

## Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Pada Berbagai Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis di Polibag

<sup>1</sup>Rizky Fajriah Ramadhani, <sup>\*2</sup>Rudi Hartawan, <sup>2</sup>Hayata, dan <sup>3</sup>Edy Marwan

<sup>1</sup>Alumni Prod Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Batanghari. Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi. 36122

<sup>2</sup>Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Batanghari. Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi. 36122

<sup>3</sup>Fakultas Pertanian dan Peternakan Universitas Muhammadiyah Bengkulu Jl. Bali Po.Box 118 Bengkulu, 38119

\*e-mail korespondensi : [rudi2810@yahoo.com](mailto:rudi2810@yahoo.com)

**Abstract.** *The cultivation of cocoa plants that began in nurseries, is an effort to increase cocoa production. High yields can be achieved with high-quality cocoa beans. This study aims to obtain a combination treatment of NPK inorganic fertilizer with the best Bioneensis bioorganic fertilizer to support the growth of cocoa seedlings. This study used a one-factor Complete Randomized Design. The treatment design tested was Bioneensis bioorganic fertilizer and NPK fertilizer with 5 levels of dosage and 3 replications. as follows: b0 : Control, b1 : 7.5 g NPK fertilizer, b2 : 9.9 g Bioneensis fertilizer, b3 : 5 g NPK fertilizer (66.7% of b1) + 3.3 g of Bioneensis fertilizer (33.7% of b2), and b4: 2.5 g NPK fertilizer (33.7% of b1) + 6.6 g of Bioneensis fertilizer (66.7% of b2). Implementation of research in the form of land preparation and shade, preparation of planting media, seedling preparation, feeding, treatment, and maintenance of plants. Plant height, stem diameter, header dry weight, root dry weight, root crown ratio, and quality index are the parameters that are measured. The results of this study concluded that treatment of 2.5 g of NPK fertilizer combined with 6.6 g of Bioneensis biofertilizer will increase plant height by 60.10%, rod diameter by 43.86%, The dry weight of the header was 183.31%, the dry weight of the roots was 229.41%, and the quality index was 189.20% compared to the control.*

**Keywords :** *Inorganic fertilizers; Biofertilizers; Cocoa*

**Abstrak.** Budidaya tanaman kakao yang dimulai di pembibitan, adalah upaya untuk meningkatkan produksi kakao. Hasil yang tinggi dapat dicapai dengan biji kakao berkualitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan perlakuan kombinasi pupuk anorganik NPK dengan pupuk organik hayati Bioneensis terbaik untuk menunjang pertumbuhan bibit kakao. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor. Rancangan perlakuan yang dicobakan yaitu pupuk organik hayati Bioneensis dan pupuk NPK dengan 5 taraf takaran dan 3 ulangan. sebagai berikut: b0 : Kontrol, b1 : 7,5 g pupuk NPK, b2 : 9,9 g pupuk Bioneensis, b3 : 5 g pupuk NPK (66,7% dari b1) + 3,3 g pupuk Bioneensis (33,7% dari b2), dan b4 : 2,5 g pupuk NPK (33,7% dari b1) + 6,6 g pupuk Bioneensis (66,7% dari b2). Pelaksanaan penelitian berupa persiapan lahan dan naungan, persiapan media tanam, persiapan bibit, pemberian perlakuan, dan pemeliharaan tanaman. Tinggi tanaman, diameter batang, bobot kering tajuk, bobot kering akar, rasio mahkota akar, dan indeks kualitas adalah parameter yang diukur. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa perlakuan 2,5 g pupuk NPK yang dikombinasikan dengan 6,6 g pupuk hayati Bioneensis akan meningkatkan tinggi tanaman sebesar 60,10%, diameter batang sebesar 43,86%, berat kering tajuk sebesar 183,31%, berat kering akar sebesar 229,41%, dan indeks kualitas sebesar 189,20% dibandingkan kontrol.

**Kata kunci :** Kakao; Pupuk anorganik; Pupuk hayati

### PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan tanaman yang menjadi sumber devisa negara dan mendorong ekonomi perdesaan tumbuh dengan membudidayakan tanaman ini. Sejak tahun 1980 kakao menjadi tanaman prioritas untuk dikembangkan dan saat ini telah menjadi komoditas unggulan (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao, 2012). Kakao memiliki prospek yang tinggi untuk mensejahterakan masyarakat karena 99% tanaman ini dibudidayakan oleh rakyat. Produksi kakao di Indonesia tahun 2021 yaitu sebesar 706.636 ton mengalami peningkatan dibandingkan pada tahun 2023 sebesar 732.256 ton (Direktorat Jendral Perkebunan, 2023).

Peningkatan produksi kakao tidak sejalan dengan peningkatan luasan tanam. Penyebabnya adalah produktivitas tanaman yang masih rendah. Rata-rata produksi biji kakao kering di Indonesia sebesar 744 kg per hektar per tahun (Direktorat Jendral Perkebunan, 2023). Rendahnya produktivitas kakao, khususnya pada perkebunan rakyat, disebabkan oleh kondisi tanah menunjukkan gejala “kelelahan tanah”, tanaman tua yang semakin meningkat, serangan penggerek buah kakao (PBK), dan layu pembuluh darah (VSD), pemupukan yang tidak sesuai dosis (Hapsari, 2023). Guna mendapatkan mutu bibit yang sesuai dengan kebutuhan diperlukan upaya pembibitan yang intensif hingga tanaman siap untuk pindah tanam ke lapangan. Upaya peningkatan produksi kakao antara lain dengan memperhatikan aspek pembibitan di persemaian. Bibit kakao yang bermutu menjamin produktivitas yang tinggi baik dari segi kualitas maupun kuantitas (Iskandar et al., 2015). Pemupukan merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghasilkan bibit kakao yang berkualitas. Pemupukan bertujuan untuk menambah unsur hara tanah seperti nitrogen, fosfor dan kalium, serta memperbaiki kesuburan tanah sehingga pertumbuhan bibit kakao lebih cepat dan sehat.

Pembibitan tanaman perkebunan pada umumnya menggunakan pupuk anorganik berupa pupuk majemuk. Penggunaan pupuk majemuk disukai karena cepat larut dan menyediakan ion yang segera diserap oleh akar tanaman, nutrisi yang lebih banyak dan dapat digabungkan sesuai kebutuhan, relatif tidak berbau, dan cara aplikasi yang mudah di lapangan. Namun demikian, terdapat beberapa kelemahan sehingga pupuk ini perlu untuk dikurangi pemakaiannya yaitu harga relatif mahal dan mudah larut dan mudah tercuci, tidak bersahabat dengan lingkungan bila penggunaan pada dosis tinggi. Unsur yang paling dominan dijumpai dalam pupuk anorganik adalah unsur N, P, dan K. Beberapa kelemahan dari pupuk anorganik dapat diatasi dengan cara mengkombinasikan pupuk anorganik dengan pupuk hayati.

