

Syarifain, R.I. · M.R. Rashaun · E.D. Anggrainy · T. Simarmata

## Formulasi pembawa rizobakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat, serta aplikasinya di pembibitan kelapa sawit yang diberi komposisi dan dosis amelioran yang berbeda

**Sari** Keberhasilan aplikasi pupuk hayati berkaitan dengan viabilitas mikroba dalam karier, dan aplikasinya di lapangan. Penelitian ini bertujuan mengetahui viabilitas Bakteri Penambat Nitrogen (BPN) dan Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) pada berbagai komposisi karier, konsentrasi molase, dan aplikasinya dengan berbagai dosis serta komposisi amelioran pada pembibitan kelapa sawit. Penelitian dilaksanakan dari bulan Oktober 2019 - Mei 2020 di laboratorium dan kebun percobaan Ciparanje. Tahap pertama menggunakan Rancangan Acak Lengkap dua faktor (komposisi karier dan konsentrasi molase) dengan tiga ulangan. Tahap kedua menggunakan rancangan acak kelompok faktorial dua faktor (komposisi amelioran dan dosis aplikasi) pada pembibitan kelapa sawit sebanyak tiga ulangan. Hasil riset tahap pertama menunjukkan bahwa perlakuan kombinasi karier 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase merupakan perlakuan terbaik dengan viabilitas BPN dan BPF tertinggi sampai dengan 12 Minggu Setelah Produksi (MSP) dengan masing-masing populasi sebesar  $1,43 \times 10^8$  CFU  $g^{-1}$  dan  $1,65 \times 10^8$  CFU  $g^{-1}$ . Viabilitas BPN maupun BPF dalam campuran *carrier* 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase pada masa simpan sampai dengan 12 MSP masih memenuhi standar mutu pupuk hayati yaitu sebesar  $10^7$  CFU  $g^{-1}$ . Hasil riset tahap kedua dosis  $d_3$  (10%) komposisi  $k_3$  (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%) memberikan hasil terbaik pada pertambahan tinggi batang, diameter batang dan jumlah daun.

**Kata kunci:** Amelioran · Organik · Bakteri penambat nitrogen · Bakteri pelarut fosfat · Karier · Pembibitan kelapa sawit

## Carrier formulation of nitrogen fixing and phosphate solubilizing rhizobacteria and its application at oil palm nursery treated with different ameliorant dosage and composition

**Abstract.** The successful application of biofertilizers is related to microbial viability in the carrier, and application in the field. The research examined the viability of Nitrogen-Fixing Bacteria (NFB) and Phosphate Solubilizing Bacteria (PSB) on various carrier compositions, molasses concentrations, and field application at oil palm nursery combined with different ameliorant dosage and composition. This research was conducted from October 2019 to May 2020 at the laboratory and Ciparanje experimental garden. The first phase used a two-factor completely randomized design (carrier composition and molasses concentration) that was given three replications. The second phase used a two-factor randomized completely block design (ameliorant composition and dosage). First phase results showed that carrier mixture 90% + additive 10% with the addition of 2% molasses was the best treatment with the highest NFB and PSB viability until 12 weeks after biofertilizer production with population of about  $1.43 \times 10^8$  CFU  $g^{-1}$  and  $1.65 \times 10^8$  CFU  $g^{-1}$ , respectively. Viability of NFB and PSB in carrier mixture 90% + additive 10% with the addition of 2% molasses at the shelf life of 12 weeks after the production still meet the biofertilizer standards in the amount of  $10^7$  CFU  $g^{-1}$ . Ameliorant  $d_3$  dose (10%) of composition  $k_3$  (25% sugarcane boiler compost + 25% palm ash + 40% biochar + 10% dolomite) gave the best results in the increase of plant height, stem diameter and leaves number.

**Keywords:** Ameliorant · Nitrogen fixing bacteria · Oil palm nursery organic carrier · Phosphate solubilizing bacteria

Diterima : 27 Januari 2022, Disetujui : 9 Agustus 2022, Dipublikasikan : 15 Agustus 2022

DOI: <http://dx.doi.org/10.24198/kultivasi.v21i2.38053>

---

Syarifain, R.I.<sup>1</sup> · M.R. Rashaun<sup>2</sup> · E.D. Anggrainy<sup>3</sup> · T. Simarmata<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Prodi Magister Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

<sup>2</sup> Prodi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

<sup>3</sup> Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

<sup>4</sup> Prodi Doktor Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian UNPAD, Jalan Raya Bandung Sumedang Km. 21 Jatinangor, Sumedang 45363

## Pendahuluan

Intensifikasi pertanian meningkatkan penggunaan pupuk anorganik untuk mengoptimalkan produksi tanaman. Menurut Badan Pusat Statistik (2021) impor pupuk pada tahun 2019 mencapai 6.134.500 t dan meningkat menjadi 6.248.700 t pada tahun 2020, yang mengindikasikan bahwa produksi pupuk dalam negeri belum dapat memenuhi kebutuhan pupuk domestik. Hal ini ditunjukkan oleh perkebunan kelapa sawit yang membutuhkan input pupuk anorganik yang lebih tinggi 1.162 kg N ha<sup>-1</sup>, 124 kg P ha<sup>-1</sup>, dan 1.673 kg K ha<sup>-1</sup>, dibandingkan dengan perkebunan karet 60 kg N ha<sup>-1</sup>, 60 kg P ha<sup>-1</sup>, dan 40 kg K ha<sup>-1</sup> (Tarmizi and Tayeb, 2006; Mandal *et al.*, 2015). Hal ini menunjukkan bahwa saat ini ketergantungan terhadap pupuk anorganik dalam budidaya pertanian cukup tinggi. Hal ini diperparah dengan jumlah produk pupuk hayati sawit yang relatif lebih sedikit dibandingkan pupuk hayati untuk tanaman hortikultura, dan belum adanya formulasi kombinasi pupuk hayati dan amelioran untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit. Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan akan menyebabkan tanah menjadi jenuh residu dan mineralisasi karbon berlebih, sehingga dapat mengganggu siklus hara yang menurunkan kesehatan tanah ditinjau dari parameter kimia tanah (Kanchan *et al.*, 2018). Berdasarkan hal tersebut diperlukan upaya untuk mengurangi ketergantungan penuh terhadap pupuk anorganik dengan memanfaatkan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan amelioran karena amelioran memiliki fungsi untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Fitriatin *et al.*, 2021).

Menurut Peraturan Menteri pertanian nomor 1 tahun 2019 pupuk hayati memiliki kemampuan untuk menurunkan penggunaan pupuk anorganik secara intensif. Pupuk hayati adalah pupuk yang terdiri dari mikroba bermanfaat dan karier dengan kemampuan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan, meningkatkan ketersediaan hara dan kesehatan tanah (Kementan, 2019).

Upaya pengurangan penggunaan pupuk anorganik dapat dilakukan dengan memanfaatkan pupuk hayati. Pupuk hayati adalah produk biologi aktif terdiri atas mikroba yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan,

kesuburan, dan kesehatan tanah (Kementerian Pertanian Indonesia, 2019). Raimi *et al.* (2021) menyatakan aplikasi pupuk hayati menguntungkan tanaman dan mikroba, karena menambah ketersediaan hara bagi tanaman, dan menyediakan bahan organik bagi mikroba sebagai sumber energi. Contoh rizobakteri pupuk hayati yang umum diaplikasikan adalah BPN (Bakteri Penambat Nitrogen) dan BPF (Bakteri Pelarut Fosfat). Pemberian inokulan BPN berupa *Rhizobium* dan *Azotobacter* sp. berpengaruh terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman kedelai (Febriati and Rahayu, 2019). Penggunaan BPF seperti *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. diketahui mampu meningkatkan komponen pertumbuhan seperti tinggi tanaman, jumlah daun, dan jumlah anakan pada tanaman padi sawah dan gogo (Aryanto *et al.*, 2015).

