

PENGATURAN JARAK TANAM DAN PEMUPUKAN UNTUK OPTIMALISASI PRODUKSI KACANG HIJAU (*Vigna radiata* L.)

INDIRA DWIPAYSA



**DEPARTEMEN AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI SKRIPSI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “Pengaturan Jarak Tanam dan Pemupukan untuk Optimalisasi Produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen 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.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Mei 2026

Indira Dwipaysa
A2401211185



ABSTRAK

INDIRA DWIPAYSA. Pengaturan Jarak Tanam dan Pemupukan untuk Optimalisasi Produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). Dibimbing oleh HENI PURNAMAWATI dan SITI MARWIYAH

Produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.) mengalami penurunan sehingga diperlukan teknik budidaya yang tepat, seperti pengaturan jarak tanam dan pemupukan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau. Penelitian ini berlangsung dari bulan September–Desember 2024. Penelitian menggunakan rancangan faktorial dengan dua faktor, yaitu jarak tanam dan dosis pupuk, serta dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA). Hasil menunjukkan bahwa jarak tanam, pemupukan, dan interaksinya tidak berpengaruh nyata terhadap sebagian besar karakter pertumbuhan dan hasil. Namun, perlakuan jarak tanam memberikan pengaruh nyata terhadap bobot basah polong per petak, bobot kering polong per petak, estimasi hasil biji per petak, dan estimasi produktivitas. Jarak tanam 40 cm × 20 cm menghasilkan produktivitas tertinggi sebesar 0,45 ton ha⁻¹. Pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau. Namun, berdasarkan nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE), dosis pupuk standar menunjukkan efektivitas agronomis yang baik. Oleh karena itu, jarak tanam 40 cm × 20 cm dan dosis pupuk standar direkomendasikan untuk diterapkan pada genotipe F8-VR10/V1-29.

Kata kunci: ketersediaan hara, kompetisi tanaman, produktivitas

ABSTRACT

INDIRA DWIPAYSA. Optimization of Plant Spacing and Fertilizer Application for Mung Bean (*Vigna radiata* L.) Production. Supervised by HENI PURNAMAWATI and SITI MARWIYAH

Mung bean (*Vigna radiata* L.) production has declined, requiring improved cultivation practices such as optimal plant spacing and fertilization. This study aimed to evaluate the effects of plant spacing and fertilization on the growth and yield of mung bean. The study was conducted from September 2024 to December 2024 using a factorial experimental design with two factors, plant spacing and fertilizer dosage, and data were analyzed using analysis of variance (ANOVA). The results showed that plant spacing, fertilization, and their interaction had no significant effect on most growth and yield parameters. However, planting spacing significantly affected fresh pod weight per plot, dry pod weight per plot, estimated seed yield per plot, and estimated productivity. The 40 cm × 20 cm planting spacing produced the highest productivity, reaching 0.45 t ha⁻¹. Fertilization had no significant effect on mung bean growth and yield. However, based on the Relative Agronomic Effectiveness (RAE) value, the standard fertilizer dosage demonstrated good agronomic effectiveness. Therefore, a planting spacing of 40 cm × 20 cm and the standard fertilizer dosage are recommended for the F8-VR10/V1-29 genotype.

Keyword: nutrient availability, plant competition, productivity



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.

**PENGATURAN JARAK TANAM DAN PEMUPUKAN UNTUK
OPTIMALISASI PRODUKSI KACANG HIJAU
(*Vigna radiata* L.)**

INDIRA DWIPAYSA

Skripsi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Pertanian pada
Program Studi Agronomi dan Hortikultura

**DEPARTEMEN AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tim Penguji pada Ujian Skripsi:

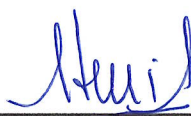
1. Dr. Maryati Sari, S.P., M.Si.

Judul Skripsi : Pengaturan Jarak Tanam dan Pemupukan untuk Optimalisasi
Produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.)

Nama : Indira Dwipaysa
NIM : A2401211185

Disetujui oleh

Pembimbing 1:
Dr. Ir. Heni Purnamawati, M.Sc.Agr.



Pembimbing 2:
Dr. Siti Marwiyah, S.P., M.Si.



Diketahui oleh

Ketua Departemen Agronomi dan Hortikultura:
Dr. Arya Widura Ritonga, S.P., M.Si.
198712262015041001



Tanggal Ujian:
28 Juli 2026

Tanggal Lulus: 10 AUG 2026



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga skripsi berjudul "Pengaturan Jarak Tanam dan Pemupukan untuk Optimalisasi Produksi Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.)" dapat diselesaikan sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari doa, dukungan, dan bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada almarhum ayah tercinta, Drs. Khairudin, atas kasih sayang, pengorbanan, didikan, dan nilai-nilai kehidupan yang menjadi bekal bagi penulis. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada ibu tercinta, Endang Windiarti, serta abang, Alifa Rizal Subhi, dan kakak, Yonika Permadani Al Mathor, atas doa, kasih sayang, semangat, dan dukungan yang selalu diberikan.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Arya Widura Ritonga, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing akademik, Ibu Dr. Ir. Heni Purnamawati, M.Sc.Agr. dan Ibu Dr. Siti Marwiyah, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing skripsi, Bapak Erik Mulyana, S.P., M.Si. selaku dosen moderator kolokium, Ibu Dr. Maryati Sari, S.P., M.Si. selaku dosen moderator seminar hasil dan juga dosen penguji skripsi atas bimbingan, arahan, serta masukan yang diberikan selama penelitian dan penyusunan skripsi ini.

Ucapan terima kasih juga penulis sampaikan kepada sahabat-sahabat tercinta yaitu Widya Oktaviani, Anjeli Elvari, Deslin Nurmagfirah Putri, Grysella Hutabarat, Gina Rahayu, Safirah Putri, Siti Nur Halizah, Khaylla Sabrina Maharani, Prasetyo Nur Dewantoro, Tri Hidayat, M. Anthony Rizwandi, M. Dhiya Ulhaq, M. Syafiq Adam, teman-teman Kelompok F, teman-teman Elettaria, teman-teman KTJ, serta seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas doa, bantuan, dukungan, kebersamaan, dan semangat yang diberikan selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi. Penulis bersyukur dipertemukan dengan orang-orang yang selalu mendukung, saling mengingatkan, dan bertumbuh bersama dalam setiap proses.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki keterbatasan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan, khususnya di bidang agronomi.

Bogor, Juli 2026

Indira Dwipayasa



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR ISI

PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xii
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Hipotesis	2
II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1 Tanaman Kacang Hijau	3
2.2 Produksi Kacang Hijau	3
2.3 Jarak Tanam	3
2.4 Pemupukan	4
2.5 Pupuk Urea	5
2.6 Pupuk SP-36	6
2.7 Pupuk KCl	6
III METODE	8
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	8
3.2 Alat dan Bahan	8
3.3 Rancangan Percobaan	8
3.4 Prosedur Percobaan	9
3.5 Pengamatan Percobaan	9
3.6 Analisis Data	10
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	11
4.1 Kondisi Umum Penelitian	11
4.2 Rekapitulasi Sidik Ragam	13
4.3 Karakter Pertumbuhan Vegetatif	14
4.4 Komponen Hasil	16
V SIMPULAN DAN SARAN	22
5.1 Simpulan	22
5.2 Saran	22
DAFTAR PUSTAKA	23
LAMPIRAN	29
RIWAYAT HIDUP	35



DAFTAR TABEL

1	Kondisi suhu, curah hujan, dan kelembapan pada lahan penelitian	11
2	Rekapitulasi sidik ragam pengaruh jarak tanam, pemupukan, dan interaksi terhadap komponen pertumbuhan dan hasil kacang hijau	14
3	Rata-rata pengaruh jarak tanam, pemupukan dan interaksi terhadap karakter vegetatif kacang hijau pada tanaman sampel	15
4	Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap komponen hasil kacang hijau pada tanaman sampel	17
5	Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap hasil per petak	20
6	Nilai <i>Relative Agronomic Effectiveness</i> (RAE)	21

DAFTAR LAMPIRAN

1	Denah penelitian	30
2	Benih kacang hijau genotipe F8 VR-10/V1-29	30
3	Hasil analisis tanah menggunakan PUTK	30
4	Dokumentasi tanaman kacang hijau pada berbagai fase pertumbuhan	31
5	Dokumentasi kondisi tanaman di lapang	31
6	Dokumentasi kondisi lahan akibat gangguan lingkungan	32
7	Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap jumlah polong per tanaman	32
8	Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap bobot basah polong per tanaman	33
9	Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap bobot kering polong per tanaman	33
10	Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap bobot biji kering per tanaman	34

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kacang hijau (*Vigna radiata* L.) adalah tanaman pangan yang kaya akan protein nabati. Tanaman ini memiliki banyak manfaat untuk kesehatan terutama bagi ibu hamil dan menyusui, serta baik untuk mendukung tumbuh kembang anak yang optimal. Kacang hijau mengandung 2,25 mg zat besi per setengah cangkir yang terkandung di embrio dan kulit biji kacang hijau (Helty 2008, Astawan 2009; Akbar 2015).

Keunggulan tanaman kacang hijau dibandingkan jenis kacang-kacangan lain terletak pada kemampuan toleransi terhadap kekeringan. Hal ini memungkinkan tanaman kacang hijau mampu berproduksi saat musim kemarau di pematang sawah (Purwono dan Hartono 2005). Kacang hijau mampu tumbuh di bermacam jenis lahan seperti sawah irigasi, lahan kering, sawah tadah hujan maupun lahan pasang surut. Kemampuan kacang hijau dalam beradaptasi di lahan kering memungkinkan perluasan area penanaman kacang hijau hingga ke lahan yang kurang produktif (Cahyono 2007). Selain itu, kacang hijau memiliki umur yang genjah, berkisar antara 55–65 hari (Mustakim 2013)

Seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, perkembangan industri olahan kacang hijau serta pertambahan usaha peternakan unggas dan perikanan membuat permintaan terhadap kacang hijau terus mengalami peningkatan (Cahyono 2007). Konsumsi protein nabati mengalami peningkatan dari 63,7% di tahun 2022 menjadi 64,1% di tahun 2023 (Bapanas 2024). Sementara itu, kurangnya keseimbangan antara produksi dan permintaan kacang hijau di Indonesia menyebabkan negara masih terus mengimpor untuk memenuhi kebutuhan konsumsi. Rendahnya hasil panen kacang hijau diakibatkan oleh keterbatasan lahan untuk bertanam dan teknik budidaya. Produksi tanaman kacang hijau mengalami penurunan dari 304.000 ton di tahun 2021 menjadi 173.000 ton di tahun 2022 (Pusdatin Kementan 2022). Dilihat dari kebutuhan dan manfaatnya, produksi tanaman kacang hijau perlu ditingkatkan. Perlu tindakan yang tepat dalam budidaya seperti pengaturan jarak tanam dan pemupukan.

Pemberian jarak tanam bertujuan untuk menyediakan ruang tumbuh dan pencahayaan yang optimal pada fase vegetatif tanaman. Jarak tanam yang ideal membuat tanaman dapat mengoptimalkan penyerapan sinar matahari, nutrisi dan air secara optimal untuk meningkatkan pertumbuhan tinggi tanaman. Populasi tanaman yang tepat dapat mendukung pertumbuhan tanaman secara maksimal (Malik *et al.* 2021). Marsiwi *et al.* (2015) dalam penelitiannya menyatakan jarak tanam 40 cm × 20 cm menghasilkan nilai tertinggi pada variabel berat segar tanaman, berat kering tanaman, indeks luas daun, laju asimilasi bersih dan laju pertumbuhan tanaman kacang hijau. Hal ini tidak jauh berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Malik *et al.* (2021) yang menyatakan jarak tanam 30 cm × 40 cm adalah jarak tanam yang sangat sesuai pada lahan yang subur. Pola tanam berlorong yaitu mengelola jarak tanam dan mengatur cara tanam lebih efektif agar tanaman memperoleh ruang yang cukup untuk tumbuh dan berkembang, organisme pengganggu tanaman (OPT) dapat ditekan sehingga memudahkan kegiatan perawatan tanaman. Pola tanam berlorong membuat dua baris tanaman berada di barisan pinggir lahan, sehingga semua tanaman mendapat keuntungan dari

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

pengaruh pinggir (*border effect*). Tanaman pinggir dapat tumbuh lebih baik karena persaingan dalam memperoleh nutrisi, air dan sinar matahari antar tanaman lebih rendah. (Deptan 2005; Bharoto 2016).