Menurut Mangalanayaki (2023) pupuk hayati adalah pupuk yang mengandung mikroba dan bermanfaat untuk membantu pertumbuhan tanaman. Pupuk hayati mengandung sekumpulan organisme hidup yang aktivitasnya bisa memperbaiki kesuburan tanah. Dengan demikian Pupuk hayati memiliki peran tersendiri bagi pertumbuhan dan hasil tanaman. Peran tersebut antara lain sebagai penyedia hara dan memfasilitasi penyediaan hara secara tidak langsung aktivitas mikrobioma yang ada pada pupuk hayati tersebut. Pupuk hayati merupakan salah satu komponen teknologi pertanian ramah lingkungan, berkelanjutan, dan komplementer terhadap komponen teknologi pertanian lain untuk digunakan dalam program peningkatan produktivitas pertanian, penghematan biaya pupuk dan meningkatkan pendapatan petani. Dalam upaya menuju pertanian berkelanjutan, kita perlu mengurangi penggunaan pupuk kimia. Pupuk hayati pelarut fosfat dan penambat nitrogen membantu mengurangi kebutuhan pupuk fosfor dan nitrogen kimia, sehingga mendukung pertanian yang lebih ramah lingkungan.

Hasil penelitian Hazra & Santosa (2022) menunjukkan bahwa kombinasi pupuk NPK dan pupuk hayati memiliki pengaruh dalam peningkatan yang signifikan pada laju tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, laju jumlah cabang pada tanaman alpukat. Penelitian Ariyanti et al. (2022) menunjukkan bahwa pemberian 1600 g kompos pelepah asal kelapa sawit yang dikombinasikan dengan 10 g pupuk hayati mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi bibit, lilit batang dan kandungan klorofil daun berturut-turut sebesar 62,67%, 25,88% dan 24,30% pada enam bulan setelah perlakuan. Hasil penelitian Ihsan et al., (2018) menunjukkan pupuk hayati yang dikombinasikan dengan asam humat dan fulvat menghasilkan berat kering tertinggi pada tanaman sambilo. Hasil penelitian Arsensi et al., (2022) menunjukkan interaksi yang nyata antara 100 g per polibag pupuk bokashi dengan 12 g per polibag pupuk NPK (16: 16: 16) terhadap pertumbuhan tinggi tanaman dan diameter batang bibit kakao.

Salah satu pupuk hayati yang diproduksi oleh Pusat Penelitian Kelapa Sawit adalah Bioneensis. Dikutip dari Majalah Media Sawit Indonesia (2021), bahwa Bioneensis merupakan pupuk hayati yang terdiri dari bahan aktif bakteri penambat nitrogen, bakteri penghasil indole acetic acid, dan bakteri pelarut fosfat. Bakteri inilah yang berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara nitrogen dan fosfor. Selain itu, adanya kandungan bakteri penghasil indole acetic acid berperan dalam menghasilkan hormon-hormon yang bisa memacu pertumbuhan tanaman. Pembuktian manfaat Bioneensis telah dilakukan melalui penelitian, diantaranya dapat meningkatkan penyerapan hara N dan P bibit kelapa sawit, meningkatkan komposisi bahan organik tanah hingga 80% dan populasi bakteri hingga 1000 kali lipat, dan membuat pertumbuhan tanaman lebih baik dibandingkan penggunaan 100% pupuk anorganik. Bioneensis mengandung bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat, dan bakteri penghasil *indole acetic acid* (IAA) yang mampu meningkatkan efisiensi pemupukan anorganik hingga 50%. Selain meningkatkan pendapatan petani atau pelaku usaha pertanian, penggunaan Bioneensis sebagai pupuk hayati juga akan menjaga kelestarian lingkungan dan menjamin keberlanjutan usaha perkelapasawitan Indonesia.

Hasil pengujian pada beberapa komoditas baik tanaman semusim (jagung dan bawang merah) hingga tanaman tahunan (kelapa sawit, jeruk, dan mangga) menunjukkan bahwa aplikasi bioneensis dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik hingga 50%. Penggunaan pupuk hayati Bioneensis ini juga dapat menekan biaya pemupukan hingga mencapai 30%. Disisi lain, penggunaan pupuk hayati Bioneensis juga dapat meningkatkan kesehatan tanah dalam jangka panjang (Media Perkebunan, 2019). Adapun dosis penggunaan yang disarankan untuk bibit tanaman perkebunan seperti sawit yaitu 10 g per polibag dan untuk bibit tanaman hortikultura yaitu 20 g per polibag atau lubang tanam. Pupuk Bioneensis diaplikasikan dengan cara ditabur di sekitar batang tanaman. Berdasarkan beberapa kelebihan penggunaan pupuk hayati Bioneensis serta kemampuannya dalam menurunkan penggunaan pupuk anorganik, telah dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik dengan cara menambahkan pupuk hayati Bioneensis untuk menunjang pertumbuhan bibit kakao.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian telah dilaksanakan di Kelurahan Olak Kemang, Kecamatan Danau Teluk, Kota Jambi mulai bulan Mei sampai dengan Agustus 2023. Pengukuran dan analisis pertumbuhan tanaman dilaksanakan di Laboratorium Dasar Fakultas Pertanian Universitas Batanghari. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bibit kakao jenis F1 Hibrida dari Dinas Perkebunan Pal 16 Kabupaten Muaro Jambi yang berumur 3 bulan, media tanam berupa tanah ultisol bagian top soil, pupuk organik hayati Bioneensis, pupuk NPK Mutiara, dan polibag ukuran 15 x 30 cm.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat tulis, parang, cangkul, paranet 75%, tali plastik, kamera ponsel, meteran, caliper, timbangan analitik, dan oven.

Rancangan lingkungan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap satu faktor. Rancangan perlakuan yang dicobakan yaitu kombinasi pupuk organik hayati Bioneensis dan pupuk NPK dengan 5 takaran sebagai berikut :  $b_0$  : Kontrol,  $b_1$  : 7,5 g pupuk NPK,  $b_2$  : 9,9 g pupuk Bioneensis,  $b_3$  : 5 g pupuk NPK (66,7% dari  $b_1$ ) + 3,3 g pupuk Bioneensis (33,7% dari  $b_2$ ),  $b_4$  : 2,5 g pupuk NPK (33,7% dari  $b_1$ ) + 6,6 g pupuk Bioneensis (66,7% dari  $b_2$ ). Penelitian diulang 3 kali sehingga terdapat 15 unit satuan percobaan dengan masing-masing satuan percobaan terdiri 5 polibag. Satu polibag terdiri dari satu tanaman sehingga jumlah seluruh tanaman adalah 75 bibit tanaman. Setiap satuan percobaan digunakan 4 tanaman sebagai sampel.

Lahan penelitian disiapkan dengan aktivitas meratakan tanah, membersihkan gulma dan membuat naungan intensitas 75% dengan ukuran panjang 4 m, lebar 3 m, dan tinggi 2 m. Persiapan media tanam dilakukan dengan cara menyiapkan tanah ultisol bagian *top soil* sampai kedalaman 20 cm. Tanah dikeringanginkan lalu disiapkan agar sesuai untuk kegiatan pembibitan. Media tanam yang telah siap dimasukkan ke dalam polibag berukuran 15 x 30 cm sebanyak 3 kg per polibag.

Bibit kakao yang ditanam merupakan bibit yang sehat dan berukuran seragam. Bibit kakao ditanam pada media tanam yang sudah disiapkan. Pembuatan lubang tanam dengan menyesuaikan ukuran pada bibit yang akan ditanam, polibag pada bibit disayat dengan menggunakan pisau atau cutter dan dilepaskan dari media bibit, kemudian bibit direndam sesaat di dalam air sampai media tanam yang lama terlepas. Hal ini dilakukan agar perakaran tanaman tidak patah atau rusak. Kemudian bibit kakao ditanam pada lubang tanam di dalam polibag yang telah disiapkan, lalu tutup kembali secara merata dan susun bibit yang telah ditanam sesuai dengan denah percobaan. Perlakuan pemupukan dilakukan setelah bibit melewati masa pemulihan. Berdasarkan beberapa informasi dan literatur dikatakan bahwa masalah stress selama 1 minggu dan setelah itu bibit normal kembali.

