

Pertumbuhan dan Hasil Padi Gogo sebagai Tanaman Sela pada Pengurangan Dosis Pupuk Kimia dengan Aplikasi Pupuk Hayati di Lahan Kering

Titis Pury Purboningtyas*¹, Bayu Adirianto², Rudi Hartono³, Endang Krisnawati⁴, Taufiq Bachtiar⁵

^{1, 2, 3, 4} Jurusan Pertanian, Politeknik Pembangunan Pertanian Bogor, Indonesia

⁵ Pusat Riset Teknologi Proses Radiasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia

Email: ¹titispurypurboningtyas@gmail.com, ²bayuadirianto@gmail.com, ³rhartono69@gmail.com,
⁴krisnawatistpp@gmail.com, ⁵tauf012@brin.go.id

Abstrak

Padi gogo merupakan komoditas strategis untuk mendukung ketahanan pangan di lahan kering, namun produktivitasnya sering terhambat oleh keterbatasan unsur hara. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi respon pertumbuhan dan hasil dua varietas padi gogo sebagai tanaman sela terhadap optimasi pupuk kimia yang dikombinasikan dengan pupuk hayati di Kabupaten Muaro Jambi. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) pola faktorial dengan dua faktor: varietas (Inpado Agritan dan Kukubalam) dan lima taraf pemupukan (P1=kontrol 100% kimia; P2= kombinasi pupuk kimia dosis 75%+pupuk hayati; P3= kombinasi pupuk kimia dosis 50%+pupuk hayati; P4= kombinasi pupuk kimia dosis 25%+pupuk hayati). Hasil penelitian menunjukkan varietas barpengaruh sangat nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah malai, dan jumlah bulir per malai. Varietas lokal Kukubalam memiliki postur lebih tinggi dan bulir lebih banyak, sementara Inpago Agritan menunjukkan efisiensi pembentukan malai yang lebih baik. Penggunaan pupuk hayati secara signifikan mampu menggantikan pengurangan pupuk kimia hingga 75% tanpa menurunkan performa vegetatif dan komponen hasil. Perlakuan kombinasi pupuk hayati dengan 25% dosis kimia mampu menghasilkan pertumbuhan dan jumlah bulir yang setara dengan dosis penuh 100% kimia. Hal ini membuktikan bahwa pupuk hayati meningkatkan efisiensi pemupukan melalui perbaikan ketersediaan hara biologis dan kesehatan rizosfer. Penelitian menyimpulkan bahwa integrasi pupuk hayati dapat mengurangi ketergantungan pada pupuk anorganik sekaligus menjaga stabilitas hasil padi gogo di lahan kering.

Kata kunci: lahan kering, optimasi pupuk kimia, padi gogo, pupuk hayati, varietas lokal

Abstract

Upland rice is a strategic commodity for supporting food security in dryland areas, but its productivity is often hampered by nutrient limitations. This study aimed to evaluate the growth and yield responses of two upland rice varieties used as intercrops to the optimization of chemical fertilizers combined with biofertilizers in Muaro Jambi Regency. The research method used a Factorial Randomized Block Design (FRBD) with two factors: varieties (Inpado Agritan and Kukubalam) and five levels of fertilization (P1 = 100% chemical control; P2 = combination of 75% chemical fertilizer dose + biofertilizer; P3 = combination of 50% chemical fertilizer dose + biofertilizer; P4 = combination of 25% chemical fertilizer dose + biofertilizer). The results showed that the variety had a very significant effect on plant height, number of panicles, and number of grains per panicle. The local variety Kukubalam had a taller posture and more grains, while Inpago Agritan showed better panicle formation efficiency. The use of biofertilizer was able to significantly replace the reduction of chemical fertilizers by up to 75% without compromising vegetative performance and yield components. The combination treatment of biofertilizer with 25% chemical doses resulted in growth and number of grains equivalent to the full 100% chemical dose. This demonstrates that biofertilizers enhance fertilization efficiency by enhancing the availability of biological nutrients and promoting rhizosphere health. The study concluded that the integration of biofertilizers can reduce dependence on inorganic fertilizers while maintaining the stability of upland rice yields in dry land.

Keywords: dry land, chemical fertilizer optimization, dryland rice, biofertilizer, local varieties

1. PENDAHULUAN

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan tanaman pangan pokok bagi lebih dari separuh populasi dunia, memainkan peran penting dalam ketahanan pangan global. Meskipun sebagian besar produksi padi terjadi di sistem dataran rendah yang beririgasi, tekanan pertumbuhan penduduk yang meningkat dan konversi lahan basah yang subur menjadi kawasan industri telah menyebabkan perluasan budidaya padi ke lahan marginal. Luas panen padi pada tahun 2024 diperkirakan sekitar 10,05 juta hektar, dengan produksi padi diperkirakan sebesar 52,66 juta ton GKG. Jumlah tersebut mengalami penurunan dibandingkan luas panen dan produksi padi di tahun 2023 (Badan Pusat Statistik, 2024). Padi lahan kering, yang ditanam dalam kondisi aerobik dan tidak tergenang air, merupakan alternatif penting untuk mempertahankan produksi padi, terutama di daerah-daerah di mana sumber daya air langka (Mei Adi et al., 2015). Ekosistem lahan kering dicirikan oleh beberapa faktor pembatas yang menghambat produktivitas tanaman yang optimal. Tidak seperti sistem irigasi, lahan kering sangat bergantung pada pola curah hujan yang tidak menentu, sehingga tanaman rentan terhadap stres air. Selain itu, daerah-daerah ini seringkali mengalami kesuburan tanah yang buruk, yang ditandai dengan rendahnya bahan organik, keasaman tinggi, dan ketidakseimbangan unsur hara (Rupa Matheus, 2020). Dalam lingkungan seperti itu, ketersediaan unsur hara khususnya nitrogen, fosfor, dan kalium seringkali menjadi kendala utama yang menghambat padi lahan kering mencapai potensi hasil genetiknya.

