyo, **dr. Agus Fahrudin Farid**, yang juga telah memberikan kesempatan pengalaman di bidang Manajemen Pendidikan di lingkungan YAYASAN & ANWAR MEDIKA CORP., tahun 2016-sekarang (STIKES ANWAR MEDIKA berubah menjadi UNIVERSITAS ANWAR MEDIKA), keteladanannya adalah **“kegigihan beliau yang menuai kesuksesan”**.

*Hadirin yang saya hormati*

Mengakhiri pidato pengukuhan saya ini, perkenankanlah saya mengucapkan terima kasih, penghormatan, dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada **pribadi-pribadi dekat** saya, yaitu:

26. Kepada kedua orang tua saya tercinta, Almaghfurillah Bapak **H. Mat Selam (alm)** dan Ibu/Mak **Hj. Marukah (alm)** yang telah membesarkan dan mendidik saya untuk memiliki pendirian dan aqidah yang kuat, dan semasa hidupnya senantiasa mendoakan dengan tulus ikhlas untuk kelancaran, kesuksesan, dan kebahagiaan saya, kakak-kakak dan adik-adik saya serta seluruh keluarga. Semoga selama membesarkan dan mendidik seluruh keluarga, meraih keridhaan Allah, dan dicatat sebagai amal jariyah dan mendapatkan pahala yang akan selalu mengalir hingga kehidupan di akhirat.
27. Kepada bapak dan ibu mertua saya, Almaghfurillah Bapak **KH. Busyri Al-Aly (alm)** dan Ibu **Hj. Zakijah Dahlan (alm)** yang telah berhasil mendidik dan membesarkan istri saya dan sekeluarga, sehingga menjadi seorang yang bertaqwa, sabar, pekerja keras, dan rela berkorban untuk sesama..
28. Kepada istri tercinta saya, **Hj. Rosyidah Hanim**, yang selalu memberikan dukungan semangat, motivasi, pemikiran, dan kesabarannya dalam menemani saya dalam menjalankan tugas sebagai dosen maupun menjalankan tugas tambahan/struktural saya yang tidak jarang telah mengambil waktu kebersamaan keluarga. Semoga pendampingan dan pengorbanan yang telah diberikan kepada saya tercatat sebagai amal jariyah dan mendapat pahala berlimpah dari Allah.
29. Kepada kelima anak-anak tercinta saya, **dr. Nanda Fadhilah Witris Salamy, M.Si., dr. Muhammad Fath Alhaqqi Sanis Salamy, dr. Ahmad Yarziq Mubarak Salis Salamy, MHPE., dr. Ahmed Zaiyan Nahel Salamy, dan Ahmad Ramdhan Najem Khimsa Salamy**, dan Menantu-menantu saya **M. Sukron, S.Kep.Ners, Dinastri Putri Restu Ilahi, S.Pd., Alicia Shafa Azzahra, SH.,** serta cucu-cucu tersayang saya **Isninda Fatimah Azzahra Binsyak, M. Syarif Hidayatullah Binsyak, M. Khalid Alkhalifi**

**Kesyam Salamy, Salman Aly Alfarizqi Dinhaq Salamy**, yang telah membuat keluarga selalu dinamis dan membuat keluarga selalu bahagia. Semoga kalian semua selalu lancar dan sukses dalam cita-cita dan dalam perjalanan selalu dalam lindungan Allah baik di dunia maupun di akhirat.

30. Kepada seluruh keluarga besar saya, kakak-kakak saya (**Hj. Astunah; Hj. Duniati (alm); Muridin (Purn. Polisi)**) dan adik-adik saya (**Qoriatul Jannah; Ismail, SE., Ak. (Kons); Imrotin, Adi Wiyana, SE.**), ipar-ipar saya (**Hj. Nabiyatul Faizah; Hj. Halimatus Sa'diyah; M. Zainul Anam, Lailin Naïmah, H. Abdul Hafidh, Abdul Hakam Fahrurrozi, Nurul Arofah, Hj. Khotimah Saádah Fitriyah**), seluruh kerabat saya dari keluarga besar **Bani Mat-Selam** dan keluarga besar **Bani Busyri Al-Aly** terima kasih atas kuat dan eratnya ikatan persaudaraan yang telah kita bangun bersama. Semoga Allah menjadikan kita semua ahli surga, dipertemukan Allah menjadi keluarga di dunia dan di akhirat nanti.
31. Kepada seluruh kerabat dekat saya Bapak **H. Muhdor** dan Ibu **Hj. Asmijah**, Bapak **Pudi Agus Winanto, A.PAk.** dan Ibu **Supinah, S.E.**, Bapak **Rudy Kurniawan, S.T.** dan Ibu **Hernie Ken Kinesri, S.H, M.Pd.**, Bapak **dr. R. Surjatmono, Sp.A.** dan Ibu **dr. Sri Kristiani, Sp.M.**, yang telah memberi dukungan dan partisipasi penuh di acara pengukuhan ini.
32. Kepada para hadirin dan handai taulan yang tidak dapat saya sebutkan satu per satu, yang telah membantu dan mendukung saya selama ini.

Akhir kata kepada para hadirin saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya atas kesediaan semua untuk meluangkan waktu di sela-sela kesibukan, untuk menghadiri acara pengukuhan ini. Mohon maaf atas segala kekurangannya. Semoga Tuhan memberkati kita semua. Aamiin, Allahumma aamiin. Terima kasih atas perhatian dan kesabarannya.

