

---

## Effect of Oil Palm Empty Fruit Bunch Biochar and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the Growth of Maritam (*Nephelium ramboutan-ake* Leenh.) Seedlings

---

### Pemanfaatan Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit dan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam (*Nephelium Ramboutan-ake* Leenh.)

---

Purwati<sup>1</sup>, Akhmad Sopian<sup>2</sup>, Raisa Intan Felisa<sup>3</sup>

Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda, Indonesia

purwati@uwgm.ac.id<sup>1</sup>, akhmad SOPIAN@uwgm.ac.id<sup>2</sup>, raisa@gmail.com<sup>3</sup>

Correspondence author Email: purwatimaklim@gmail.com

Paper received: July 2026; Accepted: July 2026; Publish: July 2026

---

#### Abstract

This study aimed to analyze and evaluate the effects of oil palm empty fruit bunch (OPEFB) biochar and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) on the growth of maritam (*Nephelium ramboutan-ake* Leenh.) seedlings, as well as to determine whether the OPEFB biochar and maritam seedlings met the Indonesian National Standard (SNI). The experiment was conducted at the Experimental Field of the Faculty of Agriculture, Widya Gama Mahakam University (UWGM), Samarinda, Indonesia. The study employed a Randomized Complete Block Design (RCBD) with a factorial arrangement and three replications. The first factor was the application rate of OPEFB biochar:  $b_0$  = no biochar (control),  $b_1$  = 300 g plant<sup>-1</sup>,  $b_2$  = 600 g plant<sup>-1</sup>, and  $b_3$  = 900 g plant<sup>-1</sup>. The second factor was the PGPR application rate:  $p_0$  = no PGPR (control),  $p_1$  = 100 mL plant<sup>-1</sup>,  $p_2$  = 200 mL plant<sup>-1</sup>, and  $p_3$  = 300 mL plant<sup>-1</sup>. A total of 36 maritam seedlings were used as experimental units. The observed variables included plant height (cm), stem diameter (mm), and number of leaves. The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by a post hoc multiple comparison test to determine significant differences among treatments. The results showed that OPEFB biochar application significantly affected plant height at one month after planting but had no significant effect on stem diameter or number of leaves. Similarly, PGPR application significantly increased plant height at one month after planting but did not significantly affect stem diameter or number of leaves. The interaction between OPEFB biochar and PGPR significantly affected plant height at three months after planting, whereas no significant interaction was observed for stem diameter or number of leaves. Fertilization with TKKS biochar at a dose of 900 g and 100 ml PGPR provided the best growth of maritam seedlings.

**Keywords:** Biochar; PGPR; *Nephelium ramboutan-ake*; Seedling

---

#### Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah menganalisis dan mengevaluasi biochar TKKS dan PGPR terhadap pertumbuhan bibit maritam serta mengetahui produk biochar TKKS dan bibit maritam sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI). Penelitian ini dilaksanakan di Lahan Percobaan Fakultas Pertanian UWGM Samarinda. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan percobaan faktorial dan diulang sebanyak 3 kali. Faktor pertama adalah dosis biochar TKKS yaitu :  $b_0$  = tanpa biochar (kontrol),  $b_1$  = 300 gr per tanaman,  $b_2$  = 600 gr per tanaman,  $b_3$  = 900 gr per tanaman. Faktor kedua adalah dosis PGPR yaitu :  $p_0$  = tanpa PGPR (kontrol),  $p_1$  = 100 ml per tanaman,  $p_2$  = 200 ml per tanaman dan  $p_3$  = 300 ml per tanaman. Jumlah satuan percobaan adalah 36 bibit maritam. Variabel yang diamati meliputi: Tinggi tanaman (cm), Diameter batang (mm) dan jumlah daun (helai). Data dianalisis menggunakan metode Analisis Varian (ANOVA). Uji lanjut dilakukan untuk melihat perbedaan antar perlakuan yang signifikan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemupukan biochar TKKS berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 1 bulan, namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun. Pemupukan PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 1 bulan namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun. Interaksi antara biochar TKKS dan PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 3 bulan namun tidak berpengaruh nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun. Pemupukan biochar TKKS dengan dosis 900 g dan 100 ml PGPR memberikan pertumbuhan bibit maritam yang terbaik.

**Keywords:** Biochar, TKKS, PGPR, Bibit Maritam

---

#### Copyright and License

Authors retain copyright and grant the journal right of first publication with the work simultaneously licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License that allows others to share the work with an acknowledgment of the work's authorship and initial publication in this journal.



---

## 1. Pendahuluan

Maritam atau tenggaring (*Nephelium ramboutan-ake* Leenh) merupakan buah endemik khas Pulau Kalimantan yang memiliki kemiripan dengan rambutan, namun dengan perbedaan mencolok pada kulit buahnya yang memiliki tonjolan seperti duri tumpul. Buah ini berwarna merah marun saat matang dan memiliki daging buah putih yang melekat kuat pada bijinya. Maritam tumbuh pada musim hujan, antara Oktober hingga Desember, dan tersebar di daerah hutan dataran rendah Kalimantan hingga ketinggian 300 m dpl.