Bibit kakao yang ditanam pada media tanam diberikan pupuk sesuai perlakuan setelah diinkubasi selama 1 minggu. Adapun caranya, yaitu menggali 2 lubang pada kedua sisi batang bibit, masukkan pupuk NPK dan Bioneensis pada lubang yang berbeda, tutup pupuk tersebut dengan media tanam agar pupuk tidak menguap. Bibit yang telah diberikan perlakuan disiram sebanyak 250 mL air untuk mempercepat reaksi pupuk.

Aktivitas pemeliharaan yang dilakukan adalah menyiram, penyiangan gulma, dan pengendalian hama dan penyakit. Pemeliharaan untuk menjaga kondisi tanaman kakao agar pertumbuhannya tidak terganggu sehingga tanaman kakao dapat tumbuh dengan baik. Penyiraman dilakukan dua kali dalam sehari yaitu pagi pada pukul 07:00 WIB dan sore pada pukul 17:00 WIB dengan volume penyiraman sekali siram sebanyak 250 mL. Pengendalian gulma dilakukan dengan cara manual yaitu mencabut gulma yang mengganggu dan membuangnya. Tanaman yang terserang hama dikendalikan dengan cara alami yaitu mengambil hama tersebut dan membuangnya. Saat pelaksanaan penelitian ini tidak ada serangan penyakit pada bibit kakao.

Pada akhir penelitian yaitu 12 minggu setelah tanam, dilakukan pengukuran parameter pertumbuhan tanaman berupa:

1. **Tinggi Tanaman.** Pengukuran tinggi bibit dilakukan dengan menggunakan meteran. Titik ukur dimulai dari leher akar sampai ke ujung percabangan.
2. **Diameter Batang.** Diameter batang bibit diukur pada ketinggian 2 cm di atas leher akar dengan menggunakan jangka sorong.
3. **Berat Kering Tajuk.** Tanaman sampel dibersihkan dari tanah dan kotoran lainnya. Lalu tanaman dibagi menjadi bagian tajuk dan bagian akar. Bagian tajuk dan akar tanaman dimasukkan dalam amplop yang telah dibuat label sesuai perlakuan. Sampel tanaman dioven pada suhu  $80^{\circ}\text{C}$  selama  $2 \times 24$  jam. Selanjutnya sampel dibiarkan dingin di dalam oven lalu dilakukan penimbangan bagian tajuk dan akar tanaman. **Berat Kering Akar.** Bersamaan dengan penimbangan bagian tajuk tanaman, dilakukan juga penimbangan bagian akar untuk mendapatkan data berat kering akar.
4. **Nisbah Tajuk Akar.** Nisbah tajuk akar ditimbang pada akhir penelitian menggunakan data parameter bobot kering tajuk dan data bobot kering akar. Cara menghitung nisbah tajuk akar dengan menggunakan rumus sebagai berikut: 
$$NTA = \frac{BKT}{BKA}$$

Keterangan : NTA = Nisbah Tajuk Akar, BKT = Berat Kering Tajuk, BKA = Berat Kering Akar.

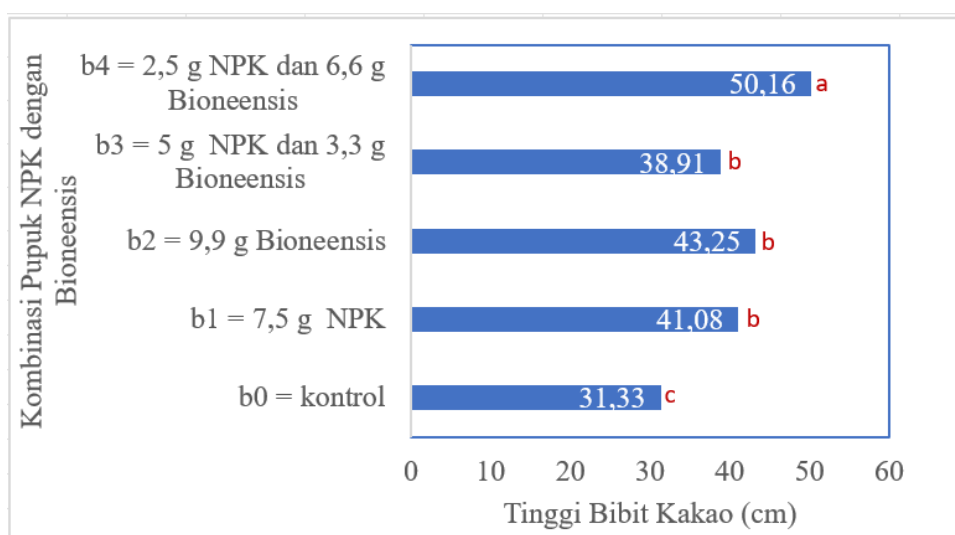
5. **Indeks Kualitas.** Indeks Kualitas dihitung pada akhir penelitian dengan menggunakan data berat kering tajuk, berat kering akar, tinggi tanaman dan diameter batang, kemudian dihitung dengan menggunakan rumus yang dijelaskan Hendromono (1989) sebagai berikut: 
$$\text{Indeks Kualitas} = \frac{\text{bobot kering tajuk} + \text{bobot kering akar}}{\frac{\text{tinggi tanaman}}{\text{diameter batang}} + \frac{\text{bobot kering tajuk}}{\text{bobot kering akar}}}$$

Nilai indeks kualitas minimal sebagai syarat bibit saat dipindahkan ke lapangan adalah 0,09 dan diindikasikan bibit yang baik adalah nilai indeks kualitas yang selalu meningkat.

Data hasil pengamatan ditabulasi dan selanjutnya dianalisis dengan analisis varian (Anova). Selanjutnya dilakukan uji lanjut DNMRT pada taraf  $\alpha$  5%. Pengolahan data menggunakan software SPSS #24.

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis ragam parameter tinggi tanaman, diameter batang, berat kering tajuk, berat kering akar, dan indeks kualitas, menunjukkan perlakuan kombinasi pupuk NPK dan pupuk hayati Bioneensis memberikan pengaruh yang nyata kecuali parameter rasio tajuk akar. Pengaruh yang nyata ini disebabkan perlakuan pupuk akan meningkatkan metabolisme tanaman. Pada dasarnya, proses metabolisme menghasilkan bahan baku untuk pertumbuhan dan perkembangan serta energi untuk semua proses dalam tubuh tanaman. Proses-proses inilah yang menyebabkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Pertumbuhan ini mencerminkan bertambahnya protoplasma yang terjadi karena penambahan ukuran maupun jumlahnya. Secara kasat mata, pertumbuhan tanaman ditunjukkan oleh pertumbuhan ukuran dan berat kering tanaman dan beberapa indikator lainnya. Berikut ini disajikan grafik tinggi bibit kakao sebagai respon dari perlakuan kombinasi pupuk NPK dengan Bioneensis seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Tinggi Bibit Kakao pada Perlakuan Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis  
Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf  $\alpha$  5%.

