BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tembakau (*Nicotiana tabacum* L.) merupakan tanaman industri penting dengan nilai ekonomi tinggi, terutama bagi negara-negara penghasil tembakau. Namun, produktivitas tembakau di lapangan seringkali menghadapi berbagai kendala, terutama terkait pengelolaan tanah dan pemupukan yang kurang optimal (Akbar et al., 2024). Hal ini berdampak langsung pada pertumbuhan tanaman yang terhambat dan hasil panen yang rendah. Untuk mencapai produktivitas optimal, tembakau membutuhkan pasokan hara yang cukup dan kondisi lingkungan yang sesuai. Salah satu aspek penting dalam mendukung pertumbuhan tembakau adalah respons fisiologis tanaman terhadap faktor eksternal, seperti jenis tanah, ketersediaan air, dan penggunaan pupuk (Santana et al., 2020).

Karakteristik fisiologis ini, termasuk laju fotosintesis dan kandungan klorofil daun, secara signifikan memengaruhi produktivitas tanaman. Laju fotosintesis berkorelasi positif dengan indeks kandungan klorofil daun yang merupakan indikator penting dalam mengevaluasi efisiensi pemupukan, terutama nitrogen (Rahim et al., 2024). Meskipun pemupukan nitrogen penting, sistem pemupukan konvensional seringkali tidak efisien, ditandai dengan hilangnya unsur hara akibat pelindian dan penguapan, serta pemborosan sumber daya (Hamann, 2021). Untuk mengatasi tantangan tersebut, teknologi pupuk lepas lambat berbasis biochar telah mulai dikembangkan sebagai alternatif yang lebih efisien dan berkelanjutan. (Abdullah et al., 2024).

Biochar adalah material padat berpori yang kaya karbon dan stabil, dihasilkan dari pirolisis limbah organik pada suhu tinggi dalam kondisi terbatas oksigen (Sukmawati et al., 2024). Penambahan biochar berbasis SP 36, sebuah pupuk fosfat yang dikenal kaya akan unsur hara fosfor, dapat memberikan manfaat ganda dalam meningkatkan ketersediaan hara pada tanaman tembakau (Asril et al., 2023). Fosfor (P) merupakan salah satu unsur hara penting yang mempengaruhi pertumbuhan akar, perkembangan bunga, dan pembentukan biji pada tanaman (Maulidan & Putra, 2024). Namun, fosfor sering kali terbatas dalam tanah, karena sebagian besar fosfor dalam tanah tidak tersedia untuk tanaman dalam bentuk yang dapat diserap. Pemberian SP 36 sebagai sumber fosfor dapat membantu mencukupi kebutuhan fosfor tanaman tembakau yang esensial untuk proses fotosintesis dan metabolisme energi (Genesiska et al., 2022)

Selain itu, biochar juga dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Penelitian oleh (Rahmawati et al., 2023) . menunjukkan bahwa penggunaan biochar dapat meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, memperbaiki aerasi tanah, dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah yang bermanfaat . Dengan meningkatkan kualitas tanah, biochar dapat menciptakan kondisi yang lebih baik bagi tanaman tembakau untuk tumbuh secara optimal.

Untuk lebih meningkatkan mutu dan produktivitas tembakau, dibutuhkan strategi pemupukan yang tidak hanya efisien, tetapi juga mampu meningkatkan serapan hara secara menyeluruh. Salah satu pendekatan yang terbukti efektif adalah penggunaan kombinasi pupuk slow-release berbasis biochar SP-36 yang diperkaya dengan bahan organik seperti urin sapi dan agen hayati seperti *Azotobacter*.

Kombinasi ini bekerja secara sinergis. SP-36 sebagai sumber fosfor meningkatkan pertumbuhan akar dan metabolisme energi, urin sapi sebagai sumber nitrogen organik memperbaiki struktur tanah dan mempercepat proses mineralisasi, serta *Azotobacter* sebagai bakteri pengikat nitrogen bebas membantu menyediakan nitrogen secara hayati dan meningkatkan aktivitas mikroba tanah.

Keunggulan penggunaan biochar sebagai pupuk slow release dibandingkan dengan pupuk konvensional terletak pada kemampuannya untuk melepaskan unsur hara secara bertahap sesuai dengan kebutuhan tanaman, yang pada gilirannya mengurangi kehilangan unsur hara dan meningkatkan efisiensi pemupukan (Sukmawati et al., 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh pupuk slow-release berbasis biochar SP 36 terhadap karakter fisiologi tembakau lokal, serta untuk memahami sejauh mana penggunaan biochar dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah dan memberikan dampak positif terhadap produktivitas tanaman tembakau.

1.2 Rumusan Masalah

Apakah penggunaan pupuk slow-release berbasis biochar berpengaruh terhadap karakter fisiologis daun tembakau lokal?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penggunaan pupuk slow-release berbasis biochar terhadap karakter fisiologis daun tembakau lokal.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Menyediakan alternatif pemupukan yang lebih efisien dan berkelanjutan bagi petani tembakau lokal.

2. Memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai mekanisme pelepasan unsur hara oleh pupuk slow release berbasis biochar.
3. Mendukung praktik pertanian ramah lingkungan dengan mengurangi dampak negatif pemupukan konvensional terhadap tanah dan lingkungan.

BAB II. TINJAUN PUSTAKA

2.1 Tembakau

Tembakau (Nicotiana tabacum L.) merupakan salah satu tanaman penting yang memiliki nilai ekonomi tinggi. Karakteristik tembakau lokal tidak hanya ditentukan oleh faktor genetik, tetapi juga sangat dipengaruhi oleh interaksi dengan kondisi lingkungan dan fisiologi tanaman itu sendiri (Koryati et al., 2022).Pemahaman tentang fisiologi tanaman tembakau lokal sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas hasil panen (Santana et al., 2020).

Klasifikasi tembakau lokal sebagai berikut: Kingdom**:** Plantae (Tumbuhan) Divisio**:** Spermatophyta (Tumbuhan berbiji) Classis**:** Dicotyledoneae (Tumbuhan berkeping dua) Ordo**:** Solanales Familia**:** Solanaceae Genus**:** Nicotiana Spesies**:** *Nicotiana tabacum* L.

