

Judul penelitian:

Optimisasi Pembentukan Buah dan Produksi Minyak Kelapa Sawit Melalui Aplikasi Mikroba: Studi Tentang Identifikasi Mikroba Potensial, Inisiasi Pembentukan Buah, dan Pengaruh Mikroba terhadap Ekspresi Gen dalam Biosintesis Asam Lemak

A. Justifikasi dan Tujuan Penelitian:

Justifikasi

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) merupakan salah satu tanaman penghasil minyak nabati yang paling penting di dunia, yang memberikan kontribusi signifikan terhadap ekonomi global, terutama di negara-negara penghasil utama seperti Indonesia dan Malaysia. Industri kelapa sawit di Indonesia sampai tahun 2024 telah menyumbang sekitar USD 14.43 milyar dari total USD 181.14 milyar pendapatan dari ekspor non migas, dan berkontribusi 3.5% terhadap Produk Domestik Bruto (PDB) Indonesia pada tahun 2022 (Badan Pusat Statistik Indonesia, 2023). Produksi minyak kelapa sawit sangat penting karena minyaknya digunakan dalam berbagai industri mulai dari pangan, kosmetik, hingga biodiesel (Badan Riset dan Inovasi Nasional, 2024). Namun, dalam beberapa tahun terakhir, produksi kelapa sawit menghadapi berbagai tantangan yang mengancam keberlanjutan dan efisiensi produksi, termasuk terbatasnya lahan yang tersedia, degradasi lingkungan, dan perubahan iklim (Berita Pusat Standar Perkebunan, 2025). Oleh karena itu, inovasi dalam teknologi pertanian yang dapat meningkatkan hasil dan efisiensi produksi sangat dibutuhkan.

Salah satu pendekatan yang tengah mendapat perhatian dalam meningkatkan produktivitas kelapa sawit adalah melalui aplikasi mikroba yang dapat berperan dalam memperbaiki kesehatan tanah, meningkatkan pembentukan buah, serta meningkatkan biosintesis minyak pada tanaman. Aplikasi mikroba dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia yang tidak hanya meningkatkan biaya produksi tetapi juga berpotensi mencemari tanah dan air (Alori & Babalola, 2018). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa mikroba pengikat nitrogen dapat menggantikan sebagian besar pupuk nitrogen berbasis kimia (Guo et al., 2022). Berbagai penelitian menunjukkan bahwa mikroba, baik yang bersifat simbiotik maupun asosiasi, dapat mempengaruhi perkembangan tanaman dengan meningkatkan penyerapan nutrisi, meningkatkan daya tahan terhadap stres lingkungan, dan merangsang produksi metabolit sekunder yang berpotensi meningkatkan hasil tanaman (De Souza et al., 2020). Mikroba yang bermanfaat seperti bakteri dan fungi yang ditemukan pada tanah dan akar tanaman sawit, berpotensi menjadi agen untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas produksi buah serta minyak sawit.

Mengoptimalkan pembentukan buah dan produksi minyak kelapa sawit melalui pendekatan berbasis mikroba merupakan solusi yang berpotensi memberikan dampak signifikan dalam industri kelapa sawit, baik dari sisi efisiensi maupun keberlanjutan, berdasarkan data dari *Food and Agriculture Organization* (FAO), produksi minyak kelapa sawit terus meningkat, tetapi produktivitas per hektar cenderung stagnan akibat faktor-faktor seperti kualitas tanah yang menurun dan perubahan iklim (FAO, 2025). Dengan menggunakan mikroba yang tepat, produktivitas dapat ditingkatkan tanpa harus mengandalkan perluasan lahan yang berpotensi merusak lingkungan.

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa mikroba dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, serta meningkatkan ketersediaan nutrisi bagi tanaman sawit. Misalnya, bakteri yang menghasilkan fitohormon atau bakteri pengikat nitrogen dapat membantu tanaman sawit dalam mengatasi kekurangan unsur hara penting. Selain itu, aplikasinya tidak hanya terbatas pada pemupukan, tetapi juga pada aspek fisiologis tanaman yang dapat meningkatkan hasil

buah dan kualitas minyak. Sebagai contoh, *Azospirillum* dan *Rhizobium* dikenal dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan meningkatkan pembentukan buah.