*Wabillahi Taufiq wal Hidayah wa Birridlo wal Inayah. Wallohul Muwafiq ila Aqwamit Toriq.*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi wa Barakatuh*

## DAFTAR PUSTAKA

1. Khan, A.R., Mustafa, A., Hyder, S., Valipour, M., Rizvi, Z.F., Gondal, A. S., Yousuf, Z., Iqbal, R. & Daraz, U. (2022). *Bacillus* spp. as Bioagents: Uses and Application for Sustainable Agriculture. *Biology*, 11(12):1763
2. Prasad, B., Sharma, D., Kumar, P. & Dubey, R.C. (2023). Biocontrol potential of *Bacillus* spp. for resilient and sustainable agricultural systems. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 128, 102173
3. Mardihusodo, S. J., Romas, M. A., Situmorang, J., & Hajar, M.M.I. (1991). Isolasi dan Karakterisasi Bacili Pembentuk Spora yang Patogenik terhadap Larva Nyamuk di Jawa. *Berkala Ilmu Kedokteran*, 23(2): 41-50
4. Pratiwi, E.K., Samino, S., Gama, Z.P., & Nakagoshi, N. (2013). Uji Toksisitas *Bacillus thuringiensis* Asal Kota Nganjuk Terhadap Larva *Aedes aegypti*. *Jurnal Biotropika*, 1(4): 171-176
5. Salamun (2004). Eksplorasi Bakteri Lokal yang Berpotensi sebagai Agensi Hayati terhadap Larva Nyamuk Vektor, *Majalah Kedokteran Tropis Indonesia*, 15(2):38-46
6. Salamun, Fatimah, Nurhariyati, T., & Supriyanto, A. (2018). PENGEMBANGAN PRODUK BIOINSEKTISIDA: Isolasi dan Karakterisasi Fenotik Entomopatogen Lokal *Bacillus* sp. serta Uji Potensinya sebagai Biolarvasida Vektor Demam Berdarah Dengue. *Laporan Penelitian Unggulan Fakultas*, Universitas Airlangga
7. Chakrabarty, S., Chakraborty, P., Islam, T., Aminul Islam, A.K.M., Datta, J., Bhattacharjee, T., ... & Xiao, Y. (2022). *Bacillus thuringiensis* proteins: structure, mechanism and biological control of insect pests. In *Bacilli in Agrobiotechnology: Plant Stress Tolerance, Bioremediation, and Bioprospecting* (pp. 581-608). Cham: Springer International Publishing.
8. Aboul-Soud, M.A.M., Al-Amri, M.Z. Kumar, A., Al-Sheikh, Y.A., Ashour, A.E., & El-Kersh, T. A. (2019). Specific Cytotoxic Effects of Paraspora Crystal Proteins Isolated from Native Saudi Arabian *Bacillus thuringiensis* Strains against Cervical Cancer Cells. *Molecules*, 24, 506: 1-16
9. Salamun, Supriyanto, A., & Nurhariyati, T. (2023a). Upaya Pengembangan Formula Biosida Mikrobial: Kajian Sinergistik dan Konsorsium Isolat Lokal *Bacillus* Spesies sebagai Agen Hayati Antimikroba. *Laporan Penelitian Dasar Unggulan*, Universitas Airlangga

10. Wu, Z., Huang, Y., Li, Y., Dong, J., Liu, X., & Li, C. (2019). Biocontrol of *Rhizoctonia solani* via induction of the defense mechanism and antimicrobial compounds produced by *Bacillus subtilis* SL-44 on pepper (*Capsicum annuum* L.). *Frontiers Microb*, 10, 2676
11. Luo, L., Zhao, C., Wang, E., Raza, A., & Yin, C. (2022). *Bacillus amyloliquefaciens* as an Excellent Agent for Biofertilizer and Biocontrol in Agriculture: An overview for its mechanisms. *Microbiol Research*, 259, 127016
12. Santhoshkumar, T., Govindarajan, R.K., Kamaraj, C., Alharbi, N.S., Manimaran, K., Yanto, D.H.Y., & Baek, K.H. (2023). Biological synthesis of nickel nanoparticles using extracellular metabolites of *Bacillus sphaericus*: characterization and vector-borne disease control applications. *South Afr J Botany*, 162, 481-494.
13. Ghazala, I., Charfeddine, S., Charfeddine, M., Gargouri-Bouزيد, R., Ellouz-Chaabouni, S., & Haddar, A. (2022). Antimicrobial and Antioxidant Activities of *Bacillus mojavensis* I4 Lipopeptides and their Potential Application against the Potato Dry Rot Causative *Fusarium solani*. *Archives Microb*, 204(8), 484.
14. Ze, M., Feimin T.A., Jihong, Z., Jichao, D., Dingjin, F., Yaoru, S., Guanwei, C., Xiaohong, H., Ming, D, Tuo, Q., & Lijuan, Z. (2024). Beneficial Effects of *Bacillus mojavensis* strain MTC-8 on Plant Growth, Immunity and Disease Resistance against Magnaporthe oryzae. *Frontiers Microb*, 15:1422476
15. Liang, L., Fu, Y., Deng, S., Wu, Y., & Gao, M. (2021). Genomic, Antimicrobial, and Aphicidal Traits of *Bacillus velezensis* ATR2, and its Biocontrol Potential against Ginger Rhizome Rot Disease Caused by *Bacillus pumilus*. *Microorganisms*, 10(1), 63.
16. Wei, P., Gao, M., Zhou, S., Liu, G., Wang, P., Liu, C., Yang, F., & Fu, H. (2024). Antifungal Activity of *Bacillus velezensis* X3-2 Against Plant Pathogens and Biocontrol Effect on Potato Late Blight. *Agriculture*, 14(12). 2224
17. Mu, Y, & Cong Y. (2019). *Bacillus coagulans* and its applications in medicine. *Benef Microbes*, 10(6): 679-688
18. Wu, F., Xie, X., Du, T. Jiang, X., Miao, W., & Wang, T. (2023). *Lactococcus lactis*, a bacterium with probiotic functions and pathogenicity. *World J Microb Biotech* 39, 325.
19. Adiguzel A, Ay H, Baltaci, M.O., Akbulut S., Albayrak S., & Omeroglu M.A. (2020). Genome-Based Classification of *Calidifontibacillus erzurumensis* gen. nov., sp. nov., Isolated from a Hot Spring in Turkey, with Reclassification of *Bacillus azotoformans* as *Calidifontibacillus*