Pemupukan membuat tanaman dapat tumbuh optimal serta berproduksi maksimal. Pemupukan dalam budidaya tanaman berguna dalam menambah ketersediaan unsur hara yang terdapat dalam tanah guna mencukupi kebutuhan nutrisi tanaman, menggantikan hara yang hilang akibat erosi, penguapan atau eksploitasi secara sengaja (AgroMedia 2007). Unsur hara yang cukup dan seimbang sangat diperlukan oleh tanaman sebab kekurangan atau kelebihan unsur hara berpengaruh pada keefektifan proses fotosintesis dan fotosintat yang dihasilkan. Unsur hara yang optimal dapat membuat pertumbuhan serta produksi tanaman berlangsung dengan baik (Gardner *et al.* 1985).

Genotipe F8-VR10/V1-29 merupakan salah satu galur harapan hasil persilangan VR10 × Vima 1 yang dikembangkan melalui program pemuliaan kacang hijau (Maulida *et al.* 2022). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, genotipe dari seri VR10/V1 menunjukkan karakter agronomi yang baik, di antaranya memiliki bobot 100 biji yang relatif besar (Ishmatalhaq *et al.* 2023) dan toleran terhadap pecah polong (Willem 2023). Meskipun demikian, informasi mengenai respons genotipe F8-VR10/V1-29 terhadap pengaturan jarak tanam dan pemupukan masih terbatas. Informasi tersebut diperlukan sebagai dasar dalam penyusunan rekomendasi teknik budidaya yang sesuai sehingga potensi hasil genotipe dapat dioptimalkan. Oleh karena itu, penelitian mengenai pengaturan jarak tanam dan pemupukan pada genotipe F8-VR10/V1-29 perlu dilakukan untuk memperoleh informasi mengenai teknik budidaya yang sesuai guna mendukung pertumbuhan dan produksi genotipe tersebut.

1.2 Tujuan

Penelitian ini bertujuan mengevaluasi pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau.

1.3 Hipotesis

1. Terdapat pengaruh jarak tanam terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.)
2. Terdapat pengaruh pemupukan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.)
3. Terdapat interaksi jarak tanam dan dosis pupuk terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.)

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kacang Hijau

Kacang hijau atau *mung bean* merupakan tanaman pangan yang termasuk ke dalam famili Fabaceae atau sering disebut famili kacang-kacangan. Kacang hijau berasal dari wilayah timur laut India dan Burma (Yao *et al.* 2013). Taksonomi kacang hijau menurut Purwono dan Hartono (2005) yaitu berasal famili Leguminosae, genus *Vigna*, spesies *Vigna radiata*.

Kacang hijau merupakan tanaman yang ditanam di daerah tropis dengan ketinggian lahan yang optimal yaitu 500 mdpl. Suhu yang dibutuhkan untuk budidaya kacang hijau yaitu suhu panas, karena jika kacang hijau ditanam saat musim penghujan dapat mempercepat pertumbuhan vegetatif sehingga tanaman mudah rebah (Mustakim 2013). Kacang hijau mampu berkecambah dengan cepat pada pH 5,5 dalam waktu 3 hari setelah tanam (HST) (Aryansyah 2015).

Tanaman kacang hijau berakar tunggang. Memiliki batang berbentuk bulat dengan ukuran kecil, memiliki bulu-bulu halus dan memiliki warna batang hijau kecoklatan atau kemerahan. Daunnya majemuk yang terdiri dari tiga helai anak daun di setiap tangkai (*trifoliate*) dengan bentuk oval berujung lancip berwarna hijau muda hingga hijau tua. Kacang hijau memiliki bunga berkelamin sempurna, berbentuk kupu-kupu dan berwarna kuning. Tanaman kacang hijau dengan genotipe F8-VR10/V1-29 memiliki warna biji hijau muda dengan permukaan mengkilap (Purwono dan Hartono 2005; Purwono dan Purnamawati 2007; Maulana 2025).

2.2 Produksi Kacang Hijau

Bapanas (2024) menyatakan peningkatan konsumsi terjadi pada kelompok kacang-kacangan. Tahun 2022 konsumsi protein nabati sebesar 63,7%, sedangkan pada tahun 2023 naik menjadi 64,1%.

Produksi tanaman kacang hijau menurun setiap tahun. Produksi di tahun 2021 mencapai 304.000 ton, namun di tahun 2022 hanya mencapai 173.000 ton (Pusdatin Kementan 2022). Penurunan produksi dapat disebabkan karena kekurangan air selama fase vegetatif dan fase generatif. Kekurangan air saat fase vegetatif dapat menurunkan produksi sebesar 4% dan pada fase generatif sebesar 28% (Arsyadmunir 2016). Faktor lain yang dapat menyebabkan penurunan produksi yaitu perubahan iklim, degradasi lahan, produktivitas lahan yang rendah akibat salinitas (Ariyanto 2010; Elisabeth *et al.* 2021).

2.3 Jarak Tanam

Perlakuan jarak tanam dapat membuat tanaman memanfaatkan sinar matahari, air serta nutrisi yang diperoleh secara sama. Jika faktor yang diperlukan tercukupi, maka tanaman dapat melakukan fotosintesis dengan baik sehingga menghasilkan fotosintat dengan jumlah yang sama dan memberi dampak terhadap berat kering tanaman. Jarak tanam yang sesuai memungkinkan akar tumbuh dan menyebar secara leluasa untuk memanfaatkan faktor-faktor pendukung pertumbuhan secara optimal (Febriyono *et al.* 2017).

Jarak tanam yang renggang dapat menurunkan kompetisi dalam penggunaan unsur hara, cahaya matahari serta mengurangi persaingan antar kanopi sehingga tanaman mampu memaksimalkan penyerapan cahaya matahari. Jarak tanam renggang membuat tanaman memanfaatkan ruang tumbuhnya secara maksimal. Sebaliknya, jarak tanam yang rapat dapat menyebabkan tajuk antar tanaman saling menaungi, sehingga mengurangi intensitas sinar matahari yang diterima dan proses fotosintesis berjalan kurang maksimal. Hal ini menyebabkan daun yang tumbuh menjadi tipis dan kurang lebar. Persaingan dalam memperebutkan nutrisi dan sinar matahari lebih besar pada jarak tanam rapat dibanding jarak tanam renggang. Jarak tanam yang terlalu renggang dapat menyebabkan pertumbuhan gulma sehingga terjadi persaingan nutrisi antara gulma dan tanaman (Marsiwi *et al.* 2015; Ramadhani dan Barunawati 2019).

Penelitian yang dilakukan Sihabuddin *et al.* (2017) menunjukkan jarak tanam rapat menghasilkan berat biji per petak yang lebih tinggi dibanding jarak tanam renggang. Namun untuk komponen hasil, jarak tanam renggang menghasilkan jumlah polong dan jumlah biji per polong yang lebih tinggi dibandingkan jarak tanam yang sempit. Hal ini karena penerimaan cahaya matahari lebih sempurna dan penyerapan unsur hara lebih tinggi pada jarak tanam renggang. Sejalan dengan penelitian Ramadhani dan Barunawati (2019) yang menunjukkan jarak tanam 40 × 10 cm mencapai bobot biji kacang hijau per petak panen paling tinggi.

2.4 Pemupukan

Tanah mampu menyediakan unsur hara secara lengkap namun ketersediaannya terbatas. Penyebabnya antara lain erosi, penguapan atau karena dieksploitasi secara sengaja. Untuk menghadirkan kembali unsur hara yang hilang, maka perlu dilakukan pemupukan. Pemupukan membuat tanaman dapat tumbuh secara optimal dan produksi maksimal (AgroMedia 2007).

Pupuk merupakan sumber nutrisi utama yang berperan penting dalam menentukan tingkat pertumbuhan serta produksi tanaman. Pemupukan adalah tindakan pengaplikasian pupuk pada tanaman. Ketidakseimbangan nutrisi pada tanaman dapat menurunkan hasil fotosintat karena tanaman tidak maksimal saat berfotosintesis. Memberikan nutrisi yang seimbang dapat membuat pertumbuhan dan produksi tanaman berjalan dengan baik. Maka dari itu, pemupukan harus tepat jenis, dosis, metode, waktu dan frekuensi pemupukan agar dapat menghasilkan produktivitas dan pertumbuhan tanaman yang maksimal (Gardner *et al.* 1985; AgroMedia 2007; Mansyur *et al.* 2021).

Pemupukan bertujuan untuk melengkapi ketersediaan nutrisi yang ada dalam tanah guna mencukupi kebutuhan tanaman, menggantikan unsur hara yang hilang serta mempertahankan atau memperbaiki kondisi tanah. Terdapat empat kategori ketersediaan unsur hara pada tanaman. Kekurangan (*deficient*) yaitu unsur hara esensial berada pada konsentrasi rendah dan menyebabkan penurunan produksi. Kecukupan (*sufficient*) yaitu konsentrasi hara esensial berada dalam jumlah cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Berlebihan (*excessive*) yaitu unsur hara esensial berada di jumlah yang cukup tinggi melebihi jumlah yang dibutuhkan. Keracunan (*toxic*) yaitu konsentrasi unsur hara esensial berada dalam jumlah yang tinggi dan menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat atau keracunan dan dapat membuat tanaman mati (Mansyur *et al.* 2021).

2.5 Pupuk Urea

Urea merupakan pupuk dengan kandungan nitrogen yang paling banyak digunakan di seluruh dunia sebagai metabolit tanaman. Nitrogen merupakan unsur esensial bagi pertumbuhan tanaman karena perannya sebagai komponen utama penyusun protein, yang salah satunya dalam pembentukan klorofil. Urea berperan penting sebagai perantara untuk remobilisasi nitrogen pada saat penuaan atau *senescence*. Peningkatan efisiensi pemanfaatan nitrogen oleh tanaman sangat bergantung pada optimalisasi proses penyerapan dan penggunaan sumber nitrogen utama. Urea merupakan pupuk anorganik yang dihasilkan dari reaksi senyawa amonia yang memiliki kandungan N total sekitar 45–46%. Nitrogen dalam urea mengalami amonifikasi yang sebagian besar diubah menjadi amonia. Amonia yang terbentuk kemudian mengalami nitrifikasi, yaitu proses oksidasi menjadi nitrit yang kemudian menjadi nitrat dalam tanah (Yamaya dan Kusano 2014; O'Brien *et al.* 2016; Fan *et al.* 2017; Liu dan von Wirén 2017; Beier dan Kojima 2021; Soelaksini *et al.* 2022).

Kandungan unsur N yang berlebih pada tanaman membuat fase pertumbuhannya semakin panjang, sehingga tanaman telat untuk memasuki fase generatif yang dapat mengurangi kualitas biji, serta tanaman mudah rebah. Namun jika tanaman kekurangan unsur N pada masa pertumbuhan dapat mengakibatkan tanaman tumbuh kerdil, sistem perakaran yang terbatas, daun menguning dan gugur (Marsiwi *et al.* 2015).

Pupuk urea memiliki keunggulan seperti mudah diserap oleh tanaman, sangat diperlukan dalam masa vegetatif tanaman karena pupuk yang mengandung unsur N dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, mengingat unsur N merupakan elemen penyusun berbagai komponen organik dalam benih, seperti asam amino, protein, koenzim, klorofil dan komponen lainnya sehingga bila tanaman defisiensi unsur N maka tanaman akan tumbuh kerdil. Namun dibalik keunggulannya, pupuk urea juga memiliki beberapa kekurangan terutama jika diaplikasikan di lahan yang kurang subur. Dalam hal ini, urea berubah menjadi amonia dan CO₂ yang mudah tercuci dan menguap (Nurhayati 2017; Rajiman 2020).

Meitasari dan Wicaksono (2017) menyatakan pemberian pupuk urea sangat berpengaruh pada masa pertumbuhan vegetatif dan generatif seperti pembentukan dan pengisian polong sebab unsur N yang terkandung dalam pupuk urea berperan menyusun protein. Ningsih *et al.* (2020) menyatakan bahwa luas daun dapat menjadi indikator unsur N pada tanaman. Semakin tinggi kadar N, semakin luas ukuran daunnya dan fotosintat yang dihasilkan juga semakin besar. Selain itu, banyaknya nitrogen memengaruhi jumlah polong bernas, yaitu polong mempunyai jumlah biji lebih dari 50%. Nitrogen mendorong penyusunan protein dan protoplasma, dan juga sintesis klorofil yang berpengaruh dalam proses pembentukan polong.