Dalam konteks ini, penelitian mengenai aplikasi mikroba yang dapat merangsang pembentukan buah kelapa sawit dan meningkatkan biosintesis asam lemak, komponen utama minyak sawit, menjadi sangat relevan. Asam lemak, khususnya asam palmitat, memiliki kontribusi besar terhadap kualitas minyak sawit (Husain & Marzuki, 2021). Oleh karena itu, optimisasi biosintesis asam lemak melalui pendekatan berbasis mikroba dapat meningkatkan hasil produksi minyak kelapa sawit dengan cara yang lebih efisien dan ramah lingkungan. Dengan memahami mekanisme mikroba dalam mempengaruhi biosintesis asam lemak, penelitian ini juga berpotensi memberikan kontribusi terhadap pengembangan bioteknologi dalam sektor pertanian, khususnya dalam meningkatkan kualitas dan kuantitas minyak nabati yang dihasilkan dari kelapa sawit. Secara keseluruhan, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi penting mengenai pemanfaatan mikroba untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas kelapa sawit, serta memberikan solusi terhadap tantangan yang dihadapi oleh industri kelapa sawit saat ini. Temuan dari penelitian ini diharapkan dapat membuka peluang untuk pengembangan produk mikroba yang dapat diproduksi secara massal dan diterapkan dalam skala industri, sehingga membantu memperbaiki hasil kelapa sawit secara berkelanjutan.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi mikroba potensial yang dapat digunakan untuk meningkatkan pembentukan buah kelapa sawit dan produksi minyak, lebih spesifik, sebagai berikut:

1. Identifikasi Mikroba Potensial

Tujuan pertama dari penelitian ini adalah mengidentifikasi mikroba yang memiliki potensi untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas pertumbuhan kelapa sawit. Mikroba yang dimaksud dapat berupa bakteri maupun fungi yang ditemukan berasosiasi pada tanaman kelapa sawit atau bagian tanaman yang sehat. Mikroba ini akan diseleksi berdasarkan perannya dalam memperbaiki pertumbuhan, perkembangan, kesehatan, dan produktivitas tanaman, seperti mikroba yang mampu menghasilkan fitohormon asam indolasetat (IAA) dan sitokinin, mikroba penghasil amonia, siderofor, dan ACC deaminase, dan mikroba pelarut fosfat, akan diuji lebih lanjut.

2. Inisiasi Pembentukan Buah

Selanjutnya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui apakah aplikasi mikroba dapat merangsang proses fisiologis yang mengarah pada peningkatan pembentukan buah kelapa sawit. Pembentukan buah yang optimal sangat berpengaruh terhadap produksi minyak sawit, beberapa jenis mikroba memiliki kemampuan untuk menghasilkan fitohormon maupun terlibat dalam pembentukan hormon endogen pada tanaman misalnya hormon auksin dan sitokinin, yang dapat memicu pembelahan sel dan pertumbuhan jaringan. Dalam konteks ini, identifikasi secara molekuler pada beberapa gen pembentukan buah dan partenokarpi akan diidentifikasi sebagai indikator positif dari peningkatan pembentukan buah.

3. Pengaruh Mikroba terhadap Ekspresi Gen dalam biosintesis Asam Lemak

Asam lemak, khususnya asam palmitat, adalah komponen utama dari minyak kelapa sawit. Oleh karena itu, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi bagaimana aplikasi mikroba dapat memengaruhi ekspresi gen-gen yang terlibat dalam biosintesis asam lemak pada tanaman kelapa sawit. Beberapa gen yang terlibat dalam biosintesis asam lemak seperti Acetyl-CoA carboxylase (ACC), Fatty acid desaturase (FAD), dan Stearoyl-ACP desaturase akan

dievaluasi untuk melihat perubahan ekspresinya setelah perlakuan dengan mikroba. Perubahan ekspresi gen inidapat memberikan wawasan tentang mekanisme mikroba dalam meningkatkan produksi minyak kelapa sawit.