Keberhasilan aplikasi pupuk hayati berkaitan dengan viabilitas (populasi sel hidup) mikroba dalam karier. Viabilitas menandakan kemampuan isolat untuk tumbuh kembali dan dapat dijaga dengan penyimpanan mikroba dan pemilihan karier yang baik (Najmiyati dan Akhadi, 2013). Viabilitas inokulan perlu distabilkan dalam jumlah tinggi selama masa penyimpanan pupuk hayati. Hal ini bertujuan agar inokulan mampu bersaing dengan mikroba indigenus dalam tanah ketika inokulan diaplikasikan ke tanah, sehingga pemberian pupuk hayati mampu memberikan hasil yang optimal untuk pertumbuhan tanaman (Arisandi *et al.*, 2018). Karier harus mampu menyediakan lingkungan hidup yang mendukung pertumbuhan dan perkembangan inokulan selama produksi, transportasi, dan penyimpanan sebelum inokulan tersebut digunakan (Adiguna dan Aryantha, 2020).

Bahan baku carrier dapat dimanfaatkan dari limbah tanaman kelapa sawit itu sendiri. Salah satu metode pemanfaatan yang dapat digunakan adalah dengan membuat *biochar* dari limbah tersebut. Penelitian Promraksa and Rakmak (2020) menyatakan bahwa konversi limbah padat industri sawit menjadi *biochar* dengan metode *pyrolysis* dengan suhu 525 °C dengan aliran N<sub>2</sub> 2 liter per menit selama 60 menit mampu menghasilkan 44,91% *biochar*. Azeem *et al.* (2021) menyatakan bahwa *biochar* merupakan karier yang baik karena memiliki kandungan C-organik yang tinggi yang berfungsi sebagai sumber nutrisi mikroba selama masa penyimpanan. Tambahan pula,

beberapa karier lain seperti gambut memiliki kemampuan untuk mengabsorpsi toksin selama masa penyimpanan pupuk hayati, sehingga dapat memperpanjang daya simpan (Saif *et al.*, 2021). Kompos memiliki sifat yang baik karena memiliki kandungan hara mikro yang bermanfaat bagi mikroba selama masa penyimpanan dan tanaman saat pupuk hayati diaplikasikan (Pathirana and Yapa, 2020).

Selain pemilihan karier yang sesuai, viabilitas bakteri dapat ditingkatkan dengan menambahkan zat aditif seperti dolomit,, abu sawit, asam humat,, dan unsur hara mikro yang mampu menjaga performa mikroba selama masa penyimpanan (Mindari *et al.*, 2018; Promraksa and Rakmak, 2020; Aksani *et al.*, 2021). Bahan aditif lain seperti molase yang memiliki kandungan gula tinggi sehingga dapat dimanfaatkan oleh bakteri sebagai sumber energi tambahan untuk pertumbuhan dan perkembangannya (Satinder *et al.*, 2012).

Penelitian mengenai viabilitas BPN dan BPF pada komposisi karier dengan penambahan molase yang dipadukan dengan dosis dan komposisi amelioran memiliki potensi untuk dikembangkan untuk menunjang pertumbuhan kelapa sawit. Oleh sebab itu, penelitian ini perlu dilaksanakan agar mendapatkan komposisi karier dengan penambahan molase yang mampu memberikan viabilitas terbaik pada BPN dan BPF, serta dosis dan komposisi amelioran terbaik dalam mendukung pertumbuhan tanaman kelapa sawit.

## Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan pada Bulan Oktober 2019 - Mei 2020 di unit produksi pupuk hayati CV. Bintang Asri Arthauily, Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman (KTNT), serta di Kebun Percobaan Ciparanje Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Penelitian ini dilaksanakan dalam dua tahap. Tahap pertama adalah uji viabilitas BPF dan BPN dalam berbagai formulasi karier, dan tahap kedua adalah uji aplikasi pupuk hayati yang dikombinasikan dengan berbagai formulasi amelioran lapangan di pembibitan kelapa sawit. Rancangan yang digunakan dalam tahap pertama adalah RAK Faktorial yang terdiri atas dua faktor (Tabel 1). Faktor pertama yaitu komposisi karier (a) yang terdiri dari tiga taraf yaitu ( $a_1$ ) campuran 100% karier, ( $a_2$ )

campuran 95% karier ditambah 5% zat aditif, ( $a_3$ ) 90% campuran karier ditambah 10% zat aditif. Campuran karier terdiri atas gambut 50%, *biochar* 25%, kompos 25%. Zat aditif terdiri dari 50% dolomit, 25% abu sawit, 20% asam humat, 5% unsur hara mikro (B, Zn, Cu). Faktor kedua merupakan konsentrasi molase (b) yang terdiri dari tiga taraf yaitu tanpa pemberian molase ( $b_0$ ), pemberian molase 1% ( $b_1$ ) dan 2% pemberian molase ( $b_2$ ) yang dibuat 3 ulangan. Total seluruh perlakuan adalah 18 unit untuk masing-masing rizobakteri penambat nitrogen dan pelarut fosfat.

**Tabel 1. Rancangan Perlakuan Tahap 1**

Perlakuan Komposisi Karier (a)	Konsentrasi Molase		
	$b_0$	$b_1$	$b_2$
$a_1$	$a_1b_0$	$a_1b_1$	$a_1b_2$
$a_2$	$a_2b_0$	$a_2b_1$	$a_2b_2$
$a_3$	$a_3b_0$	$a_3b_1$	$a_3b_2$

Rancangan yang digunakan dalam tahap kedua adalah RAK faktorial Faktorial yang terdiri atas dua faktor (Tabel 2) dengan tiga ulangan dan diuji lanjut dengan uji Tukey. Seluruh set percobaan diberikan pupuk hayati dengan kombinasi karier terbaik (berdasarkan tahap I) dengan dosis 50 g per tanaman untuk mensubstitusi kebutuhan pupuk 50% pupuk rekomendasi. Faktor pertama adalah komposisi amelioran  $k_1$  (kompos blotong 35% + abu sawit 25% + *biochar* 40%),  $k_2$  (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%),  $k_3$  (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran  $d_1$  (kontrol/ tanpa pemberian amelioran),  $d_2$  (5% =500 g *polybag*<sup>-1</sup>),  $d_3$  (10% =1000 g *polybag*<sup>-1</sup>),  $d_4$  (15% = 1500 g *polybag*<sup>-1</sup>),  $d_5$  (20% =2000 g *polybag*<sup>-1</sup>).

**Tabel 2. Rancangan Tahap 2**

Perlakuan Komposisi Amelioran (k)	Dosis Amelioran				
	$d_1$	$d_2$	$d_3$	$d_4$	$d_5$
$k_1$	$k_1d_1$	$k_1d_2$	$k_1d_3$	$k_1d_4$	$k_1d_5$
$k_2$	$k_2d_1$	$k_2d_2$	$k_2d_3$	$k_2d_4$	$k_2d_5$
$k_3$	$k_3d_1$	$k_3d_2$	$k_3d_3$	$k_3d_4$	$k_3d_5$

**Perbanyak Isolat Bakteri Penambat Nitrogen dan Bakteri Pelarut Fosfat.** Perbanyak isolat BPN dan BPF dimulai dengan pembuatan media agar miring Ashby

untuk BPN dan media agar miring Pikovskaya untuk BPF. Setelah itu, dilakukan pengambilan isolat bakteri dari agar miring sebelumnya menggunakan jarum ose secara aseptik dan digoreskan secara zig-zag pada tabung reaksi baru yang berisi media Ashby dan media Pikovskaya kemudian diinkubasi dengan suhu kamar (25°C) selama 3-7 hari.