Keberadaan tanaman maritam semakin langka akibat terbatasnya daerah persebaran dan pemanfaatan yang belum optimal. Padahal, maritam memiliki nilai ekologis dan ekonomis, tidak hanya dari buahnya, tetapi juga dari bagian kayu yang digunakan untuk keperluan rumah tangga, serta sebagai tanaman peneduh di pekarangan (Rohliansyah, 2007). Oleh karena itu, upaya konservasi melalui pengembangan teknologi pembibitan menjadi penting untuk dilakukan.

Salah satu pendekatan potensial dalam mendukung pertumbuhan bibit tanaman adalah penggunaan pupuk biochar dan mikroba rizosfer, seperti *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Biochar memiliki kemampuan untuk memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah, meningkatkan pH tanah, kapasitas tukar kation (KTK), ketersediaan unsur hara, dan kualitas hasil pertanian (Atkinson et al., 2010; Ahmad et al., 2020). Biochar dapat menjaga kelembaban dan kesuburan tanah, memperbaiki pertumbuhan dan kesehatan tanaman, memiliki potensi untuk memperbaiki kualitas tanah (Haryanti et al., 2018).

Sementara itu, PGPR dapat berperan sebagai agen biostimulan dan bioprotektan, meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui sintesis hormon tumbuh serta memfasilitasi penyerapan hara dan perlindungan terhadap patogen (Ashrafuzzaman et al., 2009; Marom et al., 2017).

Penelitian mengenai pemanfaatan biochar dan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) telah dilakukan pada tanaman budidaya cabai, tomat, jagung, padi, kelapa sawit, kakao, dan beberapa tanaman buah. Sebagian besar penelitian menunjukkan bahwa biochar mampu memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, sedangkan PGPR berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, produksi fitohormon, serta ketahanan tanaman terhadap cekaman (Malik et al., 2022).

Namun penelitian mengenai teknologi pembibitan maritam (*Nephelium ramboutan-ake* Leenh.) masih terbatas, khususnya terkait pemanfaatan kombinasi biochar tandan kosong kelapa sawit dan PGPR. Penelitian-penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada tanaman budidaya utama serta aspek konservasi tanaman buah lokal tanpa mengkaji teknologi pembibitan secara spesifik. Oleh karena itu, penelitian ini diperlukan untuk menghasilkan teknologi pembibitan yang mampu meningkatkan kualitas bibit maritam sebagai upaya mendukung konservasi ex situ, pemanfaatan plasma nutfah lokal Kalimantan,

serta pengembangan budidaya yang berkelanjutan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan kombinasi biochar TKKS dan PGPR pada bibit maritim serta penyusunan rekomendasi teknologi pembibitan berbasis sumber daya lokal yang belum banyak dilaporkan dalam penelitian sebelumnya.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1. Waktu dan Tempat Riset**

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan bertempat di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Widya Gama Mahakam Samarinda. Kegiatan penelitian ini akan berlangsung selama 4 bulan.

### **2.2. Bahan dan Alat Riset**

Alat yang digunakan meliputi: cangkul, parang, gembor, timbangan, *micrometerscrub*, meteran, pH meter, label perlakuan, ember plastik, panci, kompor, jerigen, gas elpiji, terpal, cetok, spidol, dan kamera.

Bahan-bahan yang diperlukan antara lain: bibit maritim, tandan kosong kelapa sawit (TKKS), polybag, air, akar bambu, akar putri malu, akar jagung, akar rumput teki, gula pasir, terasi, dedak, penyedap rasa ayam, dan kapur sirih.

### **2.3. Variabel Riset**

#### **2.3.1. Variabel Bebas**

Penelitian ini menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial dua faktor yang diulang sebanyak tiga kali.

Faktor pertama adalah dosis biochar TKKS:

b0 = tanpa biochar (kontrol)

b1 = 300 gram per tanaman

b2 = 600 gram per tanaman

b3 = 900 gram per tanaman

Faktor kedua adalah dosis PGPR:

p0 = tanpa PGPR (kontrol)

p1 = 100 ml per tanaman

p2 = 200 ml per tanaman

Jumlah satuan percobaan adalah 36 bibit maritim.

Penentuan dosis biochar tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) dalam penelitian ini didasarkan pada hasil-hasil penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa kedua bahan tersebut efektif meningkatkan pertumbuhan tanaman. Biochar berfungsi sebagai pembenah tanah untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah serta PGPR berperan dalam

produksi fitohormon, pelarutan fosfat, fiksasi nitrogen, dan peningkatan efisiensi penyerapan unsur hara (Malik et al., 2022).

Dosis biochar yang digunakan dalam penelitian ini yaitu **0, 300, 600, dan 900 g per tanaman** dipilih untuk memperoleh kisaran dosis rendah hingga tinggi yang realistis diterapkan pada fase pembibitan. Rentang dosis diharapkan terdapat respons pertumbuhan bibit maritim dengan peningkatan dosis biochar dan menentukan dosis optimum terhadap pertumbuhan bibit. Menurut Lehmann dan Joseph (2015), respons tanaman terhadap biochar dipengaruhi oleh jenis biochar dan dosis yang diberikan untuk memperoleh rekomendasi yang sesuai.