- azotoformans* comb. nov. and *Bacillus oryzae* as *Calidifontibacillus oryzae* comb. nov. *Int J Syst Evol Microbiol.* Dec;70(12): 6418-6427
20. Prakash, P.O., Rayasam, K., Peddireddy, V., & Chaitanya, K.V. (2024). Improved levan production by novel *CalidifontiBacillus erzurumensis* LEV207 using one variable at a time approach. *Int Microb.* <https://doi.org/10.1007/s10123-024-00597-5>
  21. Cota, F.I.P., Bruno, I., Montelongo, M. G., Villarreal, S.G., Delgado, M.F.V.D, Albores, L.C.C., Beltrán, A.E., Villalobos, SS. (2024). The genus *Bacillus* as biological control agent against pests and pathogens for sustainable agriculture. *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19/ Nov./2024
  22. Vasques, N.C., Nogueira, M.A., & Hungria, M. (2024). Increasing Application of Multifunctional *Bacillus* for Biocontrol of Pests and Diseases and Plant Growth Promotion: Lessons from Brazil. *Agronomy*, 14, 8
  23. Albayrak, Ç.B. (2019). *Bacillus* species as biocontrol agents for fungal plant pathogens. *Bacilli and Agrobiotechnology: Phytostimulation and Biocontrol*, 2: 239-265.
  24. Ramasubramanian, R., Karthi, S., Senthil-Nathan, S., Sivanesh, H., Shyam Sundar, N., Stanley-Raja, V., & Krutmuang, P. (2023). Effect of bacterial toxin identified from the *Bacillus subtilis* against the *Cnaphalocrocis medinalis* Guenée (Lepidoptera: Crambidae). *Toxin Rev*, 42(1): 264-274.
  25. Falqueto, S.A., Pitaluga, B.F., de Sousa, J.R., Targanski, S.K., Campos, M.G., de Oliveira Mendes, T.A., & Soares, M.A. (2021). *Bacillus* spp. Metabolites are Effective in Eradicating *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) larvae with low toxicity to non-target species. *J Invert Pathol*, 179, 107525.
  26. Nanjundappa, A., Bagyaraj, D.J., Saxena, A.K., Kumar, M., & Chakdar, H. (2019). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus* spp. in soil enhancing growth of crop plants. *Fungal Biol Biotech*, 6(1), 23
  27. Roets-Dlamini, Y., Moonsamy, G., Lalloo, R., & Ramchuran, S. (2022). Use of *Bacillus* spp in the bioremediation of fats, oils and greases (FOG's), and other waste substrates in food processing effluents. *Biocat Agric Biotech*, 42, 102351.
  28. Chaudhary, P., Chaudhary, A., Bhatt, P., Kumar, G., Khatoon, H., Rani, A., & Sharma, A. (2022). Assessment of soil health indicators

- under the influence of nanocompounds and *Bacillus* spp. in field condition. *Frontiers Environ Sci*, 9, 769871.
29. Vojnovic, S., Aleksic, I., Ilic-Tomic, T., Stevanovic, M., & Nikodinovic-Runic, J. (2024). *Bacillus* and *Streptomyces* spp. as hosts for production of industrially relevant enzymes. *App Microb Biotech*, 108(1), 185
  30. Su, Y., Liu, Ch., Fang, H., & Zhang, D. (2020). *Bacillus subtilis*: a universal cell factory for industri, agriculture, biomaterials and medicine. *Microbial cell factories*, 19, 1-12.
  31. Akinsemolu, A. A., Onyeaka, H., Odion, S., & Adebajo, I. (2024). Exploring *Bacillus subtilis*: Ecology, biotechnological applications, and future prospects. *J Bas Microb*, e202300614.
  32. Salamun, Susetyo, R. D., Husniyah, H., Geraldi, A., Ni'matuzahroh, Fatimah, Nafidiastri, F. A., Nisa', N., & Salamy, M. F. A. S. (2023b). Indigenous *Bacillus* species isolated from *Aedes Aegypti* larvae: Isolation, larvicidal toxicity, phenotypic characterizations, and molecular identification. *BIOTROPIA* 30(2): 242 – 252
  33. Salamun, Surtiningsih, T., & Supriyanto, A. (2020a). PENGEMBANGAN PRODUK BIOINSEKTISIDA LOKAL: Deteksi Struktur Toksin Parasporal Entomopatogen Lokal *Bacillus* sp. dan Uji Patogenitasnya terhadap Organisme Non-target. *Laporan Penelitian Unggulan Fakultas*, Universitas Airlangga
  34. Salamun, Ni'matuzahroh, Fatimah, Findawati V., Susetyo R. D., Al-Batati N, Nurhariyati T, & Supriyanto A. (2020b). Prospect of native entomopathogenic *Bacilli* from Baluran National Park as biological control of Dengue Fever Vector. *Ann Biol* 36(2): 232-237.
  35. Abdulateef, S. A., Aal Owaif, H. A., & Hadi, N. A. (2023). Molecular Identification Techniques of Bacteria: A Review. *Int J of Res Pub Rev*, 4(5): 388-393.
  36. Sharma, S., Ray, B., & Mahapatra, S. K. (2022). Genomic and Proteomic: Their Tools and Application. *Asian J Res Biosci*, 4(1): 48-61
  37. Gholami, D., Emruzi, Z., Noori, A., & Aminzadeh, S. (2019). Advances in Bacterial Identification and Characterization: Methods and Applications. *Microb, Metab Biotech (MMB)* 2(2): 119-136
  38. Salamun (2023). *Pengembangan Bioinsektisida Mikrobial: dari tahap eksplorasi menuju tahap aplikasi*. Penerbit Airlangga University Press
  39. Salamun, Susetyo R. D., Ni'matuzahroh, Fatimah, Geraldi A., Supriyanto A., Nurhariyati T., Nafidiastri F. A., Nisa' N., & Endarto,