Potensi luas lahan kering di Indonesia diperkirakan mencapai 11,36 juta ha yang tersebar di berbagai propinsi berupa tegalan/kebun dan ladang/huma. Lahan kering merupakan suatu bentuk ekosistem yang tidak pernah tergenang atau digenangi air sepanjang tahun (Meirizal & Ichsan, 2017). Hal ini menjadi tantangan tersendiri dalam mengembangkan praktek budidaya pertanian padi gogo. Hasil produksi padi gogo yang rendah dan pemupukan yang sering kali tidak efektif menjadi masalah utama di lahan kering. Pemupukan dapat menjadi salah satu strategi pengelolaan yang paling efektif untuk mengatasi kekurangan unsur hara tanah dan meningkatkan kinerja tanaman. Namun, pemberian pupuk pada lahan kering lebih kompleks dibandingkan pada sistem lahan basah (Putra et al., 2024). Faktor-faktor seperti pencucian unsur hara, penguapan, dan penurunan kelarutan unsur hara akibat rendahnya kelembaban tanah dapat secara signifikan memengaruhi efisiensi penggunaan pupuk (FUE) (O et al., 2023). Oleh karena itu, mengidentifikasi kombinasi dan dosis pupuk yang tepat sangat penting untuk memastikan tanaman padi menerima nutrisi yang cukup sepanjang tahap pertumbuhannya tanpa menyebabkan degradasi lingkungan atau pemborosan ekonomi.

Meskipun manfaat umum pemupukan untuk tanaman serealia telah banyak diteliti, namun respons spesifik varietas padi lahan kering terhadap beragam rezim nutrisi di bawah kondisi lahan kering tetap sangat tidak konsisten di berbagai jenis tanah dan iklim mikro (Habib et al., 2024). Tidak seperti sistem irigasi di mana air bertindak sebagai pelarut yang konsisten untuk transportasi nutrisi, lingkungan lahan kering rentan terhadap tingkat kelembaban yang tidak menentu yang secara langsung menentukan ketersediaan hara yang dibutuhkan (Vilakazi et al., 2022). Pada tanah tropis yang sangat lapuk, seperti Oxisol atau Ultisol, fiksasi fosfor dan pelindian nitrogen yang cepat seringkali mengurangi efektivitas pemupukan (Sileshi et al., 2022). Lebih lanjut, pengaruh genetik dari berbagai kultivar padi lahan kering membutuhkan dosis nutrisi yang efektif di satu zona agroekologi yang berbeda (Lyu, 2024). Kurangnya data respons ini menunjukkan kesenjangan pengetahuan yang memerlukan penelitian spesifik lokasi untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan pupuk dan memastikan kelayakan ekonomi produksi padi gogo di lahan marginal.

Potensi lahan kering di areal perkebunan dan perhutani sangat besar untuk perluasan usaha produksi tanaman pangan. Tetapi penanaman di bawah tegakan mempunyai hambatan yaitu rendahnya tingkat intensitas cahaya yang sampai ke tanaman di bawahnya karena ternaungi (Hamdani & Susanto, 2020). Lahan kering di sektor perkebunan dan kehutanan Indonesia masih cukup luas dan sebagian besar belum dimanfaatkan untuk perluasan produksi tanaman pangan seperti padi gogo (Arista et al., 2023). Mengintegrasikan padi gogo di lahan kering atau dikenal sebagai agrisilvikultur dapat secara signifikan meningkatkan ketahanan pangan. Namun, kendala biofisik utama dalam sistem tumpang sari ini adalah pengurangan signifikan radiasi fotosintetik aktif (PAR) yang mencapai lapisan bawah. Kanopi di atas menciptakan lingkungan dengan cahaya redup di mana intensitas naungan dapat berfluktuasi berdasarkan umur pohon, jarak tanam, dan indeks luas daun. Defisit energi cahaya ini sering memicu

respons fisiologis yang merugikan pada padi, seperti pemanjangan batang (etiologi), pengurangan anakan, dan penurunan akumulasi karbohidrat, yang pada akhirnya mengakibatkan penurunan hasil panen (Kumar et al., 2024). Indonesia sebagai negara utama penghasil produk kelapa sawit memiliki luasan lahan kelapa sawit yang berpotensi dimanfaatkan untuk meningkatkan produksi padi gogo.

Kabupaten Muaro Jambi merupakan kabupaten yang paling banyak mengusahakan Perkebunan kelapa sawit dengan jumlah pohon sawit terbanyak di Provinsi Jambi yaitu 15,3 juta pohon (BPS Jambi, 2024). Di Kabupaten Muaro Jambi, Provinsi Jambi, sebagian besar lahan pertanian berada di sekitar perkebunan kelapa sawit, termasuk lahan kering yang berpotensi dimanfaatkan untuk budidaya padi gogo (Jumakir et al., 2021). Pada tahap Tanaman Belum Menghasilkan (TBM) kelapa sawit, belum menghasilkan tandan buah segar (TBS) dan masih dalam tahap pertumbuhan, dapat dilakukan penanaman sela (Dissanayake & Palihakkara, 2019). Tumpang sari padi lahan kering dengan kelapa sawit dapat secara signifikan meningkatkan efisiensi penggunaan lahan, kesuburan tanah, keanekaragaman hayati, dan pengelolaan hama sekaligus berkontribusi pada penyerapan karbon dan ketahanan iklim (Judijanto, 2025). Pemberian 45, 90, dan 135 kg N/ha nyata meningkatkan pertumbuhan dan hasil padi gogo varietas Situ Bagendit, Situ Patenggang, dan Batutege di dataran sedang. Pemupukan dengan dosis 90 kg N/ha + 36 kg P/ha + 60 kg K O/ha 2 5 2 nyata meningkatkan hasil padi gogo varietas Cirata, Way Rarem, dan Jatiluhur hingga 91% dari 2,89 t/ha menjadi 5,52 t/ha yang ditanam secara monokultur dilahan kering. Takaran pupuk yang optimal untuk padi gogo adalah 90 kg N/ha atau setara 200 kg Urea/ha. Pemberian pupuk N yang tinggi akan meningkatkan serangan penyakit blas sehingga hasil padi gogo akan menurun (Sahuri et al., 2019). Penggunaan pupuk hayati untuk meningkatkan produksi padi gogo telah banyak diteliti karena pengaruhnya dalam mendukung ketersediaan dan daur hara dalam tanah (Cavite et al., 2021; Hapsah et al., 2021; Harahap et al., 2023). Penerapan teknologi pupuk hayati yang terdiri dari mikrob fungsional berpotensi untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan produktivitas padi gogo di Indonesia.