Adapun dosis PGPR ditentukan berdasarkan penggunaan yang diterapkan pada fase pembibitan tanaman hortikultura dan perkebunan, yaitu **0, 10, 20, dan 30 mL L<sup>-1</sup> air**. Variasi konsentrasi bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas PGPR dalam merangsang pertumbuhan bibit maritim serta mengetahui adanya interaksi dengan biochar TKKS. Menurut Vessey (2003), efektivitas PGPR dipengaruhi oleh jenis bakteri dan dosis aplikasi serta jenis tanaman. Dijelaskan Malik et al. (2022) bahwa kombinasi biochar dan PGPR dapat memberikan efek sinergis sehingga meningkatkan efisiensi pemanfaatan unsur hara dan pertumbuhan tanaman.

Dengan demikian, pemilihan variasi dosis biochar TKKS dan PGPR dalam penelitian ini dimaksudkan untuk memperoleh kombinasi perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan bibit maritim serta rekomendasi teknologi pembibitan yang mendukung konservasi dan pengembangan tanaman buah lokal Kalimantan.

### 2.3.2. Variabel Terikat

Variabel terikat yang diamati mencakup parameter pertumbuhan tanaman yang meliputi:

1. Tinggi tanaman (cm)
2. Diameter batang (mm)
3. Jumlah daun (helai)

Pengamatan dilakukan pada hari ke-30, 60, dan 90 setelah perlakuan.

Diagram alur dari penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

Identifikasi Masalah

Studi Literatur

Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan Media + Biochar TKKS

Persiapan Bibit Maritam

Aplikasi PGPR

Penanaman

Pemeliharaan

Pengamatan Pertumbuhan

Analisis Statistik

Pembahasan

Kesimpulan

## **2.4. Prosedur Riset/Cara Riset**

### **2.4.1. Eksplorasi Sampel**

Survey sampel bibit maritam.

### **2.4.2. Pembuatan Biochar TKKS dan PGPR**

Biochar dibuat melalui proses pirolisis TKKS pada suhu 120°C selama 90 menit.

Proses pembuatan PGPR dilakukan sebagai berikut:

Akar tanaman (bambu, putri malu, jagung, dan rumput teki) direndam dalam air matang tertutup selama 2–4 hari. Campuran bahan organik berupa gula pasir, terasi, dedak, penyedap rasa ayam, dan kapur sirih direbus dalam 5 L air, kemudian disaring. Larutan hasil rebusan dicampurkan dengan air rendaman akar dan dimasukkan ke dalam jerigen tertutup, kemudian difermentasi selama 15 hari. Fermentasi dikontrol harian dengan membuka tutup jerigen agar gas keluar dan dikocok setiap hari. Fermentasi dinyatakan berhasil jika muncul aroma menyerupai tempe dan tidak berbau busuk.

### **2.4.3. Uji Fisik biochar TKKS**

Uji fisik dilakukan selama 14 hari fermentasi untuk mengukur suhu, warna, aroma, tekstur, dan pH menggunakan termometer dan pH meter.

### **2.4.4. Aplikasi biochar TKKS dan PGPR Terhadap Bibit Maritam**

Sebanyak 36 polybag diisi 5 kg topsoil. Perlakuan biochar TKKS dan PGPR diberikan sesuai dosis yang telah ditentukan, dan bibit maritam ditanam dalam media tersebut.

### **2.4.5. Pengamatan Pertumbuhan Bibit Maritam**

Pengamatan dilakukan pada 30, 60, dan 90 hari setelah perlakuan (hsp). Parameter yang diukur:

Tinggi tanaman: menggunakan meteran

Diameter batang: menggunakan *micrometerscrub*

Jumlah daun: dihitung secara langsung

## 2.4.5. Pembuatan Produk Final

Produk akhir berupa biochar TKKS dan bibit maritim sesuai standar SNI.

## 2.5. Indikator dan Capaian di Setiap Tahapan

Tabel 2.5. Indikator Capaian Kinerja Kegiatan

| No | Kegiatan                            | Indikator Capaian                                         |
|----|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1  | Laporan Akhir                       | Upload sistem tepat waktu sesuai panduan                  |
| 2  | Publikasi Pada Jurnal Terakreditasi | Submit pada Jurnal Terakreditasi                          |
| 3  | Biochar TKKS                        | Sesuai dengan Standar Pupuk Organik Padat (SNI 7763:2024) |
| 4  | Bibit Maritim                       | Sesuai Standar Bibit Tanaman Hutan (SNI 7516:2020)        |

## 2.6. Analisis Analisis dan Penafsiran Data

Data dianalisis menggunakan metode Analisis Varian (ANOVA) dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dua faktor menggunakan perangkat lunak SPSS versi 29.0. Uji lanjut dilakukan untuk melihat perbedaan antar perlakuan yang signifikan. Selain itu, uji korelasi Pearson digunakan untuk mengkaji hubungan antar parameter pertumbuhan.

Hasil analisis akan digunakan untuk: menentukan kombinasi dosis terbaik antara biochar TKKS dan PGPR, menilai efektivitas kedua jenis perlakuan terhadap pertumbuhan bibit maritim dan mengevaluasi kualitas biochar TKKS dan bibit maritim sesuai SNI.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Pengaruh Biochar Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritim

Berdasarkan hasil sidik ragam pemupukan biochar menunjukkan berpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman umur 30 hsp, namun berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun umur 30 hsp.