Gambar 1 menunjukkan bahwa rata-rata tinggi bibit kakao yang tertinggi pada perlakuan  $b_4$  yaitu 50,16 cm. Hasil tersebut berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Rata-rata tinggi bibit terendah ditunjukkan pada perlakuan  $b_0$  yaitu 31,33 cm. Pada perlakuan  $b_4$  (2,5 g pupuk NPK + 6,6 g pupuk Bioneensis) dapat meningkatkan tinggi bibit tanaman kakao sebesar 60,10% bila dibandingkan dengan  $b_0$ . Perlakuan  $b_4$  lebih baik dibandingkan perlakuan tunggal 9,9 g Bioneensis, tunggal 7,5 g NPK dan kombinasi 5 g NPK + 3,3 g Bioneensis. Perlakuan  $b_4$  mengindikasikan tercukupinya kebutuhan hara untuk meningkatkan tinggi bibit kakao, sedangkan perlakuan lainnya mengindikasikan kebutuhan tanaman akan hara belum tercukupi.

Keunggulan pupuk dalam bentuk kombinasi bila dibandingkan pupuk non kombinasi (perlakuan  $b_1$  dan  $b_2$ ) mengindikasikan bahwa masing-masing pupuk meyumbangkan keunggulannya dimana pupuk NPK menyediakan hara dengan cepat dan pupuk Bioneensis membantu meningkatkan efisiensi pemupukan karena peningkatan kandungan  $P_2O_5$  dan  $K_2O$  tersedia di dalam tanah (Kalay et al., 2020). Mikrobioma yang ada dalam pupuk Bioneensis membantu ketersediaan hara posfor karena adanya bakteri pelarut fosfat. Kelompok mikroba pelarut fosfat ini, selain dapat melepaskan P yang terfiksasi juga dapat memproduksi enzim fosfatase. Enzim fosfatase yang dikeluarkan oleh mikroba tersebut dapat memineralisasi P organik menjadi P anorganik. Proses mineralisasi P organik secara langsung menentukan ketersediaan P. Menurut Fitriatin (2023) peningkatan status hara tanah karena pemberian pupuk hayati yang mengandung bakteri pelarut fosfat ini mampu mengurangi kebutuhan pupuk P sebanyak 25-50%. Pernyataan ini

dapat menjawab mengapa perlakuan b4 lebih baik dibandingkan b3 dimana pada b3 dosis pupuk NPK lebih tinggi. Diduga pupuk hayati Bioneensis lebih berperan sehingga pertumbuhan tanaman lebih baik pada dosis Bioneensis 6,6 g walaupun dosis pupuk NPK hanya 2,5 g. Berkurangnya kebutuhan pupuk P anorganik akibat pemberian pupuk hayati ini sangat berperan dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan. Untuk membantu ketersediaan nitrogen karena adanya bakteri penambat nitrogen dan bakteri *plant growth promoting rhizobacteri* (PGPR) yaitu bakteri yang menghasilkan *indole acetic acid* (Majalah Sawit Indonesia, 2021). Pada dasarnya pupuk Bioneensis tidak mengandung unsur hara N, P, dan K. Peningkatan hara N, P, dan K berasal dari aktivitas mikrobioma seperti yang telah disebutkan. Bakteri penambat nitrogen mengambil  $N_2$  di udara sehingga menyediakan hara nitrogen bagi tanaman dan bakteri pelarut fosfat melarutkan fosfat sehingga tersedia bagi tanaman. Adanya IAA yang dieksudasi dari bakteri PGPR sangat menunjang perkembangan akar. Jadi ketersediaan N, P, serta berkembangnya akar merupakan situasi positif bagi tanaman sehingga pupuk hayati Bioneensis mampu meningkatkan efisiensi pupuk anorganik NPK sebanyak 75%.

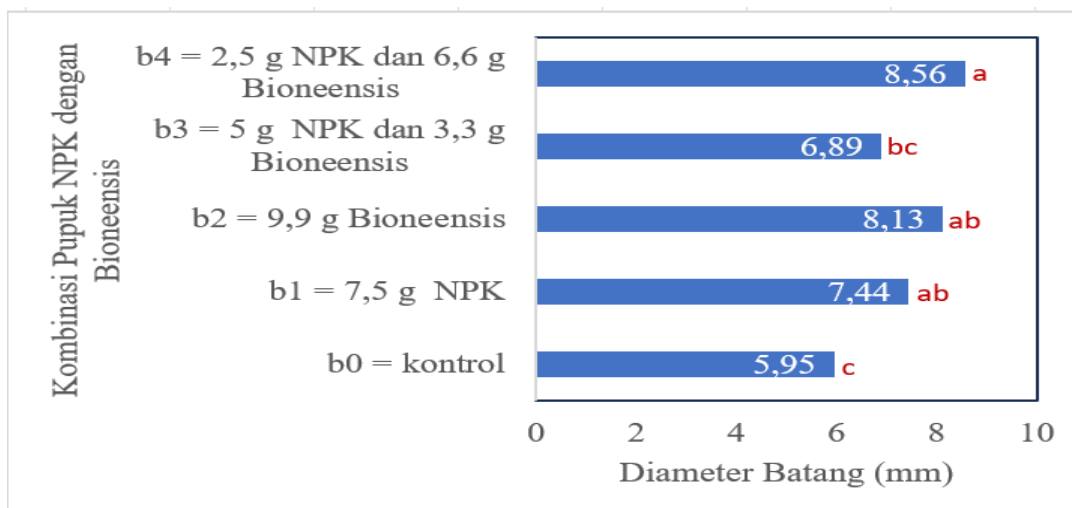
Aplikasi pupuk Bioneensis dan pupuk NPK sebagai pupuk tunggal cukup baik dalam mendorong pertumbuhan bibit kakao, hanya saja tidak sebaik bila kedua jenis pupuk tersebut dikombinasikan. Faktor kombinasi ini jadi sangat penting karena media tanam tidak hanya mendapat hara namun juga mendapatkan mikrobioma yang mendukung pertumbuhan tanaman secara seimbang. Keunggulan pupuk Bioneensis pada penelitian ini mengindikasikan bahwa pupuk hayati bisa lebih unggul dibandingkan pupuk anorganik yang selama ini pupuk anorganik selalu diunggulkan dibandingkan pupuk hayati. Pupuk Bioneensis mengandung mikrobioma dan bakteri yang dapat membantu meningkatkan ketersediaan hara makro N, P, dan K serta kesehatan media tanam untuk mendukung pertumbuhan tanaman.

Peranan nitrogen adalah dalam pembentukan klorofil yang berperan dalam proses fotosintesis. Klorofil dalam tumbuhan bertindak sebagai penangkap energi cahaya matahari menjadi energi kimia. Menurut Setyaningrum et al., (2020) dan Armita et al. (2022) nitrogen berfungsi untuk meningkatkan kadar protein dalam tubuh tanaman. Apabila unsur nitrogen tersedia lebih banyak daripada unsur lainnya, akan dapat dihasilkan protein lebih banyak. Semakin tinggi pemberian nitrogen semakin cepat pula sintesis karbohidrat yang diubah menjadi protein dan protoplasma. Disamping nitrogen, posfor diperlukan untuk pertumbuhan permulaan dan pertumbuhan yang tegap. Unsur posfor mempunyai peranan aktif dalam transfer energi di dalam sel dan meningkatkan efisiensi kerja kloroplas. Disamping itu posfor mempunyai peranan penting dalam fotosintesis, pembentukan karbohidrat, dan protein. Seperti halnya nitrogen dan posfor, unsur kalium berperan sebagai katalisator dalam metabolisme dan memegang peranan penting dalam sintesis protein dalam asam amino. Disamping itu kalium berperan dalam mengatur pergerakan stomata dan hal yang berhubungan dengan air termasuk mempertahankan turgor sel tanaman.

