

Growth and Biomass Accumulation of *Mucuna bracteata* in Response to *Rhizobium* sp Biofertilizer Dosages as Legume Cover Crop in Oil Palm Plantation

Romi Dongoran Siregar, Anna Kusumawati*, Muhammad Fiqi

Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta, Indonesia;

Article History

Received : June 07th, 2026

Revised : June 19th, 2026

Accepted : July 23th, 2026

*Corresponding Author: **Anna Kusumawati**; Program Studi Pengelolaan Perkebunan, Politeknik LPP Yogyakarta. Email:

kusumawatianna@gmail.com

Abstract: Effective ground-cover management in oil palm plantations is essential for limiting soil erosion, suppressing weed growth, and sustaining soil fertility. Among available options, the legume cover crop (LCC) *Mucuna bracteata* stands out for its fast growth rate and its ability to fix atmospheric nitrogen biologically through a symbiotic relationship with *Rhizobium* sp. This study was designed to identify the most effective dose of *Rhizobium* sp biofertilizer for supporting the growth and biomass accumulation of *Mucuna bracteata* as an LCC in oil palm plantations. It was carried out in the practice garden of Politeknik LPP Yogyakarta, located in Wedomartani, between April and June 2022, applying a non-factorial Randomized Block Design (RBD) that consisted of four treatment levels (0, 2, 8, and 15 g/polybag) with three replicates each, yielding a total of 12 experimental units. The resulting data were subjected to ANOVA, and treatment means were compared through the Least Significant Difference (LSD) test at a 5% significance threshold. The analysis revealed that *Rhizobium* sp biofertilizer application had a significant effect on every parameter examined. Among the treatments, the 15 g/polybag dose (R3) delivered the highest nodulation and biomass values, with root nodule counts reaching 19.22, nodule weight of 1.93 g, fresh shoot weight of 36.97 g, dry shoot weight of 9.16 g, fresh root weight of 14.01 g, and dry root weight of 2.03 g. At seven weeks after planting, plant height (150.00 cm) and leaf count were significantly greater than the untreated control (142.00 cm; 30.56 leaves), although no significant differences were detected among the biofertilizer dose levels themselves. Taken together, these results support applying *Rhizobium* sp biofertilizer at 15 g/polybag to optimize the establishment of *Mucuna bracteata* as an LCC within oil palm nursery systems.

Keywords: Biomass accumulation; Biofertilizer; Legume cover crop; *Mucuna bracteata*; Nitrogen fixation; *Rhizobium* sp.

Pendahuluan

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas unggulan sektor perkebunan Indonesia yang memberikan kontribusi penting sebagai sumber devisa negara, lapangan kerja, dan pendapatan utama petani (Muin et al., 2023). Dalam praktik pengelolaan perkebunan kelapa sawit, pemanfaatan tanaman kacang sebagai tanaman penutup tanah (*Legume Cover Crop/LCC*) telah menjadi bagian dari standar budidaya yang diterapkan secara luas sejak fase awal pembangunan perkebunan. Penggunaan LCC seperti *Mucuna bracteata* terbukti memperbaiki sifat fisik tanah serta menurunkan aliran permukaan (*runoff*) dan erosi

dibandingkan lahan tanpa tanaman penutup, terutama pada lahan dengan kemiringan tinggi (Wawan et al., 2019). Oleh sebab itu, penanaman LCC umumnya dilaksanakan segera setelah pembukaan lahan baru maupun pada fase pertumbuhan awal kelapa sawit sebelum kanopi menutup lahan sepenuhnya.

Di antara berbagai jenis tanaman LCC yang tersedia, *Mucuna bracteata* menempati posisi yang paling mendominasi digunakan di perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Keunggulan dari LCC ini bersumber dari kombinasi karakteristik meliputi laju pertumbuhan yang pesat, toleransi tinggi terhadap kondisi ternaungi, daya saing kuat terhadap gulma, serta kapasitas produksi

biomassa yang besar (Depari et al., 2026). Kombinasi sifat-sifat tersebut menjadikan *Mucuna bracteata* sebagai pilihan utama dalam menekan populasi gulma, menjaga kadar air tanah, dan melindungi permukaan tanah dari ancaman erosi dan kehilangan hara, terutama selama tiga tahun awal pertanaman kelapa sawit (Veronika et al., 2024).