Selanjutnya, masing-masing isolat unggul BPN dan BPF yang diinkubasi pada suhu ruang dibuat kultur cair dengan cara menuangkan 5 mL media cair ke dalam tabung reaksi isolat dan menggores permukaan agar miring menggunakan jarum ose kemudian menuangkannya kembali ke dalam jerigen yang berisi media Ashby dan Pikovskaya. Setelah itu dilakukan inkubasi pada *rotary shaker* 150 rpm pada suhu kamar selama 3-7 hari.

**Persiapan Karier (Tahap I).** Setiap karier dikeringanginkan terlebih dahulu. Selanjutnya karier ditumbuk dan disaring menggunakan saringan ukuran 200 mesh. Selanjutnya, dilakukan pencampuran setiap karier dan memasukkannya ke dalam plastik yang sudah diberi label sesuai perlakuan. Kemudian, campuran karier tersebut disterilisasi menggunakan *autoklaf* dengan suhu  $\pm 121^\circ\text{C}$  selama 15 menit.

**Formulasi Karier.** Formulasi dilaksanakan dengan mencampur karier kemudian, inokulan pada wadah plastik sesuai dengan perlakuan karier dan dilakukan secara *aseptic* di *laminar air flow* (LAF). Karier yang digunakan yaitu sebanyak 70% dan konsorsium inokulan yang digunakan sebanyak 30% (15% BPN dan 15% BPF kepadatan  $10^9$  CFU/mL<sup>-1</sup>) dengan total campuran adalah 4 kg. Setelah itu, campuran tersebut dipindahkan ke dalam *aluminium foil* sesuai dengan perlakuan (100% campuran karier, 95% campuran karier+ 5% zat aditif, dan 90% campuran karier + 10% zat aditif dengan total massa campuran sebanyak 100 g per kemasan. Kemudian masing-masing perlakuan dalam kemasan homogenisasi dan diberi label sesuai dengan perlakuan dan jenis inokulan. Kemasan karier tersebut dimasukkan ke dalam inkubator dan disimpan di dalam ruangan pada suhu kamar 25 °C selama tiga hari serta dilakukan penentuan kandungan bahan organik sesuai dengan metode *Walkley and Black* pada 0 dan 12 Minggu setelah Perlakuan (MSP) (Food Agricultural Organization, 2019).

**Pengujian Viabilitas Inokulan dalam Karier.** Pengujian viabilitas dilakukan pada minggu ke-0, 2, 4, 6, 8, dan 12 setelah penyimpanan. Indikator kestabilan isolat dalam karier ditentukan oleh jumlah populasi sel hidup (viabilitas) setelah masa penyimpanan. Uji viabilitas inokulan dilakukan dengan cara memasukkan 10 g sampel karier ke dalam botol kocok yang berisi 90 ml larutan fisiologis (NaCl 0,85%), kemudian dikocok menggunakan *rotary shaker* selama 30 menit dan setelah itu dibuat seri pengenceran (Hastuti dan Ginting, 2007). Inokulan BPN ditumbuhkan pada media agar Ashby dan diinkubasi selama 7 hari, sedangkan inokulan BPF ditumbuhkan pada media agar Pikovskaya dan diinkubasi selama 3 hari. Penghitungan koloni dilakukan setelah inkubasi.

**Persiapan Media Tanam (Tahap II).** Tanah yang digunakan adalah *Inceptisols* dengan sub group *fluventic eutrudepts* asal Jatinangor yang diambil pada kedalaman 0 - 20 cm. Pengukuran sifat kimia, dan biologi diuji pada awal persiapan tanam (Tabel 3). Tanah tersebut disaring dengan alat penyaring berupa ayakan berukuran 2 x 3 m dengan ukuran saring 1 x 1 cm. Proses homogenisasi formula amelioran dilakukan dengan mesin molen k<sub>1</sub> (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k<sub>2</sub> (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k<sub>3</sub> (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Kemudian setelah formulasi amelioran terhomogenisasi, maka dicampur dengan tanah. Setelah itu, campuran media tanam (tanah dan amelioran) dimasukkan kedalam *polybag* berukuran 20 x 30 cm hingga mencapai bobot 10 kg per *polybag* dan diberi label.

**Tabel 3. Data analisis tanah awal**

Parameter	Nilai
pH	7,4
Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (CFU/g)	$1,32 \times 10^8$
Populasi Bakteri Penambat Nitrogen (CFU/g)	$1,24 \times 10^8$
Populasi Bakteri Total (CFU/g)	$3,68 \times 10^8$
Populasi Jamur Total (CFU/g)	$0 \times 10^5$

Sumber: analisis pendahuluan

**Penanaman dan Pemupukan, serta Pemeliharaan.** Penanaman pada perlakuan dilakukan langsung pada *polybag* yang berukuran 20 x 30 cm. Penanaman dilakukan sekaligus dengan pemberian pemupukan awal

berupa pupuk hayati (dari tahap I sebanyak 50g per tanaman) pada lubang tanam dan SP-36 (50% dosis atau 1,7 g per tanaman) pada sekitar lubang tanam. Penanaman dilaksanakan dengan menggali lubang tanam dengan kedalaman 20-30 cm, menanam bibit *main-nursery* kelapa sawit yang berumur empat bulan, kemudian penutupan lubang tanam.

Pemupukan susulan dengan pemberian pupuk tunggal berupa urea dan KCl dengan cara diberi pada tiga titik media tanam, dilubangi dengan kedalaman 5 cm, disebar, kemudian ditutup dengan media tanam. Pemupukan dilakukan setiap empat minggu sekali, untuk setiap dosis pemupukan pemeliharaan akan disesuaikan dengan umur bibit kelapa sawit dengan 50% dosis rekomendasi. (Tabel. 4).

**Tabel 4. Dosis Aplikasi Pupuk Urea, SP-36 dan KCl Pembibitan Kelapa Sawit Dosis 50% dari Dosis Rekomendasi**

Jenis Pupuk	Waktu Aplikasi	Dosis Aplikasi (g tanaman <sup>-1</sup> )
Urea	0 MSP	1,30
	4 MSP	1,95
	8 MSP	1,95
	12 MSP	2,60
SP-36	0 MSP	1,70
	4 MSP	2,55
	8 MSP	2,55
	12 MSP	3,40
KCl	0 MSP	1,40
	4 MSP	2,10
	8 MSP	2,10
	12 MSP	2,80

Sumber: (Kasno dan Anggria, 2017)

Pemeliharaan yang dilakukan meliputi penyiraman setiap hari pada pagi dan sore hari, penyulaman dilakukan pada tanaman yang mati, serta pengendalian OPT (Organisme Pengganggu Tanaman) dilakukan secara fisik dengan pengambilan hama secara langsung. Pengamatan tahap kedua meliputi pertumbuhan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun mulai umur 0, 2, 4, 6, 8, hingga 16 minggu setelah perlakuan (MSP).

## Hasil dan Pembahasan

**Kandungan C-organik Awal dan Akhir Karier.** komposisi karier dan konsentrasi molase

tidak berinteraksi pada parameter pengamatan C-organik. Efek mandiri komposisi karier dan konsentrasi molase disajikan pada Tabel 5.