Ningsih *et al.* (2020) dalam penelitiannya menyatakan pemberian pupuk urea berpengaruh terhadap parameter jumlah nodul terbentuk, jumlah nodul efektif, serta bobot biji kering per plot. Marsiwi *et al.* (2015) menyatakan dosis pupuk urea dengan dosis 50 kg ha⁻¹ sudah dapat memenuhi kebutuhan nutrisi yang diperlukan tanaman untuk tumbuh. Dosis pupuk urea 75 kg ha⁻¹ dapat meningkatkan hasil tanaman pada parameter bobot kering polong.

2.6 Pupuk SP-36

Pupuk SP-36 merupakan pupuk yang memiliki kandungan fosfat atau fosfor (P) dengan kandungan P_2O_5 sebanyak 36% (Hayati *et al.* 2012). Fosfor menjadi salah satu unsur yang banyak tersedia pada tanah, tetapi tanaman hanya mampu memanfaatkan 0,01% dari ketersediaannya karena unsur P dengan bentuk P-terikat membuat senyawa kompleks yang sulit terlarut. Unsur P memiliki peran penting bagi tanaman karena unsur P memiliki peran fisiologis sebagai sumber energi tanaman yang berbentuk adenin trifosfat (ATP). Unsur P juga berperan dalam merangsang pemanjangan akar yang dapat membuat batang tanaman lebih kuat, pembungaan, perkembangan buah dan biji, serta pematangan buah atau biji (Erinawati 2016; Handery dan Nunuk 2017; Purwanti 2018; Fallo *et al.* 2023).

Keunggulan dari pupuk ini diantaranya penyedia unsur P, tidak menyerap air, mempercepat proses pematangan buah, merangsang perkembangan akar dengan optimal, merangsang pembungaan dan pemasakan buah/biji, meningkatkan keberhasilan pembuahan, serta memperkuat tanaman dari serangan hama pengganggu tanaman (Sutarwi *et al.* 2013). Kacang hijau menurut Lintang *et al.* (2018) termasuk tanaman yang memerlukan unsur P dengan jumlah yang tinggi. Unsur P pada kacang hijau akan meningkatkan metabolisme tanaman, hal ini berdampak pada peningkatan proses pengisian polong dan peningkatan bobot biji.

Penelitian yang dilakukan oleh Jali *et al.* (2022) bahwa pupuk SP-36 memengaruhi hari berbunga tanaman kacang hijau. Dosis pupuk SP-36 200 kg ha⁻¹ membuat tanaman kacang hijau berbunga rata-rata pada hari ke-30, sedangkan tanpa pemupukan SP-36 baru berbunga di hari ke-35. Hal ini dapat terjadi karena unsur P yang terkandung pada pupuk SP-36 berguna untuk mempercepat rangsangan pertumbuhan akar, bunga, cabang, dan pematangan buah atau biji. Pupuk SP-36 dengan dosis 200 kg ha⁻¹ juga sangat berpengaruh terhadap jumlah polong tanaman. Jumlah polong yang dihasilkan dengan dosis pupuk SP-36 200 kg ha⁻¹ rata-rata 40 polong, sedangkan tanpa pemupukan hanya dihasilkan 25 polong. Dosis tersebut juga berpengaruh terhadap berat biji per petak, dan produksi biji (ton ha⁻¹).

2.7 Pupuk KCl

Unsur kalium (K) adalah salah satu unsur hara esensial yang diperlukan oleh tanaman. Pupuk kalium klorida (KCl) menjadi salah satu pupuk yang mengandung unsur K sebanyak 46%. Unsur K sangat dibutuhkan pada fase vegetatif tanaman, sehingga ketersediaan unsur K cukup krusial karena akan berdampak pada hasil tanaman. Kalium sendiri berfungsi bagi perkembangan klorofil untuk tanaman berfotosintesis, respirasi tanaman, fisiologis tanaman dan metabolisme sel, pembuatan protein dan karbohidrat, pembentukan dan perkembangan akar dalam menyerap unsur hara lainnya, menguatkan batang tanaman, serta menguatkan daya tahan tanaman dari penyakit serta cekaman lingkungan kekeringan (Hardjowigeno 2007; Wahyudi *et al.* 2021; Sugianto *et al.* 2022).

Kalium dapat mengatur proses pembukaan dan penutupan stomata yang dipengaruhi oleh tekanan turgor sel, hal ini berdampak pada hasil asimilasi yaitu asimilat. Asimilat adalah energi pada tanaman yang digunakan untuk pertumbuhan, cadangan makanan, dan sebagian disimpan sebagai *sink*. Sehingga pertumbuhan dan perkembangan tanaman diukur salah satunya dari jumlah asimilat yang

dihasilkan. Selain itu, kalium juga dapat mengurangi resiko rebah pada tanaman (Pradana *et al.* 2015). Tanaman yang kekurangan unsur K, akan terjadi penghambatan pertumbuhan karena daerah pembesaran dan pemanjangan sel akan terganggu, turgor tanaman menurun dan menyebabkan sel tanaman melemah, tepi daun mengering dan menguning (Rahmiana dan Bel 2001).

Penelitian yang dilakukan oleh Wahyudi *et al.* (2021) menunjukkan bahwa pupuk KCl dengan dosis 110 kg ha⁻¹ berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, umur berbunga, dan umur panen. Sedangkan dosis 155 kg ha⁻¹ berpengaruh terhadap jumlah polong. Tanaman kacang hijau yang tidak diberi pupuk KCl mendapatkan hasil terendah pada setiap parameter karena hara yang dibutuhkan tidak terpenuhi. Krestiani *et al.* (2023) menyatakan pada penelitiannya bahwa pemberian pupuk KCl dengan dosis 100 kg ha⁻¹ menghasilkan jumlah cabang produktif terbanyak dan jumlah polong hampa terendah. Kadar kalium tanah dapat dipertukarkan (K-dd) pada waktu panen akan semakin meningkat nilainya jika pupuk kalium yang diberikan semakin banyak. Dengan meningkatnya nilai K-dd, maka status hara pada tanah meningkat. Putra (2015) pada penelitiannya menunjukkan dosis pupuk 125 kg ha⁻¹ memperoleh nilai kadar kalium tanah tertinggi dibanding dosis dibawahnya.



III METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Kebun Percobaan Sawah Baru, Dramaga, Bogor, Jawa Barat. Penelitian ini berlangsung dari bulan September hingga Desember 2024.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu alat pertanian sederhana, Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK), tali rafia, gunting, meteran, jangka sorong, timbangan digital, kertas label, kantong jaring, kamera *handphone*, laptop dan alat tulis. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu benih kacang hijau F8-VR10/V1-29 (Lampiran 2), pupuk Urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, pupuk kandang, *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR), dan insektisida dengan bahan aktif Karbofuran 3%.

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah jarak tanam (J) yang terdiri atas 3 taraf, yaitu jarak tanam 40 cm × 20 cm (J1), 30 cm × 30 cm (J2), dan 20 cm × 20 cm (J3). Faktor kedua adalah pemupukan (P) yang terdiri atas 4 taraf, yaitu pupuk Urea 0 kg ha⁻¹ + SP-36 0 kg ha⁻¹ + KCl 0 kg ha⁻¹ (P0), pupuk Urea 50 kg ha⁻¹ + SP-36 100 kg ha⁻¹ + KCl 100 kg ha⁻¹ (P1), pupuk Urea 100 kg ha⁻¹ + SP-36 200 kg ha⁻¹ + KCl 200 kg ha⁻¹ (P2), dan pupuk Urea 200 kg ha⁻¹ + SP-36 300 kg ha⁻¹ + KCl 300 kg ha⁻¹ (P3). Terdapat 12 kombinasi perlakuan dengan 4 ulangan sehingga total terdapat 48 satuan percobaan. Setiap percobaan dilakukan pada petak lahan berukuran 4 m × 3 m (Lampiran 1). Model linier aditif yang digunakan adalah:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \rho_k + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pengaruh jarak tanam ke-*i*, pemupukan ke-*j*, dan ulangan ke-*k*

μ = Rataan umum

α_i = Pengaruh perlakuan jarak tanam ke-*i* (*i* = 1,2,3)

β_j = Pengaruh pemupukan ke-*j* (*j* = 1,2,3,4)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = Pengaruh interaksi perlakuan jarak tanam ke-*i* dan pemupukan ke-*j*

ρ_k = Pengaruh ulangan ke-*k* (*k* = 1,2,3,4)

ε_{ijk} = Pengaruh galat percobaan yang menyebar normal pada jarak tanam ke-*i*, pemupukan ke-*j* dan kelompok ke-*k*

3.4 Prosedur Percobaan

3.4.1 Persiapan Tanam

Pelaksanaan diawali dengan melakukan analisis tanah pada petak percobaan dengan mengambil sampel tanah dari lima titik secara diagonal dengan kedalaman 15–20 cm. Tanah yang telah dicampur kemudian diambil sebanyak 1 kg untuk dianalisis pH, C-organik, unsur hara P dan K yang terkandung pada tanah. Analisis dilakukan menggunakan alat PUTK. Persiapan lahan dilakukan satu minggu sebelum tanam yang mencakup penggemburan lahan, pembersihan lahan dari gulma, pembuatan petakan, serta pemberian pupuk kandang kambing dengan dosis 2 ton ha⁻¹. Total petak percobaan yang digunakan yaitu 48 petakan dengan ukuran 4 m × 3 m setiap petaknya. Jarak antar petakan yaitu 1 m.

3.4.2 Penanaman

Penanaman dilakukan dengan membuat lubang tanam menggunakan tugal dengan jarak tanam sesuai perlakuan, yaitu 40 cm × 20 cm, 30 cm × 30 cm, dan 20 cm × 20 cm × 40 cm. Sebelum tanam, benih direndam dalam larutan PGPR dengan konsentrasi 10 g/l air selama 15 menit. Setiap lubang ditanami dua benih kacang hijau dan insektisida berbahan aktif Karbofuran 3% secukupnya, kemudian lubang tanam ditutup dengan tanah jika semua lubang telah terisi benih dan insektisida.

3.4.3 Pemupukan

Pemberian pupuk Urea, SP-36, dan KCl dilakukan 1 minggu setelah tanam (MST) dengan dosis sesuai perlakuan. Pemberian pupuk dilakukan dengan cara larik atau alur. Jarak alur pupuk dengan tanaman berkisar 3–5 cm dengan kedalaman 3 cm. Pupuk ditaburkan di dalam alur lalu ditutup kembali dengan tanah.

3.4.4 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman meliputi kegiatan penyulaman, penyiraman, pengendalian gulma dan hama penyakit pada tanaman. Penyulaman dilakukan dengan menanam kembali tanaman yang rusak atau mati pada 1 MST. Penyiraman dilakukan setelah tanam dan pada saat lahan kering dengan menggunakan gembor dan selang. Pengendalian gulma dilakukan pada saat tanam, waktu berbunga dan panen dengan cara manual menggunakan kored, gunting rumput, atau dicabut dengan tangan. Pengendalian HPT dilakukan dengan menyemprotkan pestisida.

3.4.5 Pemanenan

Pemanenan kacang hijau sudah dapat dilakukan pada umur 7 MST atau pada saat kondisi polong berwarna hitam atau coklat, kering dan mudah pecah, serta daun sudah menguning. Pemanenan dilakukan secara berkala sebanyak 3 kali dengan interval waktu 7 hari (Lampiran 4).

3.5 Pengamatan Percobaan

Pengamatan dilakukan pada 10 tanaman sampel setiap petak perlakuan. Karakter yang diamati yaitu karakter vegetatif dan komponen hasil. Karakter vegetatif yang diamati antara lain:

1. Tinggi tanaman (cm), diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh pada batang utama pada saat 6 MST.
2. Jumlah daun, dilakukan dengan menghitung daun *trifoliate* yang telah membuka sempurna pada saat 6 MST.
3. Jumlah cabang, dilakukan dengan menghitung cabang yang produktif atau menghasilkan polong, dan cabang yang non-produktif pada saat 6 MST.
4. Diameter batang, diukur menggunakan jangka sorong pada batang bagian bawah, sekitar 10 cm dari permukaan tanah, pengukuran dilakukan pada 6 MST.