Keistimewaan lain yang dimiliki *Mucuna bracteata* adalah kemampuannya menjalin simbiosis mutualistik dengan bakteri penambat nitrogen dari genus *Rhizobium* sp., yang memberikan nilai tambah signifikan bagi ekosistem perkebunan kelapa sawit. Dalam proses simbiosis itu, nitrogen bebas di atmosfer (N_2) difiksasi oleh bakteri *Rhizobium* yang menginfeksi akar tanaman legum dan menghasilkan bintil akar sebagai organ fiksasi nitrogen (Suryanti et al., 2024). Nitrogen adalah elemen nutrisi penting untuk kelapa sawit, dan kekurangannya mengakibatkan pertumbuhan terhambat serta timbulnya tanda klorosis pada daun muda (Umar et al., 2023). Pupuk hayati yang berbasis *Rhizobium* sp. memberikan pilihan yang lebih ramah lingkungan dan lebih hemat biaya dibandingkan pupuk nitrogen kimia dalam memenuhi kebutuhan nitrogen untuk tanaman legum seperti *Mucuna bracteata* (Putra et al., 2025).

Kajian terdahulu pada *Mucuna bracteata* umumnya menguji faktor ganda seperti kombinasi *Rhizobium* sp. dengan pupuk NPK (Ichwan et al., 2024) atau interaksi *Rhizobium* sp. dengan mikoriza (Wahyuni et al., 2020), dengan rentang dosis yang relatif sempit (0–9 g/tanaman). Kajian yang secara khusus mengevaluasi dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp. tunggal dengan rentang lebih lebar, disertai pengukuran bobot bintil akar secara gravimetrik sebagai indikator kualitas fiksasi nitrogen, sekaligus mengintegrasikan seluruh komponen biomassa basah dan kering dalam satu rancangan percobaan terkontrol pada *Mucuna bracteata*, masih sedikit dalam literatur.

Penelitian ini dilaksanakan untuk menentukan dosis terbaik dari pupuk hayati *Rhizobium* sp. untuk pertumbuhan dan produksi biomassa *Mucuna bracteata* sebagai tanaman penutup tanah di kebun kelapa sawit. Studi ini secara khusus meneliti respons empat takaran pupuk hayati terhadap variabel pertumbuhan vegetatif, pembentukan nodul akar, serta akumulasi biomassa basah dan kering tanaman. Temuan dari penelitian ini

diharapkan menjadi saran dosis aplikatif bagi para petani dalam mengoptimalkan penggunaan *Mucuna bracteata* sebagai tanaman penutup tanah yang efisien dan efektif.

Bahan dan Metode

Studi ini dilakukan di kebun praktik Politeknik LPP Yogyakarta, Wedomartani, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta antara bulan April hingga Juni 2022. Bahan yang digunakan mencakup biji *Mucuna bracteata*, polybag berukuran 18×18 cm, tanah lapisan atas (top soil), serta pupuk hayati merek Flora One yang mengandung bakteri *Rhizobium* sp $2,35 \times 10^7$ cfu/g, *Azospirillum* sp $1,00 \times 10^8$ cfu/g, *Trichoderma harzianum* $5,00 \times 10^4$ cfu/g, dan *Pseudomonas fluorescens* $4,55 \times 10^9$ cfu/g. Peralatan yang digunakan terdiri dari penggaris, timbangan analitik, oven pengering, gembor, dan sekop kecil.

Rancangan yang diterapkan adalah RAK non-faktorial, terdiri atas empat taraf perlakuan dengan tiga kali pengulangan, menghasilkan total 12 unit percobaan (36 polybag, masing-masing 3 tanaman per unit). Pengelompokan (blok) dibentuk berdasarkan posisi naungan dan kemiringan lahan, dengan asumsi kondisi mikroklimat dalam satu blok relatif homogen. Penempatan keempat perlakuan pada setiap blok dilakukan secara acak menggunakan teknik pengundian (*lottery randomization*). Nilai yang digunakan dalam analisis statistik merupakan rata-rata dari 3 tanaman per satuan percobaan, bukan data individu per tanaman, guna menghindari pseudoreplikasi. Perlakuan yang digunakan yaitu R0 (kontrol), R1 (2 g/polybag), R2 (8 g/polybag), dan R3 (15 g/polybag).

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengisian polybag menggunakan 2 kg tanah *top soil*. Biji *Mucuna bracteata* direndam dalam air selama 24 jam sebelum ditanam sebanyak 2 biji per polybag pada kedalaman ± 2 cm. Pupuk hayati diaplikasikan dengan cara menyebar secara merata di sekitar tanaman pada 7 hari setelah penanaman (HST) sesuai dengan dosis yang ditetapkan. Perawatan tanaman mencakup penyiraman setiap hari dan pengendalian gulma secara manual setiap minggu.

Variabel pengamatan terdiri atas variabel pertumbuhan vegetatif (tinggi tanaman dan jumlah daun, diukur mingguan pada 4–7 MST) dan variabel biomassa (jumlah bintil akar, bobot

bintil akar, bobot basah-kering tajuk, dan bobot basah-kering akar, diamati saat panen pada 7 MST). Jumlah bintil akar dihitung secara manual pada seluruh sistem perakaran, sedangkan bobot bintil akar diukur menggunakan timbangan analitik setelah dipisahkan dari akar utama. Kedua parameter ini digunakan bersama sebagai indikator efektivitas fiksasi nitrogen biologis, karena bintil yang banyak namun kecil dapat mengindikasikan fiksasi yang kurang efektif, sedangkan bobot bintil yang tinggi mencerminkan bintil yang lebih matur dan aktif secara fisiologis (Putra *et al.*, 2025). Bobot kering tajuk dan akar diperoleh setelah pengeringan dalam oven bersuhu 80°C selama 24 jam hingga berat konstan.