Menurut Tian-Yu et al. (2022) dan Rosyidhana (2021) mempertahankan nutrisi tanah sangat tergantung pada mikrobioma tanah. Melalui interaksi antara tanaman dan mikroba, mikrobioma tanah membentuk asosiasi dengan lingkungan tanaman. Karena adanya pelepasan berbagai macam nutrisi menyebabkan mikroorganisme di dalam tanah mendekat ke arah perakaran. Dengan demikian dapat dikatakan bahwa nutrisi dan enzim yang dilepaskan akar tanaman menjadi atraktan sehingga mikrobioma tanah mendekat ke arah perakaran. Tumbuhan menyekresi berbagai macam nutrisi penting bagi mikroorganisme seperti asam amino, glukosa, fruktosa dan sukrosa. Selanjutnya mikrobioma tersebut memberikan nutrisi bagi tanaman. Mikroorganisme rizosfer sendiri bermanfaat bagi tumbuhan karena dapat menghasilkan nutrisi yang dibutuhkan tumbuhan. Mikroorganisme rizosfer dapat memfiksasi nitrogen yang akhirnya dapat diserap tumbuhan dan memproduksi fitohormon yang penting bagi tumbuh kembang tumbuhan. Selain itu mikroorganisme rizosfer juga dapat melarutkan fosfor, potasium dan zink sehingga membantu menyediakan unsur hara bagi bibit kakao.

Mikrobioma dari pupuk hayati Bioneensis dapat melindungi tanaman dari organisme patogenik dengan memproduksi berbagai metabolit sekunder seperti ammonia, hidrogen sianida, siderofor dan enzim-enzim hidrolitik. Selain itu, terdapat juga mikrobioma yang bersifat *plant growth promoting* (PGP), yang merupakan komponen penting bagi pertanian berkelanjutan. Mikroorganisme PGP mendorong pertumbuhan bibit kakao. Mikroorganisme PGP ini biasa digunakan sebagai pupuk hayati sebagai ganti dari pupuk kimia. Itulah sebabnya pupuk hayati Bioneensis mampu meningkatkan efisiensi pemupukan anorganik NPK sebanyak 75%.

Pada media dengan persentase Bioneensis lebih tinggi berarti penyediaan bakteri penambat unsur hara nitrogen, bakteri pelarut fosfat lebih tinggi dan juga pada saat bersamaan dapat melepaskan unsur hara P yang diikat oleh Al dan Fe. Menurut Keiya (2019) unsur N bagian dari protein dan enzim, P pembentuk energi, K dan Mg yang menjadi koenzim, Ca yang merupakan komponen dinding sel, semuanya akan mendorong pertumbuhan dan perkembangan sel baik secara vertikal maupun horizontal. Pertumbuhan secara vertikal dapat ditunjukkan dengan tinggi bibit, sedangkan pertumbuhan horizontal ditunjukkan dengan diameter batang. Data diameter bibit kakao sebagai respon perlakuan disajikan pada Gambar 2.



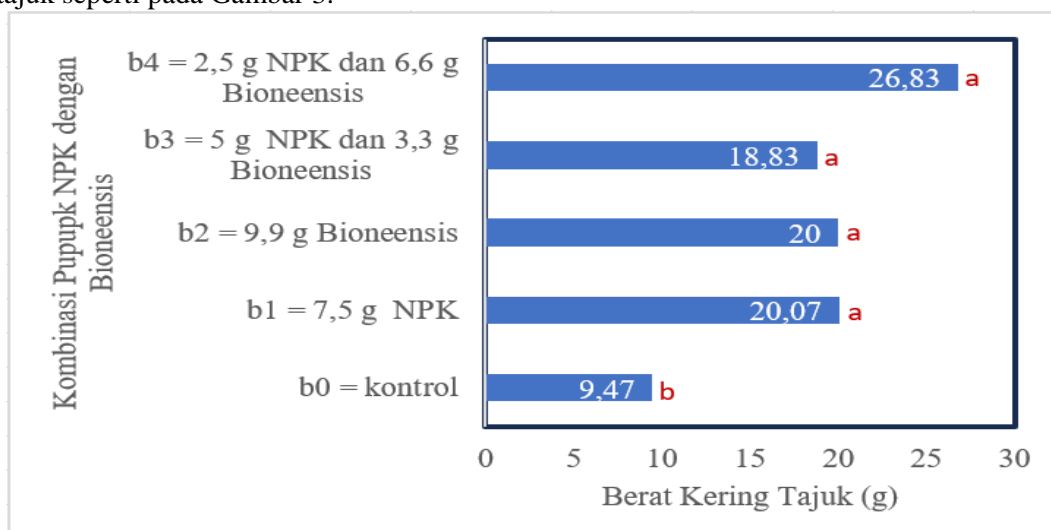
Gambar 2. Diameter Batang Bibit Kakao pada Perlakuan Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRM taraf  $\alpha$  5%.

Rata-rata diameter batang bibit kakao yang tertinggi diperoleh perlakuan b<sub>4</sub> yaitu 8,56 mm. Hasil ini berbeda tidak nyata dengan perlakuan b<sub>2</sub> dan b<sub>1</sub>, tetapi berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan b<sub>3</sub> dan b<sub>0</sub>. Nilai rata-rata diameter batang terendah diperoleh perlakuan b<sub>0</sub> yaitu 5,95 mm. Terdapat peningkatan diameter batang bibit kakao pada perlakuan b<sub>4</sub> sebesar 43,86% bila dibandingkan dengan b<sub>0</sub>.

Peningkatan diameter batang pada perlakuan b<sub>4</sub> menyebabkan kambium, atau meristem lateral aktif, berfungsi selama pembelahan dan pertumbuhan sel. Yustiningsih (2019) menyatakan bahwa jaringan meristem akan membelah dan menumbuhkan sel lebih cepat jika fotosintat dapat diakses dalam jumlah yang cukup. Ini akan menghasilkan peningkatan diameter batang yang lebih cepat. Dengan semakin bertambahnya fotosintat tersebut maka pembelahan sel-sel dalam jaringan meristem akan semakin aktif sehingga diameter batang akan bertambah.

Peningkatan diameter batang pada perlakuan b<sub>4</sub> dibandingkan kontrol sebesar 43,86%. Perlakuan b<sub>4</sub> berbeda tidak nyata dengan b<sub>2</sub> dan b<sub>1</sub>. Sama halnya dengan parameter tinggi tanaman, pupuk Bioneensis lebih berperan dibandingkan dengan pupuk NPK. Perlakuan b<sub>4</sub> mendorong aktivitas meristem lateral (kambium) dan meristem ujung akar bibit kakao aktif dalam pembelahan dan pertumbuhan sel. Pertumbuhan bibit kakao juga ditunjukkan dengan nilai berat kering tajuk seperti pada Gambar 3.



