

**Pengaruh Dosis Pupuk Fosfor dan Kalium terhadap Produksi dan Pertumbuhan Kedelai
(*Glycine max* (L.) Merrill)**

***The Effect of Doses of Phosphorus and Potassium Fertilizers on the Growth and Production of Soybean
(*Glycine max* (L.) Merrill)***

Ade Tika Sari Harahap¹, Iskandar Lubis^{2*}, Endah Retno Palupi²

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Departemen Agronomi dan Hortikultura,
Institut Pertanian Bogor (IPB University)

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, (IPB University)
Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

*Penulis Korespondensi: iskandarlbs@yahoo.com

Disetujui: 22 November 2023 / Published Online September 2024

ABSTRACT

Soybeans are one of the prior commodities that production is trying to increase in order to reduce imports. Efforts to increase national soybean production are done by improving cultivation techniques through fertilizer regulation. Phosphorus (P) and potassium (K) fertilizers are the basic fertilizers needed for soybean cultivation. This research aims to obtain information on the effect of doses of P and K fertilizers on soybean growth and production. The research was conducted at Sawah Baru Experimental Field and Post-harvest Laboratory of IPB University from September to December 2021. This research used a randomized complete block design (RCBD) with two experimental factors, the dose of P fertilizer (0, 50, 100, and 150 kg SP-36 ha⁻¹) and the dose of K fertilizer (0, 100, and 150 kg KCl ha⁻¹). The variety used was Anjasmoro. The results showed that the application of P fertilizer accelerated harvest age and increased leaf area index, leaf greenness in the R1 phase, culm and leaf dry weight, rate of plant growth in the R5–R8 phase, weight of seeds per plant, tile weight, and soybean yield potential. A dose of 150 kg SP-36 ha⁻¹ produced the highest weight of seeds per plant, tile weight, and yield potential compared to other doses. The yields of fertilizer treatments of P 100 kg SP-36 ha⁻¹ and 150 kg SP-36 ha⁻¹ exceeded the yield potential of the variety. K fertilization extended the age of pods filling (R5) and increased plant height at 9 WAP, culm and leaf dry weight, weight of seeds per plant, weight of 100 seeds, tile weight, and soybean yield potential. The dose of 150 kg KCl ha⁻¹ resulted in the highest soybean production component compared to other doses.

Keywords: age of pods filling, culm and leaf dry weight, harvest age, seed weight, yield potential

ABSTRAK

Kedelai merupakan salah satu komoditas prioritas yang diupayakan untuk ditingkatkan produksinya guna mengurangi impor. Upaya peningkatan produksi nasional kedelai di antaranya perbaikan teknik budi daya melalui pengaturan pupuk. Pupuk fosfor (P) dan kalium (K) yang merupakan pupuk dasar yang dibutuhkan dalam budi daya kedelai. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi mengenai pengaruh dosis pupuk P dan K terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai. Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan IPB Sawah Baru dari bulan September hingga Desember 2021. Percobaan menggunakan rancangan kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan dua faktor percobaan, yakni dosis pupuk P (0, 50, 100, dan 150 kg SP-36 ha⁻¹) dan dosis pupuk K (0, 100, dan 150 kg KCl ha⁻¹). Varietas yang digunakan adalah Anjasmoro. Hasil penelitian menunjukkan pemberian pupuk P mempercepat umur panen serta menaikkan indeks luas daun, nilai kehijauan daun fase R1, bobot kering tajuk, laju pertumbuhan tanaman fase R5–R8, bobot biji per tanaman, bobot ubinan, dan potensi hasil kedelai. Dosis 150 kg SP-36 ha⁻¹ menghasilkan bobot biji per tanaman, bobot ubinan, dan potensi hasil tertinggi dibanding dosis lainnya. Hasil panen perlakuan pupuk P 100 kg SP-36 ha⁻¹ dan 150 kg SP-36 ha⁻¹ melampaui potensi hasil varietas. Pemupukan K memperpanjang fase pengisian polong (R5) dan meningkatkan tinggi tanaman pada 9 MST, bobot kering tajuk, bobot biji per tanaman, bobot 100 butir, bobot ubinan, dan potensi hasil kedelai. Dosis 150 kg KCl ha⁻¹ menghasilkan komponen produksi kedelai tertinggi dibanding dosis lainnya.