Penggunaan varietas padi gogo yang tepat dan juga aplikasi dosis pemupukan yang optimal disertai penggunaan pupuk hayati diharapkan akan mencapai hasil padi gogo yang maksimal. Studi ini bertujuan untuk mengevaluasi respons pertumbuhan dan hasil panen beberapa jenis varietas padi gogo sebagai tanaman sela di lahan kering terhadap berbagai perlakuan pemupukan kimia disertai pupuk hayati. Dengan menganalisis parameter seperti tinggi tanaman, jumlah anakan, dan kepadatan malai, penelitian ini berupaya mengidentifikasi strategi pemupukan yang paling efektif untuk meningkatkan produktivitas padi lahan kering, sehingga berkontribusi pada praktik pertanian yang lebih tangguh dan berkelanjutan.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Tempat dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kabupaten Muaro Jambi, Propinsi Jambi Penelitian dilaksanakan mulai bulan April sampai dengan Desember 2025. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah varietas padi gogo (Inpago Agritan dan Kukubalam), sedangkan faktor kedua adalah empat taraf pemupukan: 100% pupuk kimia, serta kombinasi pupuk hayati dengan 25%, 50%, dan 75% dosis pupuk kimia. Data dianalisis menggunakan uji F dan DMRT taraf 5% dengan bantuan Microsoft Excel.

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu varietas benih padi gogo, pupuk NPK, pupuk Urea, pupuk hayati, pestisida, jaring padi, jaring serangga, yellow papper trap. Alat yang digunakan antara lain hand traktor, cangkul, meteran, ajir, kantong plastik, kertas label, bagan warna daun, alat tulis.

Karakteristik tanah disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis tanah sebelum perlakuan

pH		C- organik	N- Total	C/N Ratio	P ₂ O ₅ Tersedia	P ₂ O ₅ Potensial	K ₂ O Potensial	Kation Dapat Ditukar			
H ₂ O	N KCL							K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
-	-	%	%	-	mg/Kg	mg/100g	mg/100g	cmol(+)/Kg			
5,2	4,2	0,72	0,06	12	9,38	3,79	2,77	0,04	<0,035	<0,499	0,21

Kapasitas Tukar Kation	Kejenuhan Basa	Kemasaman Dapat Ditukar		Tekstur 3 Fraksi		
		Al ³⁺	H ⁺	Pasir	Debu	Klei
cmol(+)/Kg	%	cmol(+)/Kg		%		
1,21	22	0,53	1,39	63,7	10,9	25,4

Sumber: analisis laboratorium

2.2. Rancangan Percobaan

Penelitian dilakukan dengan metode percobaan rancangan acak kelompok (RAK) faktorial dengan 3 ulangan. Faktor pertama varietas padi gogo, dengan 2 taraf perlakuan yaitu Varietas Inpago Agritan (V1); Varietas Lokal (Kukubalam) (V2). Faktor kedua adalah pupuk dengan 5 taraf perlakuan, yaitu Pupuk kimia (sesuai dosis anjuran 100%): NPK 200 kg/ha + Urea 50 kg/ha (P1); Pupuk hayati + 25 % pupuk kimia: NPK 50 kg/ha + Urea 12,5 kg/ha (P2); Pupuk hayati + 50 % pupuk kimia: NPK 100 kg/ha + Urea 25 kg/ha (P3); dan Pupuk hayati + 75 % pupuk kimia: NPK 150 kg/ha + Urea 37,5 kg/ha (P4). Jumlah kombinasi perlakuan 8 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga terdapat 24 kombinasi perlakuan (Tabel 2.).

Tabel 2. Kombinasi Perlakuan Varietas Padi Gogo dan Dosis dan Jenis Pupuk

Perlakuan	V1	V2
P1	P1V1	P1V2
P2	P2V1	P2V2
P3	P3V1	P3V2
P4	P4V1	P4V2

Pengamatan karakter agronomik dilakukan terhadap sepuluh rumpun tanaman contoh tiap petak percobaan. Karakter pengamatan meliputi Tinggi tanaman (cm), jumlah anakan, jumlah anakan produktif per rumpun, jumlah malai per rumpun, insidensi serangan OPT, presentase serangan, kelimpahan spesies serangga, umur panen, bobot 1000 butir gabah isi, hasil gabah ubinan, kondisi tanah (pH, kadar N, P, dan K) sebelum dan sesudah tanam, tingkat hijau daun.

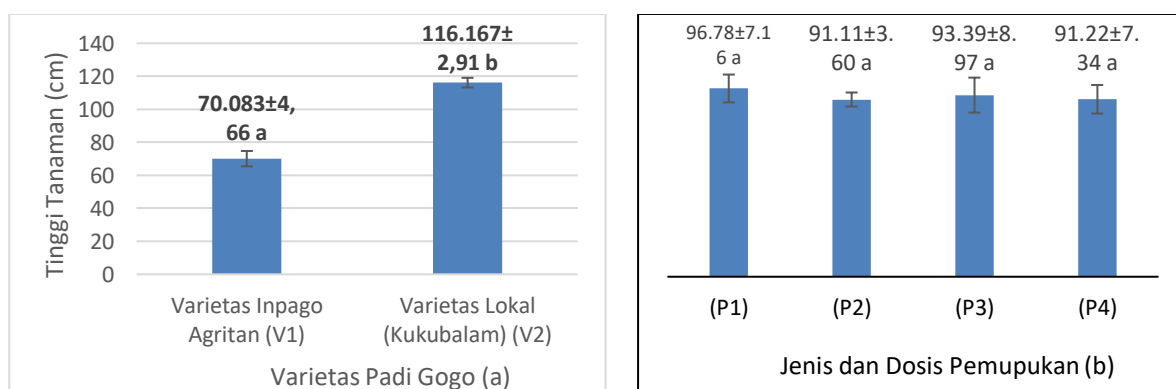
2.3. Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis dengan Uji F dan apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf nyata 5%. Data dianalisis menggunakan program Excell.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Tinggi Tanaman

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap tinggi tanaman pada 12 Minggu Setelah Tanam (MST). Meskipun menunjukkan hasil yang berpengaruh nyata, namun penelitian menunjukkan tidak terdapat interaksi antara jenis varietas padi gogo dengan variasi pemupukan terhadap tinggi tanaman. Selain itu, hanya varietas saja yang memberikan dampak signifikan terhadap tinggi tanaman. Hal ini mengindikasikan bahwa tinggi tanaman lebih dipengaruhi oleh potens genetis masing-masing varietas dibandingkan respons terhadap jenis dan dosis pemupukan yang diberikan.



Gambar 1. Efek mandiri varietas padi gogo terhadap tinggi tanaman (a); dan efek mandiri jenis serta dosis pemupukan terhadap tinggi tanaman (b) pada 12 MST.