- (2023c). Biosurfactant Production of Entomopathogenic *Bacillus subtilis* BK7.1, as Potential Biocontrol Bacteria, Isolated from Baluran National Park, East Java, Indonesia. *BIODIVERSITAS J. Biol. Div.*, 24(3). 1785-1792.
40. **Salamun**, Ni'matuzahroh, & Fatimah. (2019). PENGEMBANGAN PRODUK BIOINSEKTISIDA: Deteksi Gen *Cry* dan Karakteristik Genetik Entomopatogen Lokal *Bacillus* sp. serta Uji Toksisitasnya sebagai Biolarvasida Vektor Demam Berdarah Dengue. *Laporan Penelitian Unggulan Fakultas*, Universitas Airlangga
  41. **Salamun**, Fatimah, Fauzi A., Praduwana S. N., & Ni'matuzahroh. (2021b). Larvicidal toxicity and parasporal inclusion of native *Bacillus thuringiensis* BK5.2 against *Aedes aegypti*. *J Basic Clin Physiol Pharmacol* 32(4): 379–384
  42. **Salamun**, Nurhariyati, T., & Supriyanto, A. (2022a). PENGEMBANGAN PRODUK BIOINSEKTISIDA LOKAL: Produksi biosurfaktan dan deteksi gen penyandi biosintesis surfaktin *Bacillus* spp. lokal, Upaya pengembangan bahan pengendali hayati vektor penyakit dan hama tanaman.. *Laporan Penelitian Unggulan Fakultas*, Universitas Airlangga
  43. **Salamun**, Ni'matuzahroh, Fatimah, Nurhariyati, T., Supriyanto, A., Tsana, I., & Nafidiastri, F. A. (2024). Prospects of Indigenous *Bacillus subtilis* Strain LS9.1 as a Potential Biocontrol Agent against *Aedes aegypti* Larvae. *HAYATI J Biosci*, 31(2): 293-299.
  44. **Salamun**, Nurhariyati, T., & Supriyanto, A. (2021a). PENGEMBANGAN PRODUK BIOINSEKTISIDA LOKAL: Keanegaraman Genetik Entomopatogen Lokal *Bacillus* spp. dan Potensinya sebagai Bioinsektisida pada Pengendalian Hayati Hama Tanaman. *Laporan Penelitian Unggulan Fakultas*, Universitas Airlangga
  45. **Salamun**, Ni'matuzahroh, Fatimah, Maswantari, M. I. F., Rizka, M. U., Nurhariyati T., & Supriyanto A. (2020c). Diversity of Indigenous entomopathogenic bacilli from domestics breeding sites of dengue hemorrhagic fever vector based on the toxicity against *Aedes aegypti* Larvae. *Eco Env & Cons* 26 (April Suppl. Issue): S21-S26.
  46. Nair, K., Al-Thani, R., Al-Thani, D., Al-Yafei, F., Ahmed, T., & Jaoua, S. (2018). Diversity of *Bacillus thuringiensis* Strains from Qatar as Shown by Crystal Morphology, Delta-Endotoxins and *Cry* Gene Content. *Frontiers Microb*, 9,708:1-10
  47. **Salamun**, Susetyo, R. D., Nafidiastri, F. A., Zain, R. A., Sari, R. P., Geraldi, A., Fatimah, & Ni'matuzahroh (2022b). Potential biocontrol

- agent of indigenous *Bacillus* sp. EG6.4: Molecular identification, larvicidal toxicity, and mechanism of actions. *BIODIVERSITAS J Biol Div*, 23(10): 5431-5438
48. Wibowo, C. I., (2017), Efektivitas *Bacillus thuringiensis* dalam Pengendalian Larva Nyamuk *Anopheles* sp., *Biosfera*, 34: 39-46
  49. Melanie, Rustama, M. M., Sihotang, I. S., & Kasmara, H. (2018). Effectiveness of Storage Time Formulation of *Bacillus thuringiensis* against *Aedes aegypti* Larvae (Linnaeus). *Jurnal Cropsaver*, 1(1): 48-52
  50. Nurhariyati, T., **Salamun**, & Supriyanto, A. (2024) Kajian Formula Biopestisida Antifungi BIOME<sup>Cons-2</sup> Berbasis Konsorsium Bakteri Indigenous: *Bacillus subtilis* BK7.1, *Bacillus mojavensis* EG6.4 dan *Bacillus velezensis* LSD4.2. *Laporan Penelitian Dasar Unggulan*, Universitas Airlangga
  51. **Salamun**, Rudyanto, M., & Subekti, S. (2024a). Upaya Pengembangan Formula Biosida Mikrobial: Kajian Sinergistik dan Konsorsium Isolat Kandidat Bioinsektisida Formula BacS-ITD<sup>Form</sup> Berbasis Mikroba Isolat Lokal *Bacillus subtilis* BK7.1: Sebagai Biolarvasida dalam Pengendalian Hayati Nyamuk Vektor Penyakit. *Laporan Penelitian Unggulan Airlangga*, Universitas Airlangga
  52. Ragasruthi, M., Balakrishnan, N., Murugan, M., Swarnakumari, N., Harish, S., Jeya, D., & Sharmila, S. (2024). *Bacillus thuringiensis* (Bt)-based biopesticide: Navigating success, challenges, and future horizons in sustainable pest control. *Sci Total Environ*, Vol. 954, 176594
  53. Sagar, A., Yadav, S.S., Sayyed, R.Z., Sharma, S. & Ramteke, P.W. (2022). *Bacillus subtilis*: A Multifarious Plant Growth Promoter, Biocontrol Agent, and Bioalleviator of Abiotic Stress. In: Islam, M.T., Rahman, M., Pandey, P. (eds) *Bacilli in Agrobiotechnology. Bacilli in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2\\_24](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2_24)
  54. Diabankana, R.G.C., Afordoanyi, D.M., Safin, R.I., Niza.mov, R.M., Karimova, L.Z., Validov, S.Z. (2021). Antifungal Properties, Abiotic Stress Resistance, and Biocontrol Ability of *Bacillus mojavensis* PS17. *Curr Microbiol*. 78(8): 3124-3132
  55. Rabbee, M.F., Hwang, B. S., & Baek, K.H. (2023). *Bacillus velezensis*: A Beneficial Biocontrol Agent or Facultative Phytopathogen for Sustainable Agriculture. *Agronomy* 13(3), 840