Tabel 3.1.1. Pengaruh Biochar Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritim Umur 30 hsp

| Perlakuan Biochar | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang (mm) | Jumlah Daun (helai) |
|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| b0                | 19.83d              | 2.34                 | 4.59                |
| b1                | 22.42c              | 2.44                 | 5.17                |
| b2                | 24.17b              | 2.42                 | 5.00                |
| b3                | 26.25a              | 2.41                 | 5.25                |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Berdasarkan hasil Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) taraf 5% pada parameter tinggi tanaman umur 30 hsp, diketahui bahwa perlakuan B0, B1, B2, dan B3 menunjukkan perbedaan yang nyata satu sama lain. Hasil ini menunjukkan bahwa setiap taraf perlakuan yang diberikan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap pertumbuhan tinggi tanaman pada fase awal pertumbuhan.

Perlakuan B3 menghasilkan tinggi tanaman tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan B2, B1, maupun B0. Hal ini mengindikasikan bahwa perlakuan B3 mampu menyediakan kondisi yang paling optimal untuk mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, terutama dalam proses pembelahan dan pemanjangan sel yang berperan langsung terhadap peningkatan tinggi tanaman. Sementara itu, perlakuan B2 memberikan tinggi tanaman yang lebih tinggi dibandingkan B1 dan B0, namun masih lebih rendah dibandingkan B3. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa peningkatan taraf perlakuan masih mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan.

Perlakuan B1 juga berbeda nyata dengan B0, yang menunjukkan bahwa pemberian perlakuan pada taraf terendah telah mampu meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan kontrol. Adapun perlakuan B0 menghasilkan tinggi tanaman terendah karena tidak memperoleh perlakuan tambahan yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal. Rendahnya pertumbuhan pada perlakuan kontrol diduga disebabkan oleh terbatasnya ketersediaan unsur hara atau faktor pendukung pertumbuhan lainnya yang hanya berasal dari media tanam tanpa adanya perlakuan tambahan.

Perbedaan nyata yang terjadi pada seluruh perlakuan menunjukkan bahwa respons tanaman terhadap perlakuan yang diberikan berlangsung secara bertahap dan konsisten. Semakin tinggi taraf perlakuan yang diberikan, semakin tinggi pula pertumbuhan tanaman yang dihasilkan pada umur 30 hsp. Dengan demikian, perlakuan B3 dapat dianggap sebagai perlakuan yang paling efektif dalam meningkatkan tinggi tanaman pada fase awal pertumbuhan dibandingkan perlakuan lainnya. Hasil ini memperlihatkan bahwa perlakuan yang diberikan memiliki peran penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman, khususnya pada parameter tinggi tanaman umur 30 hsp.

Berdasarkan hasil sidik ragam pemupukan biochar menunjukkan berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun umur 60 hsp.

Tabel 3.1.2. Pengaruh Biochar Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam Umur 60 hsp

| Perlakuan Biochar | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang (mm) | Jumlah Daun (helai) |
|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| b0                | 20.83               | 2.40                 | 5.59                |
| b1                | 23.42               | 2.48                 | 5.92                |
| b2                | 25.17               | 2.47                 | 6.00                |
| b3                | 27.25               | 2.48                 | 6.25                |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Berdasarkan hasil sidik ragam pemupukan biochar menunjukkan berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman, diameter batang dan jumlah daun umur 90 hsp.

Tabel 3.1.3. Pengaruh Biochar Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam Umur 90 hsp

| Perlakuan Biochar | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang (mm) | Jumlah Daun (helai) |
|-------------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| b0                | 21.83               | 2.46                 | 6.59                |
| b1                | 24.92               | 2.51                 | 6.92                |
| b2                | 26.75               | 2.50                 | 7.00                |
| b3                | 28.75               | 2.52                 | 7.25                |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar tandan kosong kelapa sawit memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan bibit maritam pada umur **30 HSP**, namun tidak menunjukkan pengaruh yang nyata pada umur **60 HSP** dan **90 HSP**. Kondisi ini mengindikasikan bahwa biochar memberikan respons yang lebih besar pada fase awal pertumbuhan bibit dibandingkan fase pertumbuhan berikutnya.

Pada fase awal pertumbuhan (30 HSP), bibit maritam masih berada pada tahap adaptasi terhadap media tanam sehingga perkembangan sistem perakaran belum optimal. Pada kondisi tersebut, biochar mampu memperbaiki sifat fisik media tanam melalui peningkatan porositas, aerasi, kapasitas menahan air, serta kapasitas tukar kation (KTK). Perbaikan kondisi media tersebut meningkatkan ketersediaan air dan unsur hara di sekitar perakaran sehingga mempercepat pertumbuhan awal bibit. Selain itu, permukaan biochar yang berpori menyediakan ruang bagi kolonisasi mikroorganisme menguntungkan yang membantu proses mineralisasi dan penyerapan unsur hara (Lehmann & Joseph, 2015).

