

**PENGARUH BEBERAPA DOSIS *PLANT GROWTH
PROMOTING RHIZOBACTERIA* TERHADAP
PERTUMBUHAN BIBIT TANAMAN PENGHASIL
GAHARU (*AQUILARIA MALACCENSIS* LAMK.) PADA
MEDIA TANAM BEKAS TAMBANG KAPUR**

SKRIPSI

Oleh



**AVHIKA RALYNO PUTRI
NIM. 2110212010**

DOSEN PEMBIMBING:

- 1. Dr. Ir. Benni Satria, MP.**
- 2. Dr. Silvia Permata Sari, SP. MP.**

**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG
2025**

**PENGARUH BEBERAPA DOSIS *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* TERHADAP
PERTUMBUHAN BIBIT TANAMAN PENGHASIL
GAHARU (*AQUILARIA MALACCENSIS* LAMK.) PADA
MEDIA TANAM BEKAS TAMBANG KAPUR**

Oleh

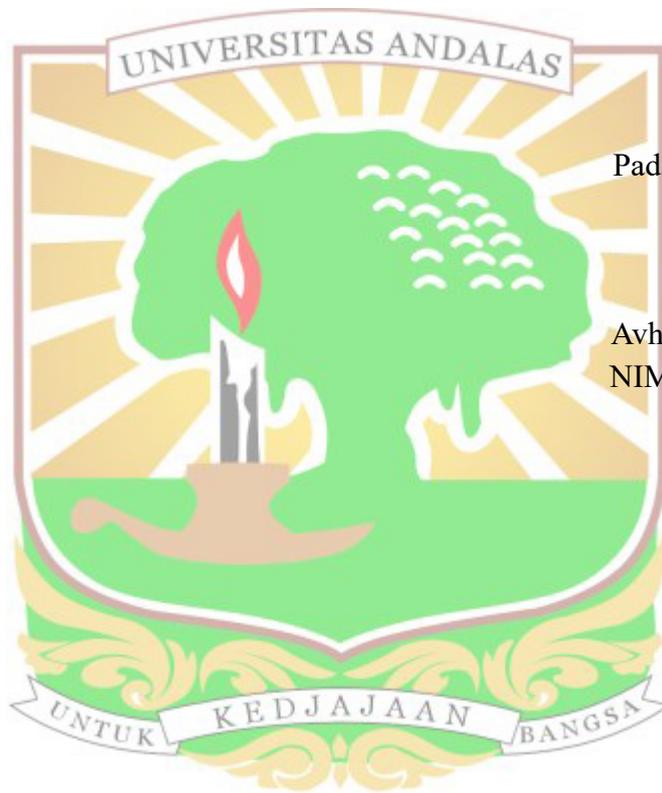


**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS ANDALAS
PADANG**

2025

PERNYATAAN ORISINILITAS SKRIPSI

Dengan ini dinyatakan bahwa skripsi berjudul “Pengaruh Beberapa Dosis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Penghasil Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) Pada Media Tanam Bekas Tambang Kapur” adalah benar karya saya dengan arahan dari pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir skripsi ini.



Padang, Juli 2025

Avhika Ralyno Putri
NIM. 2110212010

PENGARUH BEBERAPA DOSIS *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT TANAMAN PENGHASIL GAHARU (*Aquilaria Malaccensis* Lamk.) PADA MEDIA TANAM BEKAS TAMBANG KAPUR

Oleh

**AVHIKA RALYNO PUTRI
NIM. 2110212010**

MENYETUJUI:

Dosen Pembimbing I



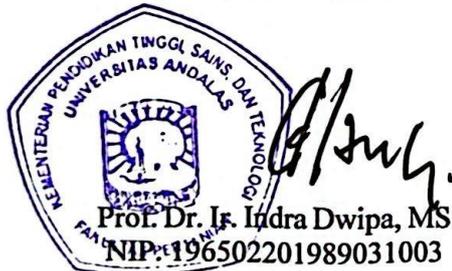
**Dr. Ir. Benni Satria, M.P.
NIP. 196509301995121001**

Dosen Pembimbing II



**Dr. Silvia Permata Sari, S.P., M.P.
NIP. 198605212010122004**

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Andalas



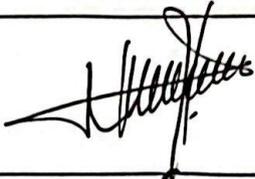
Koordinator Program Studi
Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Andalas

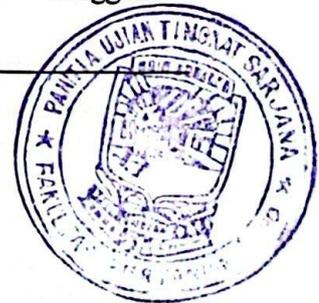


**Dr. Nurwanita Ekasari Putri, SP., M.Si
NIP. 197808012005012003**

Tanggal disahkan :

Skripsi ini telah diuji dan dipertahankan di depan Sidang Panitia Ujian Sarjana
Fakultas Pertanian Universitas Andalas, pada tanggal 06 Agustus 2025.

No	NAMA	TANDA TANGAN	JABATAN
1.	Dra. Netti Herawati, M.Sc.		Ketua
2.	Doni Hariandi, SP., M.Sc		Sekretaris
3.	Prof. Dr. Ir. Warnita, MP.		Anggota
4.	Dr. Ir. Benni Satria, SP., MP.		Anggota
5.	Dr. Silvia Permata Sari, SP. MP		Anggota



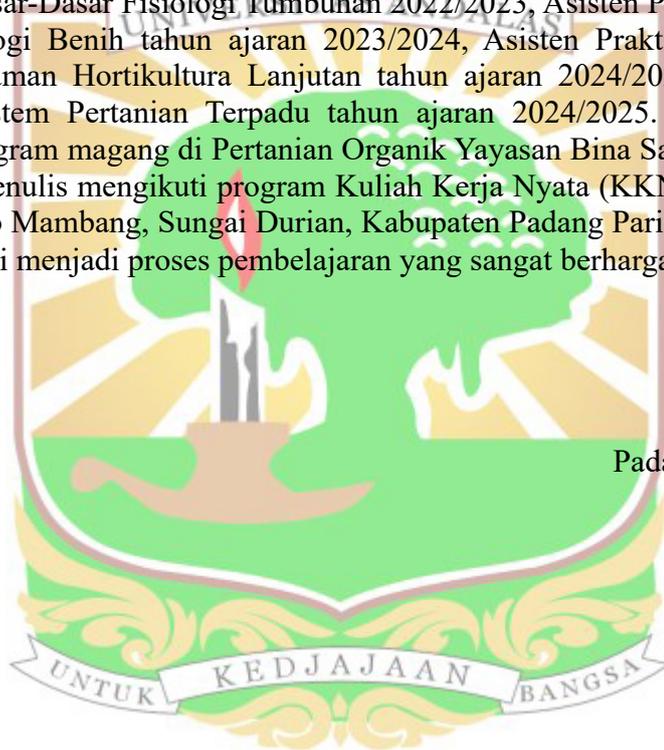
BIODATA

Penulis lahir di Padang, Sumatera Barat pada tanggal 18 Desember 2002. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ramli dan Ibu Ira Juwita. Pendidikan dasar ditempuh di SDN 11 Lubuk Buaya pada tahun 2009–2015. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMP Negeri 7 Padang (2015–2018). Pada jenjang Sekolah Menengah Atas (SMA), penulis bersekolah di SMAN 1 Batang Anai (2018–2021). Pada tahun 2021 penulis diterima di Program studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas melalui jalur SBMPTN.

Selama menempuh pendidikan S1, penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan 2022/2023, Asisten Praktikum Dasar-Dasar Teknologi Benih tahun ajaran 2023/2024, Asisten Praktikum Teknologi Produksi Tanaman Hortikultura Lanjutan tahun ajaran 2024/2025, dan Asisten Praktikum Sistem Pertanian Terpadu tahun ajaran 2024/2025. Penulis pernah mengikuti program magang di Pertanian Organik Yayasan Bina Sarana Bakti pada tahun 2023. Penulis mengikuti program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Tanjung Koto Mambang, Sungai Durian, Kabupaten Padang Pariaman. Segelintir pengalaman ini menjadi proses pembelajaran yang sangat berharga bagi penulis.

Padang, Juli 2025

A.R.P



بِسْمِ اللّٰهِ الرَّحْمٰنِ الرَّحِیْمِ

“Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan, maka apabila engkau telah selesai dengan satu pekerjaan, segeralah engkau kerjakan dengan sungguh-sungguh urusan lain. Dan hanya kepada Tuhanmulah hendaknya kamu berharap.”

(QS : Al-Insyirah : 6-8)

Alhamdulillah Rabbil Alamin, segala puji dan syukur senantiasa dipanjatkan ke hadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas limpahan rahmat, karunia, kasih sayang, dan kemudahan-Nya yang tiada tara, sehingga penulisan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad Shollallahu 'Alayhi Wasallam, suri teladan sepanjang zaman, yang telah membimbing umat manusia dari masa kegelapan menuju era yang penuh ilmu dan cahaya. Atas izin Allah pula, penulis dipertemukan dengan orang-orang luar biasa yang senantiasa memberikan dukungan dalam setiap langkah perjuangan, baik dalam suka maupun duka.

Atas ketulusan hati, saya persembahkan rasa cinta, hormat, dan terima kasih yang mendalam kepada orang tua saya, Papa Ramli dan Mama Ira Juwita sebagai sumber kekuatan sejati dalam hidup saya, atas segala doa, kasih sayang, restu, dan dukungan yang tiada henti mengiringi setiap langkah perjuangan ini. Semoga pencapaian ini menjadi langkah awal yang penuh makna untuk membahagiakan Papa dan Mama tercinta, yang selama ini telah memberikan cinta, doa, dan pengorbanan tanpa batas. Semoga setiap langkah saya ke depan semakin mendekatkan saya pada impian untuk membuat Papa dan Mama bangga sekaligus membalas segala pengorbanan yang telah mereka berikan dengan sepenuh hati. Terima kasih yang tulus juga saya sampaikan kepada Adek saya Revhandy Delcasano Putra yang selalu menjadi penyemangat di kala lelah dan ragu melanda.

Terima kasih saya sampaikan dengan tulus kepada Bapak Dr. Ir. Benni Satria, M.P. selaku pembimbing I, dan Ibu Dr. Silvia Permata Sari, S.P., M.P. selaku pembimbing II, atas bimbingan, kesabaran, dan dukungan yang tak henti-hentinya selama proses penyusunan skripsi ini. Nasihat dan arahan dari Bapak dan Ibu menjadi pedoman berharga yang mengajarkan saya arti kesungguhan, ketulusan, dan tanggung jawab dalam menjalani setiap langkah. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen yang telah membagikan ilmu dan membentuk saya menjadi pribadi yang lebih baik. Semoga segala kebaikan dan pengorbanan

Bapak dan Ibu beserta para dosen mendapatkan balasan rahmat dan keberkahan dari Allah Subhanahu Wa Ta'ala.

Terima kasih saya sampaikan dengan tulus kepada teman-teman “Toxic Girl” yaitu Siti Zahara dan Nur Fitri Hidayani yang telah setia mendampingi, membantu, dan bekerja sama dengan penuh semangat selama proses penelitian ini. Kehadiran kalian tidak hanya memberikan dukungan teknis, tetapi juga motivasi dan keceriaan yang sangat berarti di setiap tantangan yang kita hadapi bersama. Semua pengalaman dan pelajaran berharga yang kita lalui bersama menjadi kenangan dan bekal hidup yang tak ternilai harganya, yang akan terus menginspirasi saya ke depan.