Kata kunci: bobot biji, bobot kering tajuk, potensi hasil, umur panen, umur pengisian polong

PENDAHULUAN

Kedelai merupakan salah satu komoditas prioritas yang diprogramkan Kementan untuk ditingkatkan produksinya guna mengurangi impor. Tanaman ini merupakan komoditas strategis setelah padi dan jagung (Bappenas, 2014). Biji kedelai memiliki kandungan protein lebih tinggi dibandingkan jenis kacang-kacangan lainnya dan banyak dimanfaatkan untuk bahan pangan, pakan, dan bahan baku industri olahan. Kebutuhan masyarakat akan kedelai merupakan sesuatu yang lazim. Seiring permintaan kedelai yang terus meningkat maka harus diimbangi dengan produksi yang cukup pula. Produksi kedelai Indonesia pernah mencapai puncaknya pada tahun 1992 yaitu sebesar 1.87 juta ton biji kering, namun setelah itu, produksi cenderung mengalami penurunan. Produksi kedelai Indonesia pada tahun 2015 sebesar 0.96 juta ton biji kering (BPS, 2016), jauh di bawah kebutuhan nasional. Pada tahun 2019, Indonesia mengimpor kedelai sebesar 2.67 juta ton biji kering (BPS, 2020), sehingga termasuk salah satu pengimpor kedelai terbesar. Penyebab rendahnya produksi kedelai antara lain karena penerapan teknologi yang belum tepat, penggunaan pupuk anorganik yang belum berimbang, serta gangguan hama dan penyakit. Terkait dengan hal tersebut, maka perlu dilakukan upaya peningkatan produksi kedelai agar dapat memenuhi kebutuhan nasional. Upaya peningkatan produksi nasional kedelai, salah satunya dengan perbaikan teknik budi daya melalui pengaturan pupuk. Pemupukan merupakan kegiatan menambahkan hara ke dalam tanah apabila tanah tersebut tidak mampu menyediakan hara sendiri untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimum (Poerwanto dan Susila, 2014). Pemupukan dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk organik dan anorganik. Pemberian pupuk anorganik masih yang paling umum dilakukan petani.

Sebagai tanaman semusim, kedelai membutuhkan hara fosfor (P) dan kalium (K) dalam jumlah yang relatif besar. Pupuk anorganik yang digunakan untuk budi daya kedelai diantaranya pupuk fosfor dan kalium. Pemberian pupuk fosfor dan kalium bertujuan menyediakan hara yang cukup untuk pertumbuhan kedelai agar produksi optimum. Pemberian pupuk fosfor berupa SP-36 sebanyak 50, 100, 150, dan 200 kg ha⁻¹ berpengaruh nyata terhadap jumlah biji per tanaman, bobot 100 butir, dan bobot biji per tanaman (Thoyyibah *et al.*, 2014). Pemberian pupuk P 100 kg ha⁻¹ tidak berbeda nyata dengan dosis 200 kg ha⁻¹ terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai kecuali tinggi tanaman (Puteri *et al.*, 2014).