**Tabel 5. Efek Komposisi Karier dan Konsentrasi Molase Terhadap kandungan C-organik dalam inokulan Pupuk Hayati 0 dan 12 MSP**

Perlakuan	C-Organik (%)	
	0 MSP	12 MSP
<b>Komposisi Karier:</b>		
Campuran karier 100%	25,91 b	26,02 b
Campuran karier 95% + zat aditif 5%	25,97 b	25,85 b
Campuran karier 90% + zat aditif 10%	25,18 a	25,41 a
<b>Konsentrasi Molase:</b>		
Kontrol	25,72 a	25,80 a
Molase 1%	25,47 a	25,66 a
Molase 2%	25,86 a	25,83 a

Keterangan: angka yang memiliki notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%.

Data pada Tabel 5 memperlihatkan bahwa kandungan C-organik tertinggi pada 12 Minggu Setelah Produksi (MSP) terdapat pada campuran karier 100% dan Campuran karier 95% ditambah zat aditif 5%. Hal ini diduga karena pemberian bahan organik seperti gambut, *biochar*, dan kompos mampu meningkatkan kandungan C-organik pada pupuk hayati. Bakteri memanfaatkan karbon sebagai sumber energi untuk membentuk sel-sel baru, pertumbuhan, dan aktivitas metabolisme (Azeem *et al.*, 2021). Selain itu, keberadaan unsur karbon akan membantu kegiatan bakteri dalam meningkatkan proses dekomposisi bahan organik serta reaksi-reaksi yang memerlukan bantuan bakteri seperti fiksasi nitrogen dan pelarutan fosfat (Sudadi *et al.*, 2018).

Faktor konsentrasi molase dengan tanpa penambahan molase, penambahan molase 1%, dan penambahan molase 2% tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik, sehingga diduga persentase penambahan molase 1&2% belum signifikan dalam meningkatkan kandungan C-organik. Penambahan molase dengan konsentrasi lebih tinggi dibutuhkan karena molase mengandung C-organik yang cukup tinggi sehingga mampu meningkatkan kandungan C-organik pada pupuk hayati (Kusuma *et al.*, 2016).

**Tabel 6. Efek Komposisi Karier dan Konsentrasi Molase Terhadap Viabilitas Inokulan Bakteri Penambat Nitrogen Pupuk Hayati 0-12 MSP**

Perlakuan	BPN 10 <sup>8</sup> (CFUg <sup>-1</sup> )					
	0 MSP	2 MSP	4 MSP	6 MSP	8 MSP	12 MSP
<b>Komposisi Karier:</b>						
Campuran karier 100%	0,70 a	4,87 a	3,64 a	2,25 a	1,73 a	0,93 a
Campuran karier 95% + zat aditif 5%	0,75 a	3,88 a	3,41 a	2,41 b	1,82 a	1,08 ab
Campuran karier 90% + zat aditif 10%	1,16 b	5,51 a	4,58 a	2,45 b	2,11 b	1,18 b
<b>Konsentrasi Molase:</b>						
Kontrol	0,59 a	3,45 a	2,18 a	1,87 a	1,61 a	0,89 a
Molase 1%	0,75 a	4,98 ab	3,72 a	1,88 b	1,71 a	0,93 a
Molase 2%	1,26 b	5,83 b	5,74 b	2,97 b	2,34 b	1,26 b

Keterangan: angka yang memiliki notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%

#### Viabilitas Bakteri Penambat Nitrogen.

Tidak terdapat interaksi komposisi karier dan konsentrasi molase terhadap viabilitas Bakteri Penambat Nitrogen (BPN). Efek mandiri komposisi karier dan konsentrasi molase disajikan pada Tabel 6.

Data tabel 6 menunjukkan uji mandiri efek komposisi karier dan konsentrasi molase terhadap viabilitas sel pada 0 hingga 12 MSP. Populasi BPN pada penambahan molase 2% berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol pada 0 MSP. Hal ini karena pada penambahan molase 2%, unsur gula yang terkandung cukup tinggi sehingga ketersediaan karbon lebih tinggi. Viabilitas BPN tertinggi terdapat pada penambahan molase 2% dengan populasi sebesar 1,26 x 10<sup>8</sup>. Hal ini diduga karena kadar gula di dalam penambahan molase 2% dapat mendukung BPN untuk tumbuh secara optimal sampai dengan 12 MSP. Hal ini diperkuat dengan hasil penelitian Roslan *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa dalam setiap g *Wet Matter Basis* (WMB) molase mengandung sumber C organik seperti , sukrosa (138,73 mg), glukosa (283,53 mg), fruktosa (122,70 mg), galaktosa (11,23 mg), dan manosa (77,23 mg) yang dapat menjadi sumber nutrisi bagi BPN.

Secara umum, pertumbuhan BPN pada 0 MSP memasuki fase adaptasi (*lag phase*). Pada fase ini, bakteri akan membutuhkan waktu untuk sintesis enzim baru agar dapat beradaptasi di lingkungan yang baru (Rosariastuti *et al.*, 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi lama fase adaptasi adalah kondisi lingkungan selama inkubasi, fisiologi sel, dan ukuran inoculum (Mhlongo *et al.*, 2018; Salwan *et al.*, 2019).

Pertumbuhan BPN mengalami fase perbanyakan (*log phase*) pada 2 MSP yang ditandai dengan meningkatnya jumlah sel bakteri secara eksponensial karena terjadi pembelahan sel bakteri terus menerus dalam laju yang konstan. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri adalah ketersediaan nutrisi pada media. Laju pertumbuhan menjadi lebih cepat ketika bakteri berada dalam media yang kaya nutrisi dan menjadi lebih lambat ketika dalam media yang miskin nutrisi (Hoe *et al.*, 2016; Kanchan *et al.*, 2018)

Penurunan secara terus menerus dari populasi BPN mulai terjadi pada 4 MSP, sehingga dapat dikatakan bahwa BPN tidak memasuki fase stasioner (*stationary phase*), tetapi langsung memasuki fase kematian (*death phase*). Hal ini diduga karena nutrisi telah habis dan terjadi akumulasi senyawa hasil metabolisme sel yang bersifat racun sehingga meningkatkan mortalitas BPN. Pada fase kematian, masih terdapat sel yang melakukan metabolisme dan pembelahan, namun lebih banyak sel yang mati daripada yang hidup, sehingga terjadi penurunan jumlah sel bakteri (Pepper *et al.*, 2014). Namun, sel yang masih hidup dapat bertahan selama beberapa bulan hingga beberapa tahun (Madigan *et al.*, 2015).

Pengaruh mandiri komposisi karier berbeda nyata pada setiap perlakuan dan pada 12 MSP, campuran karier 90% + zat aditif 10% lebih tinggi dibandingkan dengan campuran karier campuran karier 100%. Hal ini diduga karena pemberian zat aditif berupa asam humat yang mengandung karbon sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi oleh

bakteri ketika nutrisi pada molase sudah mulai berkurang (Mindari *et al.*, 2018). Populasi BPN pada seluruh perlakuan sampai dengan 12 MSP adalah lebih dari  $10^8$  CFU  $g^{-1}$  yang memenuhi standar pupuk hayati. Hal ini karena berdasarkan keppmentan No. 261 tahun 2019 standar minimal kepadatan pupuk hayati majemuk yaitu memiliki kepadatan bakteri sebesar  $10^7$  CFU  $g^{-1}$  bobot kering contoh (Kementerian Pertanian Indonesia, 2019).

#### Viabilitas Bakteri Pelarut Fosfat.

Komposisi karier dan konsentrasi molase tidak menunjukkan interaksi terhadap parameter viabilitas Bakteri Pelarut Fosfat (BPF). Efek mandiri komposisi karier dan konsentrasi molase disajikan pada Tabel 7.