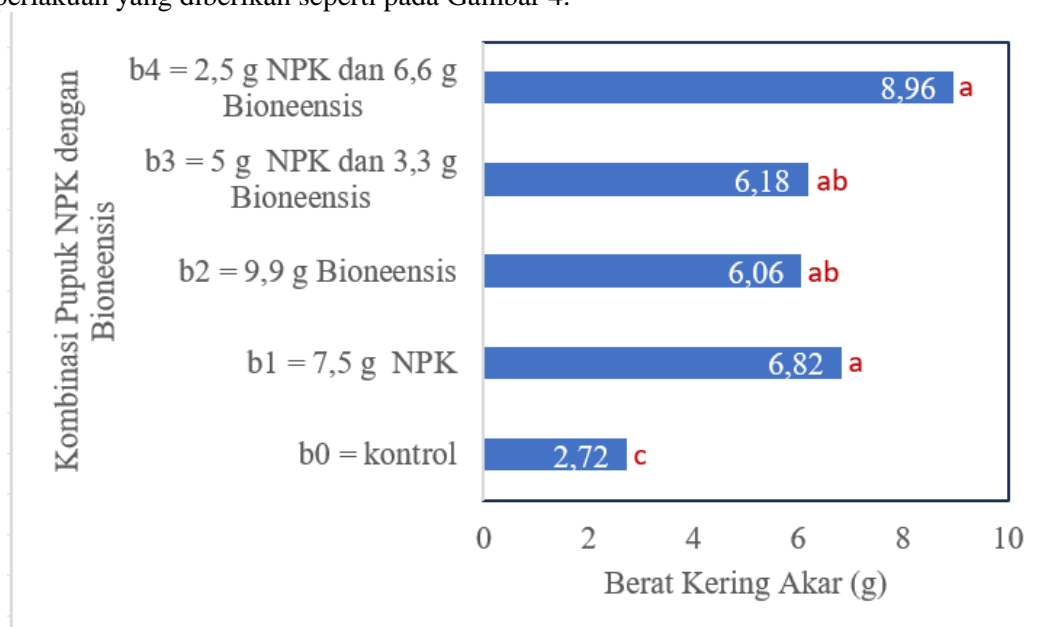
Gambar 3. Berat Kering Tajuk Bibit Kakao pada Perlakuan Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRM taraf  $\alpha$  5%.

Dari Gambar diatas menunjukkan rata-rata berat kering tajuk bibit kakao tertinggi didapat pada perlakuan b<sub>4</sub> yaitu 26,83 g. Hasil ini berbeda tidak nyata dengan perlakuan b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, dan b<sub>3</sub>, tetapi berbeda nyata dengan b<sub>0</sub>. Rata-rata berat kering tajuk terendah diperoleh perlakuan b<sub>0</sub> yaitu 9,74 g. Terdapat peningkatan berat kering tajuk bibit kakao pada perlakuan b<sub>4</sub> sebesar 183,31% dibandingkan dengan b<sub>0</sub>.

Pada Gambar 3 diketahui bahwa perlakuan b<sub>4</sub> memberikan nilai bobot kering tajuk tertinggi (26,83 g) namun berbeda tidak nyata dengan perlakuan b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, dan b<sub>3</sub>. Perlakuan b<sub>0</sub> berbeda dengan perlakuan lainnya. Berdasarkan data ini dapat dikatakan bahwa semua perlakuan selain kontrol akan meningkatkan bobot kering tajuk. Peningkatan bobot tersebut berbeda antar perlakuan namun tidak nyata. Bila dibandingkan dengan kontrol, perlakuan b<sub>4</sub> akan meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 183,31%. Karena daun adalah tempat tanaman mengakumulasi hasil proses fotosintesisnya, jumlah daun dan tajuk mempengaruhi kenaikan berat kering tajuk. Selain meningkatkan laju fotosintesis, proses ini juga akan menghasilkan senyawa organik yang lebih banyak, yang akan ditransfer ke seluruh organ tumbuhan dan berdampak pada bobot kering tajuk tumbuhan (Yustiningsih, 2019).

Bobot kering tajuk merupakan hasil keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis akan meningkatkan berat kering karena pengambilan CO<sub>2</sub> sedangkan respirasi mengakibatkan penurunan berat kering karena pengeluaran CO<sub>2</sub>. Ini menunjukkan bahwa kebutuhan energi dan ketersediaan oksigen dalam sel juga mempengaruhi fotorespirasi. Akibat fotorespirasi, fotosintesis menjadi jauh lebih rendah daripada seharusnya. Namun, fotorespirasi diketahui juga menjadi pemasukan beberapa komponen dasar proses fotosintesis. Dengan adanya fotorespirasi, jaringan tumbuhan lebih terjaga keseimbangannya. Perkembangan akar bibit tanaman juga berbeda berdasarkan perlakuan yang diberikan seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. Berat Kering Akar Bibit Kakao pada Perlakuan Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis

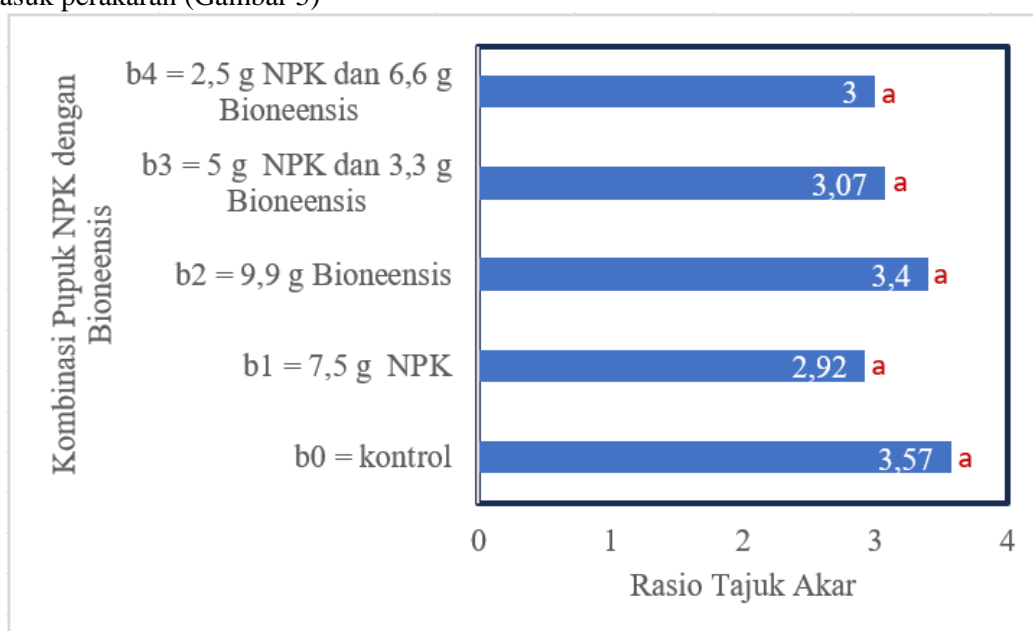
Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMR taraf  $\alpha$  5%.

Dari Gambar 4 menunjukkan bahwa rata-rata berat kering akar bibit kakao pada perlakuan b<sub>4</sub> berbeda tidak nyata dengan perlakuan b<sub>1</sub>, b<sub>3</sub>, dan b<sub>2</sub>, tetapi berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan b<sub>0</sub>. Nilai rata-rata berat kering akar bibit kakao tertinggi diperoleh perlakuan b<sub>4</sub> yaitu 8,96 g dan terendah diperoleh perlakuan b<sub>0</sub> yaitu 2,72 g. Pada perlakuan b<sub>4</sub> dengan pemberian kombinasi 2,5 g pupuk NPK + 6,6 g pupuk Bioneensis dapat meningkatkan berat kering akar bibit tanaman kakao pada sebesar 229,41% bila dibandingkan dengan b<sub>0</sub>.