Semua data terlebih dahulu diperiksa asumsi normalitas residual (Shapiro-Wilk) dan homogenitas varians (Levene) sebelum dianalisis dengan ANOVA pada tingkat signifikansi 5% ($\alpha = 0,05$). Jika hasil ANOVA menunjukkan efek signifikan ($p < 0,05$), analisis akan diteruskan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada level kepercayaan 95%. Notasi huruf yang berbeda pada hasil uji BNT mengindikasikan perbedaan signifikan antarperlakuan, sedangkan huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan.

Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati *Rhizobium* sp dengan variasi dosis memberikan pengaruh yang signifikan hingga sangat signifikan terhadap semua parameter pertumbuhan dan biomassa *Mucuna bracteata* yang diamati ($p < 0,05$). Secara umum, terdapat koneksi positif antara peningkatan dosis pupuk hayati dengan peningkatan kualitas pertumbuhan tanaman, meskipun pola responnya bervariasi antara parameter pertumbuhan vegetatif dan parameter biomassa. Ringkasan hasil analisis varians dan uji BNT untuk semua parameter ditampilkan dalam tabel dan grafik berikut.

Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman adalah parameter pertumbuhan vegetatif yang paling representatif karena dapat diukur langsung dan objektif pada setiap tahapan pengamatan. Pengukuran dilaksanakan setiap minggu dari 4 MST hingga 7 MST guna memperlihatkan dinamika pertumbuhan pada setiap perlakuan secara

menyeluruh. Rata-rata tinggi tanaman untuk semua perlakuan ditampilkan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata Tinggi Tanaman *Mucuna bracteata* (cm) pada Berbagai Dosis Pupuk Hayati *Rhizobium* sp Umur 4–7 MST

Perlakuan	Umur Tanaman			
	4-MST	5-MST	6-MST	7-MST
R0	73,73a	96,23a	122,57a	142,00a
R1	75,07b	102,4b	122,77b	147,43a
R2	75,07b	102,37b	122,77bc	147,27bc
R3	76,40c	105,27c	130,57c	150,00c
Rata rata	75,10	101,57	127,17	146,68

Keterangan : Notasi huruf berbeda pada kolom yang sama mengindikasikan adanya perbedaan signifikan antarperlakuan (uji BNT, $\alpha = 0,05$; $n = 3$ ulangan). Kode perlakuan: R0 (kontrol/tanpa pupuk), R1 (2 gr/polybag), R2 (8 gr/polybag), R3 (15 gr/polybag).

Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penerapan pupuk hayati *Rhizobium* sp memiliki pengaruh yang signifikan terhadap tinggi tanaman *Mucuna bracteata* di semua usia pengamatan ($p < 0,05$). Rata-rata tinggi tanaman pada 7 MST berada di kisaran 142,00 cm untuk perlakuan R0 hingga 150,00 cm untuk perlakuan R3. Uji BNT pada taraf 5% menunjukkan bahwa R1, R2, dan R3 memiliki perbedaan signifikan dibandingkan R0, tetapi antarperlakuan pupuk hayati (R1, R2, R3) tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan antara satu dengan yang lainnya.

Perbedaan tinggi tanaman antara perlakuan berinokulum dan kontrol berkaitan erat dengan ketersediaan nitrogen hasil fiksasi biologis oleh *Rhizobium* sp. Nitrogen yang ada dalam kuantitas yang memadai mendorong penggandaan dan perpanjangan sel di jaringan meristematik apikal, sehingga tanaman yang diinokulasi tumbuh lebih tinggi secara signifikan dibandingkan kontrol yang hanya mengandalkan nitrogen alami tanah (Rachmandika *et al.*, 2025). Tidak adanya perbedaan nyata antarperlakuan berinokulum mengindikasikan bahwa dosis 2 g/polybag sudah mencukupi kebutuhan populasi *Rhizobium* sp untuk mendukung elongasi batang secara optimal, sehingga penambahan dosis lebih lanjut tidak menghasilkan respons tinggi tanaman yang berbeda secara signifikan.