B. Metodologi Penelitian

Jenis Penelitian

Penelitian ini terbagi menjadi tiga tahap utama yakni tahap identifikasi mikroba potensial, aplikasi mikroba dalam inisiasi pembentukan buah, dan pengaruh mikroba terhadap ekspresi gen dan biosintesis asam lemak (Gambar 1.). Pada tahap pertama, penelitian lebih banyak secara deskriptif dan eksploratif untuk mendapatkan isolat-isolat mikroba baik bakteri maupun fungi yang berpotensi dalam peningkatan pertumbuhan dan mencari kandidat bakteri yang sesuai untuk inisiasi pembentukan buah. Pada tahap ke-dua dan ke-tiga, pendekatan secara eksperimental yang bertujuan untuk mengetahui efek terhadap pertumbuhan, inisiasi pembuahan, dan serta memahami mekanisme molekuler yang terlibat dalam biosintesis asam lemak.

Instrumen penelitian dan pengambilan data penelitian

1. Identifikasi mikroba potensial

Identifikasi Mikroba dilakukan setelah melakukan sampling meliputi beberapa sumber yaitu: mikroba epifit, endofit, rhizosfer, dan mikroba normal pada kumbang (*Elaidobius kamerunicus*) yang hidup di area perkebunan sawit PT. Bumitama Gunajaya Agro. Selain itu, faktor area perkebunan yang memiliki produktivitas tinggi dan rendah akan digunakan sebagai studi pendahuluan dengan platform *Next Generation Sequencing* (NGS). Identifikasi molekuler terhadap bakteri yang didapatkan dilakukan setelah identifikasi morfologi dan fisiologi (*bioassays*) dilakukan (Bosco, 2024). Pengujian bioassay meliputi beberapa kemampuan diantaranya: produksi fitohormon auxin (IAA) dan sitokinin, produksi siderofor, ammonia, dan ACC deaminase, pelarut posfat, dan antimikroba. Beberapa kemampuan tersebut menjadi kunci determinasi utama dalam memilih mikroba yang sesuai untuk eksperimen.

2. Eksperimen aplikasi mikroba untuk inisiasi pembentukan buah

Ada tiga tahapan penting dalam eksperimen ini, pertama, isolat mikroba yang berhasil diidentifikasi dan terpilih berdasarkan uji fisiologis akan diujikan kemampuannya dalam merangsang pertumbuhan (Bosco, 2024). Uji ini akan dilakukan dengan menanam benih kelapa sawit dalam kondisi terkontrol di dalam kebun percobaan. Kedua, mengacu pada penelitian (Montoya et al., 2023) dengan modifikasi menggunakan mikroba, mikroba penghasil fitohormon IAA dan sitokinin akan digunakan untuk eksperimen inisiasi pembentukan buah yakni dengan metode *spray* (semprot) dengan menggunakan formula bakteri dan biosurfaktan yang diaplikasikan pada bunga betina yang telah mekar di perkebunan. Penyemprotan dilakukan dua kali dalam interval 24 jam. Tingkat ekspresi gen terkait pembentukan buah di ambil sebelum penyemprotan, saat penyemprotan, 7 hari, 14 hari dan 30 hari pasca penyemprotan untuk membandingkan tingkat ekspresi gen yang dipicu oleh interaksi mikroba dan bakal buah. Beberapa target gen dalam inisiasi pembentukan buah mengacu pada beberapa penelitian terbaru mengenai regulator dan gen utama, juga beberapa gen terlibat dalam pematangan buah sawit (Apriyanto et al., 2023; Dussert et al., 2013; Montoya et al., 2023). Ketiga, menghitung intensitas kedatangan serangga polinator pada bunga sawit yang telah disemprot dengan mikroba. Tahapan ini menjadi penting untuk melakukan evaluasi pada potensi pembentukan buah dengan bantuan

polinator alami seperti kumbang (*Elaidobius kamerunicus*). Selain ekspresi gen, jumlah buah dan berat buah, aspek fisiologis berupa kadar klorofil juga perlu diukur.