Menurut Lehmann dan Joseph (2015), biochar bekerja terutama sebagai **soil conditioner** (pembenah tanah), bukan sebagai sumber unsur hara utama. Oleh karena itu, pengaruh biochar pada fase awal lebih banyak berasal dari kemampuannya menciptakan lingkungan perakaran yang lebih baik sehingga tanaman lebih cepat beradaptasi setelah dipindahkan ke media tanam.

Memasuki umur **60 HSP** dan **90 HSP**, pengaruh biochar tidak lagi berbeda nyata antardosis. Secara biologis, kondisi ini dapat dijelaskan karena sistem perakaran bibit telah berkembang lebih luas sehingga mampu mengeksplorasi seluruh volume media tanam. Ketika akar telah memenuhi sebagian besar media dalam polybag, kemampuan tanaman memperoleh air dan unsur hara menjadi relatif merata pada semua perlakuan, sehingga perbedaan akibat pemberian biochar menjadi semakin kecil.

Selain itu, sebagian besar manfaat biochar bersifat **tidak langsung** dan berlangsung dalam jangka panjang melalui perbaikan kualitas media tanam. Pada penelitian pembibitan yang berlangsung relatif singkat,

perubahan sifat kimia tanah seperti peningkatan kandungan karbon organik, kapasitas tukar kation, dan aktivitas mikroorganisme belum sepenuhnya berkembang sehingga respons pertumbuhan pada fase akhir menjadi kurang nyata (Jeffery et al., 2017).

Fenomena tersebut juga dapat dijelaskan oleh adanya **diminishing return effect**, yaitu ketika kebutuhan lingkungan tumbuh tanaman telah terpenuhi, penambahan biochar dalam jumlah lebih tinggi tidak lagi memberikan peningkatan pertumbuhan yang signifikan. Pada fase ini, pertumbuhan bibit lebih dipengaruhi oleh faktor genetik tanaman, kapasitas fotosintesis, ruang tumbuh akar, serta ketersediaan unsur hara lain yang mungkin menjadi faktor pembatas dibandingkan keberadaan biochar itu sendiri (Agegnehu et al., 2017).

Malik et al. (2022) juga menjelaskan bahwa manfaat biochar akan lebih optimal apabila berinteraksi dengan mikroorganisme rizosfer seperti PGPR. Biochar menyediakan habitat bagi mikroba sehingga efek sinergis antara biochar dan PGPR sering kali lebih nyata dibandingkan pengaruh biochar secara tunggal. Oleh karena itu, pada fase pertumbuhan selanjutnya, respons tanaman lebih dipengaruhi oleh interaksi kompleks antara akar, mikroorganisme, dan media tanam daripada hanya oleh dosis biochar yang diberikan. Dengan demikian, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa biochar TKKS lebih efektif dalam mendukung **fase establishment** atau fase awal pertumbuhan bibit maritim melalui perbaikan kondisi media tanam. Setelah tanaman memasuki fase pertumbuhan aktif (60–90 HSP), pengaruh biochar cenderung menurun karena sistem perakaran telah berkembang optimal dan faktor pembatas pertumbuhan bergeser dari kondisi media menuju faktor fisiologis tanaman dan keseimbangan hara.

### 3.2. Pengaruh PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritim

Berdasarkan hasil sidik ragam pemupukan PGPR menunjukkan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 30 hsp namun berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun umur 30 hsp.

Tabel 3.2.1. Pengaruh PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritim umur 30 hsp

| Perlakuan PGPR | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang (mm) | Jumlah Daun (helai) |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| p0             | 22.17b              | 2.39                 | 4.83                |
| p1             | 23.50a              | 2.43                 | 5.08                |
| p2             | 23.33a              | 2.40                 | 5.00                |
| p3             | 23.67a              | 2.39                 | 5.08                |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa perlakuan P0 berbeda nyata dengan perlakuan P1, P2, dan P3. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian perlakuan mampu meningkatkan respons parameter yang diamati dibandingkan kontrol. Namun demikian, perlakuan P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata satu sama lain, yang mengindikasikan bahwa peningkatan taraf perlakuan belum memberikan tambahan pengaruh yang signifikan. Dengan demikian, perlakuan P1 telah mampu menghasilkan respons yang setara dengan perlakuan P2 dan P3.

Berdasarkan hasil sidik ragam pemupukan PGPR menunjukkan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 60 hsp namun berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun umur 60 hsp.

Tabel 3.2.2. Pengaruh PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam umur 60 hsp

| Perlakuan PGPR | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang (mm) | Jumlah Daun (helai) |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| p0             | 22.17b              | 2.42                 | 5.58                |
| p1             | 23.50a              | 2.47                 | 6.08                |
| p2             | 23.33a              | 2.47                 | 6.00                |
| p3             | 23.67a              | 2.47                 | 6.08                |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Hasil uji lanjut BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5% menunjukkan bahwa perlakuan P0 berbeda nyata dengan perlakuan P1, P2, dan P3. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian perlakuan pada P1, P2, dan P3 telah memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diamati dibandingkan dengan kontrol (P0). Perbedaan nyata antara P0 dan perlakuan lainnya menunjukkan bahwa faktor yang diberikan pada perlakuan P1, P2, dan P3 mampu mengubah respons tanaman secara lebih baik dibandingkan tanpa perlakuan. Sedangkan P1, P2, dan P3 tidak berbeda nyata satu sama lain maka dapat diartikan bahwa peningkatan taraf perlakuan dari P1 hingga P3 belum memberikan perubahan yang cukup besar

Berdasarkan hasil sidik ragam pemupukan PGPR menunjukkan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 90 hsp namun berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun umur 90 hsp.