Terima kasih saya sampaikan kepada teman-teman tercinta, penghuni grup “Elok-Elok Ngecek” yaitu Wike, Ade, Kur, Ipaik, Ii, Jara, Jelita, Nina, Nur, dan Reza atas dukungan, bantuan dan semangatnya. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Fachrizky, Zahara, Nurlathifa, Thifa, Bella dan Zaqi atas bantuannya selama penelitian dan penyusunan skripsi ini. Terima kasih juga kepada teman-teman Agroteknologi 2021 lainnya yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu atas bantuan dan dukungannya selama perkuliahan ini dan ikut mewarnai dan memberi cerita dalam perjalanan kuliah ini sehingga menjadi lebih berwarna. Tidak lupa juga saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada teman semasa SMA saya Salsabilla Mulya Putri S.Pd yang telah menemani saya dalam proses penyusunan skripsi ini.

Last but not least, saya ingin mengucapkan apresiasi terdalam kepada diri saya sendiri, Avhika Ralyno Putri, wanita tangguh yang telah berani melawan rasa malas, kelelahan, serta berbagai rintangan dalam menyelesaikan skripsi ini. Terima kasih atas keteguhan hati yang tak pernah menyerah meski menghadapi berbagai kesedihan dan keraguan yang mewarnai perjalanan ini. Empat tahun perjuangan di Agroteknologi penuh liku telah saya lewati dengan penuh semangat dan keyakinan. Semua suka dan duka yang dilalui menjadi saksi kekuatan dan tekad saya untuk terus maju. Semoga semangat ini terus menyala dalam menjalani kehidupan selanjutnya, dan kebahagiaan selalu menyertai setiap langkah ke depan



KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan karunia Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Pengaruh Beberapa Dosis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Penghasil Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) Pada Media Tanam Bekas Tambang Kapur”. Skripsi ini merupakan salah satu syarat dalam memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Shalawat beriring dengan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada junjungan Nabi Muhammad SAW sebagai suri tauladan dalam hidup.

Terima kasih penulis ucapkan kepada Bapak Dr. Ir. Benni Satria, M.P. dan Ibu Dr. Silvia Permata Sari, S.P, M.P. selaku pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran dan arahan akademik kepada penulis baik dalam studi maupun dalam penulisan skripsi ini. Penghormatan dan penghargaan penulis ucapkan kepada orang tua atas dukungan serta do'anya dan tidak lupa penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh dosen, senior dan teman-teman seperjuangan yang telah memberikan motivasi dan berbagai sumbangan yang sangat berarti sekali dalam penulisan skripsi ini.

Penulis mengharapkan semoga skripsi ini dapat menjadi panduan penulisan dalam melaksanakan penelitian sesuai dengan metode ilmiah yang benar. Untuk itu penulis sangat terbuka atas adanya saran dan masukan yang membangun dalam menyempurnakan skripsi ini.

Padang, Juli 2025

A.R.P

DAFTAR ISI

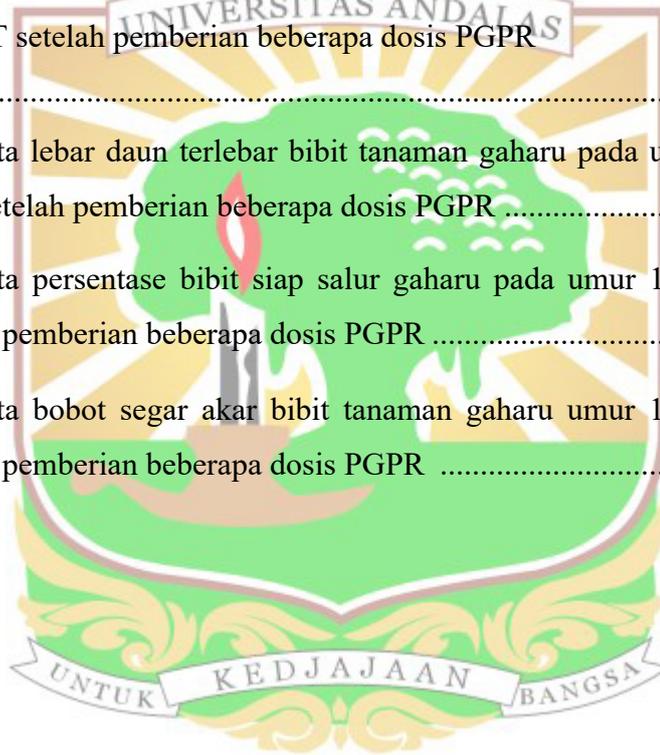
	Halaman
KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	ii
DAFTAR TABEL.....	iv
DAFTAR GAMBAR.....	v
DAFTAR LAMPIRAN.....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
BAB I. PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah.....	3
C. Tujuan Penelitian.....	3
D. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
A. Tanaman Gaharu (<i>Aquilaria malaccensis</i> Lamk.).....	5
B. Pupuk Hayati PGPR RhizomaX®.....	6
C. Lahan Bekas Tambang kapur.....	7
BAB III. METODE PENELITIAN.....	9
A. Waktu dan Tempat.....	9
B. Bahan Percobaan.....	9
C. Peralatan Percobaan.....	9
D. Rancangan Percobaan.....	9
E. Prosedur Percobaan.....	10
F. Variabel Pengamatan.....	11
G. Analisis Data.....	13
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	14
A. Pertambahan Tinggi Bibit Tanaman Gaharu.....	14
B. Pertambahan Jumlah Daun Bibit Tanaman Gaharu.....	15
C. Panjang Daun Terpanjang.....	17
D. Lebar Daun Terlebar.....	17
E. Bibit Siap Salur.....	18

F. Berat Segar Akar.....	20
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN.....	22
A. Kesimpulan.....	22
B. Saran.....	22
DAFTAR PUSTAKA.....	23
LAMPIRAN.....	28



DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Rata-rata pertambahan tinggi bibit gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR pada media tanam bekas tambang kapur.....	14
2.	Rata-rata pertambahan jumlah daun gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR pada media tanam bekas tambang kapur.....	15
3.	Rata-rata panjang daun terpanjang bibit tanaman gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR	17
4.	Rata-rata lebar daun terlebar bibit tanaman gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR	18
5.	Rata-rata persentase bibit siap salur gaharu pada umur 14 MST dengan pemberian beberapa dosis PGPR	19
6.	Rata-rata bobot segar akar bibit tanaman gaharu umur 14 MST dengan pemberian beberapa dosis PGPR	20



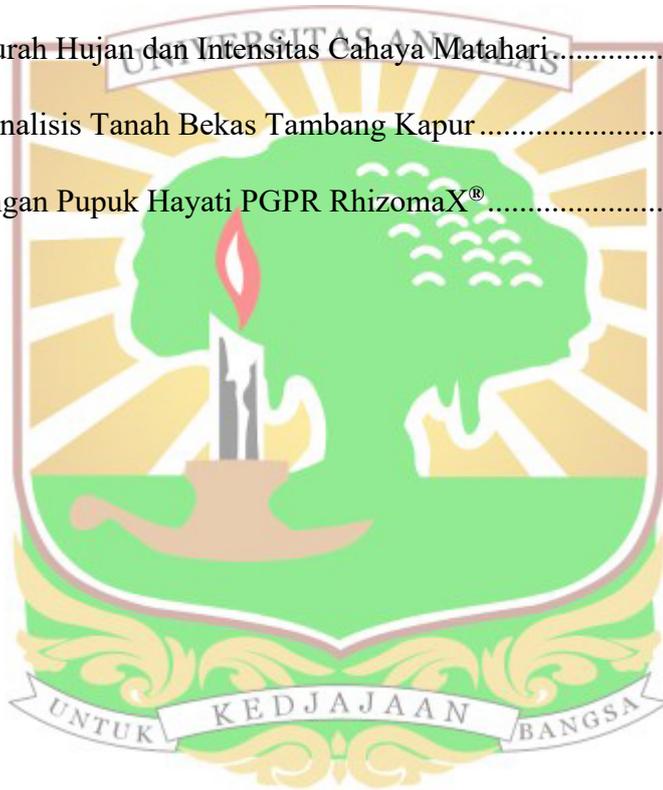
DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Grafik pertambahan jumlah daun tanaman gaharu pada pemberian beberapa dosis PGPR pada media tanam bekas tambang kapur pada umur 2 MST sampai 14 MST.....	16
2. Bibit siap salur pada 14 MST; PGPR 0 ml/l (A1), PGPR 25 ml/l (A2), PGPR 50 ml/l (A3), PGPR 75 ml/l (A4), PGPR 100 ml/l (A5)	19
3. Akar bibit gaharu pada 14 MST; PGPR 0 ml/l (A1), PGPR 25 ml/l (A2), PGPR 50 ml/l (A3), PGPR 75 ml/l (A4), PGPR 100 ml/l (A5)	21



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Jadwal kegiatan percobaan dari bulan Februari-Mei 2025	28
2. Karakteristik Tanaman Penghasil Gaharu Spesies <i>Aquilaria malaccensis</i> Lamk.	30
3. Denah Petak Satuan Percobaan dalam RAL.....	31
4. Tata Letak Tanaman Satuan Percobaan	32
5. Tabel Analisis Ragam	33
6. Data Curah Hujan dan Intensitas Cahaya Matahari.....	34
7. Hasil Analisis Tanah Bekas Tambang Kapur	36
8. Kandungan Pupuk Hayati PGPR RhizomaX®	37



PENGARUH BEBERAPA DOSIS *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT TANAMAN PENGHASIL GAHARU (*AQUILARIA MALACCENSIS* LAMK.) PADA MEDIA TANAM BEKAS TAMBANG KAPUR

Abstrak

Tanaman penghasil gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) adalah salah satu jenis tanaman hutan yang memiliki nilai ekonomis tinggi, karena resin harum yang terkandung dalam kayunya. Jumlah lahan yang tersedia untuk pertanian berkurang sebagai akibat dari banyaknya masyarakat yang melakukan alih fungsi lahan. Salah satunya lahan bekas tambang kapur. Untuk meningkatkan kesuburan pada tanah diperlukan pemberian stimulan yang mampu mengaktifkan mikroorganisme pada tanah salah satunya menambahkan PGPR. Percobaan ini bertujuan untuk mendapatkan dosis terbaik PGPR pada pertumbuhan bibit tanaman penghasil gaharu pada lahan bekas tambang kapur. Percobaan dilaksanakan di UPT Kebun Percobaan Fakultas Pertanian. Percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan yaitu dosis PGPR 0 ml/L, 25 ml/L, 50 ml/L, 75 ml/L, dan 100 ml/L. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji F taraf nyata 5%. Apabila F hitung lebih besar dari pada F tabel, maka dilanjutkan dengan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test* pada taraf nyata 5 %. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian berbagai dosis PGPR memberikan pengaruh yang sama terhadap pertumbuhan bibit tanaman penghasil gaharu pada semua variabel pengamatan, yaitu pertambahan tinggi bibit, pertambahan jumlah daun, panjang daun terpanjang, lebar daun terlebar, bobot segar akar, dan persentase bibit siap salur.

Kata kunci: *Aquilaria malaccensis*, Bekas Tambang Kapur, Dosis, Gaharu, PGPR

THE EFFECT OF SEVERAL DOSES OF *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* ON THE GROWTH OF AGARWOOD PRODUCING PLANT SEEDLINGS (*AQUILARIA MALACCENSIS* LAMK.) IN A PLANTING MEDIA FROM A FORMER LIME MINE

Abstract

The agarwood-producing plant (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) is a type of forest plant that has high economic value, due to the fragrant resin contained in its wood. The amount of land available for agriculture is decreasing as a result of many people converting land. One of them is a former limestone mining area. To increase soil fertility, it is necessary to provide stimulants that can activate microorganisms in the soil, one of which is adding PGPR. This experiment aims to obtain the best dose of PGPR for the growth of agarwood-producing plant seedlings on former limestone mining land. The experiment was conducted at the Faculty of Agriculture's Experimental Garden. The experiment used a Completely Randomized Design (CRD) consisting of five treatments, namely PGPR doses of 0 ml/L, 25 ml/L, 50 ml/L, 75 ml/L, and 100 ml/L. Observation data were analyzed using the F test at a 5% significance level. If the calculated F is greater than the F table, then it is continued with the Duncan's Multiple Range Test at a 5% significance level. The results of this study indicate that the application of several doses of PGPR has the same effect on the growth of agarwood-producing plant seedlings in all observation variables, namely the increase in seedling height, increase in the number of leaves, the length of the longest leaf, the width of the widest leaf, the fresh weight of the roots, and the percentage of seedlings ready for distribution.