Data pada Tabel 7 memperlihatkan bahwa populasi BPF pada campuran karier 95% + zat aditif 5% dan campuran karier 90% + zat aditif 10% dari 4 MSP sampai dengan 6 MSP lebih tinggi dibandingkan dengan pada campuran karier 100%. Hal ini diduga karena pemberian zat aditif berupa asam humat yang mengandung karbon sehingga dapat dimanfaatkan sebagai sumber energi bagi bakteri ketika nutrisi pada molase sudah berkurang. Pada 12 MSP kepadatan sel tidak berbeda nyata yang mengindikasikan bahwa perkembangan bakteri telah mencapai fase stasioner pada masa akhir penyimpanan isolat di dalam karier.

Secara umum, populasi BPF pada penambahan molase 2% berbeda nyata dibandingkan dengan tanpa penambahan molase. Hal ini diduga karena unsur gula yang

terkandung di dalam penambahan molase 2% mampu mendukung aktivitas BPF untuk tumbuh secara optimal sampai dengan 12 MSP. Tambahan pula, selain tinggi akan kandungan gula (60%), molase juga memiliki kandungan asam amino, dan mineral yang mampu mendukung pertumbuhan bakteri pelarut fosfat seperti *Pseudomonas fluorescent* selama masa penyimpanan hingga 4 minggu pada konsentrasi  $40 gL^{-1}$  tanpa penambahan substrat lain (Advinda *et al.*, 2020).

Pertumbuhan BPF pada 0 MSP memasuki fase adaptasi (*lag phase*). Pada fase ini, bakteri akan membutuhkan waktu untuk sintesis enzim baru agar dapat beradaptasi di lingkungan yang baru (Rosariastuti *et al.*, 2017). Beberapa faktor yang mempengaruhi fase adaptasi adalah kondisi lingkungan selama inkubasi, fisiologi sel, dan ukuran inoculum (Mhlongo *et al.*, 2018; Salwan *et al.*, 2019).

Fase perbanyakan (*log phase*) pada BPF terjadi mulai dari 2 MSP sampai 6 MSP, kecuali pada penambahan molase 1% yang mengalami fase ini mulai dari 2 MSP sampai 4 MSP. Hal ini ditandai dengan meningkatnya jumlah sel bakteri secara eksponensial karena terjadi pembelahan sel bakteri terus menerus dalam laju yang konstan. Salah satu faktor yang mempengaruhi laju pertumbuhan bakteri adalah ketersediaan nutrisi pada media. Laju pertumbuhan menjadi lebih cepat ketika bakteri berada dalam media yang kaya nutrisi dan menjadi lebih lambat ketika dalam media yang miskin nutrisi (Teng *et al.*, 2020).

**Tabel 7. Efek Komposisi Karier dan Konsentrasi Molase Terhadap Viabilitas Inokulan Bakteri Pelarut Fosfat Pupuk Hayati 0-12 MSP**

Perlakuan	BPF $10^8$ (CFU $g^{-1}$ )					
	0 MSP	2 MSP	4 MSP	6 MSP	8 MSP	12 MSP
<b>Komposisi Karier:</b>						
Campuran karier 100%	0,97 a	1,81 a	2,62 a	2,92 a	1,89 a	0,90 a
Campuran karier 95% + zat aditif 5%	1,16 ab	3,10 a	3,55 b	4,20 b	2,43 a	0,82 a
Campuran karier 90% + zat aditif 10%	1,23 b	4,08 a	3,69 b	5,54 c	2,66 b	1,23 a
<b>Konsentrasi Molase:</b>						
Kontrol	0,95 a	2,86 a	2,97 a	3,16 a	1,37 a	0,72 a
Molase 1%	1,00 a	2,86 a	3,46 b	3,29 a	1,86 a	0,85 a
Molase 2%	1,40 b	3,34 a	3,58 b	6,22 b	3,75 c	1,39 b

Keterangan: angka yang memiliki notasi yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Duncan Multiple Range Test pada taraf nyata 5%

**Tabel 8. Efek Dosis dan Komposisi Amelioran plus terhadap Pertambahan Tinggi Tanaman Bibit Kelapa Sawit (mm)**

Perlakuan	Formulasi amelioran plus											
	Δ 0-2 MSP			Δ 4-6 MSP			Δ 8-10 MSP			Δ 14-16 MSP		
Dosis	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>
d <sub>1</sub>	29.922 b	13.22 a	12.78 a	4.22 a	1.89 a	5.22 a	1.05 a	1.55 a	5.33 a	0.83 a	0.61 a	2.83 a
	B	A	A	A	A	AB	A	A	AB	A	A	A
d <sub>2</sub>	17.22 a	30.33 b	20.00 ab	10.11 a	5.89 a	11.66 a	4.94 a	2.66 a	2.33 a	3.27 a	2.55 a	3.44 a
	A	A	AB	A	AB	B	A	A	A	B	B	A
d <sub>3</sub>	19.18 a	30.48 a	24.11 a	6.88 a	7.00 a	7.11 a	12.00 a	5.72 a	4.05 a	3.83 ab	3.28 a	4.50 b
	A	A	ABC	A	AB	AB	A	AB	AB	BC	B	A
d <sub>4</sub>	23.33 a	28.56 a	27.22 a	10.11 a	11.55 a	11.33 a	6.00 a	15.83 a	4.89 a	9.55 a	8.61 a	5.89 a
	AB	A	BC	A	BC	B	A	B	AB	D	D	A
d <sub>5</sub>	31.78 a	33.22 a	37.00 a	6.78 a	5.23 a	3.66 a	5.89 a	7.05 a	16.95 a	5.00 a	5.72 a	6.66 a
	B	A	C	A	C	A	A	AB	B	C	C	A

Keterangan: k<sub>1</sub> (kompos blotong 35% + abu sawit 25% + biochar 40%), k<sub>2</sub> (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + biochar 40% + dolomit 5%), k<sub>3</sub> (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + biochar 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran d<sub>1</sub> (kontrol), d<sub>2</sub> (5% = 500 g polybag<sup>-1</sup>), d<sub>3</sub> (10% = 1000 g polybag<sup>-1</sup>), d<sub>4</sub> (15% = 1500 g polybag<sup>-1</sup>), d<sub>5</sub> (20% = 2000 g polybag<sup>-1</sup>), angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey pada taraf 5% (angka yang diikuti huruf kapital dibaca vertikal menunjukkan interaksi komposisi dengan berbagai dosis, sedangkan yang diikuti huruf kecil dibaca dengan notasi horizontal merupakan interaksi dosis dengan berbagai komposisi).

Penurunan secara terus menerus dari populasi BPF mulai terjadi pada 8 MSP, sehingga dapat dikatakan bahwa BPF tidak memasuki fase stasioner (*stationary phase*), tetapi langsung memasuki fase kematian (*death phase*). Hal ini diduga karena nutrisi telah habis dan terjadi akumulasi senyawa hasil metabolisme sel yang bersifat racun sehingga meningkatkan mortalitas BPF. Pada fase kematian, masih ada sel yang melakukan metabolisme dan pembelahan, namun lebih banyak sel yang mati daripada yang hidup, sehingga terjadi penurunan jumlah sel bakteri (Raimi *et al.*, 2021). Madigan *et al.* (2015) menambahkan bahwa laju kematian sel lebih lambat dibandingkan dengan laju pertumbuhan dan sel yang masih hidup dapat bertahan selama berbulan-bulan bahkan bertahun-tahun.

Populasi BPF pada seluruh perlakuan sampai dengan 12 MSP masih memenuhi populasi standar berdasarkan Keputusan Menteri Pertanian nomor 261 tahun 2019 untuk pupuk hayati majemuk dengan karier serbuk yaitu sebesar 10<sup>7</sup> CFU g<sup>-1</sup> (Kementerian Pertanian Indonesia, 2019).