Tabel 3.2.3. Pengaruh PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam umur 90 hsp

| Perlakuan PGPR | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang (mm) | Jumlah Daun (helai) |
|----------------|---------------------|----------------------|---------------------|
| p0             | 24.33b              | 2.48                 | 6.58                |
| p1             | 26.00a              | 2.51                 | 7.08                |
| p2             | 25.75a              | 2.50                 | 7.00                |
| p3             | 26.17a              | 2.50                 | 7.08                |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Hasil uji BNT 5% menunjukkan bahwa perlakuan P0 berbeda nyata dengan perlakuan P1, P2, dan P3. Hasil ini mengindikasikan bahwa pemberian perlakuan pada seluruh taraf mampu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap parameter yang diamati dibandingkan dengan kontrol. Namun, antar perlakuan P1, P2, dan P3 tidak menunjukkan perbedaan yang nyata, sehingga respons yang dihasilkan relatif sama.

### 3.3. Pengaruh Interaksi Pupuk Biochar dan PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritima

Berdasarkan hasil sidik ragam interaksi antara Biochar dan PGPR menunjukkan berpengaruh tidak nyata terhadap semua parameter pertumbuhan pada umur 30 hsp.

Tabel 3.3.1. Pengaruh Interaksi Pupuk Biochar dan PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritima Umur 30 hsp

| Perlakuan<br>Biochar & PGPR | Tinggi<br>Tanaman (cm) | Diameter Batang<br>(mm) | Jumlah<br>Daun (helai) |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| bop0                        | 19.33                  | 2.30                    | 4.33                   |
| bop1                        | 20.00                  | 2.40                    | 4.67                   |
| bop2                        | 20.33                  | 2.33                    | 4.67                   |
| bop3                        | 19.67                  | 2.33                    | 4.67                   |
| b1p0                        | 21.67                  | 2.37                    | 5.00                   |
| b1p1                        | 23.00                  | 2.47                    | 5.33                   |
| b1p2                        | 22.00                  | 2.47                    | 5.00                   |
| b1p3                        | 23.00                  | 2.43                    | 5.33                   |
| b2p0                        | 22.67                  | 2.40                    | 5.00                   |
| b2p1                        | 24.00                  | 2.43                    | 5.00                   |
| b2p2                        | 24.33                  | 2.40                    | 5.00                   |
| b2p3                        | 25.67                  | 2.43                    | 5.00                   |
| b3p0                        | 25.00                  | 2.47                    | 5.00                   |
| b3p1                        | 27.00                  | 2.40                    | 5.33                   |
| b3p2                        | 26.67                  | 2.40                    | 5.33                   |
| b3p3                        | 26.33                  | 2.37                    | 5.33                   |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Berdasarkan hasil sidik ragam interaksi antara Biochar dan PGPR menunjukkan berpengaruh tidak nyata terhadap semua parameter pertumbuhan pada umur 60 hsp.

Tabel 3.3.2. Pengaruh Interaksi Pupuk Biochar dan PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam Umur 60 hsp

| Perlakuan<br>Biochar & PGPR | Tinggi<br>Tanaman (cm) | Diameter<br>Batang (mm) | Jumlah<br>Daun (helai) |
|-----------------------------|------------------------|-------------------------|------------------------|
| bop0                        | 20.33                  | 2.33                    | 5.33                   |
| bop1                        | 21.00                  | 2.43                    | 5.67                   |
| bop2                        | 21.33                  | 2.43                    | 5.67                   |
| bop3                        | 20.67                  | 2.40                    | 5.67                   |
| b1p0                        | 22.67                  | 2.43                    | 5.00                   |
| b1p1                        | 24.00                  | 2.50                    | 6.33                   |
| b1p2                        | 23.00                  | 2.50                    | 6.00                   |
| b1p3                        | 24.00                  | 2.50                    | 6.33                   |
| b2p0                        | 23.67                  | 2.43                    | 6.00                   |
| b2p1                        | 25.00                  | 2.47                    | 6.00                   |
| b2p2                        | 25.33                  | 2.47                    | 6.00                   |
| b2p3                        | 26.67                  | 2.50                    | 6.00                   |
| b3p0                        | 26.00                  | 2.50                    | 6.00                   |
| b3p1                        | 28.00                  | 2.47                    | 6.33                   |
| b3p2                        | 27.67                  | 2.47                    | 6.33                   |
| b3p3                        | 27.33                  | 2.47                    | 6.33                   |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Berdasarkan hasil sidik ragam interaksi antara Biochar dan PGPR menunjukkan berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 90 hsp namun berpengaruh tidak nyata terhadap diameter batang dan jumlah daun umur 90 hsp.