Komponen hasil yang diamati antara lain:

1. Jumlah polong per tanaman, dihitung dari banyaknya jumlah polong matang yang dipanen setiap interval waktu panen.
2. Bobot basah polong per tanaman, polong ditimbang langsung setelah panen.
3. Bobot kering polong per tanaman, polong ditimbang setelah dikeringkan.
4. Bobot biji kering per tanaman, menimbang biji tanpa kulit polong.
5. Rendemen biji, menghitung perbandingan antara bobot biji kering per tanaman dan bobot kering polong, kemudian dikalikan 100%, seperti persamaan berikut:

$$\frac{\text{Bobot biji kering per tanaman (g)}}{\text{Bobot kering polong per tanaman (g)}} \times 100\%$$
6. Bobot 100 butir, dilakukan dengan menimbang 100 butir biji tanpa polong.
7. Bobot basah polong per petak, menimbang bobot polong per petak langsung setelah panen.
8. Bobot kering polong per petak, menimbang bobot polong setelah dikeringkan.
9. Estimasi hasil biji per petak, dihitung dengan mengalikan bobot kering polong per petak dengan rendemen biji, kemudian dibagi 100, seperti persamaan berikut:

$$\frac{\text{Bobot kering polong per petak (g)} \times \text{Rendemen biji (\%)}}{100}$$
10. Estimasi produktivitas, dihitung dengan mengonversi estimasi hasil biji per petak berdasarkan luas petak percobaan terhadap luas satuan hektar (10.000 m²), seperti persamaan berikut:

$$\text{Estimasi hasil biji per petak (g)} \times \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{\text{Luas petak (m}^2\text{)}}$$

3.6 Analisis Data

Analisis data dilakukan menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan SAS. Data yang diperoleh kemudian dimasukkan ke Microsoft Excel lalu dilakukan uji ANOVA menggunakan SAS. Jika data yang diperoleh memberikan pengaruh nyata, dilakukan uji lanjut menggunakan Uji Jarak Berganda Duncan / *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata α 5%. Untuk menguji efektivitas agronomi pupuk, dilakukan dengan metode *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) dengan rumus (Machay *et al.* 1984):

$$RAE = \frac{\text{Hasil pupuk yang diuji} - \text{Kontrol}}{\text{Hasil pupuk standar} - \text{Kontrol}} \times 100\%$$

Keterangan:

Nilai RAE ≥ 100 , maka pupuk yang diuji efektif dibandingkan perlakuan standar.

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Umum Penelitian

Penelitian dilakukan pada lahan seluas 730 m² di Kebun Percobaan Sawah Baru dengan ketinggian ±250 mdpl. Penelitian lapang berlangsung dari bulan September hingga Desember 2024. Selama periode tersebut, suhu udara tercatat berada pada kisaran 26,2–27,2°C. Curah hujan berkisar antara 232–680 mm, dengan kelembapan udara berkisar antara 78,6–85,3%, dan rata-rata lama penyinaran matahari berada pada rentang 1,4–7,2 jam (Tabel 1) (BMKG 2024). Kisaran suhu dan kelembapan tersebut masih berada dalam rentang yang mendukung pertumbuhan kacang hijau, yakni suhu berkisar antara 20–27 °C dan kelembapan relatif sekitar 50–89% (Herman *et al.* 2015; Wahyudin *et al.* 2015; Samudra dan Misbah 2020). Namun demikian, curah hujan selama periode penelitian tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Kondisi kelebihan air pada tanaman kacang hijau pada fase vegetatif dapat menurunkan luas daun, pertumbuhan akar dan tajuk, kandungan klorofil, laju fotosintesis, serta menghambat pembungaan dan pembentukan polong pada kacang hijau (Kumar *et al.* 2012). Oleh karena itu, meskipun beberapa faktor lingkungan mendukung pertumbuhan tanaman, curah hujan yang tinggi menjadi faktor lingkungan yang perlu diperhatikan.

Tabel 1 Kondisi suhu, curah hujan, dan kelembapan pada lahan penelitian

Bulan	Suhu udara (°C)	Curah hujan (mm)	Kelembapan udara (%)	Lama penyinaran matahari (jam)
September	26,7	402,7	78,6	6,8
Oktober	27,2	493,6	78,6	7,2
November	26,7	680,4	84,4	5,5
Desember	26,2	232,0	85,3	1,4
Rata-rata	26,7	452,2	81,7	5,2

Sumber: BMKG Kota Bogor tahun 2024

Tingkat kesuburan tanah di area percobaan diidentifikasi melalui pengujian menggunakan Perangkat Uji Tanah Kering (PUTK) yang bersifat semi kuantitatif. Hasil analisis dikategorikan ke dalam tiga tingkatan, yaitu rendah, sedang, dan tinggi (Balitbangtan 2011). Hasil analisis menunjukkan pH tanah berada dalam kategori masam (pH 4–5), kandungan C-organik rendah, kandungan fosfor (P) sedang, dan kalium (K) rendah (Lampiran 3). Tingkat keasaman tanah dipengaruhi oleh berbagai komponen dalam tanah, terutama keberadaan ion H⁺ yang bersifat asam. Pada kondisi tanah dengan pH masam, keberadaan ion Al dan Fe menjadi dominan sehingga membentuk ikatan dengan unsur hara esensial seperti fosfor (P) dan sulfur (S). Selain itu, kondisi pH juga ditentukan oleh kandungan unsur dalam tanah, keseimbangan antara ion H⁺ dan OH⁻, mineral tanah, air hujan, serta karakteristik bahan induk tanah (Triharto 2013; Hasibuan dan Afrianti 2020). Kandungan C-organik yang rendah mengindikasikan tanah di lahan penelitian minim bahan organik. Rendahnya kadar C-organik dapat menghambat proses pertumbuhan tanaman (Nopsagiarti *et al.* 2025). Pada kondisi ini, dilakukan

penambahan pupuk kandang kambing untuk mendukung ketersediaan hara sesuai dengan dosis rekomendasi yang ada pada PUTK yakni 2 ton ha⁻¹. Pupuk kandang kambing dikenal memiliki kandungan unsur K yang lebih tinggi dibandingkan pupuk kandang ternak lainnya (Wijaksono *et al.* 2016). Pupuk kandang kambing mengandung N sebesar 2,1%, P sebesar 0,66%, K₂O sebesar 1,97%, serta hara mikro berupa Ca sebesar 1,64%, Mg sebesar 0,6%, Mn sebesar 2,33 ppm, dan Zn 90,8 ppm (Samekto 2006). Secara umum, ketersediaan fosfor berada pada tingkat optimal ketika pH tanah berada pada rentang 6,0–7,0. Jika pH berada <6,0 atau >7,0, fosfor mengalami penurunan ketersediaan karena terikat oleh ion-ion tertentu (Hanafia 2007). Hasil analisis menunjukkan unsur P dalam kategori sedang. Hal ini dapat dipengaruhi jika lahan yang digunakan sebelumnya mendapat banyak unsur P dari pemupukan sehingga sebagian pupuk P banyak tertinggal di lahan (Bahagia *et al.* 2022). Kalium terkandung dalam jumlah besar di dalam tanah, namun hanya sedikit yang dapat terserap oleh tanaman, yaitu kalium yang larut dalam air atau yang dapat dipertukarkan. Unsur ini memiliki peran penting dalam menentukan tingkat kesuburan tanah. Ketersediaan kalium juga dipengaruhi oleh kandungan mineral illit yang merupakan salah satu unsur utama kalium (Putra 2015). Dari hasil analisis, kondisi lahan penelitian masih perlu diperbaiki, terutama pH tanah, kandungan bahan organik, dan ketersediaan kalium guna menunjang pertumbuhan tanaman secara optimal.

Hama yang menyerang tanaman kacang hijau antara lain kepik cokelat (*Riptortus linearis* F.), dan belalang (*Oxya japonica*). Kepik cokelat menyerang tanaman mulai dari awal fase generatif hingga panen. Serangan ini mengakibatkan pertumbuhan polong dan perkembangan biji terhambat, sehingga polong dan biji menjadi kecil, kempes, polong mengering dan akhirnya rontok. Pada fase pengisian biji, serangan menyebabkan biji berubah warna menjadi hitam dan membusuk, sementara serangan pada tahap pematangan polong menyebabkan biji menjadi keriput (Wahyudin *et al.* 2015). Belalang cenderung memakan bagian daun dan cabang tanaman. Gejala yang tampak berupa daun yang berlubang hingga cabang yang patah. Pengendalian hama dilakukan menggunakan pestisida.

Penyakit yang ditemui pada tanaman kacang hijau selama penelitian diantaranya layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) dan bercak daun (*Cercospora arachidicola*). Layu *Fusarium* merupakan salah satu penyebab turunnya produksi tanaman kacang hijau. *Fusarium* dapat menyebar dengan sangat cepat dan menginfeksi tanaman lain melalui akar, baik melalui jaringan sehat maupun luka. Setelah masuk dan berkembang di pembuluh xilem, miselium akan terbawa ke seluruh bagian tanaman sehingga mengganggu aliran air dan hara, akhirnya menyebabkan tanaman layu (Semangun 2005). Pada penelitian ini, penyakit layu *Fusarium* ditemukan pada saat tanaman berumur 1 MST dan tidak banyak tanaman yang terserang. Tanaman yang terserang penyakit bercak daun umumnya menunjukkan bercak berwarna coklat pada daun bagian bawah, dengan bentuk bulat hingga tidak beraturan. Serangan ini dapat menurunkan jumlah polong dan bobot biji, bahkan produksi dapat berkurang hingga sekitar 50% (Semangun 1991). Secara makroskopis, bercak tampak berwarna coklat dengan tepi kekuningan sampai coklat kehitaman. Sementara itu, secara mikroskopis patogennya menghasilkan konidium yang berkelompok, berbentuk memanjang seperti tabung dengan lekukan menyerupai lutut (Sumartini 2008; Meliyana *et al.* 2019).

Gulma yang terdapat di lahan penelitian adalah gulma berdaun lebar, teki-tekian, dan rumput (Lampiran 5). Gulma berdaun lebar diantaranya *Borreria alata*, *Ageratum conyzoides*, *Amaranthus spinosus*, *Synedrella nodiflora*, *Physalis angulata*, dan *Mimosa pudica*. Gulma teki-tekian diantaranya *Cyperus kyllingia* dan *Cyperus rotundus*. Gulma rumput diantaranya *Rottboellia exaltata*, *Eleusine indica*, *Digitaria ciliaris*. Penanganan dilakukan secara manual menggunakan kored atau dengan gunting rumput. Terdapat kendala dalam penanganan gulma, yaitu keterbatasan tenaga kerja sehingga pembersihan gulma antar petakan menjadi tidak merata, sementara pertumbuhan gulma yang cepat dan bersifat invasif semakin memperparah permasalahan tersebut. Selain itu, pengaplikasian pupuk kandang pada saat sebelum tanam berkontribusi terhadap pertumbuhan gulma.

Kendala lain yang terjadi di lapangan yaitu adanya pohon yang tumbang di lahan penelitian pada saat tanaman berumur 2 MST, sehingga memengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Lampiran 6). Pohon tumbang mengenai sebagian petak dari ulangan 3 (J1P1, J1P3, J3P1, J3P3) dan 4 (J2P2, J3P1). Kondisi cuaca saat itu memang hujan deras disertai angin kencang, yang merupakan faktor penyebab patahnya batang pohon yang tinggi, sehingga menimbulkan gangguan pada tanaman di sekitar lokasi tumbangnya pohon.

4.2 Rekapitulasi Sidik Ragam

Analisis sidik ragam (ANOVA) dilakukan untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari perlakuan jarak tanam, pemupukan, serta interaksi keduanya terhadap karakter vegetatif dan komponen hasil kacang hijau. Hasil analisis sidik ragam pada Tabel 2 menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam memberikan pengaruh nyata terhadap bobot basah polong per petak, bobot kering polong per petak, estimasi hasil biji per petak, dan estimasi produktivitas. Perlakuan jarak tanam tidak berpengaruh nyata terhadap karakter pertumbuhan dan komponen hasil lainnya. Perlakuan pemupukan maupun interaksi antara jarak tanam dan pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh variabel yang diamati. Kondisi ini menunjukkan bahwa perlakuan yang diberikan pada penelitian ini belum cukup untuk menghasilkan perbedaan yang signifikan, atau adanya keragaman lapang yang lebih tinggi dibandingkan pengaruh perlakuan.