**Pertambahan Tinggi Tanaman.** Komposisi dan dosis amelioran menunjukkan interaksi pada parameter tinggi tanaman terhadap pertambahan tinggi tanaman. Data Tabel 8 memperlihatkan pemberian amelioran pada komposisi yang berbeda mampu meningkatkan penambahan tinggi tanaman.

Pemberian amelioran sebanyak dosis d<sub>3</sub> (10% = 1000 g polybag<sup>-1</sup>) dengan komposisi k<sub>3</sub> (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + biochar

40% + Dolomit 10%) memiliki pengaruh terhadap penambahan tinggi tanaman. Penggunaan berbagai bahan pada komposisi amelioran juga berdampak secara langsung meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit setelah 16 MSP. Hal ini disebabkan komposisi amelioran mengandung unsur hara yang dapat langsung digunakan oleh tanaman. Hasil analisa pH, N, P, K, dan C pada kompos blotong sebesar 6,5-7,5 pada pH 1,02% pada kandungan N, 0,75% kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 0,93% pada kandungan K, dan 17,88% kandungan C (Baroroh dan Setyono, 2015). Hasil analisa unsur hara pada dolomit yaitu, pH tanah 8,5 kandungan N 0,1%, kandungan P <0,1%, kandungan K 0,51%, dan kandungan C 1,5% (Aryanti *et al.*, 2016). Hastuti *et al.* (2018) menyatakan kombinasi amelioran pupuk organik arang 20% memberikan pengaruh efektif dibandingkan dengan kontrol, karena arang dapat mengkhelat seperti Cu, Zn, dan Mn secara berlebih, sehingga terbentuk ketersediaan hara yang optimal (Sa'diyah *et al.*, 2021). Sari *et al.* (2019) menyatakan bahwa kompos blotong kaya akan kandungan N, sehingga berperan dalam meningkatkan tinggi tanaman.

Perlakuan amelioran pada berbagai komposisi dan dosis terhadap pertambahan tinggi bibit kelapa sawit memiliki pengaruh nyata pada 2, 6, 10, dan 16 MSP. Hal tersebut disebabkan oleh pertambahan tinggi tanaman memiliki korelasi tinggi terhadap ketersediaan unsur hara makro pada tanah. Menurut Kholifah dan Sampoerno (2016), unsur N memiliki fungsi meningkatkan tinggi tanaman.



Tambahan pula, menurut Kholifah dan Sampoerno, (2016) hara N sangat diperlukan dalam sintesis asam amino dan protein, khususnya pada titik tumbuh dan ujung tanaman guna mempercepat pertumbuhan tanaman seperti proses perpanjangan sel dan pembelahan sel. Menurut Hakim *et al.* (2010) dalam Kholifah dan Sampoerno, (2016) pertumbuhan tinggi tanaman terjadi karena adanya perpanjangan sel dan pembelahan sel yang didominasi pada ujung dan pucuk tanaman. Proses ini memerlukan bahan organik seperti amelioran di dalam tanah untuk mensintesis protein.

**Pertambahan Diameter Batang.** Komposisi ( $k_3$ ) dengan dosis ( $d_3$ ) berinteraksi dan berpengaruh terhadap pertambahan diameter batang (Tabel 9). Data Tabel 9 memperlihatkan pemberian amelioran pada komposisi yang berbeda mampu meningkatkan pertambahan diameter batang pada setelah 16 MSP dibandingkan dengan kontrol laju pertumbuhan diameter batang meningkat sekitar 39,10%. Secara keseluruhan terlihat bahwa diameter batang terbaik dihasilkan dari pemberian amelioran sebanyak dosis 10% dengan komposisi kompos blotong 25% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 10% memiliki pengaruh yang paling tinggi terhadap pertambahan diameter batang.

Amelioran  $k_2$  dan  $k_3$  memberikan peningkatan diameter batang pada  $\Delta$  4-6 MSP, namun tidak menunjukkan perbedaan signifikan hingga pengamatan terakhir.

Amelioran  $k_2$  dan  $k_3$  mengandung dolomit yang tidak terdapat pada  $k_2$ . Hal tersebut disebabkan oleh pemberian dolomit meningkatkan pH, mengandung Ca yang berfungsi pada pembelahan sel, penyusun dinding sel tanaman. Selain itu dolomit memiliki kandungan Mg yang berfungsi dalam pembentukan klorofil dan pembentukan enzim, sehingga mendukung aktivitas mikroorganisme di dalam tanah yang akan mampu memenuhi kebutuhan unsur hara yang diperlukan oleh bibit, mendukung proses fotosintesis. Dolomit membantu pembelahan sel dan berpengaruh terhadap pertambahan diameter batang (Simangunsong *et al.*, 2015). Pengaplikasian amelioran berbagai komposisi dengan dosis terhadap pertambahan diameter batang berbeda nyata disebabkan oleh unsur hara N, P, dan K yang terkandung di dalam berbagai amelioran lebih cepat tersedia dan diserap oleh tanaman (Bahri *et al.*, 2018).

Adnan *et al.* (2015) menyatakan batang merupakan tempat akumulasi pertumbuhan pada tanaman muda, sehingga keberadaan hara meningkatkan laju fotosintesis yang berkorelasi positif dengan produksi fotosintat (mendukung pertumbuhan bonggol batang).

**Laju Pertambahan Jumlah Daun.** Efek interaksi beberapa komposisi dengan dosis amelioran berpengaruh terhadap jumlah daun (Tabel 10). Hasil terbaik atau tertinggi dihasilkan dari pemberian amelioran sebanyak dosis  $d_3$  (10% =1000 g *polybag*<sup>-1</sup>) dengan formula  $k_3$  (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%).

**Tabel 9. Efek Dosis dan Komposisi Amelioran Plus terhadap Pertambahan Diameter Batang Bibit Kelapa Sawit (mm)**

Perlakuan	Formulasi Amelioran Plus											
	$\Delta$ 0-2 MSP			$\Delta$ 4-6 MSP			$\Delta$ 8-10 MSP			$\Delta$ 14-16 MSP		
Dosis	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_1$	$k_2$	$k_3$
$d_1$	2.86 a	3.41 a	1.91 a	9.88 a	1.07 a	0.61 a	0.79 a	1.02 a	0.64 a	0.35 a	0.77 b	0.46 a
	A	B	A	A	A	A	A	B	AB	A	C	A
$d_2$	1.04 a	1.45 a	3.01 a	0.74 a	0.52 a	1.03 a	0.69 a	0.95 a	0.83 a	0.48 a	0.55 a	0.51 a
	A	A	A	A	A	AB	A	B	CD	A	AB	A
$d_3$	2.81 a	0.43 a	1.94 a	1.03 a	0.42 a	0.92 a	0.87 a	0.92 a	0.94 a	0.58 ab	0.47 a	0.64 b
	A	A	A	A	A	A	A	B	D	A	A	B
$d_4$	1.88 a	1.52 a	1.90 a	0.60 a	0.99 b	1.64 c	0.73 a	0.65 a	0.69 a	0.48 a	0.72 b	0.43 a
	A	A	A	A	A	B	A	A	BC	A	BC	A
$d_5$	1.41 a	1.66 a	1.44 a	0.62 a	1.06 b	1.04 b	0.71 a	0.60 a	0.50 a	0.58 a	0.44 a	0.48 a
	A	AB	A	A	A	AB	A	A	A	A	A	A

Keterangan:  $k_1$  (kompos blotong 35% + abu sawit 25% + *biochar* 40%),  $k_2$  (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%),  $k_3$  (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran  $d_1$  (kontrol),  $d_2$  (5% =500 g *polybag*<sup>-1</sup>),  $d_3$  (10% =1000 g *polybag*<sup>-1</sup>),  $d_4$  (15% = 1500 g *polybag*<sup>-1</sup>),  $d_5$  (20% =2000 g *polybag*<sup>-1</sup>), angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey pada taraf 5% (angka yang diikuti huruf kapital dibaca vertikal menunjukkan interaksi komposisi dengan berbagai dosis, sedangkan yang diikuti huruf kecil dibaca dengan notasi horizontal merupakan interaksi dosis dengan berbagai komposisi).