2.1.1 Karateristik fisiologi tanaman

a. Fotosintesis

Fotosintesis adalah proses dasar yang memungkinkan tanaman untuk menghasilkan energi dalam bentuk senyawa organik. Proses ini melibatkan konversi energi cahaya matahari menjadi energi kimia melalui klorofil di dalam kloroplas. Reaksi fotosintesis terdiri dari dua tahap utama**:** **Reaksi terang:** Proses yang bergantung pada cahaya, di mana energi cahaya digunakan untuk menghasilkan ATP dan NADPH. **Reaksi gelap (siklus Calvin):** Proses yang tidak bergantung langsung pada cahaya, di mana ATP dan NADPH digunakan untuk mengasimilasi karbon dioksida menjadi senyawa gula. efisiensi fotosintesis

dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti intensitas cahaya, konsentrasi karbon dioksida, suhu, dan ketersediaan air (Laimeheriwa et al., 2024).

b. Respirasi

Respirasi adalah proses metabolisme yang melibatkan penguraian senyawa organik untuk menghasilkan energi dalam bentuk ATP. Proses ini berlangsung di mitokondria dan terdiri dari tiga tahap utama: Glikolisis: Penguraian glukosa menjadi asam piruvat di sitoplasma, Siklus Krebs: Proses yang menghasilkan NADH dan FADH2 melalui oksidasi asetil-KoA di matriks mitokondria, Fosforilasi oksidatif: Produksi ATP melalui rantai transport elektron di membran dalam mitokondria. Respirasi penting untuk mendukung berbagai proses fisiologis, seperti pembelahan sel, elongasi sel, dan sintesis biomolekul (Laimeheriwa et al., 2024).

c. Transpirasi

Transpirasi adalah proses hilangnya air dari tanaman melalui stomata di daun. Proses ini berfungsi untuk mengatur suhu daun, menjaga turgor sel, dan mendukung transportasi nutrisi dari akar ke daun. Faktor-faktor yang memengaruhi laju transpirasi meliputi: Kelembapan udara, Suhu, Kecepatan angina, Ketersediaan air di tana, Bukaan stomata. Manajemen transpirasi yang baik diperlukan untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan air pada tanaman, terutama di daerah dengan ketersediaan air yang terbatas (Tanjung & Rosnita, 2019)

2.1.2 Faktor lingkungan yang mempengaruhi karasteritik tanaman:

a. Suhu, suhu mempengaruhi proses fisiologi tanaman seperti fotosintesis, respirasi, dan pertumbuhan. Penelitian menunjukkan bahwa suhu optimal untuk fotosintesis adalah antara 20-30°C (Rahman et al., 2022). Suhu yang

terlalu tinggi dapat menyebabkan stres pada tanaman dan mengurangi produksi biomassa (Singh et al., 2020).

b. Air dan Kelembaban, Ketersediaan air dan kelembapan udara sangat penting bagi tanaman. Air berperan dalam proses fotosintesis, menjaga turgor sel, dan transportasi nutrisi. Kekurangan air dapat menyebabkan stres pada tanaman, menghambat pertumbuhan, dan menurunkan hasil panen. Penelitian terbaru menunjukkan bahwa cekaman kekeringan pada lahan pertanian menyebabkan terganggunya pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Aplikasi asam salisilat diduga mampu membantu menekan stres air dan meningkatkan toleransi tanaman terhadap kekeringan (Kumar et al., 2020).

c. Cahaya, Cahaya adalah salah satu faktor lingkungan utama yang mempengaruhi proses fisiologi tanaman, terutama fotosintesis. Fotosintesis adalah proses dasar yang menghasilkan energi untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kualitas, intensitas, dan fotoperiodisme cahaya memengaruhi aktivitas fotosintesis, diferensiasi sel, dan morfologi tanaman. Menurut (Novyanti et al., 2025) .intensitas cahaya yang optimal memungkinkan efisiensi fotosintesis yang maksimal, sedangkan intensitas yang terlalu rendah atau terlalu tinggi dapat menyebabkan stres pada tanaman.

d. Nutrisi, nutrisi seperti nitrogen, fosfor, dan kalium adalah elemen penting dalam proses metabolisme tanaman. Ketidakseimbangan nutrisi dapat menyebabkan gangguan fisiologis yang berdampak pada pertumbuhan dan hasil panen. Penelitian oleh (Manurung et al., 2020). menunjukkan bahwa

pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh aktivitas fisiologi, antara lain kandungan nitrogen yang mempengaruhi pembentukan klorofil dan proses fotosintesis.

2.2 Pupuk Slow Release

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas pertanian ialah dengan pemberian pupuk yang efektif serta pemupukan berimbang. Akan tetapi kenyataan di lapangan bahwa penggunaan pupuk di Indonesia masih kurang efektif diakibatkan pupuk yang digunakan masyarakat lebih banyak terbuang percuma serta proses pemupukkan yang tidak tepat. berdasarkan penelitian yang dilakukan (Sulistyo et al., 2020), hal tersebut disebabkan karena pupuk yang beredar di masyarakat memiliki sifat yang mudah larut sehingga kandungan pada pupuk tidak dapat terserap sempurna oleh tanaman yang mana dapat menimbulkan beberapa permasalahan diantaranya, pencemaran lingkungan, gangguan kesehatan, penurunan kualitas hasil pertanian, biaya produksi yang tinggi serta waktu pemupukkan yang tidak efektif. Oleh karena itu diperlukan pupuk yang memiliki pola pelepasan unsur haranya yang sesuai dengan pola penyerapan unsur hara oleh tanaman.

Pupuk lepas lambat atau slow release, merupakan jenis pupuk yang dapat mengatur pelepasan unsur hara dari pupuk. pupuk lepas lambat adalah pupuk yang dapat mengendalikan atau memperlambat pelepasan unsur-unsur hara bagi tanaman, unsur hara yang umumnya memiliki sifat mudah hilang karena kelarutan dalam air tinggi, volatil dan terjadi denitrfikasi pada pupuk. Serta dapat meningkatkan efisiensi pemupukan dan mengurangi dampak negative terhadap

lingkungan. Sehingga dapat mengontrol pelepasan nutrisi dalam tanah selama pemupukan berlangsung. Pupuk slow release memiliki sifat atau karakteristik yang mampu melepaskan unsur haranya lebih lambat dibandingkan dengan pupuk konvensional yang beredar dimasyarakat (Kiranti, 2022).

Pupuk ini merupakan hasil modifikasi untuk meningkatkan efisiensi dengan mengatur pelepasan unsur hara dalam pupuk secara lambat dan bertahap. Dalam pembuatan pupuk ini digunakan beberapa metode diantaranya dengan memperbesar ukuran, memperhalus permukaan , mencampur dengan bahan lain yang sukar larut dan menyelimuti pupuk dengan bahan tertentu sehingga pelepasan pupuk di dalam tanah menjadi lambat. Juga dapat dicampurkan dengan agen pelepas lambat karena sifatnya sebagai bahan berpori dan penukar ion yang baik zeolite merupakan agen pelepas lambat yang sering digunakan (Kiranti, 2022).

2.3 Pupuk SP-36

Pupuk SP-36 adalah salah satu jenis pupuk tunggal yang mengandung unsur hara fosfor (P) dalam bentuk senyawa fosfat, dengan kadar P_2O_5 sebesar 36%. Pupuk ini berbentuk butiran berwarna abu-abu hingga abu-abu tua, bersifat larut dalam air, dan dapat diserap langsung oleh tanaman (Nera et al., 2022). Fosfor dalam pupuk SP-36 sangat penting dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman, terutama pada fase awal pertumbuhan. Unsur fosfor berperan dalam proses fotosintesis, pembentukan energi (ATP), pemanjangan akar, dan pematangan biji serta buah (Putra, 2023).