Nilai koefisien keragaman (KK) pada penelitian ini berkisar antara 7,96% hingga 36,25%. Mattjik dan Sumertajaya (2000) menyatakan bahwa KK yang masih dapat diterima dalam penelitian lapangan berkisar pada 20–25%. Menurut Chesaria *et al.* (2018), nilai KK yang mencapai 30% pada penelitian lapang masih dapat diterima karena variabilitas lingkungan sangat memengaruhi karakter kuantitatif tanaman. Sementara itu, menurut Taylor *et al.* (1999), KK yang melebihi 30% dapat diinterpretasikan sebagai indikator variabilitas biologis atau kondisi lapang yang tidak seragam. Jenis tanaman, perlakuan, dan peubah yang diamati mempengaruhi nilai KK (Krismawati dan Arsyad 2014). Terdapat nilai KK yang tinggi pada penelitian ini, yaitu pada karakter total cabang, cabang produktif, bobot basah polong, bobot kering polong, bobot biji kering per tanaman, bobot basah polong per petak, bobot kering polong per petak, dan estimasi hasil biji per petak, sehingga diperlukan transformasi pada data guna menstabilkan ragam, terutama karena data awal menunjukkan variasi yang tinggi.

Tabel 2 Rekapitulasi sidik ragam pengaruh jarak tanam, pemupukan, dan interaksi terhadap komponen pertumbuhan dan hasil kacang hijau

Karakter	J	PR > F	P	PR > F	J×P	PR > F	KK (%)
Tinggi tanaman	tn	0,7332	tn	0,4532	tn	0,9724	17,79
Diameter batang	tn	0,3143	tn	0,4453	tn	0,8404	19,62
Jumlah daun ^T	tn	0,0969	tn	0,6966	tn	0,9510	12,38
Total cabang ^T	tn	0,4806	tn	0,7451	tn	0,8993	22,86
Cabang produktif ^T	tn	0,4681	tn	0,4258	tn	0,9135	21,30
Jumlah polong ^T	tn	0,0934	tn	0,3196	tn	0,6300	17,12
Bobot basah polong ^T	tn	0,2872	tn	0,2434	tn	0,6697	22,76
Bobot kering polong ^T	tn	0,2803	tn	0,2651	tn	0,7101	23,25
Bobot biji kering per tanaman ^T	tn	0,3980	tn	0,2791	tn	0,6997	23,88
Rendemen biji	tn	0,4731	tn	0,3132	tn	0,4531	7,96
Bobot 100 butir	tn	0,3482	tn	0,3576	tn	0,6144	8,15
Bobot basah polong per petak ^T	*	0,0072	tn	0,5326	tn	0,5326	33,44
Bobot kering polong per petak ^T	*	0,0354	tn	0,4879	tn	0,4879	35,17
Estimasi hasil biji per petak ^T	*	0,0444	tn	0,5515	tn	0,5532	36,25
Estimasi produktivitas ^T	*	0,0372	tn	0,5168	tn	0,4429	12,74

* = berpengaruh nyata pada taraf 5%, tn = tidak berpengaruh nyata, J = jarak tanam, P = pemupukan, PR > F = nilai probability, KK = koefisien keragaman, ^T = hasil transformasi pada $\sqrt{x + (0,5)}$

Menurut Delgado *et al.* (2019), nilai KK yang tinggi mengindikasikan keragaman suatu karakter dapat dipengaruhi oleh galat lingkungan. Oleh karena itu, transformasi diperlukan agar data lebih homogen dan layak dianalisis lebih lanjut. Transformasi data merupakan proses mengolah data agar memenuhi persyaratan analisis, sehingga dapat diproses secara optimal oleh metode atau algoritma yang digunakan (Cynthia dan Ismanto 2018).

4.3 Karakter Pertumbuhan Vegetatif

Berdasarkan hasil analisis pada Tabel 3, perlakuan jarak tanam dan pemupukan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap komponen tinggi tanaman, diameter batang, jumlah daun, total cabang, dan cabang produktif tanaman kacang hijau. Meskipun perlakuan J2 memiliki hasil sedikit lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya pada peubah diameter batang, jumlah daun, total cabang, dan cabang produktif, selisih tersebut secara statistik tidak memberikan pengaruh yang nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Begitu juga dengan perlakuan pemupukan. Tanaman yang diberi pupuk memiliki nilai rata-rata pertumbuhan yang bervariasi, namun perbedaan tersebut tidak menunjukkan pengaruh yang nyata secara statistik. Dengan demikian, perlakuan pemupukan belum mampu meningkatkan karakter pertumbuhan vegetatif secara nyata

Tabel 3 Rata-rata pengaruh jarak tanam, pemupukan dan interaksi terhadap karakter vegetatif kacang hijau pada tanaman sampel

Perlakuan	TT (cm)	DB (mm)	JD (helai)	TC (cabang)	CP (cabang)
Jarak tanam					
J1	46,53	4,69	5,29	0,91	0,79
J2	47,43	5,19	5,93	1,06	0,94
J3	48,88	4,80	4,81	0,81	0,74
Pemupukan					
P0	44,42	4,58	5,11	0,86	0,72
P1	47,54	4,81	5,17	0,88	0,81
P2	48,71	4,96	5,34	0,87	0,70
P3	49,78	5,21	5,76	1,11	1,04
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn
KK (%)	17,78	19,62	12,38 ^T	22,86 ^T	21,30 ^T

TT = tinggi tanaman, DB = diameter batang, JD = jumlah daun, TC = total cabang, CP = cabang produktif, tn = tidak berpengaruh nyata, KK = koefisien keragaman, ^T = hasil transformasi pada $\sqrt{x + (0,5)}$

Perbedaan jarak tanam belum mampu memberikan pengaruh yang berarti terhadap karakter vegetatif. Hal ini sejalan dengan penelitian Yudianto (2016) dan Trisnangsih *et al.* (2020), yang menyatakan bahwa respon vegetatif tanaman kacang hijau tidak berbeda nyata pada rentang jarak tanam tertentu. Secara teoritis, variasi jarak tanam dapat memengaruhi kompetisi sumber daya seperti cahaya dan nutrisi di kanopi tanaman, namun respon vegetatif tanaman sangat dipengaruhi oleh lingkungan dan kemampuan adaptasi genetik sehingga perbedaan biologis tidak selalu terdeteksi sebagai perbedaan signifikan secara statistik (Naveena *et al.* 2025)

Salah satu faktor yang diduga memengaruhi kondisi tersebut adalah curah hujan yang tinggi selama periode penelitian. Intensitas curah hujan yang tinggi menyebabkan pemberian pupuk tidak memberikan pengaruh nyata pada pertumbuhan vegetatif tanaman kacang hijau (Rikol *et al.* 2025). Intensitas hujan yang tinggi meningkatkan pencucian hara (*leaching*), sehingga pupuk yang diberikan mudah hilang dari zona perakaran. Akibatnya, variasi dosis pupuk tidak menunjukkan perbedaan respon yang signifikan pada tanaman (Brady dan Weil 2008; Havlin *et al.* 2013). Selain itu, pertumbuhan gulma yang tinggi serta gangguan fisik lahan akibat pohon tumbang turut meningkatkan heterogenitas lapang. Variabilitas lingkungan yang tinggi berkontribusi terhadap tingginya nilai koefisien keragaman dan melemahkan pengaruh perlakuan secara statistik, sehingga respon tanaman terhadap pemupukan menjadi tidak terdeteksi secara nyata.

Kondisi curah hujan yang relatif tinggi pada saat penelitian berpotensi menyebabkan *leaching* atau hilangnya unsur hara akibat pencucian oleh air hujan, sehingga efisiensi serapan pupuk oleh tanaman menjadi rendah. Selain itu, kacang hijau sebagai tanaman legum dapat membentuk hubungan simbiotik dengan bakteri pengikat nitrogen di bintil akar sehingga tanaman ini mampu memfiksasi nitrogen biologis dari atmosfer, hal ini memungkinkan tanaman untuk memperoleh sebagian kebutuhan nitrogen melalui proses tersebut, sehingga respon terhadap pemupukan nitrogen terkadang tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (Favero *et al.* 2021; Favero *et al.* 2021). Penelitian yang dilakukan dos Santos *et al.* (2025)

menunjukkan bahwa meskipun fiksasi nitrogen oleh rhizobia pada kacang hijau bervariasi antar kondisi lingkungan, proses ini tetap berkontribusi terhadap penyediaan nitrogen bagi tanaman dan menurunkan ketergantungan terhadap pupuk nitrogen anorganik.

4.4 Komponen Hasil

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jarak tanam, pemupukan, maupun interaksinya tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap seluruh komponen hasil kacang hijau, yang meliputi jumlah polong, bobot basah polong, bobot kering polong, bobot biji kering per tanaman, rendemen biji, dan bobot 100 butir (Tabel 4). Rata-rata berbagai variabel pengamatan pada kombinasi perlakuan yang diuji menunjukkan kisaran nilai yang bervariasi. Rata-rata jumlah polong (JP) berkisar antara 15,26 hingga 20,57 polong per tanaman. Rata-rata bobot basah polong (BB) berkisar antara 7,53 hingga 10,50 g, sedangkan bobot kering polong (BK) berkisar antara 6,91 hingga 9,69 g. Rata-rata bobot biji kering per tanaman (BBKPT) berkisar antara 4,77 hingga 6,74 g, sedangkan rendemen biji (RB) berkisar antara 66,83 hingga 68,75%. Rata-rata bobot 100 butir (B100B) berkisar antara 6,76 hingga 7,13 g. Kisaran nilai tersebut menunjukkan adanya variasi secara deskriptif antar kombinasi perlakuan, namun secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Tidak adanya pengaruh nyata pada perlakuan jarak tanam terhadap komponen hasil per tanaman menunjukkan bahwa perbedaan jarak tanam yang digunakan belum mampu menghasilkan respons yang berbeda secara statistik pada skala individu tanaman. Meskipun terdapat variasi nilai rata-rata antarperlakuan, perbedaan tersebut belum menunjukkan adanya respons biologis yang berbeda secara nyata. Hal tersebut mengindikasikan bahwa perlakuan jarak tanam yang digunakan belum memberikan pengaruh yang nyata terhadap komponen hasil per tanaman. Kondisi tersebut diduga karena ketiga jarak tanam yang diuji masih mampu menyediakan ruang tumbuh yang memadai bagi tanaman sehingga kompetisi antartanaman belum cukup berbeda untuk memengaruhi komponen hasil per tanaman. Selain itu, kondisi lingkungan selama penelitian, seperti curah hujan yang tinggi, pertumbuhan gulma, dan heterogenitas lahan, turut memengaruhi respons tanaman sehingga pengaruh perlakuan jarak tanam tidak terdeteksi secara nyata.

Tidak adanya pengaruh nyata pada perlakuan pemupukan terhadap komponen hasil per tanaman menunjukkan bahwa perbedaan dosis pupuk yang diberikan belum mampu menghasilkan respons yang berbeda secara statistik pada skala individu tanaman. Meskipun terdapat variasi nilai rata-rata antarperlakuan, perbedaan tersebut belum menunjukkan adanya respons biologis yang berbeda secara nyata. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan pemupukan yang diberikan belum mampu meningkatkan komponen hasil per tanaman secara nyata.

Berdasarkan data panen secara terpisah (Lampiran 7, Lampiran 8, dan Lampiran 9, Lampiran 10), perlakuan pemupukan menunjukkan pengaruh nyata terhadap jumlah polong, bobot basah polong, dan bobot kering polong pada panen kedua. Pada panen pertama (7 MST), sebagian besar tanaman baru mulai memasuki fase berbunga dan pembentukan polong, sehingga jumlah polong dan biji yang dipanen masih relatif sedikit dan sangat bervariasi antar tanaman yang menyebabkan pengaruh perlakuan sulit terdeteksi secara statistik. Pada panen kedua (8 MST), sebagian besar tanaman sudah berada pada puncak fase generatif,

yaitu saat pembungaan dan pengisian polong berlangsung paling intensif, sehingga respon tanaman terhadap perlakuan menjadi lebih seragam dalam pembentukan polong dan pengisian biji. Menjelang panen ketiga (9 MST), banyak tanaman yang mulai memasuki fase penuaan atau *senescence*, penutupan kanopi berkurang, dan risiko kehilangan polong dan biji meningkat (Parihar *et al.* 2022).