3. Pengaruh mikroba terhadap ekspresi gen dan biosintesis asam lemak

Setelah proses aplikasi yang sama dengan tahapan kedua sebelumnya, tahap selanjutnya adalah mengevaluasi pengaruh mikroba terhadap ekspresi gen yang terlibat dalam biosintesis asam lemak pada tanaman kelapa sawit yang ada di kebun percobaan maupun pada bunga yang telah diberi perlakuan mikroba. Adapun langkah-langkah dalam evaluasi ini meliputi: ekstraksi total RNA dari sampel jaringan kelapa sawit (akar dan bakal buah) akan dikumpulkan pada beberapa titik yang sama seperti tahap sebelumnya yaitu sebelum penyemprotan, saat penyemprotan, 7 hari, 14 hari dan 30 hari pasca penyemprotan. Total RNA diekstraksi dengan menggunakan kit RNA. Berikutnya, analisis ekspresi gen yang terlibat dalam biosintesis asam lemak seperti Acetyl-CoA carboxylase, Fatty acid desaturase (FAD), Stearoyl-ACP desaturase dan beberapa gen lainnya. Primer spesifik akan memastikan amplifikasi yang efisien. Hasil ekspresi gen akan dianalisis untuk membandingkan tingkat ekspresi antara perlakuan mikroba dengan kontrol. Perubahan ekspresi gen dalam respon terhadap aplikasi mikroba akan memberikan wawasan mengenai mekanisme mikroba dalam merangsang biosintesa asam lemak (Sarimana et al., 2021).

4. Analisis Data dan Evaluasi

Data yang diperoleh dari percobaan pertumbuhan tanaman dan hasil pembentukan buah akan dianalisis menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk menentukan perbedaan signifikan antara perlakuan. Lebih lanjut data tersebut akan dilanjutkan dengan menggunakan Duncan test. Selanjutnya, setelah data ekspresi gen diperoleh, analisis korelasi antara ekspresi gen dan parameter pembentukan buah akan dilakukan untuk mengevaluasi hubungan tanaman dengan mikroba juga akan dilakukan analisis keterkaitannya. Hasil penelitian ini akan dipublikasikan dalam jurnal ilmiah internasional bereputasi, serta dipresentasikan dalam seminar ilmiah nasional dan internasional. Penelitian ini dapat membuka jalan untuk solusi baru yang ramah lingkungan dalam meningkatkan hasil produksi kelapa sawit, mengurangi ketergantungan pada input kimia, dan meningkatkan keberlanjutan pertanian kelapa sawit.



Gambar 1. Bagan alir penelitian aplikasi mikroba pada kelapa sawit.

C. Rincian Kebutuhan Biaya

Tabel 1. Rancangan Anggaran Biaya

Komponen dan item kebutuhan biaya penelitian	Satuan	Volume	Harga (Rp.)	Total (Rp.)
A. Biaya Personalia				
Peneliti Utama	Orang	1	35.000.000	35.000.000
Asisten Peneliti	Orang	1	12.000.000	12.000.000
Tenaga Teknis	Orang	2	9.000.000	18.000.000
Subtotal A				65.000.000
B. Biaya Material dan Peralatan				
Media Isolasi dan pengujian bioassay mikroba	Paket	1	20.000.000	20.000.000
Bahan kimia untuk eksperimen bioteknologi dan kultur	Paket	1	20.000.000	20.000.000
Kit ekstraksi DNA dan RNA	Paket	1	17.000.000	17.000.000
Kit RT PCR	Paket	1	17.000.000	17.000.000
Peralatan laboratorium dan kebun percobaan (<i>Greenhouse</i>)	Paket	1	30.000.000	30.000.000
Subtotal B				104.000.000
C. Biaya Pengujian dan Analisis				
Biaya sequencing NGS, 16S rRNA, dan analisis bioinformatika	Paket	6	6.000.000	36.000.000
Uji ekspresi gen qPCR	Paket	2	6.000.000	12.000.000
Analisis metabolit untuk asam lemak HPLC dan GC-MS	Paket	2	9.000.000	18.000.000
Subtotal C				66.000.000
D. Biaya Publikasi dan Penyebaran Hasil				
Biaya publikasi jurnal internasional	Paket	1	22.000.000	22.000.000
Biaya konferensi atau seminar untuk penyebarluasan hasil	Paket	1	6.000.000	6.000.000