Varietas Lokal Kukubalam menunjukkan tanaman yang lebih tinggi daripada Varietas Inpago Agritan. Hal ini menunjukkan bahwa setiap varietas memiliki susunan genetik unik yang mengontrol sifat pertumbuhan seperti pemanjangan batang, panjang ruas, dan arsitektur tanaman secara keseluruhan. Varietas lokal Kukubalam mungkin membawa varian gen yang mendorong ruas batang yang lebih panjang atau laju pertumbuhan yang lebih tinggi, sedangkan Inpago Agritan mungkin membawa alel yang membatasi tinggi batang misalnya, gen semi-kerdil yang sering digunakan untuk mengurangi tanaman untuk rebah dan meningkatkan indeks panen. Selain itu hormon seperti gibberellin yang mungkin tersedia dari pupuk hayati sangat memengaruhi pemanjangan batang. Perbedaan ekspresi atau sensitivitas terhadap hormon-hormon ini dapat membuat satu varietas menjadi lebih tinggi dari varietas yang lainnya (Castro-camba & Conchi, 2022).

Varietas modern seperti Inpago Agritan sering dibiakkan karena selain keragaan yang lebih pendek dan indeks panen lebih tinggi, namun juga respon terhadap pemupukan yang tinggi. Sebaliknya, varietas lokal seperti Kukubalam diduga mempunyai daya adaptasi dan ketahanan yang lebih baik. Sehingga meskipun genetika dapat menjadi faktor utama, namun gen juga diekspresikan oleh pengaruh lingkungan yang menjadikan penyerapan nutrisi lebih baik (Napier et al., 2023). Kukubalam diduga lebih baik dalam memperoleh nutrisi, sehingga mungkin tumbuh lebih tinggi. Selain itu, penyerapan cahaya juga dapat mempengaruhi beberapa genotipe yang dapat memanjang lebih tinggi di bawah naungan (Kamarani et al., 2022). Sifat akar yang lebih baik dari varietas Kukubalam dapat mendukung tunas tumbuh lebih tinggi. Namun, karena kedua varietas diuji di bawah lingkungan dan pengelolaan yang sama, maka pengaruh lingkungan ini menjadi kurang diperhitungkan jika dibandingkan dengan sifat-sifat yang muncul karena genetika.

Hasil penelitian pada Gambar 1 (b) menyajikan tinggi tanaman rata-rata akibat perlakuan jenis dan dosis pupuk (P1–P4). Meskipun secara rata-rata perlakuan dosis rekomendasi (P1) menunjukkan tinggi tanaman tertinggi, namun hasil uji statistik menunjukkan bahwa perlakuan pupuk yang berbeda tidak secara signifikan memengaruhi tinggi tanaman. Pada perlakuan P2, P3, dan P4, pupuk kimia dikurangi dengan menambahkan pupuk hayati. Pupuk hayati kemungkinan mengimbangi berkurangnya

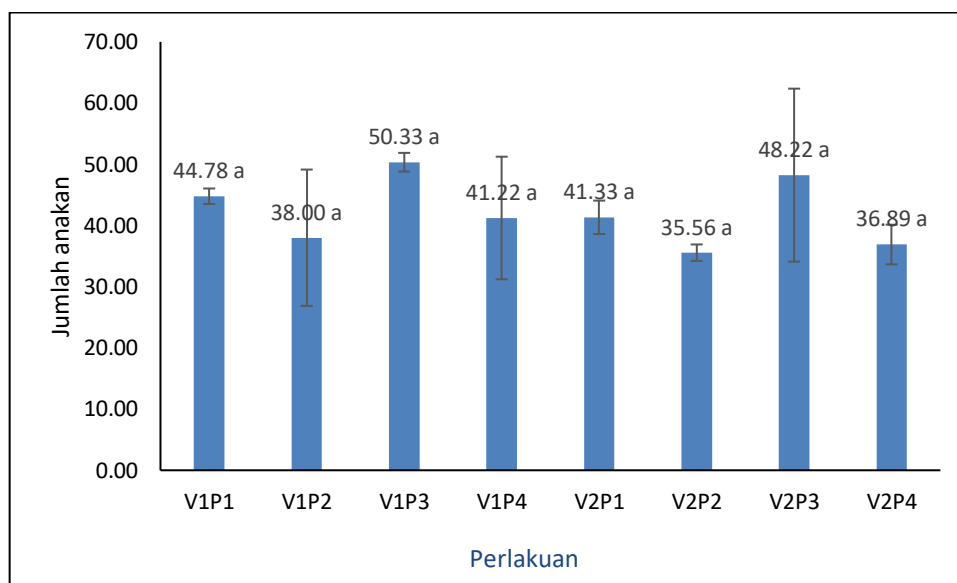
NPK kimia dengan memfiksasi nitrogen atmosfer, melarutkan fosfor tanah, dan juga merangsang pertumbuhan melalui hormon IAA. Jika tinggi tanaman pada P2 (25% kimia + Bio) tidak signifikan dengan P1 (100% kimia), ini membuktikan bahwa pupuk hayati secara efektif menjembatani kekurangan nutrisi sebesar 75%, memungkinkan tanaman mencapai potensi tinggi genetik maksimumnya bahkan dengan input sintetis yang lebih rendah. Kesamaan tinggi tanaman di antara perlakuan ini sebenarnya merupakan hasil yang positif. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan pupuk hayati dapat memasok kebutuhan nutrisi tanaman dengan mengurangi pupuk kimia sebesar 50% hingga 75% (seperti yang terlihat pada P3 dan P2) tanpa mengurangi tinggi tanaman. Ini menegaskan bahwa tinggi tanaman adalah sifat stabil yang terutama diatur oleh DNA varietas tersebut (Tanaka et al., 2023).

Varietas lokal Kukubalam kemungkinan mencapai ketinggian maksimumnya bahkan pada tingkat pemupukan terendah (P2). Penambahan pupuk (dari P2 ke P1 atau P4) tidak membuat tanaman menjadi lebih tinggi karena tanaman tersebut telah mencapai batas fisiknya. Alih-alih tumbuh "ke atas," tanaman padi kemungkinan besar menggunakan nutrisi tambahan untuk menyimpannya di daun atau mengalokasikannya untuk hasil panen pada biji-bijian daripada untuk tinggi tanaman (Weng et al., 2025). Pupuk hayati menghasilkan IAA (Asam Indole-3-Asetat), yang mendorong pemanjangan akar. Akar yang lebih baik memungkinkan tanaman pada perlakuan dengan kandungan kimia yang lebih rendah (P2 atau P3) untuk menjelajahi lebih banyak volume tanah. Ini menjelaskan mengapa P2 dapat menghasilkan tinggi yang sama dengan P1; tanaman menjadi lebih efisien dalam "mengambil" nutrisi tanah yang ada akibat peningkatan ketersediaan hara oleh pupuk hayati, sehingga dosis tinggi pada P1 menjadi tidak diperlukan untuk pertumbuhan vertikal.