Tabel 4 Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap komponen hasil kacang hijau pada tanaman sampel

Perlakuan	JP (polong)	BB (g)	BK (g)	BBKPT (g)	RB (%)	B100B (g)
Jarak tanam						
J1	16,8	8,19	7,52	5,28	68,22	7,12
J2	20,6	10,00	9,23	6,32	66,88	6,87
J3	15,9	7,69	7,08	4,97	68,65	6,86
Pemupukan						
P0	18,1	7,65	7,02	4,96	68,24	6,85
P1	15,3	7,53	6,91	4,77	66,83	7,06
P2	18,7	8,82	8,14	5,63	67,86	6,76
P3	18,9	10,50	9,69	6,74	68,75	7,13
Interaksi	tn	tn	tn	tn	tn	tn
KK (%)	17,12 ^T	22,76 ^T	23,25 ^T	23,88 ^T	8,35	8,15

JP = jumlah polong, BB = bobot basah polong, BK = bobot kering polong, BBKPT = bobot biji kering per tanaman, RB = rendemen biji, B100B = bobot 100 butir, tn = tidak berpengaruh nyata, KK = koefisien keragaman, ^T = hasil transformasi pada $\sqrt{x + (0,5)}$

Hasil per petak menunjukkan perlakuan jarak tanam memberikan pengaruh nyata terhadap bobot basah polong per petak (BBPP), bobot kering polong per petak (BKPP), estimasi hasil biji per petak (EBP), dan estimasi produktivitas (EP), sedangkan perlakuan pemupukan dan interaksi keduanya tidak memberikan pengaruh nyata (Tabel 5). Perlakuan J1 menghasilkan nilai tertinggi pada seluruh parameter hasil per petak dan berbeda nyata dibandingkan perlakuan J2 dan J3. Nilai EBP dan EP tertinggi diperoleh pada perlakuan J1 masing-masing sebesar 521,78 g dan 0,45 ton ha⁻¹, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan J2 sebesar 306,48 g dan 0,25 ton ha⁻¹. Tingginya nilai EBP dan EP pada perlakuan J1 berkaitan dengan tingginya bobot kering polong per petak yang dihasilkan. Hal ini disebabkan karena EBP merupakan hasil turunan dari BKPP dan rendemen biji, sehingga peningkatan BKPP berkontribusi langsung terhadap peningkatan EBP dan EP. Tingginya nilai EBP dan EP pada perlakuan J1 menunjukkan bahwa kondisi populasi tanaman pada jarak tanam tersebut mampu mendukung distribusi fotosintat yang lebih efisien ke organ generatif. Ketersediaan ruang tumbuh yang lebih seimbang memungkinkan proses pengisian biji berlangsung lebih optimal dibandingkan populasi yang terlalu rapat maupun terlalu jarang. Populasi tanaman pada jarak tanam J1 diduga memperbaiki alokasi fotosintat ke organ generatif, karena pada konfigurasi baris yang lebih sempit peningkatan hasil kacang hijau berkorelasi dengan penerimaan radiasi matahari oleh kanopi yang lebih tinggi serta akumulasi biomassa yang lebih besar selama fase pengisian biji (Rachaputi *et al.* 2025).

Perbedaan hasil antar perlakuan jarak tanam berkaitan erat dengan variasi populasi tanaman per satuan luas yang terbentuk pada masing-masing perlakuan. Produktivitas tertinggi diperoleh pada perlakuan J1 sebesar $0,45 \text{ ton ha}^{-1}$, sedangkan produktivitas terendah terdapat pada J2 sebesar $0,25 \text{ ton ha}^{-1}$, diikuti oleh J3 sebesar $0,26 \text{ ton ha}^{-1}$. Variasi jarak tanam dalam penelitian ini berpengaruh langsung terhadap jumlah populasi tanaman per satuan luas. Dengan penggunaan dua benih pada setiap lubang tanam, populasi tanaman yang diperoleh pada perlakuan J1 mencapai 250.000 tanaman ha^{-1} , J2 sebesar 222.222 tanaman ha^{-1} , dan J3 sebesar 333.334 tanaman ha^{-1} . Populasi yang tinggi pada perlakuan J3 tidak diikuti oleh peningkatan produktivitas, yang mengindikasikan bahwa kepadatan tanaman yang berlebihan dapat meningkatkan persaingan antartanaman dalam memanfaatkan cahaya, air, dan unsur hara. Sebaliknya, pada perlakuan J2 dengan populasi yang lebih rendah, tingkat persaingan relatif lebih kecil, namun jumlah tanaman per satuan luas yang terbatas menyebabkan total hasil yang diperoleh belum optimal. Adapun perlakuan J1 menunjukkan keseimbangan yang lebih baik antara jumlah populasi dan tingkat kompetisi, sehingga mampu menghasilkan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan lainnya.

Perlakuan J2 cenderung menghasilkan nilai tertinggi pada sebagian besar komponen hasil per tanaman sampel (Tabel 4), tetapi hasil tersebut tidak berdampak pada hasil per petak. Hal ini menunjukkan bahwa keunggulan J2 pada skala individu tanaman belum mampu menghasilkan akumulasi hasil tertinggi pada skala satuan luas. Salah satu penyebabnya yaitu jumlah populasi tanaman pada J2 yang relatif lebih rendah (133 tanaman per petak) dibandingkan J1 (150 tanaman per petak) dan J3 (200 tanaman per petak). Dengan demikian, tingginya hasil per tanaman tidak mampu mengimbangi rendahnya jumlah tanaman per petak. Perbedaan ini menegaskan bahwa efisiensi produksi pada skala satuan luas tidak hanya ditentukan oleh performa individu tanaman, tetapi juga oleh jumlah populasi dan kecepatan penutupan kanopi. Penutupan kanopi yang lebih cepat pada J1 memungkinkan pemanfaatan radiasi matahari yang lebih optimal dan menekan pertumbuhan gulma, sehingga fotosintat lebih banyak dialokasikan untuk pembentukan polong dan biji.

Perlakuan J3 dengan sistem pola tanam berlorong 2:1 ($20 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$) memiliki populasi tanaman per petak paling tinggi (200 tanaman per petak), namun hasil per petak masih lebih rendah dibandingkan perlakuan J1. Kondisi ini menunjukkan bahwa keuntungan teoritis dari sistem pola tanam berlorong, terutama peningkatan *border effect*, belum termanfaatkan secara optimal pada kondisi penelitian ini. Meskipun pola tanam berlorong 2:1 dengan lorong selebar 40 cm dapat membentuk zona baris pinggir atau *border* yang berpotensi meningkatkan penerimaan cahaya dan ruang eksplorasi akar bagi tanaman di tepi lorong, keuntungan tersebut bersifat parsial dan tidak merata pada seluruh tanaman dalam petak. Tingginya kerapatan tanaman dalam barisan pada perlakuan J3 meningkatkan kompetisi antartanaman, khususnya pemanfaatan cahaya, air, dan unsur hara, sehingga tanaman pada baris bagian dalam mengalami keterbatasan sumber daya akibat tumpang tindih kanopi dan sistem perakaran yang lebih dekat. Kondisi ini menyebabkan keunggulan pertumbuhan tanaman pada baris pinggir tidak mampu mengimbangi penurunan performa tanaman pada baris tengah, sehingga secara keseluruhan hasil per petak tetap lebih rendah. Pola perbedaan posisi baris ini sejalan dengan konsep *border-row effect*, di mana tanaman pada

baris pinggir umumnya menunjukkan pertumbuhan akar dan kemampuan penyerapan sumber daya yang lebih baik dibandingkan tanaman yang berada di baris tengah (Dong *et al.* 2024).

Perlakuan J3 memperoleh tinggi tanaman lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya (Tabel 3), namun tidak menghasilkan nilai biji yang tertinggi. Kerapatan tanaman yang terlalu rapat cenderung membuat tanaman kacang hijau tumbuh lebih tinggi, tetapi tidak selalu diikuti oleh peningkatan komponen hasil per tanaman. Sebaliknya, hasil biji optimum dicapai pada perlakuan J1 dengan kerapatan sedang, yakni 40 cm × 20 cm. Kondisi ini menunjukkan bahwa pada populasi tanaman yang terlalu tinggi, sebagian individu tidak memperoleh cahaya dan nutrisi secara optimal, sehingga biomassa total meningkat, tetapi proporsi biomassa yang dialokasikan ke biji menurun dan efisiensi hasil per tanaman tidak selalu sebanding dengan peningkatan jumlah tanaman per satuan luas (Tehulie dan Fikadu 2021).

Sebagian energi hasil fotosintesis pada kondisi jarak tanam yang lebih renggang berpotensi lebih banyak dialokasikan untuk pertumbuhan vegetatif dibandingkan pembentukan dan pengisian polong. Tanaman dengan jarak tanam yang lebih renggang umumnya menunjukkan pertumbuhan cabang dan biomassa vegetatif yang lebih besar, namun peningkatan tersebut tidak selalu diikuti oleh peningkatan hasil generatif. Pada penelitian Christian *et al.* (2023) menyatakan jarak tanam yang longgar pada tanaman kacang hijau berpotensi menurunkan efisiensi konversi biomassa menjadi hasil biji, karena pertumbuhan vegetatif tidak selalu diikuti dengan pembentukan polong dan biji yang proporsional. Jarak tanam yang lebih lebar juga berpotensi meningkatkan pertumbuhan gulma. Pada kacang hijau yang secara alami kurang kompetitif terhadap gulma, kondisi ini memperkuat persaingan dalam memperebutkan cahaya, air, dan unsur hara dapat menurunkan efisiensi pemanfaatan sumber daya. Yahya dan Teshome (2024) pada penelitiannya menunjukkan bahwa jarak antarbarisan yang lebih lebar tanpa penyiangan menghasilkan kerapatan dan bobot kering gulma tertinggi serta penurunan hasil satuan luas, sedangkan kombinasi jarak barisan sedang dengan pengendalian gulma intensif mampu menekan gulma dan meningkatkan pertumbuhan serta hasil biji kacang hijau. Hal ini juga sejalan dengan penelitian Pulok *et al.* (2015) bahwa kehilangan hasil kacang hijau dapat mencapai lebih dari seperempat hingga seluruh potensi hasil ketika gulma tidak dikendalikan. Kondisi ini menjadi lebih signifikan pada penelitian lapang dengan curah hujan tinggi, seperti pada penelitian ini, yang mendukung pertumbuhan gulma secara cepat.

Kemungkinan lain yakni penutupan kanopi yang lebih lambat pada perlakuan J2. Kanopi yang menutup permukaan lahan lebih lambat menyebabkan sebagian cahaya matahari tidak termanfaatkan secara maksimal, sehingga total fotosintat yang terakumulasi selama fase vegetatif menjadi lebih rendah, sehingga meskipun hasil per tanaman cukup baik, hasil total per petak tidak menjadi yang tertinggi. Fenomena serupa dijumpai pada penelitian Tehulie *et al.* (2021) di mana peningkatan kerapatan tanaman meningkatkan penutupan tajuk dan hasil per satuan luas, meskipun hasil per tanaman menurun pada populasi yang lebih rapat.

Perlakuan pemupukan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap bobot basah polong per petak, bobot kering polong per petak, estimasi hasil biji per petak, dan estimasi produktivitas. Kondisi ini menunjukkan bahwa peningkatan dosis pupuk yang diberikan belum mampu meningkatkan hasil kacang hijau secara signifikan. Meskipun demikian, secara deskriptif terlihat adanya kecenderungan

peningkatan produktivitas hingga dosis tertentu, di mana nilai tertinggi diperoleh pada perlakuan P1 sebesar 0,37 ton ha⁻¹, kemudian menurun pada P2 sebesar 0,33 ton ha⁻¹, dan P3 sebesar 0,29 ton ha⁻¹, sedangkan P0 (tanpa pemupukan) menghasilkan produktivitas terendah sebesar 0,26 ton ha⁻¹. Hal ini mengindikasikan bahwa pemberian pupuk pada dosis tertentu mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan pembentukan hasil, namun peningkatan dosis yang lebih tinggi tidak selalu diikuti oleh peningkatan produktivitas.

Interaksi yang tidak nyata antara perlakuan jarak tanam dan pemupukan pada Tabel 5 menunjukkan bahwa pengaruh jarak tanam terhadap hasil kacang hijau per petak bersifat independen dari perlakuan pemupukan yang diberikan, begitu juga sebaliknya. Perubahan jarak tanam tidak mengubah respon tanaman terhadap pemupukan, dan variasi dosis pupuk tidak mengubah pengaruh jarak tanam terhadap hasil. Hal ini mengindikasikan bahwa interaksi tidak selalu muncul jika respon tanaman terhadap suatu faktor dominan (Muchira *et al.* 2018).