Subtotal D				28.000.000
E. Biaya Akomodasi dan Transportasi				
Transportasi untuk perjalanan penelitian ke lokasi kelapa sawit atau pengambilan sampel	Paket	1	15.000.000	15.000.000
Akomodasi untuk peneliti yang melakukan perjalanan dinas penelitian	Paket	2	5.000.000	10.000.000
Subtotal E				25.000.000
F. Biaya Lain-lain				
Administrasi dan biaya operasional lainnya	Paket	1	7.000.000	7.000.000
Biaya tak terduga	Paket	1	5.000.000	5.000.000
Subtotal F				12.000.000
Grand total				300.000.000

Detail Kegiatan Penelitian dan Output

1. persiapan dan Perencanaan Penelitian (Bulan 1)
 - Tujuan tahapan ini untuk menyusun rencana penelitian secara detail dan mengatur seluruh logistik yang dibutuhkan
 - Output tahap ini meliputi: rencana penelitian yang mencakup metodologi eksperimen, jadwal, dan pengadaan bahan.
 - Kegiatan yang dilakukan yaitu menyusun rencana penelitian, pengadaan alat dan bahan, dan persiapan administrasi untuk proyek.
2. Isolasi dan Karakterisasi Mikroba (Bulan 2-3)
 - Tujuan tahap ini untuk mengisolasi mikroba yang dapat diaplikasikan untuk meningkatkan pembentukan buah dan biosintesis kelapa sawit.
 - Outputnya berupa mikroba yang berhasil diisolasi dan diidentifikasi sebagai mikroba potensial.
 - Kegiatan berupa pengumpulan sampel dari tanah, akar, batang, daun, dan buah kelapa sawit, serta isolasi mikroba potensial, dilanjutkan dengan karakterisasi melalui bioassay dan molekuler.
3. Pembuatan Kultur Mikroba dan Persiapan Media Tanam (Bulan 4)
 - Tujuannya menyiapkan kultur mikroba terpilih serta media tanam yang diperlukan untuk percobaan.
 - Outputnya berupa kultur mikroba siap digunakan dan media kultur mikroba maupun tanaman uji.
 - Kegiatan yang dilakukan yaitu menyiapkan kultur mikroba dalam jumlah yang cukup, serta menyiapkan media tanam untuk perlakuan mikroba.
4. Uji Terhadap Pembentukan Buah dan Pengaruh mikroba (Bulan 5-8)
 - Tujuannya untuk mengaplikasikan mikroba ke tanaman kelapa sawit (bungan betina) untuk menguji efek terhadap pembentukan buah dan melihat pengaruhnya terhadap jalur sintesis asam lemak pada buah.
 - Outputnya berupa data awal mengenai inisiasi pembentukan buah secara morfologi dan molekuler, serta profil ekspresi gen dalam sintesis asam lemak.
 - Kegiatan yang dilakukan yaitu penerapan perlakuan mikroba pada tanaman sawit, pemantauan pertumbuhan, perkembangan bunga dan buah, serta pengukuran kuantifikasi dengan qPCR.
5. Analisis Ekspresi Gen dan Pengaruh Mikroba Terhadap Biosintesis Asam Lemak (Bulan 5-8)
 - Tujuannya untuk mengaplikasikan mikroba pada tanaman sawit (*seedling* atau TBM) untuk menguji efek terhadap pertumbuhan dan jalur metabolisme/sintesis asam lemak pada tanaman.
 - Outputnya berupa data ekspresi gen dan profil metabolit.
 - Kegiatan yang dilakukan yaitu pengambilan sampel dari tanaman yang diberi perlakuan mikroba, analisis qPCR, dan analisis komponen metabolit dengan HPLC dan GC-MS.

6. Pengolahan Data dan Analisis Statistik (Bulan 9-10)
 - Tujuan tahap ini yaitu mengolah data eksperimen dan menganalisis hasil eksperimen
 - Output tahap ini berupa hasil analisis yang menunjukkan efek mikroba terhadap inisiasi pembentukan buah dan biosintesis asam lemak.
 - Kegiatannya berupa pengolahan data eksperimen, analisis statistic untuk membandingkan hasil antara perlakuan dengan control.
7. Penyusunan Laporan Akhir dan Draft Publikasi (Bulan 10-11)
 - Tujuan tahap ini yaitu menyusun laporan akhir dan draft publikasi
 - Output tahap ini berupa laporan dan draft publikasi yang telah selesai minimal 85%
 - Kegiatannya berupa penyusunan laporan akhir penelitian, penulisan dan revisi draft artikel ilmiah
8. Publikasi dan Penyebaran Hasil/Diseminasi (Bulan 12)
 - Tujuan tahap ini untuk mempublikasikan hasil penelitian di jurnal internasional dan melakukan diseminasi baik melalui konferensi ilmiah atau secara tertutup dengan Perusahaan
 - Output pada tahap ini adalah artikel yang telah di submit dan atau konferensi ilmiah.
 - Kegiatannya berupa pengiriman artikel ke jurnal ilmiah dan melakukan presentasi hasil