56. Santos, D.P., Silva, D.P., & Souza, E.B. (2016). Applications of microbial enzymes in food industry. *Brazilian J Microb*, 47(3), 711-722.
57. Fira, D., Dimkic, I., Beric, T., Lozo, J., & Stankovic, (2018). Biological Control of Plant Pathogens by *Bacillus* Species. *J Biotech*, 285: 44-55
58. Calvo, H., Mendiara, I., Arias, E., Gracia, A.P., Blanco, D., & Venturini, M. E. (2020). Antifungal Activity of the Volatile Organic Compounds Produced by *Bacillus velezensis* Strains against Postharvest Fungal Pathogens. *Postharvest Biol Tech*, 166:111208
59. Muhsin, Z.A.A., Mutar, S. & Mohammed, N.U.G. (2024). A Systematic Review of Bioremediation of Soil Pollution Using Different Types of Bacteria 2015-2023. *Wasit J Pure Sci*, 3(4):136-150
60. Ortiz, A. & Sansinenea, E. (2022). The Industrially Important Enzymes from *Bacillus* Species. In: Islam, M.T., Rahman, M., Pandey, P. (eds) *Bacilli in Agrobiotechnology. Bacilli in Climate Resilient Agriculture and Bioprospecting*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2\\_4](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85465-2_4)
61. Elshagabee, F.M.F., Rokana, N., Gulhane, R.D., Sharma, C. & Panwar, H. (2017). *Bacillus* as Potential Probiotics: Status, Concerns, and Future Perspectives. *Front Microbiol*. 10(8):1490
62. Oktavia, R., Nurcahyani, E., Wahyuningsih, S., Sumardi (2022). Kemampuan *Bacillus* sp. Sebagai Bioremediasi Bahan Pencemar. *Jurnal Bioterdidik*, 10(2): 110-125
63. Zhang, B., Xu, L., Ding, J., Wang, M., Ge, R., Zhao, H., Zhang, B., Fan, J. (2022). Natural Antimicrobial Lipopeptides Secreted by *Bacillus* spp. and Their Application in Food Preservation, A Critical Review, *Trends Food Sci Tech*, 127: 26-37
64. Stoica, R.M., Moscovici, M., Tomulescu, C., Cășărică, A., Băbeanu, N., Popa, O. & Kahraman, H.A. (2019). Antimicrobial compounds of the genus *Bacillus*: A review. *Rom Biotechnol Lett.*; 24(6): 1111-1119

# RIWAYAT HIDUP

## A. DATA PRIBADI

- Nama Lengkap : Prof. Dr. Salamun, Drs., M.Kes.  
(lengkap dengan gelar)  
NIP : 196111101987031003  
NIDN : 0010116120  
Tempat & tanggal lahir : Mojokerto, 10-11-1961  
Agama : Islam  
Jenis Kelamin : Laki-laki  
Golongan/Pangkat : IVc / Pembina Utama Muda  
Jabatan Akademik : Guru Besar (TMT. 01 Desember 2024)  
Alamat Kantor : Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Kampus C Unair, Jl. Ir. Soekarno, MERR, Surabaya, Telp.: 0315936501/0315936502
- Alamat Rumah : Perumahan Pabean Asri  
Jalan Pabean Asri Blok B-2  
Kota Sedati, Sidoarjo 61253  
Telp. 031 8675733
- Alamat E-mail : salamun@fst.unair.ac.id  
Nomor HP : 081332198122  
Nama Istri : Hj. Rosyidah Hanim  
Nama Anak :
1. dr. Nanda Fadhilah Witris Salmay, S.Ked., M.Si.  
Suami : Muhammad Sukron, S.Kep.Ners.  
Anak : 1. Isninda Fatimah Azzahra Binsyak  
2. Muhammad Syarif Hidayatullah Binsyak
  2. dr. Muhammad Fath Alhaqqi Sanis Salmay, S.Ked.  
Istri : Dinasti Putri Restu Ilahi, S.Pd.  
Anak : 1. Ahmad Khalid Alkhalifi Kesyam Salmay  
2. Salman Aly Alfarizqi Dinhaq Salmay

3. dr. Ahmad Yarziq Mubarak Salis Salamy, S.Ked., MHPE  
Istri : Alicia Shafa Azzahra, SH.
4. dr. Ahmed Zaiyan Nahel Salamy, S.Ked.
5. Ahmad Ramdhan Najem Khimsa Salamy

## **B. RIWAYAT PENDIDIKAN**

1. **Sekolah Dasar:** Madrasah Ibtidaiyah Nahdlatul Ulama (MINU), Klinterejo, Sooko,, Mojokerto, Lulus tahun 1974
2. **Sekolah Menengah Pertama:** SMP Islam Walisongo, Brangkal, Sooko, Mojokerto, Lulus tahun 1977
3. **Sekolah Menengah Atas:** SMA Islam Brawijaya, Mojokerto, Lulus tahun 1981
4. **Perguruan Tinggi:**
  - a. S1, Fakultas MIPA, Jurusan Biologi; Universitas Airlangga;; Surabaya, Indonesia, Lulus tahun 1986
  - b. S2, Program Pasca Sarjana Ilmu Kedokteran Dasar, Mikrobiologi dan Parasitologi; Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta; Indonesia, Lulus tahun 1993
  - c. S3 MIPA Minat Biologi, Universitas Airlangga, Surabaya, Lulus tahun 2020.