Peningkatan bobot kering akar sejalan dengan peningkatan pertumbuhan tajuk tanaman. Pada perlakuan b<sub>4</sub>, bobot kering akar sebesar 8,96 g berbeda tidak nyata dengan perlakuan b<sub>1</sub>, b<sub>3</sub>, dan b<sub>2</sub> dan berbeda nyata dengan b<sub>0</sub> (Gambar 4). Bagian-bagian tanaman yang secara aktif terlibat dalam pengembangan dan penciptaan sel-sel baru akan menerima sebagian dari hasil fotosintesis. Hasil fotosintesis akan terakumulasi dalam bentuk biomass, selain di tajuk juga di bagian akar tanaman. Menurut Tibe (2019), perkembangan akar ditentukan oleh faktor genetik, akan tetapi faktor lingkungan juga sangat berpengaruh.

Perlakuan b<sub>4</sub> sangat kondusif dalam mendorong perkembangan akar. Dikutip dari majalah Media Perkebunan (2019), perlakuan pupuk organik hayati dapat mengakibatkan akar tanaman berkembang dengan baik yang disebabkan

adanya IAA yang dilepaskan oleh bakteri PGPR dari pupuk Bioneensis dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman termasuk perakaran (Gambar 5)



Gambar 5. Rasio Tajuk Akar Bibit Kakao pada Perlakuan Kombinasi Pupuk Anorganik NPK dan Pupuk Hayati Bioneensis

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMRT taraf  $\alpha$  5%

Pada Gambar 5 rata-rata rasio tajuk akar bibit kakao pada semua perlakuan kombinasi pupuk NPK dan pupuk Bioneensis berbeda tidak nyata. Rata-rata nisbah tajuk akar tertinggi diperoleh perlakuan  $b_0$  yaitu 3,57 dan terdapat peningkatan nisbah tajuk akar sebesar 22,26% dibandingkan dengan  $b_1$

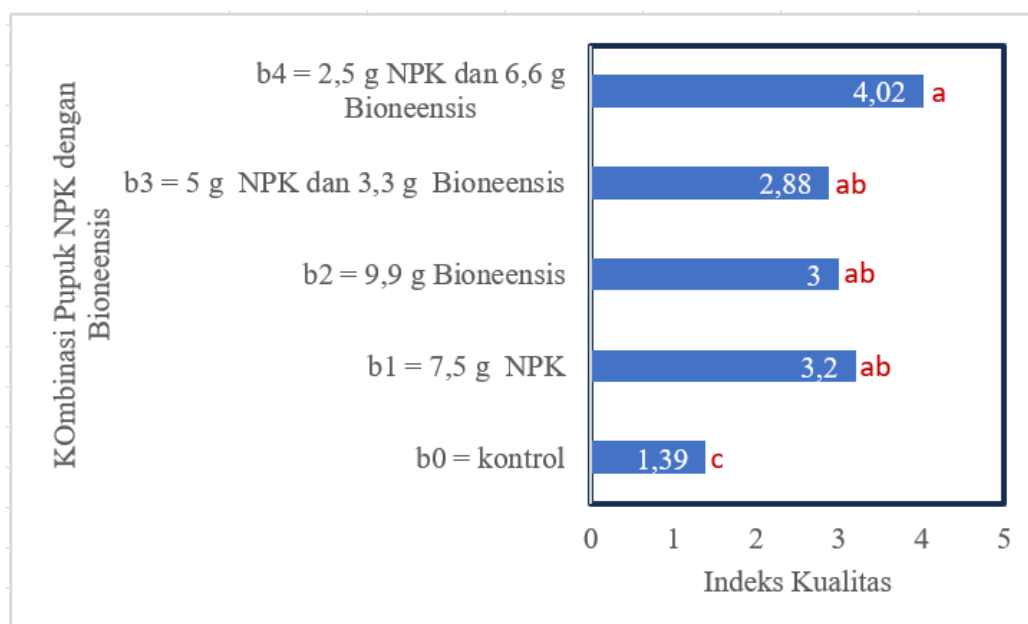
Perlakuan pupuk NPK dan pupuk Bioneensis memberikan dampak yang terlihat pada parameter yang berkaitan dengan bobot kering tajuk dan akar. Pengaruh perlakuan ini ternyata tidak nyata pada parameter rasio tajuk akar, demikian juga hasil uji lanjut DNMRT dengan ketelitian 95% dikarenakan pupuk Bioneensis membantu menambat unsur hara dari pupuk NPK. Pengaruh yang tidak nyata ini dapat menggambarkan perlakuan pupuk NPK dan pupuk Bioneensis memberikan pertumbuhan yang seimbang antar tajuk dan akar walaupun ada perbedaan nilai rasio tajuk akar, namun secara statistika perbedaan tersebut tidak nyata. Bila kita lihat lebih lanjut ternyata peningkatan bobot kering tajuk dan bobot kering akar antar perlakuan kombinasi NPK dan Bioneensis juga menunjukkan perbedaan tidak nyata faktor ini yang menjadi penyebab rasio tajuk akar menunjukkan perbedaan tidak nyata.

Terjadinya penurunan nilai rasio tajuk akar bila diperlakukan dengan pupuk menggambarkan terjadinya keseimbangan dalam pertumbuhan tajuk dan akar. Penyebab perbedaan yang tidak nyata ini adalah pupuk hayati Bioneensis melalui media tanam menyebabkan akar giat beraktivitas dalam menyerap unsur hara. Seperti diketahui bahwa penyerapan unsur hara melalui akar membutuhkan energi yang didapat dari respirasi akar dan menyebabkan akar berkembang optimal. Pada saat yang bersamaan, hara yang tersedia dapat diserap oleh akar dan diangkut melalui jaringan xylem menuju tajuk tanaman dan menjadi bahan baku fotosintesis. Proses fotosintesis akan menghasilkan karbohidrat, lalu ditransportasikan melalui jaringan floem. Karbohidrat akan menjadi bahan bagi tanaman dalam mengembangkan tajuknya yang terukur pada parameter tinggi tanaman dan diameter batang. Peningkatan pertumbuhan bibit juga berdampak terhadap nilai indeks kualitas seperti disajikan pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan bahwa indeks kualitas bibit kakao pada perlakuan  $b_4$  berbeda tidak nyata dengan perlakuan  $b_1$ ,  $b_2$ , dan  $b_3$ , tetapi berbeda nyata dengan perlakuan  $b_0$ . Nilai rata-rata indeks kualitas tertinggi diperoleh perlakuan  $b_4$  yaitu 4,02 dan nilai rata-rata terendah diperoleh perlakuan  $b_0$  yaitu 1,39. Terdapat peningkatan indeks kualitas bibit kakao pada perlakuan  $b_4$  sebesar 189,2% bila dibandingkan dengan perlakuan  $b_0$ .

Berdasarkan Gambar 6 terlihat bahwa nilai indeks kualitas pada perlakuan  $b_4$  sebesar 4,02. Bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol, perlakuan  $b_4$  akan meningkatkan nilai indeks kualitas sebesar 189,2%. Nilai indeks kualitas yang lebih tinggi menunjukkan komponen pertumbuhan yang lebih berkembang secara keseluruhan. Dalam percobaan ini, nilai indeks kualitas lebih dari 0,09 diamati untuk semua perlakuan. Menurut Hendromono (1989), nilai indeks kualitas lebih dari 0,09 mengindikasikan bahwa semua bibit layak untuk dipindahkan ke lapangan. Dengan nilai indeks kualitas terbesar, perlakuan  $b_4$  menghasilkan bibit dengan pertumbuhan akar, batang, dan tajuk yang paling seimbang.