SP-36 umumnya digunakan untuk memenuhi kebutuhan fosfor tanaman di berbagai jenis tanah, terutama pada tanah-tanah masam yang cenderung

kekurangann fosfor tersedia. Kelebihan utama dari pupuk ini adalah kemampuannya menyediakan unsur P dalam bentuk yang lebih stabil dan efisien untuk diserap akar tanaman, terutama pada masa awal pertumbuhan yang sangat memerlukan suplai fosfor yang cukup (Astutik & Tripama, 2023).

Perpaduan SP-36 dalam pupuk slow-release memiliki beberapa keuntungan. Pertama, pelepasan fosfor menjadi lebih terkendali, sehingga mengurangi risiko pencucian hara dan meningkatkan efisiensi penyerapan oleh akar tanaman (Kiranti, 2022). Kedua, pemanfaatan SP-36 dalam formulasi slow-release juga dapat membantu memperpanjang ketersediaan fosfor pada perakaran, sehingga mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan, terutama pada fase vegetatif dan generatif (Yusdian et al., 2022). Ketiga, integrasi SP-36 dalam pupuk slow-release juga mendukung pertanian berkelanjutan dengan menekan kebutuhan pemupukan berulang, sehingga lebih ramah lingkungan (Sukmawati et al., 2024). Dengan demikian, penggunaan SP-36 dalam pupuk slow-release tidak hanya mempertahankan fungsi dasarnya sebagai penyedia fosfor, tetapi juga meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk, mengurangi kehilangan hara, serta berpotensi meningkatkan hasil dan kualitas tanaman secara keseluruhan (Yusuf, 2019).

2.4 Biochar

Biochar merupakan teknologi pengelolaan air dan mampu meretensi nitrogen di lahan pertanian (Bahruddin et al., 2024). Biochar dapat digunakan utnuk memodifikasi pupuk kimia menjadi pupuk slow release yang sangat cocok untuk tanaman (Sukmawati et al., 2024). karena mengendalikan pelepasan unsur sesuai

dengan waktu dan jumlah dan lebih baik dari penggunaan urea. biochar sebagai bahan pembenah tanah sekaligus digunaka sebagai pupuk slow release merupakan salah satu cara menyimpan karbon dalam tanah (Sukmawati et al., 2024). Penambahan karbon tanah sangat penting untuk menjaga kesuburan tanah.

Aplikasi biochar pada tanah mening-katkan efek pelepasan lambat nutrisi, memberikan strategi yang menarik untuk mengurangi beban ekonomi dan lingkungan dari pupuk konvensional yang berlebihan (Asra Dely et al., 2024). Biochar berfungsi menjaga kekompakan tanah karena mengandung karbon (organic matter) yang juga berfungsi untuk mengurangi resiko erosi serta menjaga kapasitas tanah serta menahan air lebih baik (Nera et al., 2022)

Biochar merupakan produk padat dari proses pirolisis atau pemanasan biomassa dalam kondisi oksigen terbatas . Biochar merupakan bahan yang ramah lingkungan, ekonomis dan dapat digunakan untuk berbagai tujuan, seperti remediasi tanah, pengelolaan limbah, pengurangan gas rumah kaca, dan produksi energi (Rahim et al., 2023).

2.5 Pengaruh Pupuk slow release terhadap tembakau lokal

Pupuk merupakan bahan yang mengandung bahan organik atau anorganik yang ditambahkan pada media tanam atau diberikan secara langsung pada tanaman guna memenuhi kebutuhan hara tanaman sehingga dapat tumbuh dan berkembang dengan baik (Yamin et al., 2024). Proses pemberian pupuk dapat dilakukan dengan cara menambahkan pupuk secara langsung pada tanaman atau pada media tanam. Bahan yang terkandung pada pupuk dapat berupa bahan mineral atau organic yang dihasilkan dari kegiatan alam atau hasil olahan manusia (Kiranti, 2022).

Pupuk berdasarkan bentuk fisiknya dibagi menjadi dua, yaitu pupuk padat dan pupuk cair. Pupuk berdasarkan kandungannya dibagi menjadi dua kelompok, yaitu pupuk tunggal dan pupuk majemuk. Pupuk tunggal mengandung hanya satu unsur sedangkan pupuk majemuk sedikitnya mengandung dua unsur yang diperlukan. Sedangkan berdasarkan dari sumber pembuatannya terdapat dua kelompok besar pupuk, yaitu pupuk organik atau pupuk alami dan pupuk kimia atau pupuk anorganik. Pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari sisa-sisa metabolisme atau organ dari hewan maupun tumbuhan, sedangkan pupuk kimia dibuat melalui proses pengolahan oleh manusia dari bahan-bahan mineral yang mengandung unsur hara tertentu di dalam pupuk tersebut (Wiyatna et al., 2024).

Dalam proses pemupukan perlu diperhatikan kebutuhan nutrisi tanaman tersebut, agar tidak terlalu banyak atau terlalu sedikit zat makanan yang didapatkan oleh tanaman sehingga dapat membahayakan tanaman tersebut (Siregar, 2023). Penerapan pupuk slow release pada budidaya tembakau lokal memiliki potensi untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas daun tembakau (Sukmawati et al., 2025). Penelitian yang dilakukan oleh (Asra Dely et al., 2024). menunjukkan bahwa penggunaan pupuk slow release pada tembakau dapat meningkatkan kandungan klorofil daun, sehingga fotosintesis menjadi lebih efisien. Selain itu, pupuk slow release juga dapat meningkatkan kadar gula dan menurunkan kadar nikotin, yang merupakan parameter penting dalam menentukan kualitas tembakau.

Penelitian lain oleh (Kiranti, 2022). mengungkapkan bahwa pupuk slow release mampu memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) dan mengurangi risiko pencemaran tanah akibat penggunaan pupuk

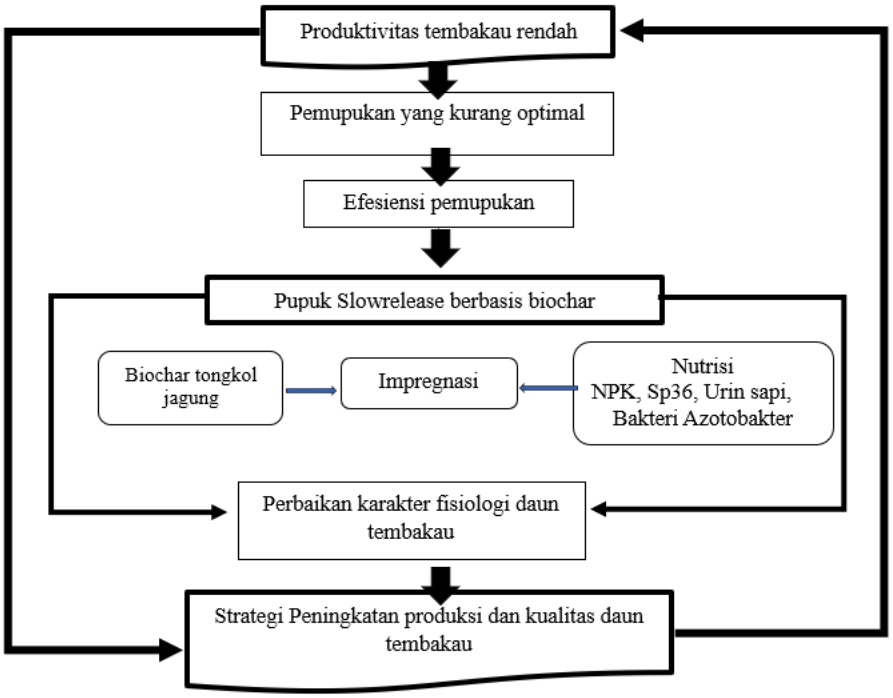
kimia berlebihan. Dengan demikian, penggunaan pupuk slow release tidak hanya memberikan manfaat agronomis, tetapi juga berkontribusi pada kelestarian lingkungan.