### **5. Pendidikan dan Pelatihan:**

#### **Pelatihan Bidang Manajemen Universitas:**

- a. *University Management; Pedagogy & Teaching Improvement; Research, and Public Service.* The International Institute for Sustainable Development, Colorado State University. March 17 – May 15, 1996.
- b. *Short Course in Leadership, Pedagogy and Curriculum.* University of Northern Colorado, 1996
- c. *Technology of Participation: Group Facilitation Methods.* The Institute of Cultural Affairs. Fort Collins, CO, USA, April 22-23, 1996
- d. *Technology of Participation: Participatory Strategic Planning.* The Institute of Cultural Affairs. Fort Collins, CO, USA, April 24-25, 1996

#### **Pelatihan Bidang Kependidikan (Profesi Dosen):**

- a. *Pembinaan Staf Pengajar Junior.* Universitas Airlangga, 3 Februari s.d 3 Maret 1989
- b. *Pembinaan Karier Staf Pengajar.* Universitas Airlangga, 1994
- c. *Pengembangan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI).* Universitas Airlangga, 16 s.d. 23 Oktober 1995

- d. *Pengembangan Keterampilan Dasar Teknik Instruksional (PEKERTI) Rumpun MIPA*. Direktorat Pembinaan Sarana Akademik, Dirjrn DIKTI, 1998
- e. *Penataran dan Lokakarya: Applied Approach (AA) Tahap Tatap Muka & Mandiri*. Direktorat Pembinaan Sarana Akademik, Dirjrn DIKTI, 23 September s.d. 14 Oktober 1996
- f. *Workshop: Jabatan Fungsional Dosen dan Angka Kreditnya*. Biro Kepegawaian, Sekretariat Jenderal Depdiknas RI, 22 s.d. 23 Maret 2006
- g. *Program Magang: Teaching-Learning*. Pembinaan dan Pengembangan Pendidikan (P2P), Universitas Negeri Jakarta, 09 Oktober s.d. 04 Nopember 2006

**Pelatihan Bidang Kemahasiswaan:**

- a. *Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa Tingkat Dasar*. Universitas Airlangga, 08 s.d. 13 April 1985
- b. *Pelatihan Pelatih: Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (PP-LKMM) Tingkat Dasar*. Direktorat Kemahasiswaan, Dirjen DIKTI, di Batu-Malang, 20 s.d. 25 Nopember 1995
- c. *Pelatihan Pelatih Orientasi Pengembangan Pembimbing Kemahasiswaan*. Direktorat Kemahasiswaan, Dirjen DIKTI, di Bogor, 28 s.d. 31 Juli 1997
- d. *Pelatihan Pelatih: Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (PP-LKMM) Tingkat Menengah PT Wil. C*. Direktorat Kemahasiswaan, Dirjen DIKTI, di Batu-Malang, 12 s.d. 17 Oktober 1997
- e. *Pelatihan Pelatih Bimbingan dan Konseling bagi mahasiswa di Perguruan Tinggi*. Direktorat Kemahasiswaan, Dirjen DIKTI, di Bogor, 14 s.d. 20 Desember 1997

**C. RIWAYAT PEKERJAAN**

**Pangkat dan Golongan sebagai dosen UNAIR, TMT**

1. Calon Pegawai Negeri Sipil, III/a, TMT. 1 Maret 1987
2. Penata Muda, III/a, TMT. 1 September 1988
3. Penata Muda Tk. I, III/b, TMT. 1 April 1994
4. Penata, III/c, TMT. 1 April 1996
5. Penata Tk. I, III/d, TMT. 1 April 1998
6. Pembina, IV/a, TMT. 1 Oktober 2000
7. Pembina Tk. I, IV/b, TMT. 1 Oktober 2003
8. Pembina Utama Muda, IV/c, TMT. 1 Oktober 2006

### **Jabatan Akademik sebagai dosen UNAIR, TMT**

1. Asisten Ahli Madya, TMT. 01 Juli 1989
2. Asisten Ahli, TMT. 01 Januari 1994
3. Lektor Muda, TMT. 01 Pebruari 1996
4. Lektor Madya, TMT. 01 Pebruari 1998
5. Lektor, TMT. 01 Agustus 2000
6. Lektor Kepala, IV/a, TMT, 01 Januari 2001
7. Lektor Kepala, IV/b, TMT. 01 Oktober 2003
8. Lektor Kepala, IV/c, TMT. 01 Oktober 2006
9. Guru Besar / Profesor, IV/c, TMT. 01 Desember 2024

### **Pekerjaan atau Tugas Tambahan di lingkungan UNAIR dan Luar Unair**

1. **Ketua** Kelompok Bidang Keahlian Mikrobiologi FST Unair, th. 2021-2025
2. **Anggota** Badan Pertimbangan Fakultas, periode 2021-2025
3. **Anggota** Senat Akademik Universitas Airlangga, periode 2017-2020
4. **Anggota** Badan Pertimbangan Fakultas, periode 2017-2020
5. **Konsultan** di STIKES sd UNIVERSITAS ANWAR MEDIKA, th. 2016-2025
6. **Wakil Rektor I** Universitas Nahdlatul Ulama Surabaya (UNUSA), 2013–2016.
7. **Ketua** STIKES YARSI Surabaya, periode 2010-2013
8. **Dekan** FST-UNAIR, periode 2008-2010
9. **Dekan** FMIPA-UNAIR, periode 2007-2008
10. **Pembantu Dekan I**, FMIPA-UNAIR, periode 2002 – 2007
11. **Pembantu Dekan I**, FMIPA-UNAIR, periode 1998 – 2002
12. **Sekretaris Jurusan** Biologi, FMIPA-UNAIR, periode 1997–1998
13. **Sekretaris** TKMM-UNAIR, periode 2003-2004
14. **Koordinator** Kurikulum UNAIR, P4UA, th. 2006
15. **Sekretaris** Koordinator Kurikulum UNAIR, P4UA, th. 2006
16. **Penatar** Dosen Muda (Profesi Dosen), P4UA, tahun 1998-2020
17. **Penatar** Kegiatan Kemahasiswaan (Soft Skill), UNAIR , tahun 1998-2020
18. **Koordinator** Penyusunan Buku Pedoman Pendidikan UNAIR, th. 2002-2006
19. **Tim Telaah** Pembukaan Program Studi UNAIR, tahun 2002-2006

### **Kedudukan dalam organisasi profesi atau organisasi masyarakat yang lain**

1. Anggota Perhimpunan Biologi Indonesia
2. Anggota Ikatan Cendekiawan Muslim Indonesia
3. Anggota Seksi Pembinaan Pendidikan ICMI Orwil Jawa Timur
4. Ketua Asosiasi Cerdas Istimewa Bakat Istimewa Indonesia