Keywords: Agarwood, *Aquilaria malaccensis*, Dosage, Former Limestone Mine, PGPR



BAB I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Tanaman penghasil gaharu (*Aquilaria malaccensis* L.) adalah salah satu jenis tanaman hutan yang memiliki nilai ekonomis tinggi karena resin harum yang terkandung dalam kayunya. Tanaman gaharu memiliki nilai komersial yang tinggi, sehingga volume perdagangan dan permintaan global untuk tanaman gaharu terus meningkat setiap tahunnya. Perburuan gaharu meningkat karena nilai ekonominya yang tinggi. Namun, sampai saat ini produksi gaharu masih bergantung pada hutan alam yang semakin jarang ditemukan. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik dari tahun 2022 sampai 2023 menunjukkan penurunan produksi resin gaharu yaitu, pada angka 8.123,53 ton/tahun, menjadi 54,73 ton/tahun (BPS, 2024). Penurunan produksi disebabkan oleh semakin langkanya tanaman ini. Salah satu masalah dengan tanaman ini adalah waktu yang diperlukan untuk menghasilkan bunga atau buah, kira-kira sepuluh tahun, sedangkan petani mememanennya pada usia lima hingga delapan tahun. Sehingga, persediaan bibit tanaman gaharu menjadi berkurang dan terbatas (Gunawan, 2015).

Seiring berjalannya waktu jumlah lahan yang tersedia untuk pertanian berkurang sebagai akibat dari banyaknya masyarakat yang melakukan alih fungsi lahan. Selain itu, lahan kritis yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan juga dianggap tidak produktif ketika digunakan untuk pertanian. Hal ini terlihat pada lahan yang dulunya merupakan lokasi tambang kapur di PT Semen Padang. Penambangan kapur merupakan salah satu cara untuk memenuhi kebutuhan semen, namun sifat fisik tanah yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman hilang antara lain hilangnya vegetasi, rusaknya horizon tanah, pemadatan tanah, serta struktur dan tekstur (Ikbal *et al.*, 2016). Selain itu, penambangan batu kapur juga menyebabkan berkurangnya bahan organik tanah, kekurangan unsur hara, hilangnya lapisan atas tanah, pemadatan tanah, berkurangnya keanekaragaman mikroba di area bekas penambangan, suhu tinggi dan pH tinggi (Ekawati *et al.*, 2016).

Tanah bekas tambang kapur adalah tanah dengan sifat fisika, kimia, dan biologi yang buruk dan tingkat kesuburan yang rendah. Tanah bekas tambang kapur memiliki kandungan kation-kation basa yang tinggi, seperti Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , dan K^+ . Kandungan ini menyebabkan pH tanah tinggi, sehingga tanah sedikit bahkan tidak memiliki kandungan unsur hara yang dapat menunjang pertumbuhan tanaman (Aisyah, 2015). Untuk meningkatkan kesuburan pada tanah diperlukan pemberian stimulan yang mampu mengaktifkan mikroorganisme pada tanah salah satunya menambahkan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*).

PGPR merupakan kelompok bakteri bermanfaat yang secara agresif mengkolonisasi rizosfer. Bakteri rizosfer dapat dianggap sebagai sumber potensial untuk meningkatkan ketersediaan nutrisi dalam tanah yang berkontribusi pada percepatan pertumbuhan tanaman. PGPR berkontribusi pada percepatan pertumbuhan tanaman melalui kemampuannya dalam memproduksi hormon tanaman seperti auksin (IAA), sitokinin, etilen, serta asam giberelat, di samping kemampuan fiksasi nitrogen, pelarutan fosfor, pengambilan unsur hara dan air, serta pelarutan potasium (Gupta *et al.* 2015; Zhou *et al.* 2016). Penggunaan PGPR sebagai pupuk hayati merupakan usaha pada bidang bioteknologi untuk meningkatkan produktivitas pertanian. PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena sifat biostimulannya, yang melibatkan sintesis dan regulasi berbagai zat pengatur tumbuh, dapat memfasilitasi tersedianya unsur hara esensial, serta sebagai pengendali patogen tanah (Marom *et al.*, 2017). Salah satu PGPR yang digunakan yaitu PGPR RhizomaX[®]. RhizomaX[®] adalah pupuk hayati yang mengandung PGPR atau bakteri menguntungkan yang hidup disekitar akar tanaman. Pupuk ini berbentuk tepung dan memiliki beberapa manfaat, seperti memproduksi hormon tumbuh, meningkatkan penyerapan unsur hara oleh akar, menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Wish Indonesia, 2024).

Berdasarkan hasil penelitian Kurniawan (2018) mendapatkan konsentrasi PGPR 20 ml/liter memberikan pengaruh terbaik terhadap tinggi, diameter, dan panjang akar semai sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). Hasil penelitian Candra dan Subagiono (2020) bahwa pemberian konsentrasi PGPR berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, lingkaran batang, luas daun total dan biomassa tanaman pada

konsentrasi 1,125 % atau setara 11,25 ml/liter air pada pertumbuhan bibit tanaman kayu manis. Hasil penelitian Syaharani *et al.*, (2022) mengatakan bahwa aplikasi pupuk hayati VP3 dengan tiga kali aplikasi berpengaruh nyata terhadap dinamika populasi bakteri tanah dan tidak berpengaruh nyata terhadap pengamatan jamur. Hasil penelitian Antonius dan Agustiyani (2011) bahwa pemberian pupuk hayati campuran dari *Pseudomonas sp.*, *Bacillus sp.*, dan *Streptomyces sp.* dengan 50% pupuk NPK rekomendasi selain dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman, juga meningkatkan sifat biokimia tanah dan hasil *Citrullus lanatus*. Menurut Handayani (2022) pemberian 2 kali pupuk hayati memberikan pengaruh yang terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman okra.

Hasil penelitian Cahyani (2021) pemberian PGPR RhizomaX[®] sebanyak 10 g/liter air memberikan pengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, umur berbunga, umur panen, jumlah cabang produktif, berat buah pertanaman, jumlah buah sisa dan volume akar pada tanaman tomat. Berdasarkan penelitian Alpandari *et al.* (2024) menyatakan bahwa pemberian PGPR dengan konsentrasi 20 ml/L air memberikan pengaruh pada parameter umur berbunga, bobot buah per tanaman, dan diameter buah pada tanaman okra.

Oleh karena itu, diharapkan bahwa pemberian dengan beberapa dosis PGPR ini akan meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman gaharu dan meningkatkan kesuburan tanah. Berdasarkan uraian di atas, maka penulis telah melakukan percobaan mengenai “Pengaruh Beberapa Dosis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Penghasil Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) Pada Media Tanam Bekas Tambang Kapur.”

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan dapat dirumuskan masalah yaitu berapakah dosis PGPR RhizomaX[®] terbaik terhadap pertumbuhan bibit tanaman penghasil gaharu?

C. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah mendapatkan beberapa PGPR RhizomaX[®] terbaik terhadap pertumbuhan bibit tanaman penghasil gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang pemanfaatan PGPR RhizomaX[®] untuk meningkatkan pertumbuhan bibit tanaman penghasil gaharu jika dibudidayakan pada media tanam bekas tambang kapur.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

A. Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lamk.)

Gaharu merupakan tumbuhan hutan dengan nilai ekonomi yang tinggi. Resin aromatik ini berasal dari tiga genus tanaman, yaitu *Aquilaria*, *Gyrinops*, dan *Gonystylus*. Gaharu dikenal dengan beragam sebutan seperti kayu karas dan garu. Gaharu memiliki berbagai sebutan lokal, seperti halim (Lampung), alim (Batak), kareh (Minang), mengkaras, calabac, karas, kekaras (Dayak), galoop (Melayu), dan seringak (Susilo *et al.*, 2014). Kingdom: Plantae, Division: Tracheophyta, Class: Magnoliopsida, Order: Malvales, Family: Malvaceae, Genus: *Aquilaria* L., Species: *Aquilaria malaccensis* L. (Ulfah *et al.*, 2021). Pohon yang menghasilkan gaharu ini berasal dari keluarga Thymelaeaceae. Suku tersebut memiliki 8 genus yang dikenal sebagai penghasil gaharu, yaitu *Aquilaria*, *Wikstroemia*, *Gonyistylus*, *Gyrinops*, *Dalbergia*, *Enkleia*, *Excoccaria*, dan *Aetoxylon* (Tarigan, 2004). Pohon gaharu bisa dimanfaatkan untuk produksi parfum, dupa pada berbagai ritual keagamaan, kosmetik, serta bahan obat (Barden *et al.*, 2000). Di samping itu, kayu gaharu juga dapat dimanfaatkan untuk membuat pensil (Lopez, 1998)

Tanaman gaharu memiliki nilai jual yang tinggi, sehingga volume perdagangannya terus bertambah dan permintaan global terhadap gaharu setiap tahun terus meningkat. Pencarian gaharu semakin meningkat akibat tingginya nilai ekonomi yang dimilikinya. Akan tetapi, hingga kini, produksi gaharu masih tergantung pada hutan alami yang kian langka. Sejak tahun 1994, CITES mengklasifikasikan tanaman penghasil gaharu *A. malaccensis* dalam APENDIX II, yang mencakup jenis tanaman yang terancam punah. Selain eksploitasi yang berkelanjutan, kepunahan tanaman gaharu juga diakibatkan oleh minimnya teknologi pertanian yang efisien. Pengembangan teknologi ini terhambat oleh jumlah bibit yang sedikit

Pohon gaharu dapat mencapai ketinggian sekitar 40 meter dan berukuran diameter sekitar 80 cm. Kulit luar batang gaharu memiliki corak putih pudar, yang menjadi rapuh dan mudah terlepas saat berusia tua. Bagian dalam kulit kayu gaharu berwarna krem, sementara cabang yang masih muda berwarna coklat putih muda dengan bulu halus. Daun pada pohon gaharu mempunyai bentuk oval dengan

panjang antara 5 hingga 8 cm dan lebar sekitar 3 sampai 4 cm. Ujung daun pohon gaharu berbentuk runcing, permukaan daunnya tampak bergelombang, dan tangkai daun memiliki serat halus dengan panjang antara 3 hingga 5 mm. Kondisi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman gaharu adalah suhu antara 28°C sampai 34°C dan kelembaban sekitar 80%. Di samping itu, tanah yang optimal memiliki pH berkisar antara 4,5 hingga 7,0. Tanaman gaharu yang berusia bibit 2-3 tahun perlu naungan mencapai 60-70% atau intensitas cahaya matahari sekitar 40%. Sesuai dengan kondisi lingkungan di lokasi penelitian, suhu berada dalam rentang 27° - 33°C dan kelembaban udara antara 53% - 65%, sementara intensitas cahaya mencapai 70,2% (Lawing, 2021).

Tanaman gaharu dapat berkembang dengan optimal dalam berbagai jenis tekstur dan struktur tanah, seperti lempung berpasir, berbatu, dan ultisol yang mempunyai kondisi subur. Tanaman gaharu tumbuh dengan baik di tanah yang subur, baik pada yang dalam maupun yang memiliki kesuburan dari sedang hingga ekstrem. Tanaman ini tidak dijumpai pada tanah yang terendam secara tetap (Aprizal, 2020). Gaharu mampu tumbuh pada elevasi antara 0-100 mdpl dan 300-750 mdpl.