Jumlah Daun

Jumlah daun mencerminkan kapasitas fotosintetik tanaman secara tidak langsung, karena pertambahan jumlah daun berbanding lurus dengan perluasan total area daun yang tersedia untuk mengintersepsi cahaya. Data rata-rata jumlah daun pada seluruh perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Jumlah Daun *Mucuna bracteata* (helai) pada Berbagai Dosis Pupuk Hayati *Rhizobium* sp Umur 4–7 MST

Perlakuan	Umur Tanaman			
	4-MST	5-MST	6-MST	7-MST
R0	19,57a	24,63a	29,43a	32,10a
R1	22,57b	28,43b	34,10b	37,10b
R2	22,43b	28,30b	34,10b	37,10b
R3	22,57c	28,70c	34,43c	37,10b

Keterangan : Notasi huruf berbeda pada kolom yang sama mengindikasikan adanya perbedaan signifikan antarperlakuan (uji BNT, $\alpha = 0,05$; $n = 3$ ulangan). Kode perlakuan: R0 (kontrol/tanpa pupuk), R1 (2 gr/polybag), R2 (8 gr/polybag), R3 (15 gr/polybag).

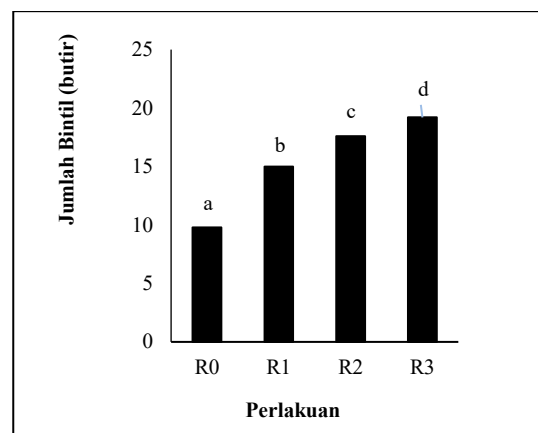
Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa aplikasi pupuk hayati *Rhizobium* sp berdampak signifikan terhadap jumlah daun *Mucuna bracteata* ($p < 0,05$). Rata-rata jumlah daun pada 7 MST berada di antara 32,10 helai (R0) dan 37,10 helai (R1, R2, R3). Uji BNT 5% menunjukkan bahwa semua perlakuan inokulum berbeda signifikan dibandingkan kontrol (R0), tetapi tidak ada perbedaan signifikan antarperlakuan pupuk hayati.

Peningkatan jumlah daun pada perlakuan berinokulum menunjukkan meningkatnya aktivitas meristem apikal yang dipicu oleh ketersediaan nitrogen dari fiksasi biologis. Apabila nitrogen ada dalam jumlah yang mencukupi, kadar klorofil pada daun meningkat dan proses fotosintesis ikut meningkat sehingga produksi asimilat yang dihasilkan lebih banyak, yang selanjutnya mendukung pembentukan daun baru dengan lebih aktif. (Sari & Prayudyaningsih, 2015). Pola respons yang sama dengan tinggi tanaman mengindikasikan bahwa pembentukan daun baru mencapai titik jenuhnya pada dosis terendah yang diuji (2 g/polybag).

Jumlah Bintil Akar

Jumlah bintil akar merupakan konfirmasi

langsung atas keberhasilan proses inokulasi *Rhizobium* sp pada sistem perakaran *Mucuna bracteata*. Data rata-rata jumlah bintil akar pada seluruh perlakuan disajikan pada Grafik 1.



Grafik 1. Rata-rata jumlah bintil akar (butir) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen (7 MST). $n = 3$ ulangan. Keterangan : Huruf yang berbeda di atas batang menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5%. R0 = 0 g/polybag; R1 = 2 g/polybag; R2 = 8 g/polybag; R3 = 15 g/polybag

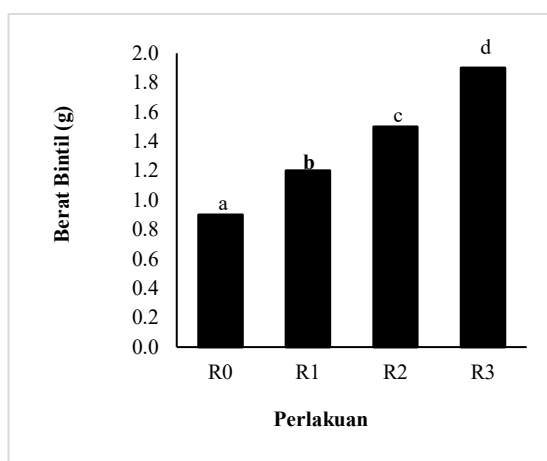
Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan pupuk hayati *Rhizobium* sp memiliki pengaruh yang sangat signifikan terhadap jumlah bintil akar *Mucuna bracteata* ($p < 0,01$). Rata-rata jumlah bintil akar berada dalam kisaran 9,89 bintil (R0) sampai 19,22 bintil (R3). Tidak seperti parameter pertumbuhan vegetatif, uji BNT 5% menunjukkan bahwa semua perlakuan berbeda secara signifikan satu sama lain dengan peningkatan yang konsisten seiring dengan peningkatan dosis.