### **Penghargaan dari pemerintah atau perguruan tinggi**

1. Penghargaan sebagai Mahasiswa Teladan, UNAIR, 1985
2. Penghargaan sebagai Dosen Teladan, UNAIR, 1995
3. Penghargaan sebagai PNS 10 tahun pengabdian
4. Penghargaan sebagai PNS 20 tahun pengabdian
5. Penghargaan sebagai Senat Akademik Universitas Airlangga, 2017-2020
6. Penghargaan sebagai Lulusan Terbaik S3 MIPA Unair, Tahun 2020

### **D. PUBLIKASI KARYA ILMIAH MELALUI JURNAL/PUBLIKASI**

Jumlah Artikel Terindeks Scopus	: 18
H-Indeks Scopus	: 5
H-Indeks Google Schooler	: 5
Sinta Score Overall	: 594

### **E. PUBLIKASI INTERNASIONAL BEREPUTASI SCOPUS (5 TAHUN TERAKHIR, MIKROBIOLOGI TERAPAN)**

<b>Tahun</b>	<b>Judul Publikasi</b>	<b>Media</b>	<b>Penulis</b>
2024	Bioprospecting of non-timber forest products of selected flora in Baluran National Park, East Java, Indonesia for phytochemical, anti-diabetic, anti-tyrosinase, and antioxidants	BIODIVERSITAS Journal of Biological Diversity, 25(10): 3803-3815, (2024)	Author
2024	The potential of indigenous <i>Bacillus</i> sp. BT3.1 as an antifungal biopesticide against the plant pathogen <i>Fusarium oxysporum</i>	BIODIVERSITAS Journal of Biological Diversity, 25(6): 2679-2686, (2024)	Coresponding-Author

<b>Tahun</b>	<b>Judul Publikasi</b>	<b>Media</b>	<b>Penulis</b>
2024	Prospects of Indigenous <i>Bacillus</i> sp. LS9.1, as a Potential Biocontrol Agent against <i>Aedes aegypti</i>	HAYATI Journal of Biosciences, 31(2): 293-299, (2024)	First-Author, Corresponding-Author
2024	Combination of Mollase and Glucose as Substrate for The Production of Biosurfactant by <i>Bacillus subtilis</i> BK7.1	BIO Web of Conferences (2024)	Author
2023	Indigenous <i>Bacillus</i> species isolated from <i>Aedes aegypti</i> larvae: isolation, larvicidal toxicity, phenotypic characterizations, and molecular identification	BIOTROPIA Southeast Asian Journal of Tropical Biology, 30(2): 242-252, (2023)	First-Author, Corresponding-Author
2023	Biosurfactant production of entomopathogenic <i>Bacillus subtilis</i> BK7.1, as potential biocontrol bacteria, isolated from Baluran National Park, East Java, Indonesia	BIODIVERSITAS Journal of Biological Diversity, 24(3): 1785-1792, (2023)	First-Author, Corresponding-Author
2022	Potential biocontrol agent of indigenous <i>Bacillus</i> sp. EG6.4: Molecular identification, larvicidal toxicity, and mechanism of actions	BIODIVERSITAS Journal of Biological Diversity 23(10): 5431-5438, (2022)	First-Author, Corresponding-Author
2021	Biosurfactant activity of indigenous <i>Bacillus</i> sp. ES4.3 isolated from endemic breeding sites of dengue hemorrhagic fever vector in Surabaya, East Java, Indonesia	BIODIVERSITAS Journal of Biological Diversity 22(12): 5375-5381, (2021)	Corresponding-Author
2021	Larvicidal toxicity and parasporeal inclusion of native <i>Bacillus thuringiensis</i> BK5.2 against <i>Aedes aegypti</i>	J Basic Clin Physiol Pharmacol, 32(4): 379-384, (2021)	First-Author
2020	Renal Protective Effects of Gamma-Mangostin in Streptozotocin-Induced Diabetic Mice	Indian Journal of Forensic Medicine & Toxicology 14(3), July-September 2020	Author

<b>Tahun</b>	<b>Judul Publikasi</b>	<b>Media</b>	<b>Penulis</b>
2020	Exploration of Proteolytic Bacteria from Mangrove Center Tuban Soil	Annal of Biology, 36(2):267-271, April 2020	Author
2020	Characteristics of native entomopathogenic <i>Bacillus</i> sp. BK5.2 as an environmentally friendly potential agent for disease vectors and plant diseases control	Eco. Env. & Cons. 26(4): 1852-1857. (2020)	First-Author, Coresponding-Author
2020	Prospect of Native Entomopathogenic <i>Bacilli</i> from Baluran National Park as Biological Control of Dengue Fever Vector	Annals of Biology 36 (2): 232-237, (2020)	First-Author, Coresponding-Author
2020	Diversity of Indigenous Entomopathogenic Bacilli from Domestic Breeding Sites of Dengue Hemorrhagic Fever Vector Based on the Toxicity against <i>Aedes aegypti</i> Larvae	Eco. Env. & Cons. 26 (April Suppl. Issue): 20-25, (2020)	First-Author, Coresponding-Author
2019	Removal of Cadmium from Electroplating Industry Wastewater Using Adsorbent from Solid Waste of Agar Industry	Pollution Research, Vol. 38 (August Suppl. Issue): S21-25, (2019)	Author
2019	Biodegradation of Plastic Waste by Bacteria Isolated from Surabaya Landfills	Pollution Research, 38 (August Suppl. Issue): S21-25, (2019)	Author

#### **F. HIBAH PENELITIAN (7 TAHUN TERAKHIR, MIKROBIOLOGI TERAPAN)**

<b>Tahun</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Biaya</b>	<b>Keterangan</b>
2025	Aplikasi agensia hayati <i>Bacillus</i> spp. kandidat konsorsium <b>BIOME</b> <sup>cons-1</sup> terhadap tanaman Cabai Rawit ( <i>Capsicum Frutescens</i> L.)	ARF-PDU 2025	Ketua Peneliti