B. PGPR RhizomaX[®]

Pupuk hayati merupakan jenis pupuk yang berisi mikroorganisme hidup yang mendukung tanaman dalam menyerap nutrisi dengan lebih efektif dari tanah atau udara. Pupuk hayati dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan, sehingga dapat mengurangi pengeluaran untuk pupuk dan tenaga kerja. Mikroba yang dimanfaatkan sebagai pupuk hayati dapat diberikan langsung ke tanah, dicampurkan dengan pupuk organik, atau dioleskan pada biji yang akan ditanam (Wardhani *et al.*, 2014). Kelompok mikroba yang sering dimanfaatkan dalam pupuk hayati adalah mikroorganisme yang sanggup mengikat nitrogen dari atmosfer, serta mikroorganisme yang mampu melarutkan nutrisi seperti fosfor dan kalium. Mikroorganisme ini terdiri dari *Rhizobium sp.*, *Azospirillum sp.*, dan *Azotobacter sp.*, yang berperan dalam mengikat nitrogen, sementara *Aspergillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, dan *Lactobacillus sp.* berfungsi untuk melarutkan fosfat. Semakin banyak mikroorganisme di dalam tanah, maka semakin meningkat aktivitas biokimia tanah dan semakin tinggi pula indeks kualitas tanah.

Kuantitas mikroba dapat berfungsi sebagai tanda kesehatan tanah karena peka terhadap praktik pengelolaan lahan dan iklim serta berkaitan erat dengan hasil tanaman (Antralina *et al.*, 2016).

RhizomaX[®] adalah pupuk hayati yang mengandung *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) atau bakteri menguntungkan yang hidup disekitar akar tanaman. Pupuk ini berbentuk tepung dan memiliki beberapa manfaat, seperti memproduksi hormon tumbuh, meningkatkan penyerapan unsur hara oleh akar, menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan hama dan penyakit (Wish Indonesia, 2024).

C. Lahan Bekas Tambang Kapur

Salah satu bentuk usaha pertambangan adalah penambangan batu kapur yang berada di Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang, yaitu tambang batu kapur yang dimiliki oleh PT. Semen Padang. PT. Semen Padang adalah sebuah perusahaan yang memproduksi semen guna memenuhi permintaan domestik dan juga untuk mengeksport kebutuhan konsumen internasional. PT Semen Padang berada di Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, berjarak 15 km dari pusat Kota Padang, Provinsi Sumatera Barat. Aktivitas penambangan yang dilaksanakan oleh PT Semen Padang adalah pengambilan batu kapur dan batu silika (Hakim 2023).

Batu kapur adalah salah satu tipe bahan galian C yang banyak ditemukan di Indonesia. Pegunungan kapur di Indonesia membentang dari Barat ke Timur, dimulai dari pegunungan di Jawa Tengah hingga ke Jawa Timur, Madura, Sumatera, serta Irian Jaya. Potensi besar tersebut juga disertai dengan konsumsi batu kapur yang tinggi untuk memenuhi kebutuhan manusia. Pada umumnya, semua barang yang terdapat di rumah dan kantor memerlukan batu kapur dalam fase tertentu, baik secara langsung maupun tidak langsung. Batu kapur adalah batuan sedimen yang terbuat dari mineral Calcite (kalsium karbonat). Sumber utama Calcite berasal dari organisme laut yang menghasilkan cangkang yang terbuang ke perairan dan terbawa sampai ke dasar laut (Algunadi dan Astawa, 2010).

Lahan yang telah dieksploitasi untuk tambang batu kapur adalah area yang sudah terdegradasi dan minim kesuburan akibat kegiatan pertambangan yang berlangsung terus menerus. Hal ini disebabkan oleh adanya material timbunan hasil

pengolahan tanah dan juga dampak dari penggunaan alat berat saat proses penambangan. Kegiatan penambangan juga berkontribusi signifikan dalam menciptakan lapisan permukaan tanah yang keras sehingga menyebabkan penutupan pori-pori tanah (Hermawan, 2002).

Ciri-ciri tanah yang pernah digunakan untuk penambangan kapur adalah kualitas tanah yang sudah terganggu, dengan horizon tanah yang tidak teratur, lapisan hitam, dan lapisan-lapisan lainnya yang sudah terbalik. Tanah penutup yang berada di atas (*top soil*) dengan sifat fisik, kimia, dan biologi yang lebih baik tercampur atau terbenam di dalam lapisan bawah (*sub soil*). Tanah di bagian atas diganti dengan tanah dari lapisan bawah yang kurang subur, sedangkan tanah lapisan atas yang subur berada di bawah. Daya dukung tanah bekas tambang untuk pertumbuhan tanaman menjadi rendah (Soewandita, 2010).

Secara umum, lahan bekas tambang mengalami kerusakan fisik, kimia dan biologis. Dari segi fisik, proses pengerukan, penimbunan, dan pemadatan dengan alat berat menyebabkan tekstur tanah mengalami kerusakan, sistem pengairan dan aerasi terganggu, penyerapan air menjadi lebih lambat, serta berpotensi meningkatkan erosi. Secara kimia, tanah yang sebelumnya ditambang kehilangan bahan organik yang menyebabkan kesuburannya menurun, pH menjadi tinggi, dan kelarutan logam berat meningkat. Secara biologis, tanah bekas tambang mengalami penurunan jumlah dan aktivitas mikroorganisme serta hewan tanah yang secara tidak langsung memengaruhi kehidupan tanaman dan berkontribusi dalam proses dekomposisi serasah (Pattimahu, 2004; Ernawati, 2008; dan Widyati, 2008).

BAB III. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Percobaan telah dilaksanakan di UPT Kebun Percobaan Fakultas Pertanian, Universitas Andalas, Padang, Sumatera Barat dengan koordinat tempat 0°54'40"S dan 100°27'34"E, serta ketinggian tempat 325 meter di atas permukaan laut (mdpl). Percobaan ini telah dilaksanakan dari Februari hingga Mei 2025 yang terlampir pada Lampiran 1.

B. Bahan Percobaan

Bahan yang digunakan dalam percobaan adalah bibit tanaman penghasil gaharu (*Aquilaria malaccensis* L.) berumur 4 bulan (karakteristik bibit tanaman gaharu dapat dilihat pada Lampiran 2), *polybag* berukuran 25 cm x 25 cm dengan volume 1 kg, pupuk hayati PGPR RhizomaX[®] diperoleh dari PT. Best dengan bahan aktif *Rhizobium* sp, *Bacillus polymixa*, dan *Pseudomonas flourescens*. Tanah bekas tambang kapur dari PT. Semen Padang, pupuk kandang sapi, dan air bersih. PGPR RhizomaX[®] diperoleh dari PT. Best.

C. Peralatan Percobaan

Alat yang digunakan dalam percobaan adalah cangkul, ember, gunting, penggaris, gelas ukur, timbangan digital, jangka sorong, meteran, gembor, camera, stepler dan alat tulis. Serta kertas label yang dilaminating.

D. Rancangan Percobaan

Percobaan terdiri dari satu faktor yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan, diantaranya :

0 ml/liter PGPR RhizomaX [®]	(A1)
25 ml/liter PGPR RhizomaX [®]	(A2)
50 ml/liter PGPR RhizomaX [®]	(A3)
75 ml/liter PGPR RhizomaX [®]	(A4)
100 ml/liter PGPR RhizomaX [®]	(A5)

Masing-masing perlakuan terdiri dari 3 ulangan, setiap ulangan terdapat 8 tanaman sampel. Jumlah tanaman keseluruhan yaitu $5 \times 3 \times 8 = 120$ tanaman. Adapun denah penelitian dapat dilihat pada Lampiran 3 dan satuan penelitian pada Lampiran 4.

E. Pelaksanaan Percobaan

1. Analisis Tanah Bekas Tambang Kapur

Lokasi pengambilan sampel tanah bekas tambang kapur yaitu di PT. Semen Padang, Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang. Pada awal percobaan, sampel diambil secara komposit dari tanah bekas tambang kapur menggunakan bor belgi pada kedalaman 0–20 cm. Sampel diambil di empat titik di setiap sudut lahan dan satu di tengah lahan. Sampel tanah kemudian dianalisis di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas. Indikator yang dianalisis yaitu pH tanah, C-Organik, N-total, P-tersedia, Magnesium (Mg), Kalsium (Ca), Natrium (Na), dan Kalium (K).

2. Persiapan Bibit Gaharu

Persiapan bibit gaharu satu minggu sebelum penanaman. Bibit gaharu didapatkan dari penyedia bibit gaharu di Kelurahan Lubuk Minturun, Kota Padang. Bibit gaharu spesies *Aquilaria malaccensis* Lamk. yang digunakan berumur 4 bulan bebas hama dan penyakit, tinggi berkisar 15-20 cm, dan mempunyai 3-5 helai daun.

3. Pemberian Label

Pemberian label diberikan sebelum perlakuan untuk meminimalisir kesalahan dan memudahkan pengamatan. Label yang digunakan terbuat dari map plastik yang ditempelkan pada masing-masing *polybag* percobaan menggunakan stapler.

4. Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan untuk penanaman tanaman gaharu adalah tanah bekas tambang kapur yang diambil dari PT. Semen Padang, Kelurahan Indarung, Kecamatan Lubuk Kilangan, Padang. Media tanam tanah bekas tambang kapur tersebut dicampur dengan pupuk kandang sapi secara merata menggunakan cangkul dengan perbandingan 1:1 (v/v). Setelah semua media dicampur dengan rata, lalu pindahkan media tanam ke dalam *polybag* berukuran 25 cm x 25 cm.

5. Penanaman

Penanaman dilakukan satu minggu setelah persiapan media tanam. Penanaman bibit gaharu dilakukan dengan cara memindahkan tanaman gaharu yang berumur 4 bulan dari *polybag* sebelumnya ke *polybag* penelitian. Pindahan bibit

tanaman gaharu dilakukan pada pagi hari dengan hati-hati agar perakaran bibit tanaman penghasil gaharu tidak rusak atau putus.

6. Pemberian Perlakuan

Pemberian PGPR RhizomaX[®] dilakukan dengan cara dikocorkan pada bibit tanaman. Pengaplikasian dilakukan 2 kali yaitu 1 MST dan 3 MST pada bagian pangkal batang tanaman. Prosedur pengaplikasian pupuk hayati PGPR RhizomaX[®] dilakukan dengan cara melarutkan 2,5 gram PGPR dalam 1 liter air, larutan yang dihasilkan kemudian disiramkan pada bibit gaharu. Metode yang sama diterapkan untuk perlakuan dosis yang lain 50 ml/l, 75 ml/l, dan 100 ml/l.

7. Pemupukan

Dalam percobaan ini tidak dilakukan pemupukan. Berdasarkan hasil pra-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya menunjukkan hasil bahwa pemberian dosis pupuk NPK setengah rekomendasi (Fiolita, 2017), mengakibatkan kematian pada bibit gaharu. Oleh karena itu, pada percobaan ini tidak diberikan pupuk anorganik (NPK). Namun, pupuk dasar (pupuk kandang sapi) diberikan dengan perbandingan 1:1 (v/v).

8. Pemeliharaan

a. Penyiraman

Penyiraman bibit gaharu dilakukan pada waktu pagi dan sore hari atau disesuaikan dengan keadaan cuaca hari itu. Penyiraman bibit gaharu ini bertujuan agar menjaga kualitas kelembaban tanah yang ada di *polybag*. Penyiraman dilakukan menggunakan gembor.

b. Penyiangan

Penyiangan gulma dilakukan secara manual yaitu menggunakan tangan langsung untuk mencabut gulma yang berada pada *polybag*. Penyiangan dilakukan setiap 1 minggu sekali.

F. Variabel Pengamatan

1. Pertambahan Tinggi Bibit (cm)

Pengamatan dilakukan setiap satu kali 2 minggu pada 2-14 MST. Tinggi tanaman diukur dengan menggunakan meteran dari pangkal batang bagian bawah hingga pucuk batang atas. Pengamatan yang dilakukan yaitu menghitung perbedaan

antara tinggi bibit pada awal penanaman dan tinggi bibit yang meningkat setiap pengamatan.