Chlorophyl Content Index dan kehijauan daun merupakan karakter fisiologi yang menunjukkan laju fotosintesis tanaman dan dapat digunakan untuk memantau status nitrogen pada tanaman , dimana defisiensi hara pada daun dapat diselidiki menggunakan klorofil daun (Astiani et al., 2024). Kandungan klorofil berkorelasi secara signifikan dengan nitrogen (Rizqi et al., 2024).

BAB III. KERANGKA PIKIR

3.1 Kerangka pikir

Produktivitas tembakau yang rendah disebabkan oleh pemupukan yang kurang optimal sehingga efisiensi pemupukan tidak tercapai. Untuk mengatasi masalah tersebut, digunakan pupuk slow release berbasis biochar yang dibuat dari biochar tongkol jagung melalui proses impregnasi dengan berbagai nutrisi seperti NPK, SP36, urin sapi, dan bakteri *Azotobacter*. Pupuk ini mampu melepaskan unsur hara secara bertahap sesuai kebutuhan tanaman sehingga lebih efisien. Aplikasi pupuk slow release berbasis biochar diharapkan dapat memperbaiki karakter fisiologi daun tembakau, seperti peningkatan kandungan klorofil dan luas daun, yang pada akhirnya mendukung strategi peningkatan produksi dan kualitas daun tembakau.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

3.2 Hipotesis

Terdapat pengaruh signifikan penggunaan pupuk slow release berbasis biochar SP-36 terhadap panjang, lebar, luas daun, jumlah dan ukuran stomata, serta indeks klorofil tembakau lokal**.**

BAB IV. METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan waktu

Penelitian ini dilaksanakan di lahan petani di Desa Parenring, Kecamatan Lilirilau, Kabupaten Soppeng yang berlangsung pada bulan September hingga Desember 2024.

4.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu: Cultivator, Mulsa, Meteran, Preparat, Isolotip, Mikroskop, SPAD (Soil Plant Analysis Development), BWD (Bagan Warna Daun).

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu: benih tembakau , Biochar, Urin sapi, Dan *Azotobacter*.

4.3 Metode penelitian

Penelitian dilaksanankan dengan mengunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) terdiri dari 4 perlakuan yaitu SRF pupuk dasar (P0), SRF SP36 (P1), SRF SP36+urin sapi (P2), SRF SP36+urin sapi+*Azotobacter* (P3). terdiri dari 10 sampel perlakuan yang diulang sebanyak 3 kali, jadi terdapat 120 unit perlakuan.

4.4 Prosedur penelitian

a. Pengolahan tanah

Pengolahan lahan merupakan tahapan yang penting untuk mendapatkan hasil yang maksimal. Pertama mengunakan cultivator untuk membajak tanah dan memperbaiki struktur tanah, kedua pembuatan bedengan dengan ketingian 30–35 cm dan panjang bedengan 20 cm. Ketiga pemberian pupuk organik untuk

menigkatkan kandungan unsur hara pada tanah. Keempat pemberian mulsa pada bedengan untuk mencegah gulma tumbuh dan menjaga kelembaban pada tanaman.

b. Penanaman bibit tembakau

Bibit tembakau yang telah disemai dipindahkan ke bedengan, dengan jarak tanam 100 × 50 cm. Lubang tanam dibuat sedalam 3–5 cm, kemudian bibit dipindahkan dengan hati-hati agar akar tidak rusak dan ditutup kembali dengan tanah.

c. Perawatan

Perawatan tanaman meliputi beberapa kegiatan. Penyiraman dilakukan secukupnya untuk menjaga kelembapan tanah, terutama pada fase awal pertumbuhan. Penyulaman dilakukan pada umur 7–10 hari dengan cara mencabut tanaman yang mati, lalu menggantinya dengan bibit cadangan dari persemaian. Pemupukan dilakukan dengan memberikan unsur hara tambahan ke dalam tanah atau langsung ke tanaman untuk membantu pertumbuhan dan perkembangan. Pengendalian hama dilakukan melalui penyemprotan menggunakan sprayer sebanyak dua kali.

4.5 Parameter pengamatan

Adapun parameter pengamanatan sebagai berikut:

1. Panjang daun (cm)

Panjang daun di ukur dari pangkal hingga ujung daun menggunakan alat ukur meteran. Panjang daun di amati dan di ukur setiap 2 minggu selama pengamatan.

2. Lebar daun (cm)

Lebar daun di ukur pada bagian tengah daun, yaitu bagian terlebar daun

menggunakan alat ukur meteran. Lebar daun di amati dan di ukur setiap 2 minggu selama pengamatan.

3. Luas daun (cm²)

Luas daun dapat diukur dengan leaf area meter yang langsung membaca luas dalam cm², atau dengan cara mengambar bentuk daun pada kertas grafik. lalu menimbang dan membandingkannya dengan kertas standar 100 cm². Nilai luas daun (cm²) dihitung menggunakan rumus: $L(cm^2) = p \times l \times k$

Keterangan: P = panjang daun (cm) L = lebar daun (cm) dan K = faktor koreksi.

4. Jumlah stomata (mm²) rumus : $L = \pi \times (2d)^2$

Pengambilan sampel stomata dilakukan dengan memilih daun yang sehat. Permukaan daun dibersihkan, lalu diolesi kuteks bening dan ditutup dengan selotip. Setelah dibiarkan kering 5–10 menit, lapisan tipis yang terbentuk dilepaskan dan ditempelkan pada kaca preparat. Pengamatan jumlah stomata dilakukan dengan mikroskop cahaya. Stomata yang tampak dihitung secara manual atau dengan bantuan perangkat lunak analisis citra. Hasil penghitungan dinyatakan sebagai jumlah stomata per satuan luas (mm²).

5. Lebar stomata (µm)

Lebar stomata diukur dengan menggunakan miskroskop. Preparat tersebut diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran tinggi, dilengkapi mikrometer okuler atau kamera mikroskop yang sudah dikalibrasi. Pengukuran dilakukan pada bagian terlebar dari celah stomata (aperture), yaitu jarak horizontal

antara dua dinding sel penjaga ketika stomata terbuka. Nilai yang diperoleh kemudian dikonversi ke satuan mikrometer (µm) sebagai ukuran lebar stomata.