Tabel 5 Rata-rata pengaruh jarak tanam dan pemupukan terhadap hasil per petak

Perlakuan	BBPP (g)	BKPP (g)	EBP (g)	EP (ton ha ⁻¹)
Jarak tanam				
J1	958,40 ^a	776,30 ^a	521,78 ^a	0,45 ^a
J2	514,70 ^b	446,30 ^b	306,48 ^b	0,25 ^b
J3	509,40 ^b	460,60 ^b	312,16 ^b	0,26 ^b
PR>F	0,0072	0,0354	0,0444	0,0372
Pemupukan				
P0	533,10	451,80	320,51	0,26
P1	772,20	675,30	451,24	0,37
P2	713,70	599,10	406,55	0,33
P3	624,40	518,10	356,19	0,29
Interaksi	tn	tn	tn	tn
KK (%)	33,44 ^T	35,17 ^T	36,25 ^T	12,74 ^T

Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada masing-masing perlakuan berdasarkan uji DMRT taraf 5%, BBPP = bobot basah polong per petak, BKPP = bobot kering polong per petak, EBP = estimasi hasil biji per petak, EP = estimasi produktivitas, PR > F = nilai probability, KK = koefisien keragaman, ^T = hasil transformasi pada $\sqrt{x + (0,5)}$

Relative Agronomic Effectiveness (RAE) merupakan persentase peningkatan hasil yang diperoleh dari penggunaan suatu pupuk tertentu jika dibandingkan dengan persentase hasil yang dihasilkan oleh pupuk standar atau rekomendasi. Nilai RAE menggambarkan tingkat keefektifan pupuk yang diuji terhadap pupuk standar, di mana pupuk standar memiliki nilai RAE 100%, sehingga suatu pupuk dinyatakan efektif apabila nilai RAE yang diperoleh melebihi 100% (Subandi *et al.* 2016). Nilai RAE pada penelitian ini (Tabel 6) menunjukkan bahwa perlakuan P2 (Urea 100 kg ha⁻¹ + SP-36 200 kg ha⁻¹ + KCl 200 kg ha⁻¹) memiliki nilai RAE sebesar 63,64%, sedangkan perlakuan P3 (Urea 200 kg ha⁻¹ + SP-36 300 kg ha⁻¹ + KCl 300 kg ha⁻¹) sebesar 27,27%. Nilai tersebut menunjukkan bahwa efektivitas agronomis kedua perlakuan masih lebih rendah dibandingkan dengan

pupuk pembeding. Nilai RAE yang tidak mencapai 100% menunjukkan bahwa tidak seluruh hara yang diberikan dapat dimanfaatkan tanaman secara optimal karena sebagian hara terikat di dalam tanah atau hilang melalui proses pencucian, sehingga efek pemupukannya lebih rendah dibanding perlakuan pembeding. Kondisi serupa dilaporkan oleh Ylivainio *et al.* (2021) yang menjelaskan bahwa RAE fosfor dari berbagai residu organik berada di bawah 100% karena sebagian besar fosfor berada dalam bentuk yang kurang larut dan sulit tersedia bagi tanaman.

Tabel 6 Nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE)

Perlakuan	RAE (%)
P0	-
P1	-
P2	63,64
P3	27,27

Berdasarkan hasil tersebut, perlakuan J1 dengan jarak tanam 20×40 cm direkomendasikan pada genotipe F8-VR10/V1-29 karena menghasilkan bobot polong per petak dan estimasi produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan jarak tanam lainnya. Sementara itu, berdasarkan nilai RAE, perlakuan P2 dan P3 belum mampu memberikan efektivitas agronomis yang setara dengan pupuk standar karena memiliki nilai RAE kurang dari 100%. Oleh karena itu, perlakuan P1 atau dosis pupuk standar direkomendasikan untuk diterapkan pada genotipe F8-VR10/V1-29.

Produktivitas yang diperoleh pada penelitian ini menunjukkan variasi yang dipengaruhi oleh kondisi lingkungan dan teknik budidaya. Jika dibandingkan dengan penelitian lain pada genotipe yang sama, produktivitas tertinggi yang diperoleh pada penelitian ini sebesar $0,45 \text{ ton ha}^{-1}$, lebih rendah dibandingkan hasil penelitian Ginting (2025) yang mencapai $0,80 \text{ ton ha}^{-1}$, tetapi lebih tinggi dibandingkan hasil penelitian Maulana (2025) sebesar $0,13 \text{ ton ha}^{-1}$. Perbedaan produktivitas tersebut menunjukkan bahwa kondisi lingkungan dan teknik budidaya berperan dalam menentukan hasil produksi. Pada penelitian ini, curah hujan yang relatif tinggi selama periode pertumbuhan berpotensi menyebabkan pencucian unsur hara sehingga menurunkan efisiensi pemupukan. Selain itu, tingginya pertumbuhan gulma serta kerusakan beberapa petak akibat pohon tumbang menyebabkan kondisi lingkungan menjadi lebih heterogen, sehingga produktivitas yang dihasilkan belum optimal. Dengan demikian, produktivitas yang diperoleh pada penelitian ini masih berada dalam kisaran hasil yang dilaporkan pada penelitian sebelumnya dan menunjukkan adanya pengaruh kondisi lingkungan serta teknik budidaya terhadap produksi genotipe F8-VR10/V1-29.

DAFTAR PUSTAKA

- AgroMedia R. 2007. *Petunjuk Pemupukan*. Jakarta: PT AgroMedia Pustaka.
- Akbar R. 2015. *Aneka Tanaman Apotek Hidup di Sekitar Kita*. Jakarta: One Book.
- Ariyanto SE. 2010. Kajian dampak perubahan iklim terhadap produktivitas kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) di lahan kering. *Jurnal Sains dan Teknologi*. 3:1-9.
- Arsyadmunir. 2016. Periode kritis kekeringan pada pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Agrovigor*. 9(2):132-140.
- Aryansyah R, Utami T, Cahyanto MN. 2015. Pengaruh pH dan suhu terhadap aktivitas amilase kecambah kacang hijau (*Vigna radiata*) varietas Vima-1 [skripsi]. Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Astawan. 2009. *Sehat dengan Hidangan Kacang dan Biji-Bijian*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Bahagia M, Ilyas, Jufri Y. Evaluasi kandungan hara tanah fosfor (P) dan C-organik (C) di tiga lokasi sawah intensif di Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7(2): 647-653.
- [Balitbangtan] Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2011. *Penetapan Dosis Pemupukan dengan PUTK (Perangkat Uji Tanah Lahan Kering)*. Jakarta: Kementerian Pertanian.
- [Bapanas] Badan Pangan Nasional. 2024. *Situasi Konsumsi Pangan Nasional Tahun 2023*. Jakarta: Badan Pangan Nasional.
- Beier MP, Kojima S. 2021. The function of high-affinity urea transporters in nitrogen-deficient conditions. *Physiologia Plantarum*. 171(4): 802-808.
- Bharoto. 2016. Penerapan sistem jajar legowo terhadap peningkatan produktivitas dan nilai tambah padi sawah. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian*. 23(1): 24-32.
- [BMKG] Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika. 2024. Data iklim harian. [diakses 2025 Nov 24]. <https://dataonline.bmkg.go.id/>.
- Brady NC, Weil RR. 2008. *The Nature and Properties of Soils*. New York (NY): Person Prentice Hall.
- Cahyono B. 2007. *Kacang Hijau (Teknik Budi Daya dan Analisis Usaha Tani)*. Semarang: Aneka Ilmu.
- Chesaria N, Sobir, Syukur M. 2018. Analisis keragaan cabai rawit merah (*Capsicum frutescens*) lokal asal Kediri dan Jember. *Bul. Agrohorti*. 6(3): 388-396.
- Christian J, Hui D, Kaur N, Kieffer C, Moghaddam S, Touray A, Borlay J, Blair MW, Mentreddy SR, Tegegne F, *et al.* 2023. Effects of variety and planting density on mung bean eco-physiology and yield in the Southeastern US. *Agricultural Science*. 14: 898-914.
- Cynthia EP, Ismanto E. 2018. Metode decision tree algoritma c.45 dalam mengklasifikasikan data penjualan bisnis gerai makanan cepat saji. *JURASIK*. 3:1-13.
- Delgado ID, Gonçalves FMA, Parrella RAdA, de Castro FMR, Nunes JAR. 2019. Genotype by environment interaction and adaptability of photoperiod sensitive biomass sorghum hybrids. *Bragantia*. 78: 509-521.
- [Deptan] Departemen Pertanian. 2005. *Budidaya Mina Padi Azolla dengan Tanam Jajar Legowo*. Jakarta: Departemen Pertanian.

- Dong Q, Zhao X, Sun Y, Zhou D, Lan G, Pu J, Feng C, Zhang H, Shi X, Liu X, *et al.* 2024. Border row effects improved the spatial distributions of maize and peanut roots in an intercropping system, associated with improved yield. *Front Plant Sci.* 15: 1414844.
- dos Santos DMT, Favero VO, Leite ABC, da Costa Rodrigues dos Santos G, de Almeida JC, Batista JN, Pereira W, Zonta E, Urquiaga S, Rumjanek NG, *et al.* 2025. Harnessing rhizobial inoculation for sustainable nitrogen management in mung bean (*Vigna radiata* L.). *Plants.* 14(23): 3695.
- Elisabeth DAA, Sutrisno S, Riyanto SA, Kuntastyuti H, Rozi F. 2021. Kemampuan daya saing kacang hijau di Tingkat usahatani pada lahan salin (studi kasus di Desa Gesik Harjo, Kecamatan Palang, Kabupaten Tuban). *Buletin Palawija.* 19(2):93-102.
- Fallo G, Banusu MS, Pardosi L, Tefa A. 2023. Isolasi dan identifikasi bakteri rhizosfer dari tanaman kacang gude (*Cajanus cajan* L.) sebagai penghasil hormon IAA (*Indole Acetic Acid*) dan aplikasinya pada benih padi (*Oryza Sativa* L.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Hayati.* 22(1): 129-138.
- Fan X, Naz M, Fan X, Xuan W, Miller AJ, Xu G. 2017. Plant nitrate transporters: from gene function to application. *Journal of Experimental Botany.* 68:2463-2475.
- Favero VO, de Carvalho RH, da Motta VM, Leite ABC, Coelho MRR, Xavier GR, Rumjanek NG, Urquiaga S. 2021. *Bradyrhizobium* as the only rhizobial inhabitant of mung bean (*Vigna radiata*) nodules in tropical soils: a strategy based on microbiome for improving biological nitrogen fixation using bio-products. *Front. Plant Sci.* 11: 602645.
- Favero VO, de Carvalho RH, Leite ABC, de Freitas KM, Zili JE, Xavier GR, Rumanjek NG, Urquiaga S. 2021. Characterization and nodulation capacity of native bacteria isolated from mung bean nodules used as a trap plant in Brazilian tropical soils. 2021. *Applied Soil.* 167: 104041.
- Febriyono R, Susilowati YE, Suprpto A. 2017. Peningkatan hasil tanaman kangkung darat (*Ipomoea reptans*, L.) melalui perlakuan jarak tanam dan jumlah tanaman per lubang. *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika.* 2(1):22-27.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL. 1985. *Physiology of Crop Plant.* Goenadi DH, penerjemah. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Ginting MAH. 2025. Evaluasi pertumbuhan, tipe pola panen, dan daya hasil galur kacang hijau IPB untuk produksi biji dan taoge [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hanafiah KA. 2007. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah.* Jakarta: Grafindo Persada.
- Handery Y, Nunuk. 2017. Pengaruh dosis pupuk organik plus semanggi dan SP-36 terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) varietas vima 2. *Jurnal Hijau Cendekia.* 2(2): 61-66.
- Hardjowigeno S. 2007. *Ilmu Tanah.* Jakarta: Akademika Pressindo.
- Hasibuan NW, Afrianti S. 2020. Kajian kimia tanah pada perkebunan sawit dengan menggunakan *Mucuna bracteata* PT.PP London Sumatra Indonesia,Tbk unit sei merah. *Agroprimatech.* 4(1): 34-41.
- Havlin JL, Tisdale SL, Nelson WL, Beaton JD. 2013. *Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management.* New Jersey (NJ): Pearson Education.