3.2. Jumlah Anakan

Hasil analisis statistik menunjukkan tidak ada perbedaan signifikan baik antar varietas maupun antar perlakuan pemupukan (Gambar 2). Meskipun secara statistik dianggap sama, namun secara angka rata-rata terdapat fluktuasi jumlah anakan. Hasil ini menunjukkan bahwa varietas padi memiliki kapasitas anakan yang lebih beragam. Angka tertinggi jumlah anakan dicapai oleh kombinasi V1P3 (50,33 anakan). Sedangkan angka terendah pada kombinasi V2P2 (35,56 anakan). Secara tren, varietas V1 dengan perlakuan P3 cenderung memberikan rerata anakan tertinggi, yang memperkuat potensi sinergi antara genetik varietas lokal dengan efisiensi pemupukan moderat plus pupuk hayati. Kurangnya respons yang signifikan terhadap pemupukan pada jumlah anakan tersebut menunjukkan bahwa pada 12 MST, tanaman mungkin telah melewati puncak respons vegetatifnya atau dibatasi oleh faktor lingkungan lain dalam sistem lahan kering dan naungan (Cui et al., 2023). Hasil ini relative sering terjadi pada padi gogo karena tanaman lebih sering mementingkan alokasi nutrisi hara untuk perkembangan malai dan pengisian gabah (fase generative) daripada sekedar untuk biomasa vegetative setelah melewati fase kritis pertumbuhan awal (Ren et al., 2023). Hal ini memperkuat pendapat di awal bahwa sifat morfologi ini sangat heritabel dan sulit dimodifikasi hanya melalui manajemen pemupukan dalam jangka waktu satu musim tanam.

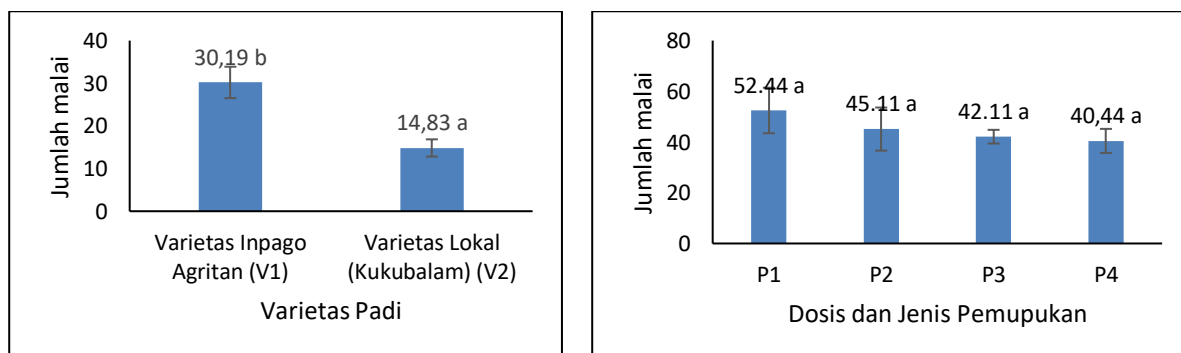
Secara statistik, pupuk hayati yang dikombinasikan dengan perlakuan pengurangan dosis pupuk kimia (P2, P3, P4) memberikan hasil jumlah anakan yang sama dengan dosis pupuk kimia penuh (P1). Pupuk hayati berhasil menggantikan unsur hara dari pengurangan pupuk kimia hingga 75% (pada P2), sehingga tanaman dapat membantuk anakan dalam jumlah yang relative sama dengan pemberian pupuk kimia 100%. Tanaman padi gogo pada kondisi lahan kering di Muaro Jambi mungkin sudah mencapai kapasitas maksimal pembentukan anakan pada level pemupukan kimia terendah dalam penelitian ini (P2). Pada lahan kering Muaro Jambi, serapan hara seringkali dibatasi oleh kelembapan tanah, sehingga pemberian dosis yang lebih tinggi (P1 atau P4) tidak secara otomatis meningkatkan jumlah anakan. Pupuk hayati yang digunakan mampu meningkatkan jumlah anakan karena ketersediaan hara esensial meningkat, memproduksi fitohormon terutama sitokonin, serta memperbaiki pertumbuhan dan fungsi akar (Shahwar et al., 2023). Kombinasi mekanisme ini mendorong pembelahan sel dan pertumbuhan tunas lateral, sehingga jumlah anakan dapat setara dengan pemberian pupuk kimia.



Gambar 2. Jumlah anakan akibat perlakuan pupuk kimia dan pupuk hayati

3.3 Jumlah Malai

Faktor varietas merupakan faktor yang paling menentukan jumlah malai dalam penelitian ini (Gambar 3a). Hal ini menunjukkan adanya perbedaan potensi genetik yang sangat kontras antara varietas Inpago Agritan (V1) dan varietas lokal Kukubalam (V2) dalam menghasilkan malai. Secara statistik, perbedaan dosis pupuk yang dikombinasikan dengan pupuk hayati tidak mengubah jumlah malai secara signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa aplikasi pupuk hayati dengan pengurangan dosis kimia hingga 75% (P2) mampu menghasilkan jumlah malai yang setara dengan dosis kimia penuh (P1). Nutrisi yang disediakan oleh perlakuan dosis rendah namun disertai pupuk hayati sudah cukup bagi tanaman untuk mencapai kapasitas produksi malai maksimalnya. Tidak ditemukan hubungan timbal balik antara jenis varietas dengan dosis pemupukan terhadap jumlah malai. Ini berarti kedua varietas memberikan pola respon yang sama terhadap semua level pemupukan yang diuji. Meskipun demikian kombinasi pupuk kimia dan pupuk hayati tetap memberikan respon positif karena jumlah malai dapat setara dengan pemberian pupuk kimia (rekomendasi 100%).



Gambar 3. Pengaruh varietas padi gogo (3a) dan kombinasi pemupukan (3b) terhadap jumlah malai.