6. Panjang stomata (µm)

Panjang stomata diukur menggunakan mikroskop dengan bantuan preparat. Preparat tersebut diletakkan di atas kaca objek, ditetesi akuades, dan diamati pada perbesaran 400x atau lebih. Pengukuran dilakukan menggunakan mikrometer okuler yang telah dikalibrasi dengan mikrometer stage, dengan cara mengukur jarak dari ujung satu sel penutup ke ujung lainnya. Panjang stomata dinyatakan dalam mikrometer (µm).

7. Indeks klorofil daun

Pengambilan sampel indeks klorofil daun pada tembakau menggunakan alat SPAD (Soil Plant Analysis Development), Pengukuran dilakukan dengan menjepit bagian tengah helai daun sambil menghindari tulang daun utama, setelah itu tekan tombol pada alat SPAD, Nilai yang terbaca pada alat ukur dicatat. Semakin tinggi nilai SPAD, maka kadar nitrogen yang di hasilkan semakin baik.

4.6 Analisis data

Analisis data dilakukan dengan sidik ragam (ANOVA) berdasarkan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Jika terdapat perbedaan signifikan, dilanjutkan dengan uji BNT pada taraf 5% untuk membandingkan rata-rata antar perlakuan. Metode ini sesuai untuk menguji efektivitas pupuk slow-release berbasis biochar SP-36 terhadap parameter fisiologis tembakau. Analisis menggunakan perangkat lunak statistik seperti SPSS atau Excel guna menjamin akurasi dan objektivitas hasil.

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil

5.1.1 Lebar daun

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 1, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar tidak berpengaruh nyata terhadap lebar daun tembakau.

Lebar daun terluas dihasilkan perlakuan SRF-NPK yakni 23,93 cm. penelitian menunjukkan jika luas SRF-NPK lebih luas dibandingkan dengan perlakuan lainnya, sedangkan perlakuan SRF-SP36+urin (21,60 cm), SRF-SP36+urin+ *Azotobacter* (20,97cm) dan SRF-SP36 (20,93cm) tidak berbeda jauh dengan rata-rata nilai yang terdapat pada diagram berikut.

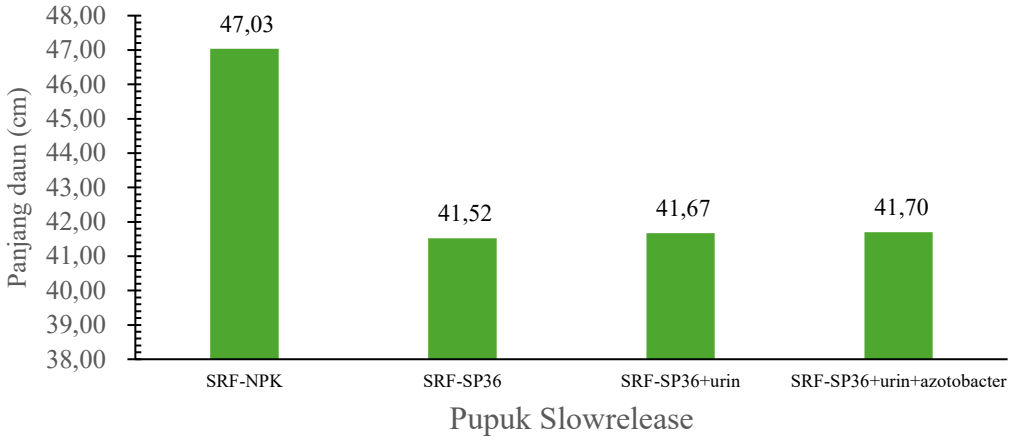


Gambar 2. Rata-rata lebar daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis biochar

5.1.2 Panjang Daun

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 2, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar tidak berpengaruh nyata terhadap panjang daun tembakau.

Panjang daun tertinggi dihasilkan perlakuan SRF-NPK yakni 47,03 cm. Hasil tersebut lebih luas dibandingkan dengan pemberian SRF-SP36+urin+ *Azotobacter* (41,70 cm), SRF-SP36+urin (41,67 cm), dan SRF-SP36 (41,52cm).dari tiga perlakuan tersebut tidak berbeda jauh dengan rata-rata nilai yang terdapat pada diagram berikut.



Gambar 3. Rata-rata panjang daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis biochar

5.1.3 Luas daun

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 3, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar berpengaruh nyata terhadap luas daun tembakau.

Berdasarkan pada Tabel 1, berbeda nyata pada taraf α=5% pemberian pupuk slowrelase berbasis biochar terlihat pada perlakuan SRF-NPK menghasilkan luas daun terluas yakni 800,22 cm. Hasil ini berbeda nyata dengan pemberian SRF-SP36 (644,27 cm), SRF-SP36+urin (630,84 cm) dan SRF-SP36+urin+ *Azotobacter* (622,10 cm).

Tabel 1. Rata-rata luas daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis

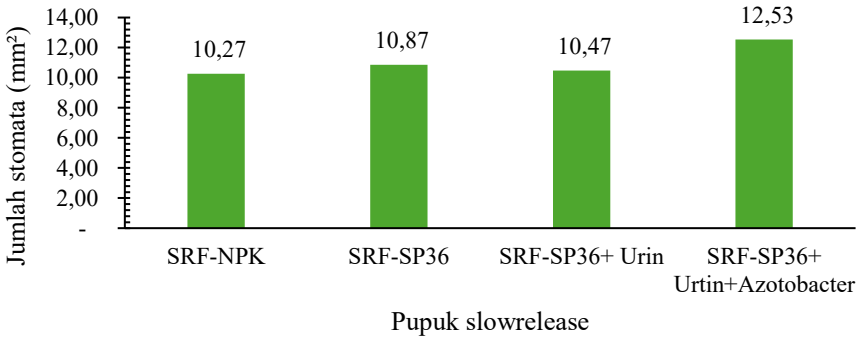
biochar

Perlakuan	Luas Daun (cm)
SRF-NPk	800,22 a
SRF-SP36	644,27 b
SRF-SP36+Urin	630,84 b
SRF-SP36+Urin+*Azotobacter*	622,10 b

Keterangan : Angka yang yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata secara signifika pada uji lanjutan DMRT pada taraf α=5%

5.1.4 Jumlah Stomata

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 4, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar tidak berbeda nyata terhadap jumlah stomata pada daun tembakau. Rata-rata panjang stomata pada daun tembakau berkisar antara 10,47 mm^2 – 12,53 mm^2. Jumlah stomata terbanyak dihasilkan pada perlakuan SRF-SP36+urin+ *Azotobacter* 12,53 (mm^2). Hasil ini tidak berbeda nyata dengan pelakuan SRF-SP36 10,87 (mm^2), SRF-NPK 10,27 (mm^2) dan SRF-SP36+urin 10,47 (mm^2).