Respons linier jumlah bintil terhadap peningkatan dosis dapat dijelaskan melalui mekanisme infeksi *Rhizobium* sp: meningkatnya kepadatan populasi bakteri di zona perakaran memperbesar frekuensi kontak bakteri dengan rambut akar dan probabilitas terjadinya infeksi yang berhasil. Proses ini diawali ketika akar tanaman legum mengekskresikan senyawa flavonoid sebagai sinyal kimia yang dikenali *Rhizobium* sp, yang kemudian memicu diferensiasi jaringan korteks akar membentuk bintil (Suryanti *et al.*, 2024). Jumlah bintil akar menjadi indikator kuantitatif keberhasilan inokulasi, namun perlu dipadukan dengan parameter bobot bintil akar untuk penilaian efektivitas fiksasi nitrogen yang lebih

komprehensif.

Berat Bintil Akar

Bobot bintil akar menggambarkan tingkat perkembangan dan kematangan bintil yang terbentuk pada sistem perakaran *Mucuna bracteata*. Data rata-rata bobot bintil akar pada seluruh perlakuan disajikan pada Grafik 2. Analisis sidik ragam menunjukkan bahwa penggunaan pupuk hayati *Rhizobium* sp memberikan pengaruh yang sangat signifikan terhadap bobot bintil akar *Mucuna bracteata* ($p < 0,01$). Rata-rata berat bintil akar berada dalam kisaran 0,92 g (R0) hingga 1,93 g (R3). Uji BNT 5% menunjukkan bahwa semua perlakuan berbeda secara signifikan, dengan R3 menghasilkan bobot bintil tertinggi.



Grafik 2. Rata-rata bobot bintil akar (g)

Mucuna bracteata pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen

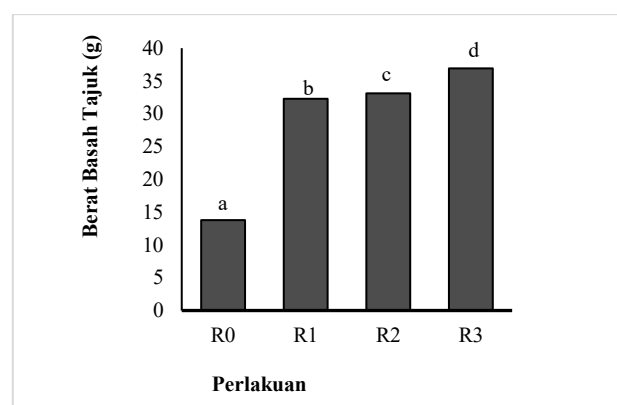
Keterangan: Rata-rata bobot bintil akar (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen (7 MST). $n = 3$ ulangan. Huruf yang berbeda di atas batang menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5% ($\alpha = 0,05$). R0 = 0 g/polybag; R1 = 2 g/polybag; R2 = 8 g/polybag; R3 = 15 g/polybag.

Bintil yang lebih berat mencerminkan ukuran lebih besar dengan kandungan leghemoglobin yang lebih tinggi — pigmen yang berfungsi mengatur pasokan oksigen ke bakteroid pada tingkat optimal yang kondusif bagi aktivitas enzim nitrogenase, sehingga bintil yang lebih matur menunjukkan kapasitas fiksasi nitrogen yang lebih tinggi (Zega & Lase, 2025). Dengan demikian, perlakuan R3 tidak hanya menghasilkan bintil terbanyak tetapi juga bintil yang paling aktif secara fisiologis. Implikasi

ilmiahnya adalah bahwa pengukuran bobot bintil secara gravimetrik perlu dilakukan bersama jumlah bintil untuk mendapatkan gambaran efektivitas fiksasi nitrogen yang komprehensif.

Berat Basah Tajuk

Bobot basah tajuk merupakan cerminan kemampuan tanaman dalam mengakumulasi air dan produk metabolisme pada organ bagian atas. Data rata-rata bobot basah tajuk pada seluruh perlakuan disajikan pada Grafik 3. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati *Rhizobium* sp berpengaruh sangat nyata terhadap bobot basah tajuk *Mucuna bracteata* ($p < 0,01$). Rata-rata bobot basah tajuk berkisar antara 13,77 g (R0) hingga 36,97 g (R3), dengan selisih lebih dari dua kali lipat antara perlakuan terbaik dan kontrol. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain.