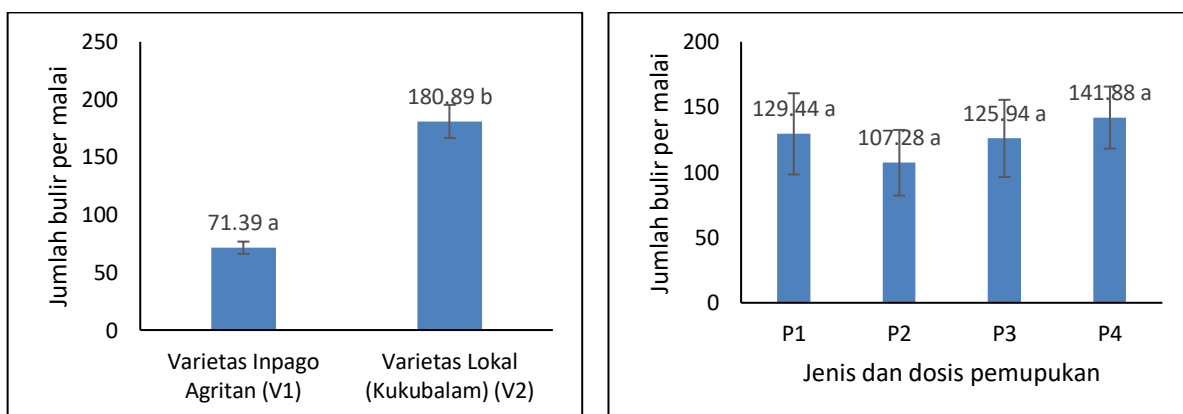
Ket: Huruf yang sama dalam grafik memiliki nilai rata-rata yang tidak berbeda secara signifikan.

Efektivitas pupuk hayati terlihat dari kemampuan tanaman mempertahankan jumlah malai meskipun dosis pupuk anorganik dikurangi secara signifikan, yang memperkuat potensi integrasi biofertilizer dalam sistem budidaya padi gogo berkelanjutan. Jumlah malai merupakan salah satu komponen hasil yang memiliki heritabilitas tinggi (Gunasekaran et al., 2023). Perbedaan signifikan ini

terjadi karena varietas lokal (Kukubalam) dan varietas unggul (Inpago Agritan) memiliki potensi genetik yang berbeda dalam mengonversi anakan vegetatif menjadi anakan produktif (malai). Varietas unggul seperti Inpago biasanya dirakit untuk memiliki harvest index yang lebih tinggi, sehingga efisiensi pembentukan malainya berbeda dibandingkan varietas lokal yang lebih mengutamakan biomassa. Jumlah malai sangat sensitive terhadap cekaman lingkungan pada fase bunting (Li et al., 2021). Di lahan kering Muaro Jambi, fluktuasi kelembapan tanah selama fase generative dapat menyebabkan variasi jumlah malai antar ulangan, meskipun nutrisi yang diberikan sama. Naungan juga diduga dapat menjadi factor yang mempengaruhi kelembapan tanah (Carvalho et al., 2021). Hasil ini konsisten dengan parameter yang lainnya, dimana pupuk hayati mampu memberikan pengaruh positif terhadap jumlah malai. Pupuk hayati berpengaruh positif terhadap jumlah malai, karena pupuk hayati yang digunakan terbukti tidak hanya meningkatkan fase vegetative (anakan), tetapi juga menentukan berapa banyak anakan yang menjadi peroduktif. Pupuk hayati menjaga ketersediaan hara terutama nitrogen untuk pembentukan primordia malai (Li et al., 2023), fosfor untuk diferensiasi dan pembentukan malai, dan kalium untuk penguatan batang dan transport fotosintat (Jiaying et al., 2022).

3.4. Jumlah Bulir per Malai

Hasil analisis menunjukkan bahwa faktor Varietas (V) memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap jumlah bulir per malai. Hasil ini menunjukkan adanya perbedaan potensi genetik yang sangat kontras antara kedua varietas yang diuji. Varietas tertentu secara genetik memiliki malai yang lebih panjang atau kerapatan bulir yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah bulir yang terbentuk lebih dipengaruhi oleh kapasitas genetic tanaman daripada asupan nutrisi tambahan dari perlakuan pemupukan (Wang et al., 2008).



Gambar 4. Pengaruh varietas dan jenis dan dosis pemupukan terhadap jumlah bulir per malai

Hal ini mengindikasikan bahwa jumlah bulir yang terbentuk lebih dipengaruhi oleh kapasitas genetic tanaman daripada asupan nutrisi tambahan dari perlakuan pupuk. Ini juga menegaskan bahwa level pemupukan terendah yang diberikan (P2: 25% kimia + pupuk hayati) sudah cukup untuk memenuhi kebutuhan dasar tanaman dalam pembentukan bulir, sehingga penambahan dosis kimia yang lebih tinggi (P4 atau P1) tidak lagi meningkatkan jumlah bulir secara signifikan. Fenomena ini terjadi diduga karena peningkatan volume perakaran akibat stimulasi mikrob memungkinkan tanaman menyerap nutrisi lebih efisien pada fase kritis primordia malai. Mikrob mampu menstimulasi perakaran tanaman melalui skresi hormon dan produk metabolit hasil metabolisme yang dilakukan di dalam tanah (Canarini, 2019). Berbeda dengan pupuk kimia yang cepat hilang akibat pencucian di lahan kering, pupuk hayati menyediakan hara secara lebih konsisten selama masa pertumbuhan (Schütz et al., 2018). Data yang disajikan dari gambar 4. menunjukkan bahwa nutrisi yang disediakan oleh pupuk hayati sudah cukup untuk memenuhi ambang batas kebutuhan genetic tanaman dalam pembentukan bulir. Hal ini berarti selama kebutuhan nutrisi dasar terpenuhi (baik melalui 100% kimia maupun kombinasi kimia + hayati), jumlah bulir akan kembali pada potensi bawaan varietas tersebut. Pupuk hayati memastikan kondisi