E. Analisis Cost & Benefit (Impact Hasil Penelitian)

Analisis Biaya (*Cost*)

Total pengeluaran yang dibutuhkan untuk menjalankan penelitian mengacu pada pagu yang telah diberikan oleh pemberi dana penelitian dalam hal ini PT. Bumitama Gunajaya Agro, sebesar Rp. 300,000,000.-. Dari total pendanaan ini, akan dibagi menjadi enam komponen biaya utama yang terdiri dari biaya personalia (21.7%), biaya material dan peralatan (34.7%), biaya pengujian dan analisis (22%), biaya publikasi dan penyebaran hasil (9.3%), biaya akomodasi dan transportasi (8.3%), dan biaya lain-lain (4%).

Setiap komponen pembiayaan memiliki fungsi dan tujuan masing-masing. Pembayaran untuk peneliti utama, asisten peneliti, dan tenaga teknis penting untuk mendukung tim peneliti dalam merancang eksperimen, pengumpulan data, analisis, dan penyusunan laporan. Kemudian, pembelian bahan kimia, isolasi mikroba, alat laboratorium, dan media untuk eksperimen merupakan bahan-bahan yang sangat esensial dalam proses seleksi mikroba potensial dan menyiapkan media untuk eksperimen. Adapun alat-alat yang digunakan beberapa sudah termasuk kedalam alat-alat yang biasa digunakan dalam laboratorium bersertifikat seperti pada laboratorium sentral dan laboratorium biokimia yang ada di lingkungan Universitas Negeri Malang. Selanjutnya, pengujian seperti analisis ekspresi gen dan analisis metabolit asam lemak, terdiri dari biaya laboratorium yang digunakan untuk evaluasi tanaman kelapa sawit setelah perlakuan mikroba. Kemudian, biaya publikasi dan konferensi ini diperlukan untuk proses penyebarluasan temuan penelitian pada komunitas global sesuai dengan syarat dan ketentuan yang disepakati. Komponen lainnya yaitu biaya akomodasi dan transportasi khususnya diperlukan dalam proses pengambilan sampel dan perlakuan di

kawasan perkebunan. Terakhir, biaya lain-lain difokuskan untuk biaya operasional dan administrasi yang sangat mungkin terjadi seiring pelaksanaan penelitian.

Analisis Manfaat (*Benefit*)

Manfaat atau dampak dari penelitian ini dapat dilihat dari berbagai aspek, baik dari segi akademis, praktis, maupun industry. Berikut adalah beberapa manfaat utama dari penelitian yang diharapkan dari hasil penelitian ini:

1. Manfaat Ekonomi dan Industri

- Peningkatan produktivitas kelapa sawit

Salah satu manfaat terbesar dari penelitian ini nantinya adalah peningkatan hasil buah kelapa sawit melalui induksi oleh mikroba. Tentu saja, peningkatan hasil buah kelapa sawit akan berhubungan langsung dengan produksi minyak sawit. Mikroba mampu merangsang pembentukan buah atau meningkatkan kualitas minyak sawit yang dapat mempercepat siklus produksi dan meningkatkan hasil per hektar, yang pada gilirannya akan memberikan keuntungan ekonomi lebih besar bagi Perusahaan.

- Efisiensi biaya produksi

Dengan menggunakan mikroba yang dapat meningkatkan pembentukan buah atau kualitas minyak, Perusahaan kelapa sawit bisa mengurangi biaya operasional untuk perawatan tanaman, termasuk penggunaan pestisida atau pupuk kimia yang mahal. Penggunaan mikrobasebagai biostimulan bisa menjadi alternatif yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis.