Grafik 3. Rata-rata bobot basah tajuk (g)

Mucuna bracteata pada berbagai dosis pupuk hayati

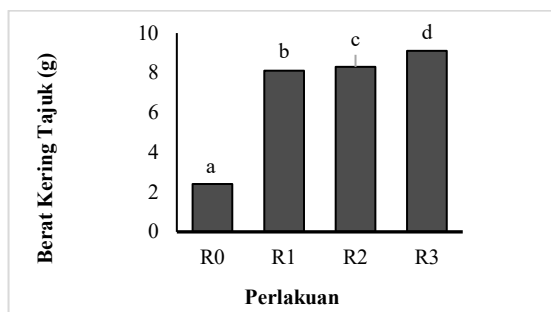
Rhizobium sp saat panen. Keterangan: Rata-rata bobot basah tajuk (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen (7 MST). $n = 3$ ulangan. Huruf yang berbeda di atas batang menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5% ($\alpha = 0,05$). R0 = 0 g/polybag; R1 = 2 g/polybag; R2 = 8 g/polybag; R3 = 15 g/polybag.

Peningkatan bobot basah tajuk mencerminkan meningkatnya akumulasi air dan fotosintat pada jaringan tajuk sebagai dampak langsung dari ketersediaan nitrogen hasil fiksasi biologis. Inokulasi *Rhizobium* sp pada *Mucuna bracteata* terbukti meningkatkan produksi biomassa tajuk secara nyata karena proses penambatan N_2 mulai terjadi begitu bakteri berhasil menginfeksi akar dan membentuk bintil, sehingga pasokan nitrogen untuk pertumbuhan tajuk terpenuhi secara berkelanjutan (Wahyuni *et al.*, 2020). Implikasi bagi perkebunan kelapa sawit adalah bahwa *Mucuna bracteata* yang

diinokulasi pada dosis optimal menghasilkan biomassa tajuk yang jauh lebih besar, meningkatkan efektivitasnya sebagai penutup tanah dalam menekan gulma dan mengembalikan bahan organik ke tanah.

Berat Kering Tajuk

Bobot kering tajuk merupakan indikator produktivitas tanaman yang lebih objektif dibandingkan bobot basah karena tidak dipengaruhi fluktuasi kandungan air saat pengamatan. Data rata-rata bobot kering tajuk pada seluruh perlakuan disajikan pada Grafik 4. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati *Rhizobium* sp berpengaruh sangat nyata terhadap bobot kering tajuk *Mucuna bracteata* ($p < 0,01$). Rata-rata bobot kering tajuk berkisar antara 2,42 g (R0) hingga 9,16 g (R3), dengan peningkatan hampir empat kali lipat dibandingkan kontrol. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain.



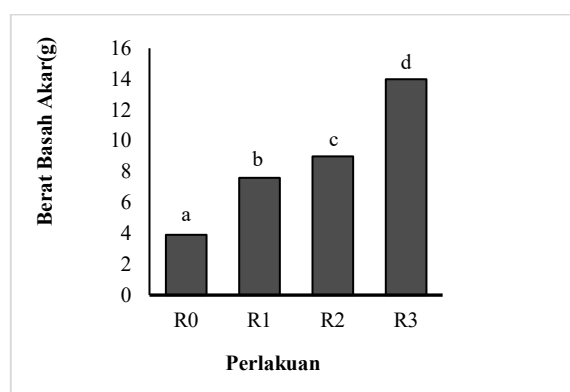
Grafik 4. Rata-rata bobot kering tajuk (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen

Keterangan: Rata-rata bobot kering tajuk (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen (7 MST). $n = 3$ ulangan. Huruf yang berbeda di atas batang menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5% ($\alpha = 0,05$). R0 = 0 g/polybag; R1 = 2 g/polybag; R2 = 8 g/polybag; R3 = 15 g/polybag.

Nitrogen yang cukup dari hasil fiksasi biologis meningkatkan konsentrasi klorofil dan enzim Rubisco dalam mesofil daun — keduanya merupakan komponen utama dalam reaksi fotosintesis — sehingga laju asimilasi CO_2 dan akumulasi fotosintat dalam bentuk bahan kering meningkat secara proporsional (Rachmandika et al., 2025). Pola ini mengkonfirmasi bahwa semakin tinggi dosis inokulasi, semakin besar kapasitas fotosintesis tanaman dan semakin banyak biomassa kering yang diakumulasi pada organ tajuk.

Berat Basah Akar

Bobot basah akar menggambarkan kemampuan tanaman dalam membentuk dan memperluas sistem perakarannya. Data rata-rata bobot basah akar pada seluruh perlakuan disajikan pada Grafik 5. Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati *Rhizobium* sp berpengaruh sangat nyata terhadap bobot basah akar *Mucuna bracteata* ($p < 0,01$). Rata-rata bobot basah akar berkisar antara 3,91 g (R0) hingga 14,01 g (R3), dengan peningkatan lebih dari tiga kali lipat dibandingkan kontrol. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain.