2. Pertambahan Jumlah Daun (helai)

Pengamatan ini dilakukan setiap satu kali 2 minggu pada 2-14 MST. Daun yang diamati adalah daun yang telah membuka sempurna dan masih ada pada bibit saat diamati. Pertambahan jumlah daun dihitung secara manual dari selisih daun pada awal penanaman dengan jumlah daun yang bertambah setiap pengamatan.

3. Panjang Daun Terpanjang(cm)

Pengamatan ini dilakukan setiap satu kali 2 minggu pada 2-14 MST. Daun diukur dari pangkal daun sampai ujung daun menggunakan meteran. Kriteria daun yang diukur yaitu daun yang telah membuka sempurna, daun terpanjang dan masih terdapat pada bibit saat dilakukan pengamatan.

4. Lebar Daun Terlebar(cm)

Pengamatan dilakukan setiap satu kali 2 minggu pada 2-14 MST. Daun yang diukur adalah daun yang telah membuka sempurna, dengan cara mengukur daun yang terlebar pada masing masing perlakuan dengan menggunakan meteran.

5. Bibit Siap Salur

Bibit gaharu siap salur adalah bibit tanaman gaharu berkualitas yang memiliki kriteria sesuai standar mutu benihnya. Pengamatan bibit siap salur dilakukan pada 14 MST. Bibit gaharu siap tanam dan berkualitas baik, kokoh serta sehat memiliki ciri, yaitu diameter batang sekitar 3 cm, akar tanaman tidak menembus plastik *polybag*, daun segar dan tidak layu, serta tinggi minimal 30 cm (Rusmana, 2014; Nurmahmudi, 2024).

6. Bobot Segar Akar (g)

Pengamatan bobot akar bibit tanaman gaharu dilakukan pada masing-masing perlakuan pada 14 MST dengan menggunakan timbangan digital. Pengamatan bobot akar dilakukan dengan cara merobek *polybag*, kemudian media tanam pada bagian akar tanaman digemburkan dan akar dipisahkan dari media tanam. Setelah itu akar dibilas dengan air mengalir hingga bersih dan akar dikering anginkan, lalu dilakukan penimbangan akar tanaman gaharu masing-masing perlakuan.

G. Analisis Data

Data hasil pengamatan telah diuji menggunakan uji-F pada taraf nyata 5%. Jika berbeda nyata maka dilakukan uji lanjut *Duncan's New Multiple Range Test* (DNMRT) pada taraf nyata 5 %.



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pertambahan Tinggi Tanaman (cm)

Berdasarkan analisis ragam dengan uji F pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa perlakuan beberapa dosis PGPR berpengaruh tidak nyata terhadap pertambahan tinggi tanaman bibit gaharu (Lampiran 5). Data hasil pengamatan tinggi bibit gaharu dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata pertambahan tinggi bibit gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR pada media tanam bekas tambang kapur

Dosis (ml/liter)	Rata-rata Pertambahan Tinggi Bibit (cm)
0	4,21
25	4,51
50	4,93
75	5,95
100	4,72

KK = 16,91%

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F pada taraf 5%. KK didapatkan setelah data ditransformasikan dengan \sqrt{x}

Berdasarkan Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan dengan dosis PGPR memberikan pengaruh yang sama terhadap pertambahan tinggi bibit gaharu. Rata-rata pertumbuhan tinggi bibit gaharu pada umur 14 MST berkisar antara 4,21 sampai 5,95 cm. Hal tersebut diduga karena kandungan hara yang rendah seperti kandungan N-total, C-organik, dan Na pada media tanam tidak dapat meningkatkan tinggi bibit gaharu.

Hal ini sejalan dengan penelitian Kurniahu *et al.* (2018) dimana pemberian berbagai konsentrasi PGPR tanaman pioneer bekas tambang kapur tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap tinggi dan jumlah daun tanaman kacang tanah (*Arachys hypogaea* L.). Sejalan juga dengan penelitian Lestari *et al.* (2020) yang menduga bahwa hal ini terjadi karena adanya frekuensi penambahan konsentrasi PGPR mengakibatkan semakin banyak bakteri pengkoloni akar *Pseudomonas fluorescens* sehingga berefek positif pada pertumbuhan tinggi tanaman.

Bibit gaharu memerlukan unsur hara seperti Nitrogen, Phosfor, dan Kalium untuk membantu perkembangan bibit pada masa vegetatif. Selama penelitian, intensitas curah hujan yang relatif tinggi mempengaruhi lamanya penyinaran matahari sehingga mempengaruhi proses fotosintesis bibit gaharu. Data curah hujan

dapat dilihat pada (Lampiran 6). Sulistyowati (2011) berasumsi bahwa pertumbuhan tinggi tanaman bergantung pada aktivitas meristem apikal, yaitu bagian pucuk tanaman yang aktif membelah, sehingga tinggi tanaman akan bertambah. Aktivitas meristem apikal bergantung pada ketersediaan karbohidrat yang diperoleh melalui fotosintesis. Hal ini didukung oleh pendapat Ramadhani (2021) yang menyatakan bahwa peningkatan tinggi tanaman disebabkan oleh unsur hara dalam tanah dan faktor lain seperti cahaya yang berperan dalam proses fotosintesis.

B. Pertambahan Jumlah Daun (helai)

Berdasarkan analisis ragam dengan uji F pada taraf nyata 5% menunjukkan bahwa perlakuan beberapa dosis PGPR berpengaruh tidak nyata terhadap pertambahan jumlah daun bibit gaharu (Lampiran 5). Data hasil pengamatan pertambahan jumlah daun bibit gaharu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata pertambahan jumlah daun gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR pada media tanam bekas tambang kapur

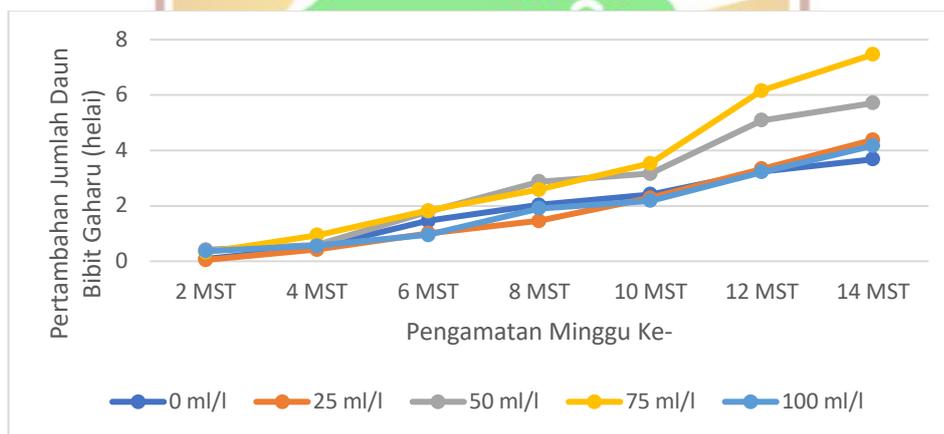
Dosis (ml/liter)	Rata-rata Pertambahan Jumlah Daun (helai)
0	4
25	4
50	6
75	8
100	4

KK = 21,96%

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F pada taraf 5%. KK didapatkan setelah data ditransformasikan dengan \sqrt{x}

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan dosis PGPR yang berbeda memberikan pengaruh yang sama terhadap pertambahan jumlah daun bibit gaharu, dengan rata-rata berkisar antara 4-8 helai daun. Unsur hara pada tanah kapur relatif rendah sehingga memberikan pengaruh yang sama terhadap pertambahan jumlah daun bibit gaharu. Daun merupakan organ tumbuhan sebagai pusat fotosintesis dan sumber makanan bagi tumbuhan. Oleh karena itu, semakin banyak jumlah daun maka pertumbuhan tanaman akan semakin baik. Pertambahan jumlah daun ini berkaitan dengan banyaknya unsur hara seperti N, P, K, Ca, dan Mg yang berfungsi untuk memacu pertumbuhan tanaman, merangsang pertumbuhan daun muda, dan memperbaiki kesuburan tanah.

Irawan (2018) menyatakan bahwa di fase vegetatif, tanaman memerlukan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium untuk mendorong pertumbuhannya. Unsur hara yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman adalah nitrogen. Unsur hara tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman jika unsur hara yang dibutuhkan ada dalam jumlah yang memadai. Namun, jika unsur hara yang ada dalam jumlah berlebihan, hal itu akan memberikan dampak negatif dan dapat beracun bagi tanaman. Unsur hara Ca dan Mg yang terdapat pada media tanam bekas tambang kapur (Lampiran 7) tergolong tinggi sehingga diduga dapat memengaruhi pertumbuhan jumlah daun pada bibit gaharu. Hal tersebut sesuai dengan pendapat Effendi (2021) yang menyatakan bahwa jika unsur hara yang diberikan pada tanaman berada dalam kisaran yang sedikit atau banyak. Adapun grafik pertumbuhan jumlah daun bibit gaharu dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik Pertambahan jumlah daun tanaman gaharu pada pemberian beberapa PGPR pada media tanam bekas tambang kapur pada umur 2 MST sampai 14 MST

Grafik pada Gambar 2 menunjukkan bahwa adanya peningkatan pertumbuhan jumlah daun bibit gaharu dari 2 MST hingga umur 14 MST. Setelah diberi perlakuan PGPR pada dosis 50 ml/L dan 75 ml/L pertambahan jumlah daun bibit gaharu signifikan berkisar antara 6-8 helai. Jumlah daun pada tanaman berkaitan dengan tinggi tanaman, dimana semakin tinggi tanaman, semakin banyak daun yang terbentuk.

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Cahyono *et al.* (2014), ketersediaan unsur hara yang memadai membantu metabolisme tanaman berjalan lancar, yang berkontribusi pada peningkatan jumlah daun yang terbentuk pada tanaman.

C. Panjang Daun Terpanjang (cm)

Hasil pengamatan panjang daun terpanjang bibit gaharu setelah pemberian beberapa dosis PGPR setelah di analisis dengan uji F pada taraf nyata 5% memberikan pengaruh berbeda tidak nyata (Lampiran 5). Rata-rata panjang daun terpanjang bibit gaharu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-rata panjang daun terpanjang bibit tanaman gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR

Dosis (ml/liter)	Panjang Daun Terpanjang (cm)
0	0,84
25	1,03
50	2,14
75	1,89
100	1,45

KK = 10,78%

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F pada taraf 5%. KK didapatkan setelah data ditransformasikan dengan $\sqrt{x} + 0,5$

Data pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa perlakuan dosis PGPR memberikan pengaruh yang sama terhadap panjang daun terpanjang bibit gaharu. Berdasarkan data rata-rata panjang daun terpanjang bibit gaharu berkisar antara 0,84-2,14 cm. Unsur hara yang sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan panjang daun adalah Nitrogen, Fosfor, dan Kalsium. Faktor lain yang menunjang pertumbuhan tanaman adalah kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara, dan apabila unsur hara tersebut bekerja optimal, maka akan memberikan pengaruh yang baik bagi tanaman. Menurut Novella (2025) bahwa semakin banyak unsur hara yang diserap tanaman, maka diharapkan tanaman akan tumbuh dengan baik, dan akan mempengaruhi ukuran seluruh organ tanaman. Ada dugaan bahwa bibit gaharu tidak menyerap unsur hara secara optimal, sehingga pertumbuhan panjang daun terpanjang bibit gaharu tidak signifikan.