Gambar 6. Indeks Kualitas Bibit Kakao Pada Perlakuan Kombinasi Pupuk Anorganik NPK Dan Pupuk Hayati Bioneensis

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama berbeda tidak nyata pada uji lanjut DNMR taraf  $\alpha$  5%.

Pada perlakuan kontrol, nilai indeks kualitas tergolong rendah. Hal ini diawali dari perkembangan parameter lainnya yang juga rendah. Bibit yang tumbuh dan diawali dengan indeks kualitas yang tinggi mempunyai peluang untuk terus mengembangkan organ-organ pertumbuhannya, khususnya daun sebagai organ dalam pelaksanaan proses fotosintesis. Daun-daun yang tumbuh lebar mempunyai jumlah stomata yang banyak sehingga dapat memfiksasi CO<sub>2</sub> dari udara lebih banyak dan akan meningkatkan jumlah fotosintat. Selanjutnya fotosintat didistribusikan ke seluruh bagian bibit termasuk daun untuk meningkatkan pertumbuhannya.

### KESIMPULAN

Perlakuan kombinasi pupuk anorganik NPK dan pupuk hayati Bioneensis berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, diameter batang bibit, berat kering tajuk, berat kering akar dan indeks kualitas, tetapi berpengaruh tidak nyata pada parameter nisbah tajuk akar. Perlakuan 2,5 g pupuk NPK yang dikombinasikan dengan 6,6 g pupuk hayati Bioneensis akan meningkatkan tinggi tanaman kakao sebesar 60,10%, diameter batang bibit sebesar 43,86%, berat kering tajuk sebesar 183,31%, berat kering akar sebesar 229,41%, dan indeks kualitas sebesar 189,20% dibandingkan kontrol. Pupuk hayati Bioneensis lebih berperan dibandingkan pupuk anorganik NPK dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kakao. Pupuk hayati Bioneensis mampu menggantikan pupuk anorganik NPK sebesar 75%.

### DAFTAR PUSTAKA

- Ariyanti, M., Keliat, E. B., Suherman, C., Rosniawaty, S., & Soleh, M. A. (2022). Respons pertumbuhan biomassa bagian atas bibit kelapa sawit akibat pemberian kompos pelepah kelapa sawit, pupuk hayati, dan asam humat. *Kultivasi*, 21(3), 327–337. <https://doi.org/10.24198/kultivasi.v21i3.37975>
- Armita, D., Wahdaniyah, W., Hafsan, H., & Al Amanah, H. (2022). Diagnosis Visual Masalah Unsur Hara Esensial Pada Berbagai Jenis Tanaman. *Teknosains: Media Informasi Sains Dan Teknologi*, 16(1), 139–150. <https://doi.org/10.24252/teknosains.v16i1.28639>
- Arsensi, I., Boy, M. Y. Y., & Nugrahini, T. (2022). Pengaruh pupuk npk dan bokashi daun gamal terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*). *AgriFor*, 21(1), 65. <https://doi.org/10.31293/agrifor.v21i1.5846>
- Direktorat Jendral Perkebunan. (2020). Statistik Perkebunan Non Unggulan Nasional 2020-2022. *Sekretariat Direktorat Jendral Perkebunan*, 1–572.
- Fitriatin, B. N. (2023). *Pakar Unpad: Penggunaan Pupuk Hayati Wujudkan Pertanian Berkelanjutan*. <https://www.unpad.ac.id/2023/09/pakar-unpad-penggunaan-pupuk-hayati-wujudkan-pertanian-berkelanjutan/>

- Hapsari, O. A. (2023). *Kakao Indonesia: Produksi, Tantangan dan Peluang*. Balai Informasi Standar Intrumen Pertanian. <https://bisip.bsip.pertanian.go.id/>
- Hazra, F., & Santosa, D. A. (2022). Evaluasi Penggunaan Pupuk Hayati pada Pertumbuhan Tanaman Alpukat (*Persea americana* Mill.) di Kebun Superavo, Subang. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 24(1), 14–19. <https://doi.org/10.29244/jitl.24.1.14-19>
- Hendromono. (1989). Effect Of Medium Type, NPK Fertilizer and Watering Frequency To The Growth and Quality Index of *Delbargia fusca* Seeding. *Duta Rimba*, XV(105–106), 31–40.
- Ihsan, M., Pamujiasih, T., Rahayu, T., & Azizah, R. A. (2018). *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Peternakan Terpadu Ke-3 ISBN : 978-602-60782-2-3 Aplikasi kombinasi pupuk hayati dengan asam humat dan fulvat untuk peningkatan mutu hasil pada budidaya tanaman*. 60–73.
- Media Sawit Indonesia (2021). *Mengenal Pupuk Hayati Bioneensis*. <https://sawitindonesia.com/mengenal-pupuk-hayati-bioneensis/#>
- Iskandar, E. P., Sampoerno, & Saputra, S. I. (2015). Departement of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, University of Riau. *JOM Faperta*, 2(1), 1–9.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. (2012). *Panduan Lengkap Budidaya Kakao*. Agromedia Pustaka.
- Kalay, A. M., Sesa, A., Siregar, A., & Talahaturuson, A. (2020). Efek Aplikasi Pupuk Hayati terhadap Populasi Mikroba dan Ketersediaan Unsur Hara Makro pada Tanah Entisol. *Agrologia*, 8(2), 63–70. <https://doi.org/10.30598/a.v8i2.1011>
- Keiya, F. (2019). *Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Kotoran Burung Merpati Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.) di Pesemaian*. IAIN Ambon.
- Mangalanayaki, R. A. & R. (2023). Potential uses of bacterial and fungal biofertilizers. In M. M. M. Barwant (Ed.), *Applied Trends In Lifesciences* (pp. 78–88).
- Media Perkebunan. (2019). *Bioneensis PPKS Kurangi Biaya Produksi 30%*. <https://mediaperkebunan.id/bioneensis-ppks-kurangi-biaya-produksi-30/>
- Rosyidhana, Z. (2021). *Peran Mikrobioma Tanah dalam Pertanian Organik*. DPKP DIY. <https://dpkp.jogjaprovo.go.id/baca/Peran+Mikrobioma+Tanah+dalam+Pertanian+Organik/050821/1eba25be539d4eac9bd3112eaf412ce136f2d3657147f743bd1cb139bd62e63f346>
- Setyaningrum, D., Budiastuti, M. T. S., Pujiasmanto, B., Purnomo, D., & Supriyono, S. (2020). Light Intensity and Biofertilizers Effect on Natural Indigo Production and Nutrient Uptake of *Indigofera tinctoria* L. *Indian Journal of Agricultural Research*, 54(5), 578–584. <https://doi.org/10.18805/IJARE.A-507>
- Tian-Yu Du, Hai-Yun He, Qian Zhang, Lu Lu, Wen-Jing Mao, M.-Z. Z. (2022). Positive effects of organic fertilizers and biofertilizers on soil microbial community composition and walnut yield. *Applied Soil Ecology*, 175, 104457. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2022.104457>
- Tibe, Y. (2019). Pengaruh pupuk kandang kambing dan pupuk organik cair Super Natural Nutrition (SNN) terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L) varietas lokal. *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Kehutanan*, 18(1), 155–166.
- Yustiningsih, M. (2019). Light Intensity and Photosynthetic Efficiency in Shade Plants Exposed to Direct Light. *Jurnal Pendidikan Biologi*, 4(2), 44–49.