Tabel 3.3.3. Pengaruh Interaksi Pupuk Biochar dan PGPR Terhadap Pertumbuhan Bibit Maritam Umur 90 hsp

| Perlakuan<br>Biochar & PGPR | Tinggi Tanaman (cm) | Diameter Batang<br>(mm) | Jumlah<br>Daun (helai) |
|-----------------------------|---------------------|-------------------------|------------------------|
| bop0                        | 21.33h              | 2.43                    | 6.33                   |
| bop1                        | 22.00h              | 2.47                    | 6.67                   |
| bop2                        | 22.33h              | 2.47                    | 6.67                   |
| bop3                        | 21.67h              | 2.47                    | 6.67                   |
| b1p0                        | 23.67g              | 2.50                    | 6.00                   |
| b1p1                        | 25.67ef             | 2.53                    | 7.33                   |
| b1p2                        | 24.67fg             | 2.50                    | 7.00                   |
| b1p3                        | 25.67ef             | 2.50                    | 7.33                   |
| b2p0                        | 25.33f              | 2.50                    | 7.00                   |
| b2p1                        | 26.67de             | 2.50                    | 7.00                   |
| b2p2                        | 27.00cd             | 2.50                    | 7.00                   |
| b2p3                        | 28.00bc             | 2.50                    | 7.00                   |
| b3p0                        | 27.00cd             | 2.50                    | 7.00                   |
| b3p1                        | 29.67a              | 2.53                    | 7.33                   |
| b3p2                        | 29.00ab             | 2.53                    | 7.33                   |
| b3p3                        | 29.33a              | 2.53                    | 7.33                   |

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata pada uji BNT 5%.

Hasil uji lanjut BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda terhadap parameter yang diamati. Nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan B3P1 (29,67) yang tidak berbeda nyata dengan B3P3 (29,33) dan B3P2 (29,00), namun berbeda nyata dengan sebagian besar perlakuan lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan pada taraf B3 dengan pemberian P1, P2, maupun P3 mampu menghasilkan respons yang optimal.

Kelompok perlakuan B0P0, B0P1, B0P2, dan B0P3 memiliki nilai terendah, yaitu berkisar antara 21,33–22,33, dan semuanya berada dalam kelompok huruf yang sama (h), yang menunjukkan tidak adanya

perbedaan nyata antarperlakuan tersebut. Kondisi ini mengindikasikan bahwa tanpa perlakuan faktor B, peningkatan taraf P belum mampu meningkatkan parameter yang diamati secara signifikan.

Pada taraf B1, terjadi peningkatan nilai parameter dibandingkan B0. Perlakuan B1P1 (25,67) dan B1P3 (25,67) tidak berbeda nyata satu sama lain, namun keduanya menunjukkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan B1P0 (23,67). Hal ini menunjukkan bahwa pemberian perlakuan P pada taraf tertentu mulai memberikan pengaruh positif terhadap parameter pengamatan.

Selanjutnya, pada taraf B2, nilai parameter terus meningkat. Perlakuan B2P3 (28,00) menghasilkan nilai yang lebih tinggi dibandingkan B2P0 (25,33), B2P1 (26,67), dan B2P2 (27,00). Hasil ini menunjukkan bahwa peningkatan taraf perlakuan P pada kondisi B2 mampu meningkatkan respons yang diamati.

Pada taraf B3, seluruh perlakuan menghasilkan nilai yang relatif tinggi. Perlakuan B3P1, B3P2, dan B3P3 termasuk dalam kelompok tertinggi dan tidak berbeda nyata satu sama lain, menunjukkan bahwa pada taraf B3, respons tanaman telah mencapai kondisi optimal sehingga penambahan taraf perlakuan P tidak lagi memberikan peningkatan yang signifikan. Fenomena ini sering terjadi ketika kebutuhan tanaman terhadap faktor perlakuan telah terpenuhi sehingga respons yang dihasilkan cenderung stabil.

Secara umum, hasil penelitian menunjukkan adanya kecenderungan peningkatan nilai parameter seiring dengan meningkatnya taraf perlakuan B dan P. Kombinasi perlakuan B3P1, B3P2, dan B3P3 merupakan kombinasi terbaik karena menghasilkan nilai tertinggi. Hal ini mengindikasikan bahwa faktor B dan P berperan dalam meningkatkan respons tanaman melalui perbaikan kondisi pertumbuhan, peningkatan ketersediaan unsur hara, atau peningkatan efisiensi proses fisiologis tanaman yang berkontribusi terhadap parameter yang diamati.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi biochar tandan kosong kelapa sawit dan PGPR mampu meningkatkan pertumbuhan bibit maritim pada fase pembibitan. Temuan ini mengindikasikan bahwa penggunaan biochar dan PGPR dapat menjadi teknologi budidaya yang efektif untuk menghasilkan bibit yang lebih vigor sehingga mendukung keberhasilan pengembangan tanaman maritim.

Menurut **Malik et al. (2022)**, kombinasi biochar dan *Plant Growth-Promoting Rhizobacteria* (PGPR) mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perbaikan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, meningkatkan ketersediaan unsur hara, serta menciptakan lingkungan yang mendukung perkembangan mikroorganisme menguntungkan di daerah perakaran. Sinergi kedua bahan tersebut berpotensi meningkatkan kualitas bibit sekaligus mendukung penerapan sistem budidaya yang berkelanjutan dan ramah lingkungan.