D. Lebar Daun terlebar (cm)

Hasil pengamatan lebar daun terlebar tanaman gaharu akibat pemberian beberapa dosis PGPR setelah di analisis dengan uji F pada taraf nyata 5% memberikan pengaruh berbeda tidak nyata (Lampiran 5). Rata-rata lebar daun terlebar tanaman gaharu dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata lebar daun terlebar bibit tanaman gaharu pada umur 14 MST setelah pemberian beberapa dosis PGPR

Dosis (ml/liter)	Rata-rata Lebar Daun Terlebar (cm)
0	0,55
25	0,63
50	0,90
75	0,75
100	0,65

KK = 13,52%

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F pada taraf 5%. KK didapatkan setelah data ditransformasikan dengan $\sqrt{x} + 0,5$

Data pada Tabel 4 menunjukkan bahwa pemberian PGPR memberikan pengaruh yang sama terhadap lebar daun bibit gaharu. Rata-rata lebar daun bibit gaharu adalah berkisar antara 0,55-0,90 cm. Pertumbuhan lebar daun yang kurang maksimal tersebut diduga karena gaharu merupakan tanaman tahunan dengan fase pertumbuhan yang lambat. Hal ini sesuai dengan pendapat Lindawati (2002) yang menyatakan bahwa siklus pertumbuhan tanaman tahunan cukup memakan waktu panjang sehingga mempengaruhi pertumbuhan daun.

Ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman akan sangat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Lakitan (2011), apabila tanaman memperoleh unsur hara tertentu, maka akan berpengaruh terhadap pertumbuhannya, misalnya daun tanaman akan menjadi lebih lebar karena sebagian besar energi yang diserap digunakan untuk pertumbuhan daun, sehingga daun menjadi lebih lebar. Faktor lingkungan merupakan faktor eksternal tanaman yang mempengaruhi pertumbuhan bibit gaharu. Sutarman dan Agus (2019) mengemukakan bahwa variasi ukuran daun dapat disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan, seperti cahaya, ketersediaan air, dan kesuburan tanah. Saat hujan lebat, sinar matahari mudah terhalang oleh awan, sehingga sinar matahari yang diterima tanaman berkurang.

E. Bibit Siap Salur (%)

Berdasarkan hasil pengamatan bibit gaharu siap salur, setelah pemberian beberapa dosis PGPR. Hasil bibit yang dapat didistribusikan melebihi 50%. Persentase bibit siap salur setelah diberi pupuk hayati dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rata-rata persentase bibit siap salur gaharu pada umur 14 MST dengan pemberian beberapa dosis PGPR

Dosis (ml/liter)	Jumlah Bibit Siap Salur	Bibit Siap Salur (%)
0	13/24	54,16
25	17/24	70,83
50	21/24	87,50
75	22/24	91,66
100	18/24	75,00

Data pada Tabel 5 menunjukkan bahwa setiap pemberian beberapa dosis PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan bibit gaharu, sehingga lebih dari 50% bibit yang diambil sampelnya dapat disalurkan. Semua perlakuan yang diberikan menghasilkan persentase bibit siap salur lebih dari 50%. Berdasarkan data diatas, dapat dilihat bahwa dosis pupuk hayati 75 ml/l cenderung memberikan persentase bibit gaharu siap salur yang tinggi yaitu 91,66% dan perlakuan dosis pupuk hayati 0 ml/l cenderung memberikan persentase bibit gaharu siap salur yang rendah yaitu 54,16%. Pada percobaan ini, secara umum semakin tinggi dosis pupuk hayati yang diberikan pada bibit gaharu maka semakin tinggi persentase bibit salur yang didapatkan. Namun, dari segi ekonomis, dosis 50 ml/L merupakan dosis pupuk hayati terbaik untuk bibit gaharu, yaitu dengan persentase 87,50%. Bibit siap salur dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Bibit siap salur pada 14 MST; PGPR 0 ml/l (A1), PGPR 25 ml/l (A2), PGPR 50 ml/l (A3), PGPR 75 ml/l (A4), pupuk hayati 100 ml/l (A5)

Persentase bibit yang siap untuk disalurkan perlu diperhatikan agar ketika bibit tanaman gaharu dipindahkan ke area pertanian, bibit dapat beradaptasi dengan baik pada lingkungan baru. Hal ini penting untuk mengurangi kemungkinan kematian bibit setelah ditanam. Umumnya, standar yang ditetapkan untuk banyak jenis tanaman hutan hanya berdasarkan pada bentuk fisik bibit yang dianggap siap

untuk ditanam di persemaian, tanpa melakukan uji coba penanaman atau menggabungkannya dengan sifat fisiologis bibit (Nurmahmudi, 2024).

Standar kualitas fisik ditentukan berdasarkan kualitas fisik dari bibit, yang mencakup ukuran kuantitatif dan kualitatif. Saat melakukan pemeriksaan kualitas fisik, bibit yang diperiksa harus memenuhi persyaratan umum dan persyaratan khusus. Persyaratan umum untuk kualitas bibit termasuk batang yang tunggal dan utuh, dalam keadaan sehat, serta memiliki pangkal batang yang kayu. Persyaratan umum ini berlaku untuk semua jenis bibit dari tanaman hutan. Sementara itu, standar kualitas untuk bibit gaharu menurut Keputusan Direktur Perbenihan Tanaman Hutan Ditjen RLPS menyebutkan bahwa tinggi bibit minimal 30 cm, diameter batang minimal 3,5 mm, jumlah daun harus 8 helai, dan umur bibit berkisar antara 5 hingga 8 bulan (Masruroh *et al.*, 2014).

F. Bobot Segar Akar (g)

Hasil pengamatan bobot segar akar bibit gaharu menunjukkan bahwa perlakuan beberapa dosis PGPR setelah di analisis dengan uji F pada taraf nyata 5% memberikan pengaruh berbeda tidak nyata (Lampiran 5). Rata-rata bobot segar akar bibit gaharu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata bobot segar akar bibit tanaman gaharu umur 14 MST dengan pemberian beberapa dosis PGPR

Dosis (ml/liter)	Rata-rata Bobot Segar Akar (g)
0	3,38
25	3,50
50	3,75
75	3,67
100	3,50

KK = 8,21%

Keterangan : Angka-angka pada kolom yang sama berbeda tidak nyata berdasarkan uji F pada taraf 5%. KK didapatkan setelah data ditransformasikan dengan $\sqrt{x} + 0,5$

Berdasarkan Tabel 6, penggunaan berbagai dosis PGPR menunjukkan pengaruh yang sama terhadap berat akar bibit tanaman gaharu. Berat akar yang dihasilkan dari penambahan beberapa dosis pupuk hayati berkisar antara 3,38 gram hingga 3,75 gram. Hasil serupa juga terlihat pada variabel pertumbuhan lainnya, itu artinya pemberian PGPR pada media tanah bekas tambang kapur belum menunjukkan dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan bibit gaharu.



Gambar 3. Akar bibit gaharu pada 14 MST; PGPR 0 ml/l (A1), PGPR 25 ml/l (A2), PGPR 50 ml/l (A3), PGPR 75 ml/l (A4), PGPR 100 ml/l (A5)

Berdasarkan Gambar 3 pemberian PGPR pada media tanam bekas tambang kapur mempunyai pengaruh yang sama terhadap bobot segar akar. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis PGPR tidak memberikan efek positif terhadap pertumbuhan akar. Secara keseluruhan dosis terlalu rendah atau terlalu tinggi kurang efektif atau merugikan pertumbuhan akar gaharu. Menurut Dwijoseputro (1985) apabila tanah terlalu padat, sistem akar akan mengalami kerusakan ketika mencoba menembus tanah. Ini mengakibatkan pertumbuhan akar terhambat dan berdampak pada perkembangan bagian tanaman yang lain, seperti batang.



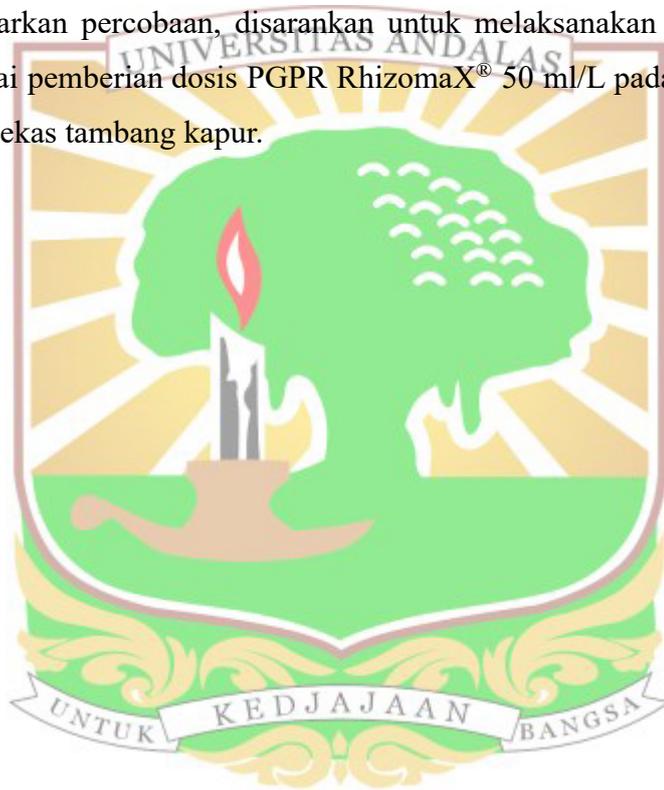
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil percobaan ini dapat disimpulkan bahwa perlakuan dengan dosis PGPR RhizomaX[®] tersebut memberikan pengaruh yang sama terhadap beberapa variabel pertumbuhan bibit gaharu yaitu tinggi bibit gaharu, jumlah daun, panjang daun terpanjang, lebar daun terlebar, bibit siap salur dan bobot segar akar.

B. Saran

Berdasarkan percobaan, disarankan untuk melaksanakan penelitian lebih lanjut mengenai pemberian dosis PGPR RhizomaX[®] 50 ml/L pada bibit gaharu di media tanam bekas tambang kapur.



DAFTAR PUSTAKA

- Aisyah, A, IW Suastika dan R Suntari. (2015). Pengaruh Peberapa Pupuk Sulfur terhadap Residu, Serapan, Serta Produksi Jagung di Mollisol Jonggol, Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 2(1), 93-101.
- Algunadi, I., Astawa, I. M., & S. (2010). Analisis Dampak Penambangan Batu Kapur Terhadap Lingkungan di Kecamatan Nusa Penida. *Jurnal Bencana dan Lingkungan Geologi*, 1–13.
- Alpandari, H., Krestiani, V., & Sari, S. I. (2024). Respon Pertubuhan dan Hasil Tanaman Okra Hijau (*Abelmoschus esculentus* L.) terhadap Konsentrasi dan Frekuensi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). *Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)*, 31-17.
- Antonius, S., & Agustiyani, D. (2011). Pengaruh Pupuk Organik Hayati yang Mengandung Mikroba Bermanfaat terhadap Pertumbuhan dan Hasil Panen Tanaman Semangka serta Sifat Biokimia Tanah pada Percobaan Lapang di Malinau Kaltim. *Jurnal Berkala Penelitian Hayati*. 16:203-206.
- Antralina, M., D. Kania dan J. Santoso. (2015). Pengaruh Pupuk Hayati terhadap Kelimpahan Bakteri Penambat Nitrogen dan Pertumbuhan Tanaman Kina (*Chincona lsdgeriana Moens*) Klon Cib.5. *Jurnal Penelitian Teh dan Kina*. 18 (2): 177-185.
- Aprizal, K. (2020). Respons Tanaman Penghasil Gaharu (*Aquilaria* spp.) terhadap FMA (*Fungi Mikoriza Arbuskula*) pada Media Tanah Bekas Tambang Kapur. Andalas University.
- Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia. (2024). Data Produksi Tanaman Gaharu Tahun 2022-2023. Diakses dari <http://www.bps.go.id/> pada tahun 2024.
- Barden A., Anak N., Mulliken T., & Song M. (2000). Heart of the matter. Agarwood use and trade and CITES implementation *Aquilaria malaccensis*. Cambridge: TRAFFIC International.
- BMKG. (2025). Data Curah Hujan Kota Padang. Diakses dari <http://dataonline.bmkg.go.id/> pada tahun 2025.
- Cahyani, M. (2021). Pengaruh Aplikasi Berbagai Dosis PGPR dan Pupuk Guano terhadap Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Skripsi*. Universitas Islam Riau.
- Cahyono, B., Ardian, C., & Silvina, D. (2014). Nutrient Availability and Plant metabolism. *Journal Of Plant Nutrition*, 28(1), 45-56