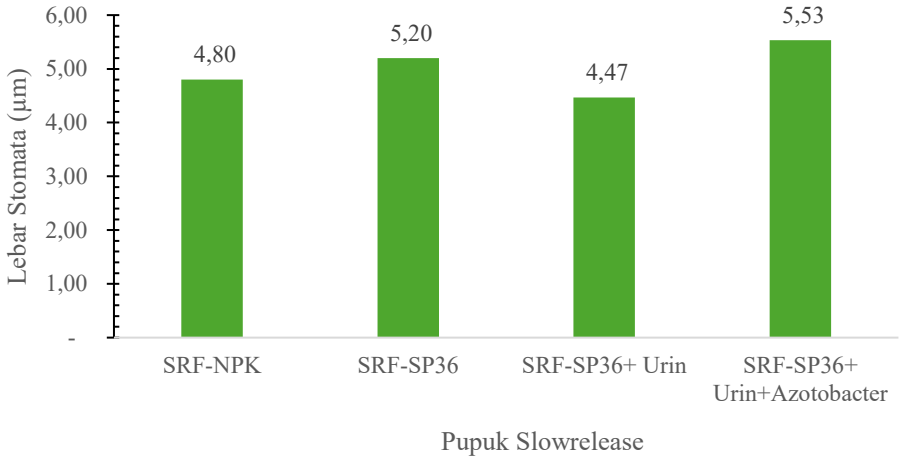


Gambar 4. Rata-rata jumlah stomata daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis biochar

5.1.5 Lebar Stomata

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 5, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar tidak berpengaruh nyata terhadap lebar stomata pada daun tembakau.

Rata-rata panjang stomata pada daun tembakau berkisar antara 4,47 µm- 5,53 µm, dimana lebar stomata tertinggi dihasilkan pada perlakuan SRF-SP36+urin+*Azotobacter* 5,53 (µm). Hasil ini tidak berbeda nyata dengan pelakuan SRF-SP36 5,20 (µm), SRF-NPK 4,80 (µm) dan SRF-SP36+urin 4,47 µm).

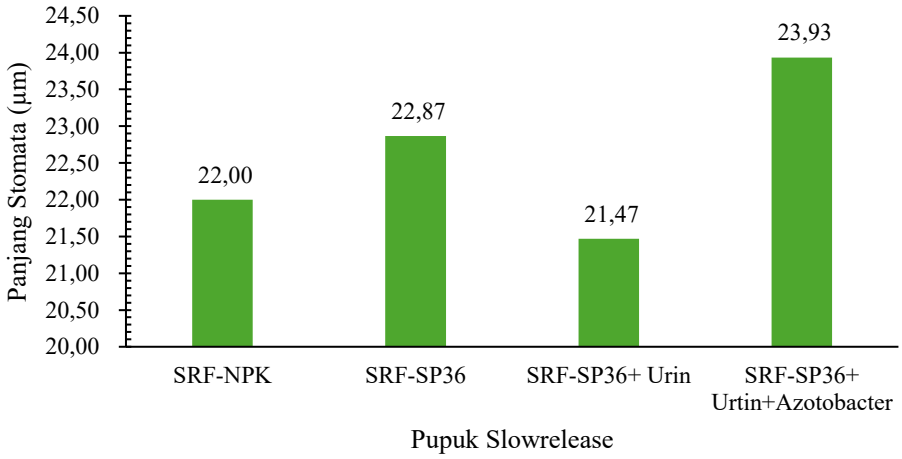


Gambar 5. Rata-rata lebar stomata daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis biochar

5.1.6 Panjang stomata

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 6, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar tidak berbeda nyata terhadap panjang stomata pada daun tembakau.

Rata-rata panjang stomata pada daun tembakau berkisar antara 21,47 (µm)- 23,93 (µm), dimana panjang stomata tertinggi dihasilkan pada perlakuan SRF-SP36+urin+*Azotobacter* 23,93 (µm). Hasil ini tidak berbeda nyata dengan pelakuan SRF-SP36 22,87 (µm), SRF-NPK 22,00 (µm) dan SRF-SP36+urin 21,47(µm).



Gambar 6. Rata-rata panjang stomata daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis biochar

5.1.7 Indeks klorofil daun

Berdasarkan sidik ragam pada Tabel Lampiran 7, menunjukkan bahwa pemberian pupuk slowrelease berbasis biochar berpengaruh nyata terhadap Indek klorofi daun tembakau.

Pengaruh nyata pemberian pupuk slowrelase berbasis biochar terlihat pada perlakuan SRF-NPK yang menghasilkan indeks klofil daun tertinggi, yakni 50,98 cm. SRF-NPK berbeda nyata dengan semua perlakuan sedangkan perlakuan SRF-SP36+urin+*Azotobacter* (48,30 cmSRF-SP36+urin (47,81 cm) dan SRF-SP36 (47,52) (Tabel 2) Menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Tabel 2. Rata-rata indeks klorofil daun tembakau yang diberi perlakuan pupuk SRF berbasis biochar

Perlakuan	Indeks Klorofil Daun
SRF-NPK	50,98[a]
SRF-SP36	47,52[b]
SRF-SP36+urin	47,81[b]
SRF-SP36+urin+*Azotobacter*	48,30[b]

Keterangan : Angka yang yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata secara signifika pada uji lanjutan DMRT pada taraf α=5%

5.2 Pembahasan

5.2.1 Pengaruh pupuk slowrelease berbasis biochar SP-36 terhadap karakater daun tembakau

Penggunaan pupuk SRF-NPK menghasilkan lebar daun, panjang daun, dan luas daun terluas dibandingkan ketiga perlakuan lainnya. Hal ini dikarenakan pelepasan hara yang lebih stabil pada SRF-NPK. Pupuk slow-release berbasis biochar memiliki kemampuan untuk menyediakan unsur hara secara bertahap, sehingga tanaman mendapatkan suplai nutrisi yang konsisten sepanjang fase pertumbuhan vegetatif (Astiani et al., 2024).

Kondisi tersebut berkontribusi terhadap perkembangan daun yang lebih optimal dibandingkan dengan perlakuan lainnya yang mungkin mengalami fluktuasi ketersediaan hara (Qadri et al., 2023), Selain itu, biochar dalam SRF-NPK mampu meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, yang memungkinkan tanaman menyerap lebih banyak nutrisi penting seperti nitrogen (Tando, 2019). Peningkatan KTK ini juga membantu dalam retensi air yang lebih baik, memastikan bahwa tanaman tidak mengalami kekurangan air selama periode kritis pertumbuhan daun. Sebaliknya, meskipun kombinasi SP36, urin, dan *Azotobacter* dapat

meningkatkan ketersediaan nutrisi, pelepasan hara yang lebih cepat mungkin menyebabkan kelebihan nutrisi pada tahap awal dan kekurangan pada tahap selanjutnya, yang dapat membatasi pertumbuhan panjang daun (Asril et al., 2023).

5.2.2 Pengaruh pupuk slowrelease berbasis biochar SP-36 terhadap karakter stomata pada daun tembakau

Peningkatan jumlah stomata ini dapat dikaitkan dengan peran *Azotobacter*, bakteri pemfiksasi nitrogen yang diketahui meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui produksi zat pengatur tumbuh seperti auksin, sitokinin, dan giberelin. Zat-zat ini merangsang pembelahan dan pembesaran sel, yang berkontribusi pada peningkatan jumlah stomata. Selain itu, kombinasi dengan urin sebagai sumber nitrogen organik dapat menyediakan nutrisi tambahan yang mendukung perkembangan daun dan pembentukan stomata (Sukmawati et al., 2025)&(Qadri et al., 2023).