- Sumber pendapatan baru

Penggunaan mikroba dalam pertanian membuka potensi pengembangan produk bioteknologi mikroba komersial yang dapat dijual ke industri kelapa sawitatau sektor pertanian lainnya. Ini dapat menjadi sumber pendapatan baru bagi pihak-pihak yang terlibat dalam riset dan aplikasi komersial mikroba.

2. Manfaat Lingkungan dan Keberlanjutan

- Pengurangan ketergantungan pada pupuk dan pestisida kimia

Salah satu manfaat lingkungan yang signifikan adalah potensi untuk mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia dan pestisida. Dengan aplikasi mikroba yang dapat meningkatkan Kesehatan tanaman dan hasil produksi, industri kelapa sawit dapat lebih ramah lingkungan, yang berkontribusi pada pencapaian Sustainable Development Goals (SDGs), khususnya yang berkaitan dengan keberlanjutan pertanian dan pengelolaan sumber daya alam yang lebih baik.

- Peningkatan Kesehatan tanah

Mikroba yang diterapkan dengan benar dapat meningkatkan Kesehatan tanah dengan meningkatkan proses dekomposisi bahan organik dan memperbaiki kualitas tanah. Hal ini membantu menjaga kesuburan tanah untuk jangka Panjang dan mengurangi degradasi tanah.

3. Manfaat Ilmiah dan Akademik

- Kontribusi pada pengetahuan ilmiah

Penelitian ini akan memberikan kontribusi penting pada pengetahuan ilmiah mengenai interaksi antara mikroba dan tanaman, serta pengaruh mikroba terhadap biosintesis asam lemak dan genetik tanaman kelapa sawit. Hasil penelitian ini akan memperkaya literatur ilmiah di bidang bioteknologi pertanian dan mikrobiologi.

- Pengembangan karir akademik

Bagi peneliti utama dan tim, penelitian ini akan memberikan kesempatan untuk membangun portofolio akademik yang kuat, dengan publikasi internasional di jurnal terindeks Scopus/WoS, serta kesempatan untuk mempresentasikan temuan di konferensi global. Hal ini sangat penting untuk memperkuat reputasi akademik dan membukan peluang Kerjasama internasional.

- Pengembangan kemampuan mahasiswa

Mahasiswa yang terlibat dalam penelitian ini, baik sebagai asisten penelitian atau bimbingan skripsi, akan mendapatkan pengalaman langsung dalam riset mikrobiologi, bioteknologi, dan analisis genetik tanaman. Hal ini akan meningkatkan kompetensi dan keterampilan praktis mereka, yang bermanfaat untuk karier mereka di masa depan.

4. Manfaat Sosial

- Peningkatan kesejahteraan petani

Dengan meningkatnya produktivitas kelapa sawit melalui aplikasi mikroba, petani kecil yang mengandalkan kelapa sawit sebagai sumber pendapatan utama dapat merasakan dampak positif dalam bentuk pendapatan yang lebih stabil dan lebih tinggi. Ini juga akan berkontribusi pada pemberdayaan Masyarakat di daerah Perkebunan kelapa sawit.

- Pengurangan dampak lingkungan

Dengan mengurangi penggunaan bahan kimia dalam pertanian kelapa sawit dan mengadopsi pendekatan berbasis mikroba, penelitian ini berpotensi membantu mengurangi polusi kerusakan ekosistem yang sering terjadi akibat penggunaan pestisida dan pupuk kimia.

Secara umum, meskipun ada biaya yang diperlukan untuk penelitian ini, manfaat yang dihasilkan akan jauh lebih besar baik dari segi ekonomi, lingkungan, akademis, maupun social. Dengan total biaya penelitian sebesar Rp. 300,000,000, yang mencakup biaya untuk personalia, material, analisis, publikasi, transportasi, dan biaya lainnya yang mendukung keberhasilan penelitian. Beberapa manfaat yang diharapkan dari penelitian ini:

1. Peningkatan produktivitas kelapa sawit dan produksi minyak sawit yang lebih efisien.
2. Pengurangan biaya produksi melalui alternatif mikroba yang lebih ramah lingkungan.
3. Kontribusi pada keberlanjutan pertanian dan pengelolaan tanah yang lebih baik.
4. Peningkatan reputasi akademik dan peluang kolaborasi internasional.
5. Pemberdayaan petani kelapa sawit dan peningkatan kesejahteraan masyarakat.