- Candra, A., Subagiono. (2020). Pengaruh Konsentrasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) Di Polybag. *Jurnal Sains Agro*. 5(1): 1-8.
- Dwijoseputro, D. (1985). *Pengantar Fisiologi Tumbuhan*. PT Gramedia.
- Effendi, S. (2021). Pengaruh Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskula Terhadap Pertumbuhan Bibit Kopi Arabika (*Coffea arabica* L.) pada Andisol. *Skripsi*. Universitas Andalas.
- Ekawati, Mansur, I., & Dewi, P. (2016). Pemanfaatan Kompos dan Mikoriza Arbuskula pada Longkida (*Nauclea orientalis*) di Tanah Pasca Tambang Nikel PT. Antam Pomalaa. *Silvikultur Tropika*. 7(1): 1–7.
- Ernawati, R. (2008). Analisis Sifat + Sifat Kimia Tanah Pada Tanah Timbunan Lahan Bekas Penambangan Batubara. *Jurnal Teknologi Technoscientia 1 (1)*. UPN Veteran Yogyakarta.
- Gupta, G., Parihar, S. S., Ahirwar, N. K., Snehi, S. K., & Singh, V. (2015). Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*. 07(02), 96– 102.
- Gunawan, C. (2015). Pengaruh Pemberian Berbagai Dosis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Terhadap Pertumbuhan Beberapa Genotipe Tanaman Penghasil Gaharu (*Aquilaria* spp) Pada Fase Bibit. *Skripsi*. Universitas Andalas.
- Hakim, L., N. (2023). Perbaikan Sifat Kimia dan Pertumbuhan Tanaman Trembesi (*Samanea saman*) dengan Pemberian Kompos Kotoran Sapi Pada Tanah Bekas Tambang Batu Kapur Pt Semen Padang. Universitas Andalas.
- Handayani, F., Rahayu, T., & Widiastuti, L. (2022). Kajian Efektivitas Pgpr Untuk Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Okra (*Abelmoschus Esculentus*) Pada Media Tanam Organik: *Jurnal Agronomika*. 20(1): 87-92.
- Hermawan, B., (2002). *Buku Ajar Dasar-dasar Fisika Tanah*. Lemlit Unib Press, Bengkulu.
- Ikkal, Iskandar., & Wilarso, S. (2016). Peningkatan Kualitas Bekas Tambang Nikel untuk Media Pertumbuhan Tanaman Revegetasi Melalui Pemanfaatan Bahan Humat dan Kompos. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(3): 153–158.
- Irawan. (2018). Pemanfaatan Tepung Cangkang Telur Ayam dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.). Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

- Kimi, A. P. (2020). Respons Pertumbuhan Beberapa Spesies Gaharu (*Aquilaria* Spp.) Akibat Pemberian Fma (Fungi Mikoriza Arbuskula) Pada Media Tanah Bekas Tambang Kapur. *Skripsi*. Universitas Andalas.
- Kurniahu, H., Sriwulan., & Andriani, R. (2018). Pemberian PGPR Indigen untuk Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Varietas Lokal Tuban pada Media Tanam Bekas Tambang Kapur. *Jurnal Agrovigor*. 11 (1):52-57.
- Kurniawan, A. (2018). Pengaruh Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) Terhadap Pertumbuhan Semai Sengon (*Paraserianthes falcataria* L.). *Jurnal JAGROS*. 3(1) : 21-30.
- Lakitan, B. (2011). *Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Raja Grafindo Persada.
- Lawing, Y. H. (2021). Reklamasi Lahan Pasca Tambang Batubara. *Jurnal Magrobis*. 21(2), 304–311.
- Lestari, S. D., Augustien, N., & Moeljani, I. R. (2020). Respon Pertumbuhan Bibit Kawista (*Limonia Acidissima* L.) terhadap Pemberian PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). *Jurnal Plumula*. 8 (2):93-100.
- Lindawati, N. (2002). *Pengantar Agronomi*. PT Gramedia.
- Lopez, D.T. (1998). *Malayan timbers for pencil manufacture*. *The Malaysian Forester*. 41(1):17-24.
- Marom, N., Rizal, F., & Bintoro, M. (2017). Uji Efektivitas Saat Pemberian dan Konsentrasi PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) terhadap Produksi dan Mutu Benih Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*. 1(2), 174–184.
- Masruroh, B., Arifin, S., & Ari, M. H. (2014). *Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman Hutan*. Pusat Pendidikan dan Pelatihan Kehutanan.
- Novella. (2025). Pertumbuhan Bibit Gaharu (*Aquilaria Malaccensis* Lamk.) pada Pemberian Beberapa Dosis Pupuk Kompos Di Media Tanam Bekas Tambang Kapur. Universitas Andalas.
- Nurmahmudi, I. (2024). Pengaruh Pemberian Beberapa Konsentrasi Eco Enzyme Terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccanensis* Lamk.) Pada Ultisol. Hal 12. Universitas Andalas.
- Pattimahu, D. V. (2004). *Restorasi Lahan Kritis Pasca Tambang Sesuai Kaidah Ekologi*. Makalah Falsafah Sains. Program Pasca sarjana. Institut Pertanian Bogor.

- Ramadhani, S. (2021). Pengaruh Pemberian Berbagai Dosis Pupuk Kandang Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Serai Wangi (*Cymbopogon nardus* L.). Universitas Andalas.
- Rusmana. 2014. Teknik Produksi Bibit Gaharu (*Aquilaria* sp.) untuk Mendukung Peningkatan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK). Balai Penelitian Kehutanan Banjarbaru.
- Soewandita, H. (2010). *Pengembangan Nutrient Block Untuk Mendukung Rehabilitasi Lahan Pasca Tambang*. Laporan Akhir Program Insentif Perekayasa KRT Tahun 2010 No 25. Pusat Teknologi Pengelolaan Sumberdaya Lahan Wilayah Dan Mitigasi Bencana Badan Pengkajian Dan Penerapan Teknologi.
- Sulistiyowati, H. (2011). Pemberian Bokas Ampas Sagu pada Medium Alluvial untuk Pembibitan Jarak Pagar. *Teknologi Perkebunan & PSDL*, (1).
- Susilo, A., Kamila, T., & Santoso, E. (2014). Panduan Lapangan Pengenalan Jenis Pohon Penghasil Gaharu *Aquilaria* spp. di Indonesia. In Jakarta: Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi.
- Sutarman & Agus, A. (2019). *Kesuburan Tanah*. Umsida Press.
- Syahrani, F., Muslikah, F., & Arfarita, N. (2022). Efek Pemberian Pupuk Hayati VP3 yang Diperkaya *Trichoderma viride* FRP3 terhadap Total Populasi Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill). *Jurnal Folium*. 6 (2):102 – 117.
- Tarigan K. (2004). *Profil Pengusahaan (Budidaya) Gaharu*. Jakarta: Departemen Kehutanan Pusat Bina Penyuluhan Kehutanan.
- Vinny Fiolita, Abdurrani Muin, F. (2017). Penggunaan Pupuk NPK Mutiara Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Gaharu (*Aquilaria* sp) Pada Lahan Terbuka Di Tanah Ultisol. *Jurnal Hutan Lestari*. 5(3), 850–855.
- Wardhani, S.; K. I.; Purwani, dan W. Anugerahani. (2014). Pengaruh Aplikasi Pupuk Hayati Terhadap Pertumbuhan dan Produktivitas Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Varietas Bhaskara di PT Petrokimia Gresik. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. 2 (1).
- Widyati, E. (2008). Peranan Mikroba Tanah Pada Kegiatan Rehabilitasi Lahan Bekas Tambang. *Info Hutan* 5 (2) : 151-160.
- Wish Indonesia. (2024). Pupuk RhizomaX®. Diakses dari <https://wishindonesia.com/product/rhizomaX/> pada tanggal 17 Agustus 2024.

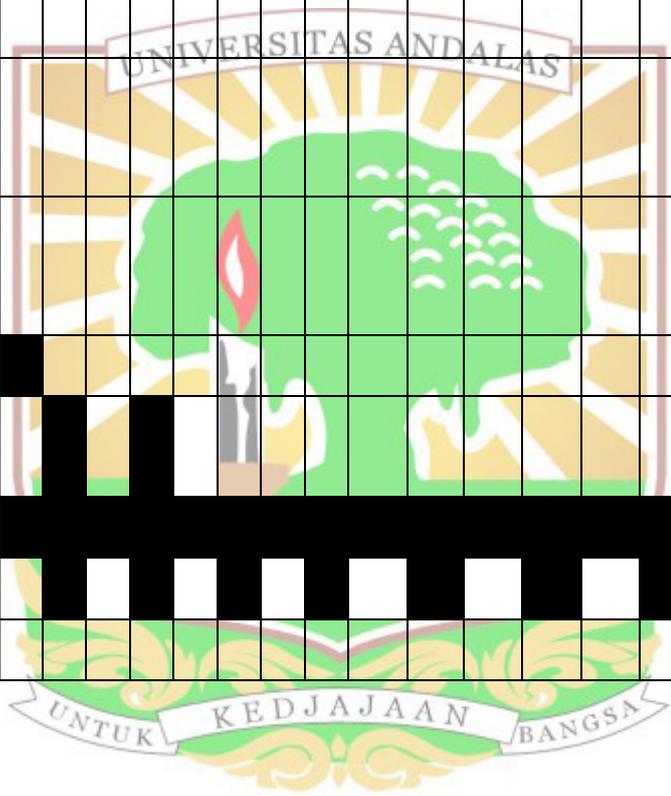
- Ulfah, Z., Prastiwi, R., & Hayati, H. (2021). Review Tanaman Gaharu (*Aquilaria malaccensis* Lam.) Ditinjau Dari Segi Farmakognosi, Fitokimia, dan Aktivitas Farmakologi. *Farmasains : Jurnal Ilmiah Ilmu Kefarmasian*. 8(2): 105–114.
- Zhou, D., Huang, X. F., Chaparro, J. M., Badri, D. V., Manter, D. K., Vivanco, J. M., & Guo, J. (2016). Root and Bacterial Secretions Regulate the Interaction Between Plants and PGPR Leading to Distinct Plant Growth Promotion Effects. *Plant and Soil*. 401(1–2), 259–272.