nutrisi cukup untuk mencapai tujuan tersebut dengan input kimia yang lebih rendah. Secara ilmiah, hal ini terjadi karena peningkatan kesehatan rhizosfer dan ketersediaan hara biologis yang menggantikan peran hara sintetis, sehingga efisiensi pemupukan menjadi lebih optimal dan ramah lingkungan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa optimasi pemupukan pada budidaya padi gogo di lahan kering dipengaruhi secara signifikan oleh faktor genetik varietas dan efisiensi asupan hara melalui penggunaan pupuk hayati. Faktor varietas memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap karakter morfologi tanaman, di mana varietas lokal Kukubalam secara konsisten menunjukkan postur tanaman yang lebih tinggi dan jumlah bulir per malai yang lebih banyak dibandingkan dengan Inpago Agritan, yang membuktikan bahwa sifat-sifat tersebut sangat dikendalikan oleh potensi genetik masing-masing kultivar. Sementara itu, aplikasi pupuk hayati yang mengandung mikroba fungsional terbukti mampu menjadi solusi strategis dalam mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia hingga 50% sampai dengan 75% tanpa menurunkan performa pertumbuhan vegetatif maupun komponen hasil tanaman. Hal ini ditunjukkan dengan hasil jumlah anakan, jumlah malai, dan jumlah bulir pada perlakuan pupuk hayati dengan dosis hara anorganik rendah (P2 dan P3) yang tetap setara dengan aplikasi dosis pupuk kimia penuh (P1). Secara keseluruhan, integrasi pupuk hayati dalam manajemen nutrisi tidak hanya menjaga stabilitas hasil melalui peningkatan efisiensi serapan hara di rizosfer, tetapi juga menawarkan pendekatan budidaya padi gogo yang lebih ekonomis dan berkelanjutan di ekosistem lahan kering.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, J., Hasan, A. ul, Naqvi, T., & Mubeen, T. (2019). A Review on Software Testing and Its Methodology. *Manager's Journal on Software Engineering*, 13(1), 32–38. <https://doi.org/10.26634/jse.13.3.15515>
- Aljawarneh, S., Aldwairi, M., & Yassein, M. B. (2018). Anomaly-based intrusion detection system through feature selection analysis and building hybrid efficient model. *Journal of Computational Science*, 25(1), 152–160. <https://doi.org/10.1016/j.jocs.2017.03.006>
- Arista, N. I. D., Alifia, A. D., Mubarak, H., Arta, I. M. S. D., Rizva, D. N., & Wicaksono, A. I. (2023). Availability and potential for expansion of agricultural land in Indonesia. *Journal Sustainability, Society and Eco- Welfare*, 1(1), 1–16.
- Badan Pusat Statistik. (2024). Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2024 (Angka Sementara). *Berita Resmi Statistik*, 2024(74), 1–14.
- Canarini, A. (2019). Root Exudation of Primary Metabolites : Mechanisms and Their Roles in Plant Responses to Environmental Stimuli. *Frontier in Plant Science*, 10(February). <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00157>
- Carvalho, F. De, Carvalho, L. De, Irene, G., Cardoso, M., & Braganca, R. (2021). Microclimate and soil and water loss in shaded and unshaded agroforestry coffee systems. *Agroforest Syst* (2021), 6, 119–134. <https://doi.org/10.1007/s10457-020-00567-6>
- Castro-camba, R., & Conchi, S. (2022). Plant Development and Crop Yield : The Role of Gibberellins. *Plants*, 11(2650).
- Cavite, H. J. M., Mactal, A. G., Evangelista, E. V., & Cruz, J. A. (2021). Growth and Yield Response of Upland Rice to Application of Plant Growth - Promoting Rhizobacteria. *Journal of Plant Growth Regulation*, 40(2), 494–508. <https://doi.org/10.1007/s00344-020-10114-3>
- Cui, Y., Zhu, M., Song, J., Fan, H., Xu, X., Wu, J., Guo, L., & Wang, J. (2023). Expression dynamics of phytochrome genes for the shade-avoidance response in densely direct-seeding rice. *Frontier in Plants Science*, January, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1105882>
- Dissanayake, S. M., & Palihakkara, I. R. (2019). A Review on Possibilities of Intercropping with Immature Oil Palm. *International Journal for Research in Applied Sciences and Biotechnology*, 6(6), 23–27.
- Gunasekaran, A., Seshadri, G., Ramasamy, S., Muthurajan, R., & Karuppasamy, K. S. (2023). Identification of Newer Stable Genetic Sources for High Grain Number per Panicle and

- Understanding the Gene Action for. *Plants*, 12(250), 18.
- Guo, Y., Han, S., Li, Y., Zhang, C., & Bai, Y. (2018). K-Nearest Neighbor combined with guided filter for hyperspectral image classification. *International Conference On Identification, Information and Knowledge in the Internet of Things*, 159–165.
- Habib, M. A., Azam, M. G., Haque, M. A., Hassan, L., Khatun, M. S., Nayak, S., Abdullah, H. M., Ullah, R., Ali, E. A., Hossain, N., Ercisli, S., & Sarker, U. (2024). Climate-smart rice (*Oryza sativa* L.) genotypes identification using stability analysis, multi-trait selection index, and genotype-environment interaction at different irrigation regimes with adaptation to universal warming. *Scientific Reports*, 14(13836). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64808-9>
- Hamdani, K. K., & Susanto, H. (2020). Pengembangan Varietas Naungan untuk Mendukung Peningkatan Produktivitas Tanaman Pangan. *Jurnal Planta Simbiosis*, 2(1), 22–36.
- Handoko, D. (2016). Sistem Pendukung Keputusan Seleksi Penentuan Penerima Beasiswa Dengan Metode Simple Additive Weighting (SAW). In *Program Studi Teknik Informatika* (Vol. 5, Issue 2). Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hapsah, Wawan, Dini, I. R., & Andriani, D. (2021). Biofertilizer Formulation with Bioactivators *Bacillus cereus* on the Growth and Yield of Upland Rice (*Oryza sativa* L.) in Peat Medium. 9(3), 239–245.
- Harahap, R. T., Azizah, I. R., Setiawati, M. R., Herdiantoro, D., & Simarmata, T. (2023). Enhancing Upland Rice Growth and Yield with Indigenous Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) Isolate at. *Agriculture*, 13(1987), 1–21.
- Jambi, B. P. (2024). *Potensi Pertanian Provinsi Jambi Peta baru Pertanian Berkelanjutan di Indonesia*. BPS Provinsi Jambi.
- Jiaying, M. A., Tingting, C. H. E. N., Jie, L. I. N., Weimeng, F. U., Baohua, F. E. N. G., Guangyan, L. I., & Hubo, L. I. (2022). Functions of Nitrogen , Phosphorus and Potassium in Energy Status and Their Influences on Rice Growth and Development. *Rice Science*, 29(April 2021).
- Judijanto, L. (2025). The Effectiveness of Intercropping Upland Rice in Oil Palm Plantation : A Review on Prospects and Challenges. *Letters in Economic Research Updates*, 1(1), 1–8.
- Jumakir, Bobihoe, J., Waluyo, & Endrizal. (2021). Upland rice productivity and farming feasibility between the palm oil plant in dry land on Jambi Province. *ICoARD 2020 Web of Conferences*, 01015.
- Kamarani, Satriawan, H., Nazirah, L., & Ernawita. (2022). The Growth and Production of Several Upland Rice Varieties Under Shaded Conditions The Growth and Production of Several Upland Rice Varieties Under Shaded Conditions. *2nd International Conference on Agriculture and Applied Science (ICoAAS 2021) IOP*, 0–6. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1012/1/012066>
- Kumar, B. M., Kunhamu, T. K., Bhardwaj, A., & Santhoshkumar, A. V. (2024). Subcanopy light availability , crop yields , and managerial implications : a systematic review of the shaded cropping systems in the tropics. *Agroforestry Systems*, 98(8), 2785–2810. <https://doi.org/10.1007/s10457-024-00957-0>
- Kurniawan, Y. I., Rahmawati, A., Chasanah, N., & Hanifa, A. (2019). Application for determining the modality preference of student learning. *Journal of Physics: Conference Series*, 1367(1), 1–11. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1367/1/012011>
- Kurniawan, Y. I., Soviana, E., & Yuliana, I. (2018). Merging Pearson Correlation and TAN-ELR algorithm in recommender system. *AIP Conference Proceedings*, 1977. <https://doi.org/10.1063/1.5042998>
- Li, Y., Ai, Z., Mu, Y., & Zhao, T. (2023). Rice yield penalty and quality deterioration is associated with failure of nitrogen uptake from regreening to panicle initiation stage under salinity. *Frontiers in Plant Science*, March, 1–18. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1120755>
- Li, Y., Zhou, Q., He, M., Xu, H., Li, G., Ding, Y., Paul, M., & Liu, Z. (2021). Dissection of environmental and physiological effects on the temperature difference between superior and inferior spikelets within a rice panicle. *The Crop Journal*, 9, 1098–1107. <https://doi.org/10.1016/j.cj.2020.10.016>
- Low, C. (2015). *NSL-KDD Dataset*.