**Tabel 10. Efek Dosis dan Komposisi Amelioran Plus terhadap Pertambahan Jumlah Daun Bibit Kelapa Sawit**

Perlakuan	Formulasi Amelioran Plus											
	Δ 0-2 MSP			Δ 4-6 MSP			Δ 8-10 MSP			Δ 14-16 MSP		
Dosis	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	k <sub>3</sub>
d <sub>1</sub>	2.86 a A	3.41 a B	1.91 a A	9.88 a A	1.07 a A	0.61 a A	0.79 a A	1.02 a B	0.64 a AB	0.35 a A	0.77 b C	0.46 a A
d <sub>2</sub>	1.04 a A	1.45 a A	3.01 a A	0.74 a A	0.52 a A	1.03 a AB	0.69 a A	0.95 a B	0.83 a CD	0.48 a A	0.55 a AB	0.51 a A
d <sub>3</sub>	2.81 a A	0.43 a A	1.94 a A	1.03 a A	0.42 a A	0.92 a A	0.87 a A	0.92 a B	0.94 a D	0.58 ab A	0.47 a A	0.64 b B
d <sub>4</sub>	1.88 a A	1.52 a A	1.90 a A	0.60 a A	0.99 b A	1.64 c B	0.73 a A	0.65 a A	0.69 a BC	0.48 a A	0.72 b BC	0.43 a A
d <sub>5</sub>	1.41 a A	1.66 a AB	1.44 a A	0.62 a A	1.06 b A	1.04 b AB	0.71 a A	0.60 a A	0.50 a A	0.58 a A	0.44 a A	0.48 a A

Keterangan: k<sub>1</sub> (kompos blotong 35 % + abu sawit 25% + *biochar* 40%), k<sub>2</sub> (kompos blotong 30% + abu sawit 25% + *biochar* 40% + dolomit 5%), k<sub>3</sub> (Kompos blotong 25% + Abu sawit 25% + *biochar* 40% + Dolomit 10%). Faktor kedua merupakan dosis aplikasi amelioran d<sub>1</sub> (kontrol), d<sub>2</sub> (5% =500 g *polybag*<sup>-1</sup>), d<sub>3</sub> (10% =1000 g *polybag*<sup>-1</sup>), d<sub>4</sub> (15% = 1500 g *polybag*<sup>-1</sup>), d<sub>5</sub> (20% =2000 g *polybag*<sup>-1</sup>), angka-angka yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji lanjut Tukey pada taraf 5% (angka yang diikuti huruf kapital dibaca vertikal menunjukkan interaksi komposisi dengan berbagai dosis, sedangkan yang diikuti huruf kecil dibaca dengan notasi horizontal merupakan interaksi dosis dengan berbagai komposisi).

Menurut Ariyanti *et al.* (2018) kelapa sawit umumnya hanya memunculkan satu daun setiap bulannya. Menurut Corley and Tinker (2016) pada masa pembibitan rata-rata pertambahan jumlah daun kelapa sawit sebesar satu helai/daun sampai bibit berumur enam bulan. Menurut Salibury dan (Ariyanti *et al.*, 2018) pertambahan jumlah daun pada setiap interval pengamatan dalam satuan waktu atau indeks plastokhron (selang waktu yang dibutuhkan per daun tambahan yang terbentuk) relatif konstan apabila tanaman ditanam pada level suhu udara dan intensitas cahaya yang konstan.

## Kesimpulan

Perlakuan campuran karier 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase merupakan perlakuan terbaik dengan viabilitas BPN dan BPF tertinggi sampai dengan 12 Minggu Setelah Produksi (MSP). Viabilitas pada BPN maupun BPF dalam campuran karier 90% + zat aditif 10% dengan penambahan 2% molase sampai dengan 12 MSP seluruh perlakuan komposisi karier masih memenuhi standar mutu pupuk hayati. Pada uji pot bibit kelapa sawit, terjadi interaksi antara komposisi dengan dosis amelioran plus (diperkaya BPF dan BPN) berpengaruh nyata terhadap kenaikan tinggi tanaman, diameter batang, dan jumlah daun. Pemberian amelioran dosis d<sub>3</sub> komposisi k<sub>3</sub> memberikan hasil terbaik terhadap tinggi tanaman, diameter batang, dan pertambahan daun.

## Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis tunjukkan kepada PT. Pupuk Kaltim yang telah mendanai penelitian ini, juga kepada PT. Kalianusa sebagai lokasi pengambilan sampel penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Adiguna, G.S. dan I.N.P. Aryantha. 2020. Aplikasi fungi rizosfer sebagai pupuk hayati pada bibit kelapa sawit dengan memanfaatkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebagai media pertumbuhan. *Manfish J.*, 1(1): 32-42.
- Adnan, I.S., B. Utoyo, dan Kusumastuti. 2015. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk organik terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Main Nursery. *J. AIP*, 3(2): 69-81.
- Advinda, L., M. Fifendy, and A. Anhar. 2020. The utilization of coconut water and molasses as *Fluorescent Pseudomonad* propagation medium. *Int. J. Progress. Sci. Technol.*, 19(2): 25-28.
- Arisandi, A., M.K. Wardhani, K. Badami, dan A. Sopiyan. 2018. pengaruh perbedaan salinitas terhadap viabilitas bakteri *Pseudomonas* spp. *Rekayasa*, 10(1): 16.
- Ariyanti, M., S. Rosniawaty, dan H.A. Utami. 2018. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan pemberian kompos blotong disertai dengan frekuensi