- Helitty. 2008. Pengaruh jus kacang hijau terhadap kadar hemoglobin dan jumlah sel darah dalam konteks asuhan keperawatan pasien kanker dengan kemoterapi di RSUP Fatmawati Jakarta [tesis]. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Herman, Desnilia, Roslim DI. 2015. Karakteristik agronomi delapan galur kacang hijau (*Vigna Radiata* L.) kampar generasi kedua. Di dalam: Kusumastuti N, Kiftiah M, Sulistianingsih E, Rizki SW. Peran Ilmu MIPA dalam Pengelolaan Sumber Daya Alam untuk Meningkatkan Daya Saing Bangsa. Prosiding Seminar Nasional Bidang Ilmu MIPA SEMIRATA 2015; 2015 Mei 5-7; Pontianak, Indonesia. Pontianak: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Tanjungpura. hlm 154-165.
- Ishmatalhaq Z, Marwiyah S, Sutjahjo SH, Wirnas D. 2023. Karakterisasi taoge dan potensinya pada galur-galur kacang hijau IPB. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 14(3): 149-155.
- Jali S, Alby S, Febriyanti I. 2022. Respon kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap pemberian beberapa dosis pupuk SP-36 dan pupuk kascing. *Jurnal Ilmu Pertanian Agronitas*. 4(1): 196-206.
- Krismawati A, Arsyad DM. 2014. Analisis stabilitas daya hasil varietas kedelai di lahan sawah Kabupaten Madiun, Jawa Timur. *Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian*. 17(3): 165-173.
- Krestiani V, Suhariyanto, Rizqiyanto NJ. 2023. Pengaruh dosis dan frekuensi pemberian pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *MJ-Agroteknologi*. 2(2): 18-31.
- Kumar P, Pal M, Joshi R, Sairam RK. 2012. Yield, growth and physiological responses of mung bean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] genotypes to waterlogging at vegetative stage. *Physiol Mol Biol Plants*. 19(2):209-220.
- Lintang CW, Roviq M, Nihayati E. 2018. Upaya peningkatan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacter (PGPR) dan Mikoriza. *Jurnal Produksi Tanaman*. 6(6): 1134-1139.
- Liu Y, von Wirén N. 2017. Ammonium as a signal for physiological and morphological responses in plants. *Journal of Experimental Botany*. 68: 2581-2592.
- Machay ADJK, Syers, Gregg PEH. 1984. Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock material. *J of Agricultural Research*. 27(1):219-230.
- Malik A, Tafonao S, Sumbayak RJ. 2021. Pengaruh pupuk kandang sapi dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.). *Jurnal Agrotekda*. 5(2): 26-39.
- Mansyur NI, Pudjiwati EH, Murtalaksono A. 2021. *Pupuk dan Pemupukan*. Aceh: Syiah Kuala University Press.
- Marsiwi T, Purwanti S, Prajitno D. 2015. Pengaruh jarak tanam dan takaran pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil benih kacang hijau (*Vigna radiata* L. Wilczek). *Vegetalika* 4(2):124-132.
- Mattjik AA, Sumertajaya IM. 2000. *Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan minitab*. Bogor: IPB Press.
- Maulana FB. 2025. Uji hasil galur-galur kacang hijau IPB periode panen pendek [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

- Maulida H, Sutjahjo SH, Wirnas D, Marwiyah S. 2022. Keragaan dan respon seleksi pada segrekan transgresif kacang hijau. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 50(2): 147-154.
- Meitasari AD, Wicaksono KP. 2017. Inokulasi *Rhizobium* dan perimbangan nitrogen pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) varietas willis. *PLANTROPICA Journal of Agricultural Science*. 2(1): 55-63.
- Meliyana R, Wardana R, Syarief M. 2019. Efikasi ekstrak daun kemangi (*Ocimum basilicum*) terhadap penyakit bercak daun (*Cercospora arachidicola*) pada kacang tanah. *Agriprima*. 3(1): 30-35.
- Muchira B, Kamau P, Mushimiyimana D. 2018. Effects of spacing and fertilization on growth and grain yields of mung beans (*Vigna radiata* (L) Wilczek) in dry areas of Subukia, Kenya. *IJARP*. 2(7): 30-44.
- Mustakim M. 2013. *Budidaya Kacang Hijau secara Intensif*. Yogyakarta: Pustaka Baru Press.
- Naveena E, Janavi GJ, Rameshkumar D, Fathima AF, Nivedha CK. 2025. Effect of different spacing level and growth stages of chekkurmanis (*Sauropus androgynus* L.) on plant growth. *IJAR*. 59(6): 962-967.
- Ningsih W, Hadiyah I, Suhardjadinata. 2020. Pengaruh inokulasi *Rhizobium phaseoli* dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau. *Media Pertanian*. 5(2): 63-72.
- Nopsagiarti T, Saputri MA, Refiani TP. 2025. Analisis pH, C-organik, N-total, dan rasio C/N tanah lahan perkebunan kelapa sawit di Desa Logas Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal Agro Indragiri*. 10(2): 21-26.
- Nurhayati DR. 2017. The effect of coconut shell charcoal on sesame (*Sesamum indicum* L.) yield grown on coastal sandy land area in Bantul, Indonesia. *International Research Journal of Engineering and Technology (Irjet)*. 4(9):1035-1041.
- O'Brien JA, Vega A, Bouguyon E, Krouk G, Gojon A, Coruzzi G, Gutiérrez RA. 2016. Nitrate transport, sensing, and responses in plants. *Mol Plant*. 9(6): 837-856.
- Parihar AK, Gupta S, Hazra KK, Lamichaney A, Gupta DS, Singh D, Kumar R, Singh AK, Vaishnavi R, Jaberson MS, *et al*. 2022. Multi-location evaluation of mungbean (*Vigna radiata* L.) in Indian climates: ecophysiological dynamics, yield relation, and characterization of locations. *Front Plant Sci*. 13.
- Pradana GBA, Islami T, Suminarti NE. 2015. Kajian kombinasi pupuk fosfor dan kalium pada pertumbuhan dan hasil dua varietas tanaman sorgum (*Sorgum bicolor* (L) Moench). 3(6): 464-471.
- Pulok MAI, Mazed HEMK, Chowdury MSN, Afsana N, Maih I. 2015. Field performance of mungbean (*Vigna radiata*) as influence by row spacing and number of weeding. *IJRR*. 2(4): 117-123.
- Purwanti S. 2018. Kajian GA3 dan pupuk fosfor terhadap pertumbuhan dan hasil benih kedelai hitam dalam kondisi kelebihan air. *Institut Pertanian STIPER*. 17-32.
- Purwono, Hartono R. 2005. *Kacang Hijau: Teknik Budidaya di Berbagai Kondisi Lahan dan Musim*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Purwono, Purnamawati H. 2007. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Jakarta: Penebar Swadaya.

- [Pusdatin Kementan] Pusat Data dan Sistem Informasi Kementerian Pertanian. 2022. *Statistik Konsumsi Pangan Tahun 2022*. Jakarta: Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Putra IA. 2015. Batas kritis kalium untuk tanaman jagung pada berbagai status hara di tanah inceptisol. *Agrica Ekstensia* 9(1): 1-7.
- Rachaputi RCN, Chauhan Y, Douglas C, Martin W, Krosch S, Agius P, King K. 2025. Physiological basis of yield variation in response to row spacing and plant density of mungbean grown in subtropical environments. *Field Crops Research*. 183: 14-22.
- Rahmiana AAM, Bel M. 2001. Telaah faktor pembatas kacang tanah. *Penelitian Palawija*. 5(1): 65-76.
- Rajiman. 2020. *Pengantar Pemupukan*. Yogyakarta: CV Budi Utama.
- Ramadhani PW, Barunawati N. 2019. Pengaturan jarak tanam dan dosis pupuk majemuk NPK pada pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) varietas Vima 2. *Jurnal Produksi Tanaman*. 7(8):1461-1466.
- Rikol R, Wasi'an, Ashari AM. 2025. Pengaruh pupuk hijau gulma paitan dan pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau pada tanah aluvial. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 14(2): 505-515.
- Samekto R. 2006. *Pupuk Kandang*. Yogyakarta: PT. Citra Aji Parama.
- Samudra AIP, Misbah M. 2020. Rancang bangun alat penyiram kecambah otomatis menggunakan Stm32f746g discovery dengan metode fuzzy logic control. *Jurnal Teknik Elektro dan Informatika*. 15(2): 1-10.
- Semangun H. 1991. *Penyakit-Penyakit Tanaman Pangan di Indonesia*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Semangun H. 2005. *Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Sihabuddin, Jaya IKD, Soemeinaboedhy IN. 2017. Pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau (*Vigna radiata* L.) yang ditanam dengan jarak tanam dan dosis pupuk phonska yang berbeda di lahan kering. *Crop Agro*. 10(2):157-165.
- Soelaksini LD, Irawan TB, Nuraisyah A. 2022. Peningkatan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L) menggunakan pupuk azolla pinnata dan pupuk urea. *Jurnal Ilmiah Inovasi*. 22(1): 73-83.
- Subandi M, Hasani S, Satriawan W. 2016. Tingkat efisiensi dan efektivitas pupuk hayati dalam mensubstitusi pupuk nitrogen dan fosfor pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrista*. 20(3): 140-149.
- Sugianto, Sutejo, Bahri S. 2022. Respon tanaman kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrill) terhadap dosis kasgot dan pupuk kalium (KCl). *Jurnal Agro Silampari*. 1(1): 28-36.
- Sumartini. 2008. Bioekologi dan pengendalian penyakit bercak daun pada kacang tanah. *Buletin Palawija*. (16): 18-26.
- Sutarwi B, Pujiasmanto, Supriyadi. 2013. Pengaruh dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tanaman kacang tanah (*Arachis Hypogaea* (L.) Merr) pada sistem agroforestri. *EL-VIVO*. 1(1): 42-48.
- Taylor SL, Payton ME, Raun WR. 1999. Relationship between mean yield, coefficient of variation, mean square error and plot size in wheat field experiments. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 30(9-10): 1439-1447.

- Tehulie NS, Fikadu T. 2021. Response of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) varieties to intra and inter row spacing under irrigation at Gewane, Northeastern Ethiopia. *AJRSP*. 2(22): 167-193.
- Tehulie NS, Fikadu T, Purba JH. 2021. Response of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek) varieties to plant spacing under irrigation at Gewane, Northeastern Ethiopia. *Agro Bali: Agricultural Journal*. 4(1): 1-14.
- Triharto S. 2013. Survei dan pemetaan unsur hara N, P, K, dan pH tanah pada lahan sawah tadah hujan di Desa Durian Kecamatan Pantai Labu [skripsi]. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- Trisnarningsih U, Wahyuni S, Prasetyo M. 2020. Pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kacang hijau pada jarak tanam yang berbeda. *JAT*. 8(1): 145-155.
- Wahyudi RA, Seprido, Wahyudi. 2021. Pengaruh pemberian POC Nasa dan pupuk KCl terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada tanah PMK. *Jurnal Green Swarnadwipa*. 10(3): 431-441.
- Wahyudin A, Nurmala T, Rahmawati RD. 2015. Pengaruh dosis pupuk fosfor dan pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) pada ultisol Jatininggor. *Jurnal Kultivasi*. 14(2): 16-22.
- Wijaksono RA, Subiantoro R, Utoyo B. 2016. Pengaruh lama fermentasi pada kualitas pupuk kandang kambing. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*. 4(2): 88-96.
- Willem A. 2023. Evaluasi ketahanan pecah polong dan tingkat produktivitas 22 genotipe kacang hijau (*Vigna radiata* L.) hasil seleksi IPB [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Yahya AM, Teshome KA. 2024. The interaction effect of weed frequency and inter-row spacing on the yield and yield components of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek). *IJANS*. 17(3): 313-329.
- Yamaya T, Kusano M. 2014. Evidence supporting distinct functions of three cytosolic glutamine synthetases and two NADH-glutamate synthases in rice. *Journal of Experimental Botany*. 65: 5519-5525.
- Yao Y, Yang X, Tian J. 2013. Antioxidant and antidiabetic activities of black mung bean (*Vigna radiata* L.). *J. Agric. Food Chem*. 61(34): 8104-8109.
- Ylivainio K, Lehti A, Jermakka J, Wikberg H, Turtola E. 2021. Predicting relative agronomic efficiency of phosphorus-rich organic residues. *Science of the Total Environment*. 773:
- Yudianto F. 2016. Respon pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) terhadap berbagai dosis pupuk nitrogen dan jarak tanam. *Jurnal Viabel Pertanian*. 10(2): 42-50.
- Yuniarti A, Solihin E, Putri ATA. 2020. Aplikasi pupuk organik dan N, P, K terhadap pH tanah, P-tersedia, serapan P, dan hasil padi hitam (*Oryza sativa* L.) pada inceptisol. *Kultivasi*. 19(1):1040-1046.