- Lyu, J. (2024). High Yield Strategies in Rice Cultivation : Agronomic Practices and Innovations. *Bioscience Evidence*, 14(6), 270–280. <https://doi.org/10.5376/be.2024.14.0028>
- Mei Adi, E. B., Mulyaningsih, E., Sukiman, H., Ermayanti, T., Lekatompessy, S., Indrayani, S., & Seri, A. (2015). Respon Padi Gogo terhadap Pupuk Hayati di Lahan Kering Kabupaten Konawe Selatan, Sulawesi Tenggara. *Jurnal Pengkajian Dan Pengembangan Teknologi Pertanian*, 18(3), 251–261.
- Meirizal, A., & Ichsan, C. N. (2017). Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Padi Pada Lahan Kering dengan Pemberian Bahan Organik. *Agrista*, 22(2), 78–84.
- Napier, J. D., Heckman, R. W., Juenger, T. E., & Biology, I. (2023). Gene-by-environment interactions in plants : Molecular mechanisms , environmental drivers , and adaptive plasticity. *THE PLANT CELL*, 109–124.
- O, O. N., Monicah, M., Njeri, M., Isaya, S., George, N., & Njiru, M. (2023). Heliyon Soil water use efficiency under integrated soil management practices in the drylands of Kenya. *Heliyon*, 9(5), e16145. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16145>
- Putra, R. E., Rayes, M. L., Kurniawan, S., Ustiatik, R., Tanah, D., Pertanian, F., Brawijaya, U., Veteran, J., Lowokwaru, K., Malang, K., & Timur, J. (2024). Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah serta Produksi Padi pada Lahan Kering yang Disawahkan. *Jurnal Agrikultura*, 35(1), 136–150.
- Ren, Z., Kopittke, P. M., & Zhao, F. (2023). Nutrient accumulation and transcriptome patterns during grain development in rice. *Journal of Experimental Botany*, 74(3), 909–930.
- Rupa Matheus. (2020). *Skenario pengelolaan sumber daya lahan kering: menuju pertanian berkelanjutan*. Deepublish.
- Sahuri, S., Nugraha, I. S., & Nurmansyah, N. (2019). Optimasi Pemupukan Padi Gogo Sebagai Tanaman Sela Tanaman Karet Belum Menghasilkan. *Warta Perkaratan*, 1(1), 23–34. <https://doi.org/10.22302/ppk.wp.v1i1.610>
- Schütz, L., Gatteringer, A., Meier, M., Müller, A., Boller, T., Mäder, P., Mathimaran, N., & Scotti, R. (2018). Improving Crop Yield and Nutrient Use Efficiency via Biofertilization — A Global Meta-analysis. *Frontier in Plants Science*, 8(January). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02204>
- Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., & Alqarawi, A. A. (2023). Heliyon Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity : A review. *Heliyon*, 9(6), e16134. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16134>
- Shams, E. A., & Rizaner, A. (2018). A novel support vector machine based intrusion detection system for mobile ad hoc networks. *Wireless Networks*, 24(5), 1821–1829. <https://doi.org/10.1007/s11276-016-1439-0>
- Sileshi, G. W., Kihara, J., Tamene, L., Vanlauwe, B., Phiri, E., & Jama, B. (2022). Unravelling causes of poor crop response to applied N and P fertilizers on African soils ‡. *Experimental Agriculture*, 58, 1–17. <https://doi.org/10.1017/S0014479721000247>
- Sridevi, M., Aishwarya, S., Nidheesha, A., & Bokadia, D. (n.d.). *Anomaly Detection by Using CFS Subset and Neural Network with WEKA Tools*. Springer Singapore. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-1747-7>
- Tanaka, W., Yamauchi, T., & Tsuda, K. (2023). Genetic basis controlling rice plant architecture and its modification for breeding. *Breeding Science*, 45, 3–45. <https://doi.org/10.1270/jsbbs.22088>
- Vilakazi, B. S., Zengeni, R., & Mafongoya, P. (2022). The Effects of Different Tillage Techniques and N Fertilizer Rates on Nitrogen and Phosphorus in Dry Land Agriculture. *Agronomy*, 3, 1–20. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64808-9>
- Wang, Z., Li, S., & Malhi, S. (2008). Effects of fertilization and other agronomic measures on nutritional quality of crops. *Journal of the Science Of Food and Agriculture*, 23(October 2005), 7–23. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3084>
- Weng, J., Huang, M., & Yang, Z. (2025). Field Crops Research A high yield potential ideotype for irrigated rice : Rice plant types with short culms and long , upright leaves. *Field Crops Research*, 322(December 2024), 109696. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2024.109696>

Halaman ini dikosongkan