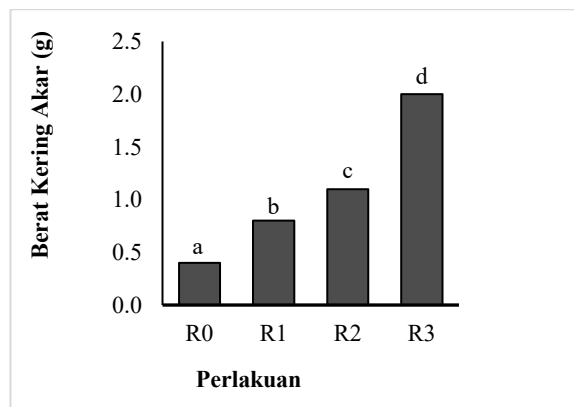
Grafik 5. Rata – Rata Bobot Basah Akar (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen

Keterangan: Rata-rata bobot basah akar (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen (7 MST). $n = 3$ ulangan. Huruf yang berbeda di atas batang menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5% ($\alpha = 0,05$). R0 = 0 g/polybag; R1 = 2 g/polybag; R2 = 8 g/polybag; R3 = 15 g/polybag.

Tingginya bobot basah akar pada perlakuan R3 mencerminkan berkembangnya arsitektur perakaran yang lebih kompleks akibat tersedianya nitrogen dalam jumlah lebih besar dari proses fiksasi biologis. Inokulasi *Rhizobium* sp terbukti berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan akar karena nitrogen biologis menyediakan substrat asam amino yang dibutuhkan untuk pembelahan dan pemanjangan sel di ujung akar (Hodiyah & Milati, 2022). Sistem perakaran yang lebih ekstensif juga memperluas jangkauan penyerapan air dan hara, menciptakan umpan balik positif bagi kelangsungan aktivitas *Rhizobium* sp di dalam bintil akar.

Berat Kering Akar

Bobot kering akar secara tidak langsung mencerminkan besarnya kapasitas serapan nitrogen tanaman dan berbanding lurus dengan efektivitas fiksasi nitrogen oleh *Rhizobium* sp melalui bintil akar yang terbentuk. Data rata-rata bobot kering akar pada seluruh perlakuan disajikan pada Grafik 6.



Grafik 6. Rata-rata bobot kering akar (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen. Keterangan: Rata-rata bobot kering akar (g) *Mucuna bracteata* pada berbagai dosis pupuk hayati *Rhizobium* sp saat panen (7 MST). n = 3 ulangan. Huruf yang berbeda di atas batang menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji BNT taraf 5% ($\alpha = 0,05$). R0 = 0 g/polybag; R1 = 2 g/polybag; R2 = 8 g/polybag; R3 = 15 g/polybag.

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati *Rhizobium* sp berpengaruh sangat nyata terhadap bobot kering akar *Mucuna bracteata* ($p < 0,01$). Rata-rata bobot kering akar berkisar antara 0,39 g (R0) hingga 2,03 g (R3), dengan peningkatan lebih dari lima kali lipat dibandingkan kontrol. Uji BNT 5% menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berbeda nyata satu sama lain.

Semakin tinggi dosis *Rhizobium* sp yang diinokulasikan, semakin tinggi pula serapan nitrogen tanaman yang tercermin dari peningkatan bobot kering tanaman dan akumulasi biomassa kering akar (Wulandari *et al.*, 2024). Secara keseluruhan, peningkatan bobot kering akar yang linier seiring dosis inokulasi mengkonfirmasi bahwa *Rhizobium* sp tidak hanya meningkatkan pertumbuhan tajuk melalui suplai nitrogen, tetapi juga secara langsung mendorong perkembangan sistem perakaran sebagai organ simbiosis utama dalam proses fiksasi nitrogen biologis, sehingga dosis 15 g/polybag dapat direkomendasikan sebagai dosis optimal pada kondisi percobaan ini.

Kesimpulan

Pemberian pupuk hayati *Rhizobium* sp terbukti berpengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan vegetatif dan biomassa *Mucuna bracteata* yang diamati, dengan pola respons yang berbeda antara parameter pertumbuhan dan parameter nodulasi-biomassa. Dosis 15 g/polybag (R3) merupakan dosis optimal yang secara konsisten menghasilkan nilai terbaik pada parameter jumlah dan bobot bintil akar, bobot basah dan kering tajuk, serta bobot basah dan kering akar, sedangkan pada parameter tinggi tanaman dan jumlah daun seluruh dosis inokulasi memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan kontrol meskipun tidak berbeda nyata antarsesama dosis. Berdasarkan hasil tersebut, aplikasi pupuk hayati *Rhizobium* sp dosis 15 g/polybag direkomendasikan untuk mengoptimalkan pertumbuhan dan produksi biomassa *Mucuna bracteata* sebagai tanaman penutup tanah di perkebunan kelapa sawit.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik LPP Yogyakarta yang telah menyediakan fasilitas kebun praktek sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh civitas akademika Program Studi Pengelolaan Perkebunan Politeknik LPP Yogyakarta atas dukungan dan bantuan yang diberikan selama pelaksanaan penelitian hingga penulisan artikel ini selesai.