Selain meningkatkan jumlah stomata, perlakuan SRF-SP36+Urin+ *Azotobacter* juga menghasilkan lebar stomata tertinggi dan panjang stomata tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kombinasi tersebut tidak hanya mempengaruhi kuantitas tetapi juga kualitas stomata (Sukmawati et al., 2025)&(Nur Qadri et al., 2024). Peningkatan ukuran stomata dapat meningkatkan efisiensi pertukaran gas dan transpirasi, yang pada gilirannya mendukung proses fotosintesis dan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa inokulasi *Azotobacter* dapat meningkatkan parameter pertumbuhan tanaman, termasuk tinggi tanaman, jumlah daun, dan luas daun, yang semuanya berkontribusi pada peningkatan ukuran stomata (Sukmawati et al., 2024).

5.2.3 Pengaruh pupuk slowrelease berbasisi biochar SP-36 terhadap indeks klorofil daun

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan SRF-NPK sebagai pupuk dasar menghasilkan indeks klorofil daun tertinggi dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya, pupuk slow-release berbasis biochar sebagai pupuk dasar efektif dalam meningkatkan kandungan klorofil pada daun tembakau lokal (Sukmawati et al., 2025). Sebaliknya, perlakuan SRF-SP36, SRF-SP36+urin, dan SRF-SP36+urin+ *Azotobacter* memberikan nilai indeks klorofil lebih rendah dan tidak berbeda nyata satu sama lain, sehingga penambahan SP-36, urin, maupun *Azotobacter* tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan klorofil dibandingkan dengan SRF-NPK. Pada perlakuan SP-36 hanya berperan sebagai sumber fosfor yang tidak berhubungan langsung dengan pembentukan klorofil, sedangkan nitrogen yang tersedia secara bertahap dari SRF-NPK berperan penting sebagai penyusun utama klorofil sehingga menghasilkan indeks klorofil yang lebih tinggi (Kurniawan, 2023 dan Djumali, 2016).

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan serangkaian hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pupuk slow-release berbasis biochar berpengaruH secara nyata terhadap luyas daun dan indeks klorofil daun.
2. Penggunaan pupuk SRF-NPK mendukung pembentukan daun berukuran besar dengan kandungan klorofil tinggi, sehingga mendukung produksi daun tembakau dengan kualitas fisik (ukuran, warna hijau) yang lebih baik
3. Penggunaan SRF-SP36 + Urin + *Azotobacter* meningkatkan jumlah dan ukuran stomata sehingga unggul pada morfologi stomata, yang dapat meningkatkan efisiensi penggunaan nitrogen, fotosintesis, dan daya adaptasi tanaman, meskipun tidak menghasilkan luas daun terbesar
4. Kualitas daun tembakau tidak hanya ditentukan oleh luas daun dan klorofil**,** tetapi juga oleh efisiensi fisiologis stomata yang memengaruhi metabolisme dan pembentukan senyawa kualitas tembakau

6.2 Saran

Pengunaan pupuk ini perlu diterapkan secara lebih luas dalam budidaya tembakau, khususnya untuk petani karena penerapan pupuk ini berpotensi menekan biaya pemupukan sekaligus meningkatkan produktivitas lahan secara berkelanjutan. Formulasi pupuk berbasis biochar SP-36 dapat terus dikembangkan dan disesuaikan dengan karakteristik tanah serta kebutuhan tanaman tembakau.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah, N., Inayah, N. A., & Ramadan, A. M. O. L. (2024). Pemupukan Presisi Berbasis Peta Nutrisi: Analisis Sebaran N, P, Dan K Pada Lahan Kopi Di Kabupaten Gowa. *Plantklopedia*, *4*(Bg 2), 1–15.

Akbar, I. M., Kurniawati, S., Hakim, I. N., Khasanah, L., Alfandi, M., Fitriyani, E., & Ulum, A. M. (2024). Memperkuat Perekonomian Desa Melalui Budidaya Tembakau Di Desa Tejorejo Kabupaten Kendal. *Dinamika Sosial : Jurnal Pengabdian Masyarakat Dan Transformasi Kesejahteraan*, *1*(3), 54–64. https://doi.org/10.62951/dinsos.v1i3.491

Asra Dely, Sukmawati, S., Yamin, M., Muh. Akhsan Akib, & Suherman, S. (2024). Karakterisasi Morfologi Jagung Hibrida (Zea mays L.) pada Berbagai Pemberian Pupuk Slowrelease Berbasis Biochar pada Tanah Bertekstur Liat. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, *12*(1), 104–113. https://doi.org/10.30605/perbal.v12i1.3375

Asril, M., Lestari, W., Basuki, Sanjaya, M. ., Firgiyanto, R., Manguntungi, B., Swandi, M. ., Paulina, M., & Kunusa, W. . (2023). *Mikroorganisme Pelarut Fosfat pada Pertanian Berkelanjutan*.

Astiani, M., Rahim, I., Yamin, M., Agroteknologi, P. S., & Pertanian, F. (2024). Tanaman Jagung Hibrida(Zea mays L .) pada tanah bertekstur liat. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, *12*(2).

Astutik, L. W., & Tripama, B. (2023). *Peningkatan produksi tanaman tomat (lycopersicum escu- lentum mill .) Melalui pemberian pupuk fosfor (p) dan mangan (mn)*. *1*(2), 1–8.

Bahruddin, Sukmawati, Harsani, Qadri, N. S., & Zamzam, S. (2024). *Biochar: Kunci Sistem Produksi Jagung Berbasis Karbon Di Lahan Kering Penerbit Cv. Eureka Media Aksara*.

Djumali. (2016). Karakter Tanaman Tembakau Temanggung yang Berpengaruh Terhadap Hasil dan Mutu Rajangan Kering. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, *3*(2), 57. https://doi.org/10.21082/bultas. v3n2. 2011.57-65

Genesiska, Mulyono, & Amini, H. (2022). Nano Phosphat Fertilizer of Chicken Bone Ash Effectivity by Foliar Application on Growth and Yield of Soybean (Glycine max L.). *PLANTROPICA: Journal of Agricultural Science*, *007*(1), 81–88. https://doi.org/10.21776/ub.jpt.2022.007.1.10

Hamann, F. A. (2021). *Potential and limitations for the practical use of fluorescence sensors to detect physiological adaptations of crops*.

Kiranti, A. (2022). *Pengaruh Cekaman Genangan Periodik Terhadap Media Tumbuh Dan Respon Fisiologi Varietas Tembakau Lokal*. https://repository. unja.ac.id/41877/%0Ahttps://repository.unja.ac.id/41877/1.

Koryati, T., Ningsih, H., Erdiandini, I., Paulina, M., Figiyanto, R., Junairiah, & Sari, V. K. (2022). PemuliaanTanaman. In *Pemuliaan Tanaman*. .

Kurniawan, L. (2023). Identifikasi dan karakterisasi morfologi kultivar tembakau (Nicotiana tabacum L). *Nucl. Phys.*, *13*(1), 104–116.