LAMPIRAN

Lampiran 1. Jadwal kegiatan percobaan dari bulan Februari-Mei 2025

No	Kegiatan	Minggu ke-																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Analisis Tanah Tambang Kapur	■																	
2	Persiapan Bibit Gaharu																		
3	Pemberian Label pada Polibag																		
4	Persiapan Media Tanam																		
5	Penanaman		■																
6	Pemberian Perlakuan			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Pemeliharaan																		
8	Pengamatan																		
9	Analisis Data																		

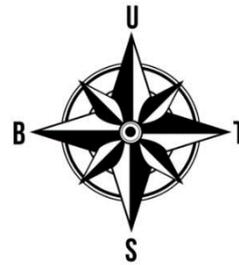
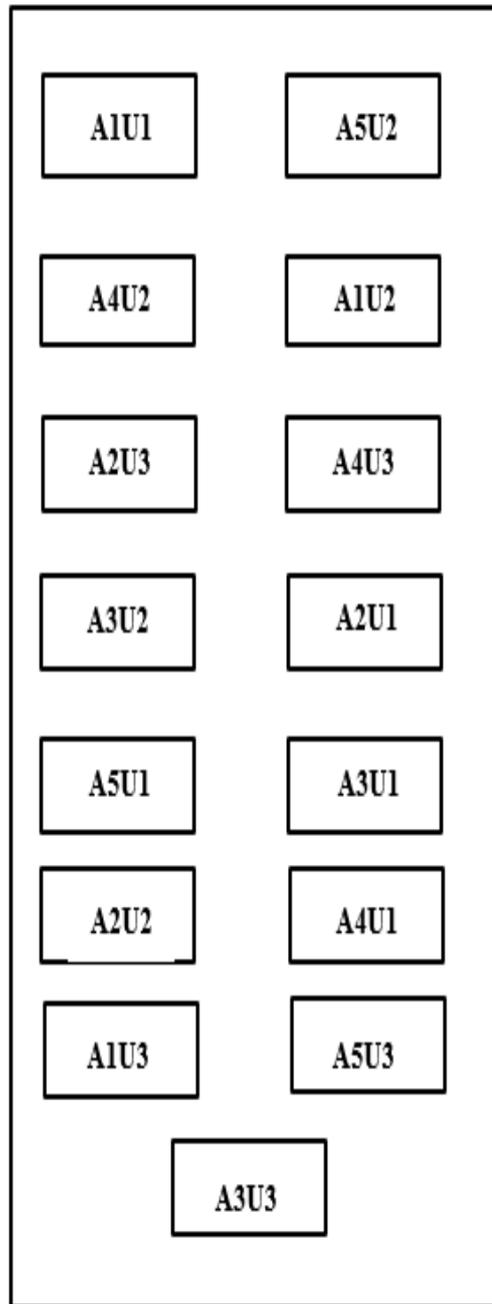


Lampiran 2. Karakteristik Tanaman Penghasil Gaharu Spesies *Aquilaria malaccensis* Lamk.

- Nama lokal : alim (Batak), halim (Lampung), kareh (Minangkabau)
 Tinggi pohon : 40 m
 Berdiameter : 60 cm
 Warna kulit batang : Putih kecoklatan
 Bentuk pangkal daun : tumpul sampai runcing
 Bentuk ujung daun : meruncing
 Ukuran daun : 7,5-12 cm x 2-5 cm
 Panjang tangkai daun : 4-6 mm
 Warna bunga : hijau sampai kuning kusam
 Bentuk kelopak bunga: Bulat telur
 Ukuran kelopak bunga: berukuran 2-3 mm
 Bentuk buah : Bulat telur dengan bagian ujung buah membulat
 Sumber: Kimi, 2020.



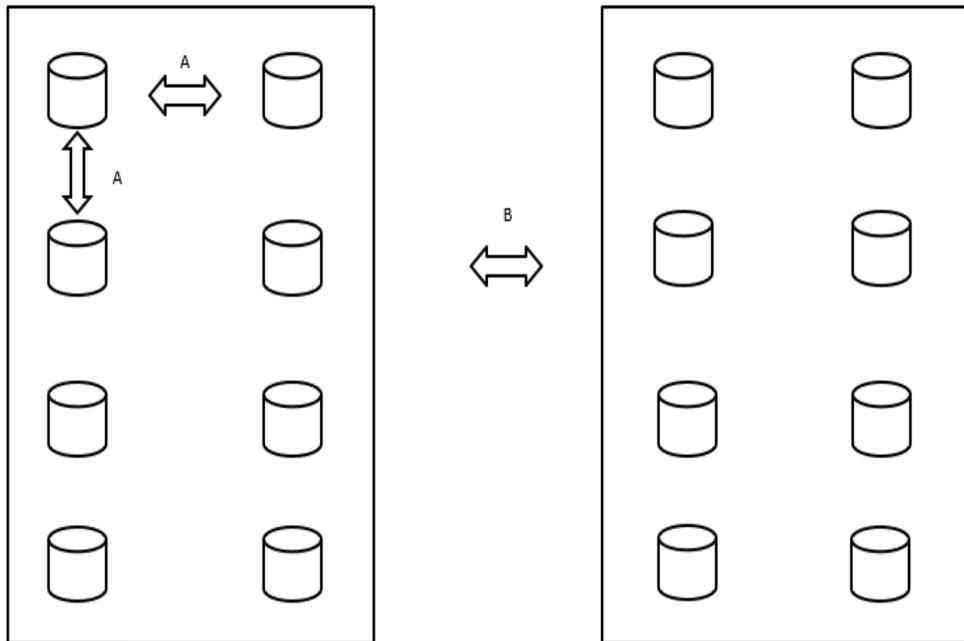
Lampiran 3. Denah Petak Satuan Percobaan dalam RAL



Keterangan :

- A1 = 0 ml/liter PGPR RhizomaX[®]
 A2 = 25 ml/liter PGPR RhizomaX[®]
 A3 = 50 ml/liter PGPR RhizomaX[®]
 A4 = 75 ml/liter PGPR RhizomaX[®]
 A5 = 100 ml/liter PGPR RhizomaX[®]
 U 1, 2, 3 = Jumlah ulangan



Lampiran 4. Tata Letak Tanaman Satuan Percobaan

Keterangan :

A = Jarak antar tanaman (15 cm)

B = Jarak antar satuan percobaan (25 cm)

 = Satuan percobaan



Lampiran 5. Tabel Analisis Ragam

A. Tinggi Tanaman (cm)

SK	DB	JK	KT	F hit	F tabel	ket
Perlakuan	4	0,28	0,07	0,51	3,48	tn
Galat	10	1,36	0,14			
Total	14	1,64				
KK	16,91					

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata

B. Jumlah Daun (helai)

SK	DB	JK	KT	F hit	F tabel	ket
Perlakuan	4	1,62	0,40	1,75	3,48	tn
Galat	10	2,32	0,23			
Total	14	3,94				
KK	21,96					

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata

C. Panjang Daun Terpanjang (cm)

SK	DB	JK	KT	F hit	F tabel	ket
Perlakuan	4	0,17	0,04	1,95	3,48	tn
Galat	10	0,22	0,02			
Total	14	0,39				
KK	10,78					

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata

D. Lebar Daun Terlebar (cm)

SK	DB	JK	KT	F hit	F tabel	ket
Perlakuan	4	0,03	0,01	0,24	3,48	tn
Galat	10	0,30	0,03			
Total	14	0,33				
KK	13,52					

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata

E. Bobot Segar Akar (g)

SK	DB	JK	KT	F hit	F tabel	ket
Perlakuan	4	0,02	0,00	0,17	3,48	tn
Galat	10	0,24	0,2			
Total	14	0,26				
KK	8,21					

Keterangan : tn = tidak berbeda nyata

Lampiran 6. Data Curah Hujan dan Intensitas Cahaya Matahari

Tanggal	Curah Hujan (mm)	Intensitas Cahaya Matahari (jam)	Tanggal	Curah Hujan (mm)	Intensitas Cahaya Matahari (jam)
01-02-2025	0	6,3	01-03-2025	0,5	5,7
02-02-2025	0	6,7	02-03-2025	3	2,2
03-02-2025	8888	8	03-03-2025	0,2	1,3
04-02-2025	0	6,8	04-03-2025	31	2,6
05-02-2025	0,8	5,4	05-03-2025	1,9	4,2
06-02-2025	2,3	2,7	06-03-2025	139	0
07-02-2025	7,5	8	07-03-2025	12,9	0,5
08-02-2025	51,2	4,9	08-03-2025	12	7,3
09-02-2025	0,5	2	09-03-2025	0	4,6
10-02-2025	0	8	10-03-2025	0	4,8
11-02-2025	0	7,4	11-03-2025	0	1,5
12-02-2025	0	8	12-03-2025	57,5	6,5
13-02-2025	0	8	13-03-2025	55,6	4,4
14-02-2025	0	8	14-03-2025	8888	5,5
15-02-2025	0	1,7	15-03-2025	0	5,6
16-02-2025	0	6,8	16-03-2025	10,8	4,6
17-02-2025	100	4	17-03-2025	18,5	8
18-02-2025	0	6,5	18-03-2025	27,5	1,6
19-02-2025	144,7	4,2	19-03-2025	8,8	4,5
20-02-2025	0,2	3,8	20-03-2025	0,5	1
21-02-2025	9,8	7,2	21-03-2025	8888	0,7
22-02-2025	0	7,3	22-03-2025	8888	6,4
23-02-2025	20,5	4,8	23-03-2025	2,5	0
24-02-2025	0,3	0,6	24-03-2025	0	7
25-02-2025	0	4,2	25-03-2025	8888	4,7
26-02-2025	0	3,3	26-03-2025	0	6,6
27-02-2025	1,9	6,4	27-03-2025	10,1	8
28-02-2025	8888	0	28-03-2025	141	5
			29-03-2025	6,5	0,4
			30-03-2025	40,7	3,7
			31-03-2025	0	0

Tanggal	Curah Hujan (mm)	Intensitas Cahaya Matahari (jam)	Tanggal	Curah Hujan (mm)	Intensitas Cahaya Matahari (jam)
01-04-2025	0	3,1	01-05-2025	38,2	5,9
02-04-2025	0	8	02-05-2025	0	3,2
03-04-2025	0	2,1	03-05-2025	0	6,7
04-04-2025	8888	2,1	04-05-2025	3	0
05-04-2025	5	6,2	05-05-2025	0	8
06-04-2025	0,8	0	06-05-2025	0	8
07-04-2025	1	7,5	07-05-2025	0	8
08-04-2025	9,3	3,6	08-05-2025	0	8
09-04-2025	0,3	7,3	09-05-2025	2,5	7,2
10-04-2025	10,1	5,4	10-05-2025	0	6,3
11-04-2025	52,2	8	11-05-2025	93,5	6,1
12-04-2025	17,5	2,8	12-05-2025	47,3	1
13-04-2025	1	5,7	13-05-2025	0	8
14-04-2025	48	4,9	14-05-2025	0	8
15-04-2025	8888	7,6	15-05-2025	8888	5,5
16-04-2025	47,4	6,6	16-05-2025	17,5	8
17-04-2025	29	5,5	17-05-2025	5,5	0,4
18-04-2025	6,2	0,3	18-05-2025	0	8
19-04-2025	0	8	19-05-2025	0	8
20-04-2025	7,8	7,2	20-05-2025	0	8
21-04-2025	12	4,2	21-05-2025	0	8
22-04-2025	16,9	4,8	22-05-2025	0	8
23-04-2025	25,7	6,5	23-05-2025	44,3	8
24-04-2025	6,2	4,9	24-05-2025	0	8
25-04-2025	0	5,6	25-05-2025	0	8
26-04-2025	0	8	26-05-2025	0	6,5
27-04-2025	0	6,5	27-05-2025	0	7,5
28-04-2025	8888	6,5	28-05-2025	0	8
29-04-2025	16	3,4	29-05-2025	0	6,8
30-04-2025	24,1	6,5	30-05-2025	0	2,5
			31-05-2025	0	7,8

Sumber : BMKG 2025

Lampiran 7. Hasil Analisis Tanah Bekas Tambang Kapur

Hasil Analisis		
Unsur	Tanah Bekas Tambang Kapur	*Kriteria
pH	6.83	Netral
C-organik	0,28 (%)	Sangat rendah
N-total	0,20 (%)	Rendah
P-tersedia	9,02 (ppm)	Sedang
K	3,79 (cmol/kg)	Sangat tinggi
Ca	12,49 (cmol/kg)	Tinggi
Mg	14,94 (cmol/kg)	Sangat tinggi
Na	0,33 (cmol/kg)	Rendah

Keterangan : * = kriteria sifat kimia tanah menurut Balai Penelitian Tanah (2009)

Sumber : Novella (2025)



Lampiran 8. Kandungan Pupuk Hayati

Pupuk Hayati PGPR Rhizomax®	Kandungan
	<ol style="list-style-type: none">1. <i>Rhizobium</i> sp.2. <i>Bacillus polymixa</i>3. <i>Pseudomonas fluorescens</i>