<b>Tahun</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Biaya</b>	<b>Keterangan</b>
2025	Kandidat <i>Green</i> Biosida Kinerja Tinggi: Identifikasi <i>Crude</i> Biosurfaktan dan Aktivitas Antifungi <i>Bacillus</i> spp. terhadap Berbagai Jenis Patogen Tanaman	ARF-PDDA 2025	Ketua Peneliti
2024	Kandidat Bioinsektisida Formula <b>BacS-ITD</b> <sup>Form</sup> Berbasis Mikroba Isolat Lokal <i>Bacillus subtilis</i> BK7.1: Sebagai Biolarvasida dalam Pengendalian Hayati Nyamuk Vektor Penyakit	ARF-PUA 2024	Ketua Peneliti
2024	<i>New Isolate Local Bacillus</i> spp. sebagai Kandidat Agen Konsorsium <i>Green</i> Biosida Tanaman Berkinerja Tinggi Asal <i>Breeding Site</i> Larva <i>Aedes aegypti</i>	DRTPM-PDD 2024	Ketua Peneliti
2024	Kajian Formula Biopestisida Antifungi <b>BIOME</b> <sup>Cons-2</sup> Berbasis Konsorsium Bakteri <i>Indigenous: Bacillus subtilis</i> BK7.1, <i>Bacillus mojavensis</i> EG6.4 dan <i>Bacillus velezensis</i> LSD4.2	ARF-PDU 2024	Anggota Peneliti
2023	Upaya Pengembangan Formula Biosida Mikrobial: Kajian Sinergistik dan Konsorsium Isolat Lokal <i>Bacillus</i> Spesies sebagai Agen Hayati Antimikroba	ARF-PDU 2023	Ketua Peneliti
2022	PENGEMBANGAN PRODUK BIO-INSEKTISIDA LOKAL: Produksi biosurfaktan dan deteksi gen penyandi biosintesis surfaktin <i>Bacillus</i> spp. lokal, Upaya pengembangan bahan pengendali hayati vektor penyakit dan hama tanaman.	ARF-PUF 2022	Ketua Peneliti
2021	PENGEMBANGAN PRODUK BIO-INSEKTISIDA LOKAL: Keanegaraman Genetik Entomopatogen Lokal <i>Bacillus</i> spp. dan Potensinya sebagai Bioinsektisida pada Pengendalian Hayati Hama Tanaman	ARF-PUF 2021	Ketua Peneliti

<b>Tahun</b>	<b>Judul Penelitian</b>	<b>Biaya</b>	<b>Keterangan</b>
2020	Potensi Entomopatogen Lokal <i>Bacillus</i> sp. Sebagai Biolarvasida <i>Aedes Aegypti</i>	MANDIRI	Disertasi
2020	PENGEMBANGAN PRODUK BIO-INSEKTISIDA LOKAL: Toksisitas Residual Entomopatogen Lokal <i>Bacillus</i> sp. LS9.1, EG6.4, dan BK5.2 di Tempat Perindukan Nyamuk <i>Aedes aegypti</i> dan Uji Keamanannya terhadap Organisme Non-target	DRTPM-PDD 2020	Ketua Peneliti
2020	PENGEMBANGAN PRODUK BIO-INSEKTISIDA LOKAL: Deteksi Struktur Toksin Parasporal Entomopatogen Lokal <i>Bacillus</i> sp. dan Uji Patogenitasnya terhadap Organisme Non-target	PUF 2020	Ketua Peneliti
2019	PENGEMBANGAN PRODUK BIO-INSEKTISIDA: Deteksi Gen <i>Cry</i> dan Karakteristik Genetik Entomopatogen Lokal <i>Bacillus</i> sp. serta Uji Toksisitasnya sebagai Biolarvasida Vektor Demam Berdarah Dengue	PUF 2019	Ketua Peneliti
2018	PENGEMBANGAN PRODUK BIOINSEKTISIDA: Isolasi dan Karakterisasi Fenotik Entomopatogen Lokal <i>Bacillus</i> sp. serta Uji Potensinya sebagai Biolarvasida Vektor Demam Berdarah Dengue	PUF 2018	Ketua Peneliti

## G. BUKU

<b>Tahun</b>	<b>Judul</b>	<b>Penerbit</b>
2023	Pengembangan Bioinsektisida Mikrobial: dari tahap Eksplorasi, menuju tahap Aplikasi	AUP Press, ISBN: 9786738986

## H. PATEN

Tahun	Judul	Jenis Paten
2024	Formula Biopestisida Berbasis Konsorsium Isolat Bakteri Indigenos, Berupa <i>Bacillus subtilis</i> BK7.1 Dan <i>Bacillus mojavensis</i> EG6.4	Pendaftaran Paten

---

## I. PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT (5 TAHUN TERAKHIR)

1. PKM Pemberdayaan Pemuda Karang Taruna dan Ibu Ibu PKK untuk Mewujudkan Kampung Surabaya Smart City di Wilayah Surabaya Timur, Kerjasama Universitas Airlangga dengan PT Intiland Development Tbk. Universitas Airlangga 2020
2. Workshop Pembinaan Guru SMA Dalam Menghadapi Kompetisi Sains Nasional Bidang Biologi, RKAT FST, 2021
3. Pelatihan Pembuatan Preparat Fagostosis Pada Guru Biologi SMA Kabupaten Sidoarjo, RKAT FST, 2021
4. Pelatihan Pembuatan Nata De Coco Bagi Ibu.Ibu PKK RW XII Kelurahan Ampel Surabaya, RKAT FST 2021
5. Pelatihan Pembuatan dan Aplikasi Eco-Enzime, LLDIKTI VI, Surabaya 2022
6. Pedalaman Materi Genetika, Koordinasi dan Regulasi Pada Guru SMA, Biologi FST Unair 2022
7. Kelas Online “Taman Husada”, Departemen Biologi, FST Unair 2022
8. *Sustainable forest management and conservation for improving local society welfare*, Pengmas Internasional, Biologi, FST, Unair 2022
9. Berperan pada Perusahaan UKM MULYAJAYA sebagai Formulator dan konsultan Probiotik Tambak Udang, Kelompok Bidang Keahlian Mikrobiologi, Departemen Biologi, FST Unair 2022