Laimeheriwa, S., Rehatta, H., & Leatemia, D. J. A. (2024). Kondisi Iklim dan Pengaruhnya *13*(2), 166–174. http://dx.doi.org/10.30598/ajibt.v13i2

Manurung, F. S., Nurchayati, Y., & Setiari, D. N. (2020). Pengaruh pupuk daun Gandasil D terhadap pertumbuhan, kandungan klorofil dan karotenoid tanaman bayam merah (Alternanthera amoena Voss.) The effect of Gandasil D foliar fertilizer on growth, chlorophylls, and carotenoid content of the red spinach (Alternan. *Jurnal Biologi Tropika, Mei*, *3*(1), 24–32. http://ejournal2.undip.ac.id/index.php/jbt

Maulidan, K., & Putra, B. K. (2024). *JBIOGRITech Pentingnya unsur hara fosfor untuk pertumbuhan tanaman padi*. *1*(2), 47–54.

Nera, K., Agroteknolog, S., Pertanian, F., & Tamansiswa, U. (2022). *Aplikasi biochar sekam padi dan kombinasi pupuk urea , SP 36 dan KCl terhadap komponen hasil dan hasil tanaman jagung ketan (Zea mays C eratina) di lahan ultisol 9*(1), 26–34.

Novyanti, E., Rahayu, Y. S., Laksono, R. A., & Mardiah, Z. (2025). Pengaruh Spektrum Cahaya Terhadap Pertumbuhan Dan Kandungan Senyawa Fenolik Pada Microgreens Beberapa Varietas Tanaman Kubis (Brassica oleracea var. Capitata). *Paspalum: Jurnal Ilmiah Pertanian*, *13*(1), 94–104. https://doi.org/10.35138/paspalum.v13i1.800

Nur Qadri, S., Yamin, M., & Dzulkifli Darwis. (2024). Pengujian Viabilitas dan Vigor Benih Beberapa Varietas Tanaman Tembakau (Nicotiana tabacum L.). *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, *12*(1), 128–136. https://doi.org/10.30605/perbal.v12i1.3181

Putra, M. R. S. (2023). *Pengaruh POC Eceng Gondok dan Pupuk Fosfat Alam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Hijau (Vigna radiata L .) Effect of Hyacinth POC and Natural Phosphate on Growth and Production of Mung Bean (Vigna radiata L .)*. *3*(2), 16–32.

Qadri, S. N., Yamin, M., & Darwis, D. (2023). Pertumbuhan Bibit Tembakau (Nicotiana tabacum L .) Beberapa Varietas Lokal dan Unggul dengan Media Polibag Growth of Tobacco Seeds (Nicotiana tabacum L .) in Several Local and Superior Varieties using Polybag Media. *Jurnal Galung Tropika*, *12*(3), 400–407.

Rahim, I., Arodhiskara, Y., & Selao, A. (2023). *Diseminasi Teknologi Karbontech Biochar Untuk*. *9*(1), 159–166.

Rahim, I., Nurbaya, N., Ilmi, N., Sukmawati, S., Putera, M. I., Suherman, S., & Yamin, M. (2024). Morphological Character and Clorophyl Content Index of Corn Infected with Dowry Disease on Land Applied With Slow Realease Fertilizer Based on Corn Cob Biochar. *Journal of Agriculture*, *3*(01), 12–23. https://doi.org/10.47709/joa.v3i01.3642

Rahmawati, M., Susilowati, L. E., & Arifin, Z. (2023). *on Bacteria Population in the Rizosphere and Growth of*. *33*(April), 312–324.

Rizqi, A. A., Ismunarti, D. H., & Maslukah, L. (2024). *Hubungan Klorofil-A Terhadap Parameter Lingkungan Di Morodemak , Jawa Tengah Distribution of Chlorophyll-a and Water Quality in Morodemak Demak , Central Java*. *13*(4), 713–720.

Santana, P. F., Munif, G., & Iskandar, L. (2020). Respons Pertumbuhan, Fisiologi, dan Produksi Kedelai terhadap Pemberian Pupuk Nitrogen dengan Dosis dan Waktu yang Berbeda. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, *26*(1), 24–31.

https://doi.org/10.18343/jipi.26.1.24

Siregar, F. A. (2023). Penggunaan Pupuk Organik Dalam Meningkatkan Kualitas Tanah Dan Produktivitas Tanaman. *Jurnal*, 1–11.

Sukmawati, Bahruddin, Suherman, Rahim, I., Hapsa, N., Nur, S. Q., Zamzam, S., Irmayani, Munir, Rahmawati, S., Kurniawan, E., & Abd, R. (2025). Implementasi teknologi slow-release fertilizer. *Jurnal Dinamika Pengabdian*, *10*(2), 269–278.

Sukmawati, Rahim, I., Arodhiskara, Y., Selao, Harsani, A., & Aswar, S. (2024). *Pemanfaatan Biochar Dari Tongkol Jagung Sebagai Pupuk Slow-Release Pada Lahan Kebun Kakao*. *9*(2), 331–338.

Sulistyo, R., Lestari, D., Irawanto, D., Wardana, L. A., Muhammad, F., Kimia, J. T., Teknik, F., Sultan, U., & Tirtayasa, A. (2020). *JURNAL INTEGRASI PROSES Website : http://jurnal.untirta.ac.id/index.php/jip Sebagai Matrik Pupuk Urea 2 9*(2), 27–33.

Tando, E. (2019). Upaya Efisiensi Dan Peningkatan Ketersediaan Nitrogen Dalam Tanah Serta Serapan Nitrogen Pada Tanaman Padi Sawah (Oryza Sativa L.). *Buana Sains*, *18*(2), 171. https://doi.org/10.33366/bs.v18i2.1190

Tanjung, F. I., & Rosnita. (2019). *Modul Biologi Umum Berbasis CTL dan KKNI*.

Wiyatna, M. F., Andriani, Y., & Pratama, R. I. (2024). Pelatihan Pembuatan Pupuk Organik Cair (Poc) Untuk Masyarakat Desa Cilembu Kabupaten Sumedang. *Jurnal Abdi Insani*, *11*(2), 1881–1886. https://doi.org/10.29303/abdiinsani.v11i2.1615

Yamin, M., Qadri, S. N., Pradilia, A. D., & Hama, S. (2024). *Keragaan Kapas Bronesia 1 dan Seleksi Beberapa Jenis Pupuk Berdasarkan Karakter Agronomi Performance of Bronesia 1 Cotton and Selection of Several Types of Fertilizer Based on Agronomic Characters*. *13*(October 2023), 418–428.

Yusdian, Y., Santoso, J., & Ghifari, A. (2022). *Pengaruh Takaran Mikoriza Vesikula Arbuskula Dan Pupuk SP 36 Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (Zea mays saccharata L .) Varietas Talenta*. *4*, 27–34.

Yusuf, M. (2019). *Pertumbuhan Dan Kualitas Produksi Dua Varietas Kedelai Hitam Akibat Pemupukan Sp-36 Growth And Quality Of Production Two Black Soybean Varieties Due To Sp-36 Fertilizer*. *22*(1), 45–51.