Referensi

- Depari, A. A. P., Mendrofa, D., Sembiring, L., Ginting, B. S., Tarigan, A. A., Nasution, M. A., Pinem, L. J., Sulastri, Y. S., & Pratomo, B. (2026). Pertumbuhan Vegetatif *Mucuna bracteata* D.C dengan Pemberian Pupuk Organik Cair Limbah Kulit Kopi. *Tabela Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 4(1), 33–39.
<https://doi.org/10.56211/tabela.v4i1.1570>
- Hodiyah, I., & Milati, P. A. (2022). Pengaruh Inokulasi *Rhizobium* spp. dan Vermikompos terhadap Pembentukan Bintil Akar dan Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Media Pertanian*, 7(2), 101–111.
<https://doi.org/10.37058/mp.v7i2.5811>

- Ichwan, M. F., Wijayani, S., & Setyawati, E. R. (2024). Pengaruh Kombinasi Dosis Pupuk NPK dan Dosis Inokulum Rhizobium sp terhadap Pembentukan Nodulasi dan Pertumbuhan Mucuna Bracteata. *Agroforetech*, 2(2), 552–557. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/1276>
- Muin, A., Seto, C., & Hastuti, P. B. (2023). Pemanfaatan Lahan Kosong (Gawangan) dengan Tanaman Biji-Bijian Pada Berbagai Tingkat Umur Kelapa Sawit. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(1), 1–8. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.37159/jpa.v25i1.2325>
- Putra, H. A., Himawan, A., & Rochmiyati, S. M. (2025). Pengaruh Pupuk P dan Dosis Inokulum Rhizobium sp. terhadap Pembentukan Bintil Akar dan Pertumbuhan Mucuna bracteata. *AGROISTA : Jurnal Agroteknologi*, 8(2), 128–137. <https://doi.org/https://doi.org/10.55180/agi.v8i2.1283>
- Rachmandika, Y., Pusparani, S., & Syahputra, W. N. H. (2025). Respon Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Kedelai (*Glycine max L.*) Varietas Dering 1 terhadap Pemberian Rhizobium. *Plumula :Berkala Ilmiah Agroteknologi*, 13(2), 57–62. <https://doi.org/10.33005/plumula.v13i2.251>
- Sari, R., & Prayudyaningsih, R. (2015). Rhizobium: Pemanfaatannya Sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. *EBONI*, 12(1), 51–64. <https://doi.org/10.20886/buleboni.5054>
- Suryanti, E., Yuan Nabilla, A., Eka Prastya, M., & Sari, D. A. (2024). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Rhizobium asal Bintil Akar Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea*) dan Koro Rawe (*Mucuna bracteata*). *Jurnal Sumberdaya HAYATI*, 10(4), 175–182. <https://journal.ipb.ac.id/index.php/sumberdayahayati>
- Umar, W. K., Arwendah, H., & Sustiyani, E. (2023). Nitrogen Determination in Leaves Palm Oil using The San++ Scalar Continuous Flow Analyzer Following Wet Digestion with 50ml Dilution Sulfuric Acid: Testing and Validation. *Chimica et Natura Acta*, 11(3), 125–135. <https://doi.org/10.24198/cna.v11.n3.48210>
- Veronika, N., Khairiah, H., Sihotang, A. J., Fatmayati, & Deli, N. A. (2024). Pemberdayaan Masyarakat Melalui Bimbingan dan Pelatihan Pemanfaatan Legum Cover Crop Mucuna bracteata untuk Pengendalian Gulma dan Peningkatan Hara Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit. *ABDIMAS TERAPAN: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Terapan*, 1(2), 196–203. <https://doi.org/10.59061/abdimasterapan.v1i2.600>
- Wahyuni, M., Saragih, R. E., & Sembiring, M. (2020). Interaksi Perlakuan Mikoriza dan Inokulum Rhizobium sp Terhadap Pertumbuhan dan Pembentukan Bintil Akar Mucuna bracteata. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*, 20(2), 90–97. <https://doi.org/10.25181/jppt.v20i2.1408>
- Wawan, Dini, I. R., & Hapsoh. (2019). The effect of legume cover crop Mucuna bracteata on soil physical properties, runoff and erosion in three slopes of immature oil palm plantation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 250(1), 1–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/250/1/012021>
- Wulandari, A., Wangiyana, W., & Hidayatun Nufus, N. (2024). Pengaruh Mikroba Bintil Akar Beberapa Jenis Gulma dan Musim Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Pembentukan Bintil Akar Kacang Tanah. *Crop Agro*, 17(1), 1–14. <https://doi.org/10.29303/8nc92706>
- Zega, I. C., & Lase, N. K. (2025). Potensi Rhizobium dalam Meningkatkan Efisiensi Fiksasi Nitrogen untuk Kesuburan Tanah : Kajian Literatur. *Hidroponik : Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1), 86–94. <https://doi.org/10.62951/hidroponik.v2i1.228>