- penyiraman yang berbeda di pembibitan utama. *Jurnal Kultivasi*, 17(3): 723-731.
- Aryanti, E., Yulita, A. Rani, and Annisava. 2016. Giving some ameliorants to changes chemical properties of peat soil. *J. Agroteknologi*, 7(1): 19-26.
- Aryanto, A., Triadiati, and Sugiyanta. 2015. Lowland and upland rice growth and production with application of biofertilizer based on plant growth promoting bacteria in acid soil. *J. Ilmu Pertan. Indones.*, 20(3): 229-235.
- Azeem, M., T.U. Hassan, M.I. Tahir, A. Ali, P.G.S.A. Jeyasundar, Q. Hussain, S. Bashir, S. Mehmood, and Z. Zhang. 2021. Tea leaves biochar as a carrier of bacillus cereus improves the soil function and crop productivity. *Appl. Soil Ecol.*, 157(August 2020): 103732.
- Badan Pusat Statistik. 2021. Impor pupuk menurut negara asal utama. *Badan Pus. Stat.*: 1. <https://www.bps.go.id/statictable/2014/09/08/1044/impor-pupuk-menurut-negara-asal-utama-2000-2020.html> (accessed 18 October 2021).
- Bahri, S., C. Mulyani, dan S. Alfarizi. 2018. Respon bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di main nursery pada media tanam sub soil terhadap bahan pembenah tanah dan pupuk organik. *J. Penelirian Agrosamudra*, 5(1): 41-52.
- Baroroh, A.U.L. dan P. Setyono. 2015. Analisis kandungan unsur hara makro dalam kompos dari serasah daun bambu dan limbah padat pabrik gula (blotong). *Bioteknologi*, 12(November): 46-51.
- Corley, R.H. and P. Tinker. 2016. *The palm oil*. Fifth. Willey Blackwell.
- Febriati, N. and Y. Rahayu. 2019. The effect of biochar and nitrogen stimulating bacteria (*Rhizobium & Azotobacter* sp.) on the Growth of Soybean (*Glycine max*) in Calcarouse Soil. *LenteraBio* 8(1): 62-66.
- Fitriatin, B.N., D.D.M. Ambarita, M.R. Setiawati, and T. Simarmata. 2021. The role of rhizobacterial inoculum and formulated soil amendment in improving soil chemical-biological properties, chlorophyll content and agronomic efficiency of maize under marginal soils. *Jordan J. Biol. Sci.*, 14(3): 601-605.
- Food Agricultural Organization. 2019. Standard operating procedure for soil organic carbon Walkley-Black method. FAO.
- Hastuti, R.D. dan R.C.B. Ginting. 2007. Enumerasi bakteri, cendawan, dan aktinomisetes. *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Penelitian Tanah.
- Hastuti, N., D. Hendra, and R.E. Pangersa Gusti. 2018. Theeffect of organic ameliorant addition into the growth of three seedlings. *J. Penelit. Has. Hutan*, 36(3): 171-180.
- Hoe, T.K., M.R. Sarmidi, S.S.R. Syed Alwee, and Z.A. Zakaria. 2016. Recycling of oil palm empty fruit bunch as potential carrier for biofertilizer formulation. *J. Teknol.* doi: 10.11113/jt.v78.7375.
- Kanchan, A., K. Simranjit, K. Ranjan, R. Prasanna, B. Ramakrishnan, M.C. Singh, M. Hasan, and Y.S. Shivay. 2018. Microbial biofilm inoculants benefit growth and yield of chrysanthemum varieties under protected cultivation through enhanced nutrient availability. *Plant Biosyst.*, 153(2): 306-316.
- Kasno, A. and L. Anggria. 2017. Increasing growth of oil palm seedling with NPK fertilization. *J. Penelit. Tanam. Ind.*, 22(3): 107.
- Kementan. 2019. Keputusan menteri pertanian No. 261/KPTS/SR.310/M/4/2019. : 1-18.
- Kementerian Pertanian Indonesia. 2019. Peraturan menteri pertanian nomor 01 tahun 2019 tentang pendaftaran pupuk organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah.
- Kholifah, M. dan Sampoerno. 2016. Pemberian amelioran pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan awal. *JOM Faperta*, 3(2): 1-8.
- Kusuma, C.A., K.S. Wicaksono, dan B. Prasetya. 2016. Perbaikan sifat fisik dan kimia tanah lempung berpasir melalui aplikasi bakteri *Lactobacillus fermentum*. *J. Tanah dan Sumberd. Lahan*, 3(2): 401-410.
- Madigan, M.T., J.M. Martinko, K.S. Bender, D.H. Buckley, and D. Sthal. 2015. *Brock biology of microorganism*. 14th ed. Pearson Education, United States of America.
- Mandal, B.D., B. Datta, M. Chaudhury, and S.K. Dey. 2015. Nutrient requirement for natural rubber. *Better Crop.*, 99(2): 19-20.
- Mhlongo, M.I., L.A. Piater, N.E. Madala, N. Labuschagne, and I.A. Dubery. 2018. The chemistry of plant-microbe interactions in the rhizosphere and the potential for metabolomics to reveal signaling related to

- defense priming and induced systemic resistance. *Front. Plant Sci.*, 9(February): 1-17.
- Mindari, W., P.E. Sassongko, U. Khasanah, & Pujiono. 2018. Rasionalisasi peran biochar dan humat terhadap ciri fisik-kimia tanah. *Journa Folium*, 1(2): 34-42.
- Najmiyati, E. dan D.H. Akhadi. 2013. Viabilitas dan kinerja konsorsium mikroba pendegradasi hidrokarbon setelah penyimpanan dalam pendingin dan penyimpanan beku. *J. Ecolab*, 6(2): 81 - 89.
- Pathirana, B.K.W. and P.N. Yapa. 2020. Evaluation of different carrier substances for the development of an effective pelleted biofertilizer for rice (*Oryza sativa* L.) Using co-inoculated bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi. *Asian J. Biotechnol. Bioresour. Technol.*, 6(1): 1-10.
- Pepper, I.L., C.P. Gerba, and T.J. Gentry. 2014. *Environmental microbiology: Third Edition*.
- Promraksa, A., and N. Rakmak. 2020. Biochar production from palm oil mill residues and application of the biochar to adsorb carbon dioxide. *Heliyon*, 6(5): 1-9.
- Raimi, A., A. Roopnarain, and R. Adeleke. 2021. Biofertilizer production in Africa: Current status, factors impeding adoption and strategies for success. *Sci. African*, 11(1-19): 1-22.
- Rosariastuti, R., S. Sumani, S. Supriyadi, M.A. Nursetyawan, and P.Y. Daniswara. 2017. The utilization of modified cassava flour (mocaf) industrial waste and peat as carrier of nitrogen-fixing bacteria (NFB) and phosphate solubilizing bacteria (PSB) Inoculant. *Microbiol. Indones.*, 11(4): 111-116.
- Roslan, M.A.M., I. Sohedein, P.S. Ling, Z.M. Sobri, A.T.K. Zuan, S.C. Cheak, and N.A.A. Rahman. 2021. Sustainable agronomic valorization of unsulfured molasses and defatted soybean meal as an optimized formulation of bio-organic fertilizer enriched with high cell density p-solubilizing bacteria. *Agronomy*, 11(5): 1-16.
- Sa'diyah, K., P.H. Suharti, N. Hendrawati, F.A. Pratamasari, dan O.M. Rahayu. 2021. Pemanfaatan serbuk gergaji kayu sebagai karbon aktif melalui proses pirolisis dan aktivasi kimia. *CHEESA Chem. Eng. Res. Artic.*, 4(2): 91. doi:
- Saif, S., Z. Abid, M.F. Ashiq, M. Altaf, and R.S. Ashraf. 2021. Biofertilizer formulations. biofertilizers. Scrivener Publishing LLC, Pakistan.
- Salwan, R., A. Sharma, and V. Sharma. 2019. Microbes mediated plant stress tolerance in saline agricultural ecosystem. *Plant Soil*, 442(1-2): 1-22.
- Sari, K., M. Wahyuni, dan H. Wijaya. 2019. Pengaruh pemberian kompos blotong limbah pabrik gula dan mikoriza terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq). *Agrotekma J. Agroteknologi dan Ilmu Pertan.*, 4(1): 64.
- Satinder, K.B., S.J. Sarman, and E. Chaabouni. 2012. Shelf-life of biofertilizers: an accord between formulations and genetics. *J. Fertil. Pestic.*, 03(05): 1-2.
- Simangunsong, D., Wardati, dan M.A. Khoiri. 2015. Pemanfaatan endapan limbah cair pabrik kelapa sawit dan kapur dolomit pada bibit kelapa sawit. *Jom Faperta*, 2(1): 70-75.
- Sudadi, Suryono, and E. Triharyanto. 2018. The application of biofilm biofertilizer-based organic fertilizer to increase available soil nutrients and spinach yield on dry land (a study case in Lithosol soil type). *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, 200(1): 0-6.
- Tarmizi, A.M. and M. Tayeb. 2006. Nutrient demands of tenera oil palm planted on inland soils of Malaysia. *J. Oil Palm Res.*, 18(June): 204-209.
- Teng, Z., W. Shao, K. Zhang, F. Yu, Y. Huo, and M. Li. 2020. Enhanced passivation of lead with immobilized phosphate solubilizing bacteria beads loaded with biochar/nanoscale zero valent iron composite. *J. Hazard. Mater.*, 384: 121505.