Referensi

- Alori, E. T., & Babalola, O. O. (2018). Microbial Inoculants for Improving Crop Quality and Human Health in Africa. *Frontiers in Microbiology*, *9*.
<https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.02213>
- Apriyanto, A., Compart, J., & Fettke, J. (2023). Transcriptomic analysis of mesocarp tissue during fruit development of the oil palm revealed specific isozymes related to starch metabolism that control oil yield. *Frontiers in Plant Science*, *14*.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1220237>
- Badan Pusat Statistik Indonesia. (2023). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia 2023*.
<https://www.bps.go.id/id/publication/2024/11/29/d5dcb42ab730df1be4339c34/statistik-kelapa-sawit-indonesia-2023.html>
- Badan Riset dan Inovasi Nasional. (2024). *Peran Industri Minyak Kelapa Sawit Indonesia di Bidang Ekonomi*. BRIN - Peran Industri Minyak Kelapa Sawit Indonesia di Bidang Ekonomi. <https://brin.go.id/news/120268/peran-industri-minyak-kelapa-sawit-indonesia-di-bidang-ekonomi>
- Berita Pusat Standar Perkebunan. (2025). *Berita PSI Perkebunan—Mengatasi Tantangan Pengelolaan Perkebunan Kelapa Sawit Indonesia*.
<https://perkebunan.bsip.pertanian.go.id/berita/mengatasi-tantangan-pengelolaan-perkebunan-kelapa-sawit-indonesia>
- Bosco, S. (2024). Screening and characterization of bacterial and fungal endophytes as potential biocontrol agents for rice seed dressing against *Fusarium fujikuroi*. *Biological Control*.
- De Souza, R. S. C., Armanhi, J. S. L., & Arruda, P. (2020). From Microbiome to Traits: Designing Synthetic Microbial Communities for Improved Crop Resiliency. *Frontiers in Plant Science*, *11*, 1179. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.01179>
- Dussert, S., Guerin, C., Andersson, M., Joët, T., Tranbarger, T. J., Pizot, M., Sarah, G., Omore, A., Durand-Gasselín, T., & Morcillo, F. (2013). Comparative transcriptome analysis of three oil palm fruit and seed tissues that differ in oil content and fatty acid composition. *Plant Physiology*, *162*(3), 1337–1358.
<https://doi.org/10.1104/pp.113.220525>
- FAO. (2025). *Indonesia | World Agriculture Watch | Food and Agriculture Organization of the United Nations*. <https://www.fao.org/world-agriculture-watch/our-program/idn/en/>
- Guo, K., Yang, J., Yu, N., Luo, L., & Wang, E. (2022). Biological nitrogen fixation in cereal crops: Progress, strategies, and perspectives. *Plant Communications*, *4*(2), 100499.
<https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100499>
- Husain, F., & Marzuki, I. (2021). Pengaruh Temperatur Penyimpanan Terhadap Mutu dan Kualitas Minyak Goreng Kelapa Sawit. *Jurnal Serambi Engineering*, *6*(4).
<https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3470>
- Montoya, C., Mejia-Alvarado, F. S., Botero-Rozo, D., Ayala-Diaz, I. M., & Romero, H. M. (2023). Parthenocarpy-related genes induced by naphthalene acetic acid in oil palm interspecific O × G [*Elaeis oleifera* (Kunth) Cortés × *Elaeis guineensis* Jacq.] hybrids. *Frontiers in Genetics*, *14*. <https://doi.org/10.3389/fgene.2023.1099489>
- Sarimana, U., Priadi, D. P., Hasmeda, M., Erika, P., Herrero, J., Santika, B., Wendra, F., Sembiring, Z., & Asmono, D. (2021). CANDIDATE GENES IDENTIFICATION OF OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq.) INTEREST CHARACTERS USING PUBLISHED DATABASE. *BIOVALENTIA: Biological Research Journal*, *7*(1), Article 1. <https://doi.org/10.24233/biov.7.1.2021.188>