Sementara itu, **Meena et al. (2022)** menjelaskan bahwa konservasi tanaman buah lokal yang masih kurang dimanfaatkan (*underutilized fruit crops*) perlu didukung oleh pengembangan teknologi budidaya dan

penyediaan bibit berkualitas. Keberhasilan pembibitan akan memperkuat upaya konservasi *ex situ*, rehabilitasi habitat, serta pemanfaatan tanaman secara berkelanjutan sehingga dapat mengurangi tekanan terhadap populasi alami di habitatnya. Oleh karena itu, peningkatan kualitas bibit maritim melalui aplikasi biochar dan PGPR memiliki implikasi penting dalam mendukung pelestarian plasma nutfah lokal Kalimantan sekaligus membuka peluang pengembangannya sebagai komoditas hortikultura bernilai ekonomi.

#### 4. Kesimpulan

Adapun kesimpulan penelitian ini adalah pemupukan biochar TKKS dan PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 1 bulan. Interaksi antara biochar TKKS dan PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman umur 3 bulan. Pemupukan biochar TKKS dengan dosis 900 g dan 100 ml PGPR memberikan pertumbuhan bibit maritim yang terbaik. Temuan ini memiliki implikasi terhadap upaya konservasi tanaman maritim sebagai salah satu plasma nutfah lokal Kalimantan dalam meningkatkan ketersediaan bibit berkualitas untuk kegiatan pelestarian, rehabilitasi habitat, serta pengembangan budidaya di luar habitat alaminya (*ex situ*). Pemanfaatan biochar TKKS dan PGPR yang ramah lingkungan untuk mendukung konservasi spesies buah lokal.

Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi biochar TKKS dan PGPR hingga fase pertumbuhan di lapangan. Perlu dilakukan analisis sifat fisik, kimia, biologi tanah, dan analisis kelayakan ekonomi agar teknologi yang dihasilkan dapat diterapkan secara luas dalam program konservasi dan pengembangan budidaya maritim di Kalimantan. Penelitian mengenai karakterisasi genetik dan keragaman plasma nutfah maritim penting dilakukan sebagai dasar penyusunan strategi konservasi *in situ* maupun *ex situ* yang lebih efektif.

#### Daftar Pustaka

- Agegnehu, G., Bass, A. M., Nelson, P. N., & Bird, M. I. (2017). *Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. Science of the Total Environment*, 543, 295–306.
- Ahmad, A., Khan, N., Giri, B. S., Chowdhary, P., dan Chaturvedi, P. 2020. Removal of methylene blue dye using rice husk, cow dung and sludge biochar: Characterization, application, and kinetic studies. *Bioresource Technology*, 306 (January), 123202. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2020.123202>.
- Ashrafuzzaman, M., Hossen, F. A., Ismail, M. R., Hoque, M. A., Islam, M. Z., Shahidullah, S. M., dan Meon, S. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology*, 8 (7), 1247–1252.
- Atkinson, C. J., Fitzgerald, J. D., dan Hipps, N. A. 2010. Potential mechanisms for achieving agricultural benefits from biochar application to temperate soils: A review. *Plant and Soil*. 337 (1): 1–18.

- 
- Jeffery, S., Abalos, D., Prodana, M., Bastos, A. C., van Groenigen, J. W., Hungate, B. A., & Verheijen, F. G. A. (2017). *Biochar boosts tropical but not temperate crop yields*. *Environmental Research Letters*, 12(5), 053001.
- Haryanti., Anas, I., Santosa, D. A., dan Sasmita, K. D. 2018. Penggunaan biochar dan dekomposer dalam proses pengomposan limbah kulit buah kakao serta pengkayaan mikrob pelarut fosfat (MPF) untuk meningkatkan kualitas pupuk organik. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 20 (1): 25-32.
- Lehmann, J., & Joseph, S. (Eds.). (2015). *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation* (2nd ed.). Routledge.
- Malik, L., Sanaullah, M., Mahmood, F., Hussain, S., Siddique, M., Anwar, F., dan Shahzad, T. 2022. *Unlocking the Potential of Co-applied Biochar and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) for Sustainable Agriculture under Stress Conditions*. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* 9:77. Springer Nature.
- Marom, N., Rizal, F., dan Bintoro, M. 2017. Uji Efektivitas Saat Pemberian dan Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap Produksi dan Mutu Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 1 (2), 174–184. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v1i2.43>.
- Meena, V., Gora, J. S., Singh, A., Ram, C., Meena, N. K., Pratibha, A., Roupheal, Y., Basile, B., & Kumar, P. (2022). *Underutilized fruit crops of Indian arid and semi-arid regions: Importance, conservation and utilization strategies*. *Horticulturae*, 8(12), 1126. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8121126>
- Rohliansyah, F. 2001. *Mengenal Buah-Buahan Kalimantan*. Yogyakarta: Adicita Karya Nusa. hlm. 65–68. ISBN 979-9246-71-7. <https://images.app.goo.gl/SCwj9fw7t6LiV3pv6>. Diakses pada 6 Februari 2025.
- Vessey, J. K. (2003). *Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers*. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>