Pemberian pupuk kalium berupa KCl sebanyak 85 kg ha⁻¹ mampu memberikan hasil kedelai yang optimum (Nursyamsi, 2006). Dosis pemupukan perlu diperhatikan agar penggunaan pupuk lebih efektif dan efisien. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian mengenai pengaturan dosis pupuk fosfor (P) dan kalium (K) yang tepat agar diperoleh pertumbuhan dan produksi kedelai yang optimum. Penelitian ini bertujuan mendapatkan informasi mengenai pengaruh dosis pupuk fosfor (P) dan kalium (K) terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan September hingga Desember 2021 di Kebun Percobaan Sawah Baru dan Laboratorium Pascapanen Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bahan tanam yang digunakan adalah benih kedelai varietas Anjasmoro. Pupuk yang diaplikasikan yaitu pupuk kandang 1 ton ha⁻¹, urea 50 kg ha⁻¹, SP-36 0, 50, 100, dan 150 kg ha⁻¹, dan KCl 0, 100, dan 150 kg ha⁻¹. Bahan lainnya yaitu legin (inokulan bakteri *Rhizobium*), insektisida berbahan aktif karbofuran dan deltametrin. Alat yang digunakan adalah meteran, *soil plant analysis development* (SPAD meter), sprayer, timbangan analitik, dan oven.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial kelompok lengkap teracak (RKLT) dengan dua faktor yang terdiri atas dosis pupuk fosfor dan pupuk kalium. Faktor pertama, dosis pupuk fosfor dengan 4 taraf perlakuan (0, 50, 100, 150 kg SP-36 ha⁻¹). Faktor kedua, dosis pupuk kalium dengan 3 taraf perlakuan (0, 100, 150 kg KCl ha⁻¹). Dari kombinasi kedua faktor tersebut diperoleh 12 perlakuan percobaan. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali sehingga diperoleh 36 satuan percobaan.

Analisis tanah dilakukan sebelum melakukan persiapan lahan. Pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit, yaitu sampel diambil dari 5 titik berdasarkan garis diagonal lahan. Sampel kemudian dicampurkan seluruhnya, lalu diambil sekitar 0.5 kg tanah untuk dibawa ke Laboratorium Pengujian, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB. Sampel tanah dianalisis dengan menggunakan analisis rutin.

Persiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan dua minggu sebelum penanaman yang meliputi pengolahan tanah dan pembuatan petak percobaan. Pengolahan

tanah dilakukan sebanyak dua kali. Menurut hasil analisis tanah penelitian Tsalitsan (2017), Kebun Percobaan IPB Sawah Baru Lahan Kering memiliki pH yang masam. Pengolahan pertama dilakukan pembersihan, penghancuran tanah. Pengolahan kedua dilakukan pencampuran tanah dan pemberian pupuk kandang 1 ton ha⁻¹ pada satu minggu sebelum tanam. Menurut Sutedjo (1994) pupuk kandang berfungsi memperbaiki unsur tanah sebagai media tumbuh, meningkatkan kapasitas kation, dan mendorong kehidupan jasad renik dalam tanah. Petak percobaan berukuran 3.5 m × 3 m dengan ketinggian 30 cm dan jarak antar petak 30 cm. Antar petak percobaan dibuat drainase dengan lebar 30 cm dan kedalaman 25 cm.

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman

Penanaman dilakukan dua minggu setelah persiapan lahan. Sebelum ditanam, benih direndam dalam larutan legin (inokulan bakteri *Rhizobium*) dengan dosis 1 g l⁻¹ air selama 15 menit. Pemberian legin diharapkan mampu untuk merangsang pembentukan bintil akar. Menurut Saptiningsih (2007), penambahan *Rhizobium* terbukti efektif untuk meningkatkan jumlah bintil akar dibanding tanpa penambahan *Rhizobium* (*Rhizobium indogenus*). Penanaman dilakukan menggunakan sistem tugal dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm. Kegiatan pemberian pupuk dilakukan satu minggu setelah penanaman. Pemupukan dilakukan dengan cara dialur di samping barisan tanaman. Pupuk yang digunakan yaitu pupuk urea 50 kg ha⁻¹, pupuk SP-36 dan KCl diberikan sesuai dosis perlakuan pada tiap petak percobaan.

Kegiatan pemeliharaan meliputi penyiangan gulma, penyiraman, serta pengendalian hama dan penyakit tanaman. Penyiangan gulma dilakukan dengan cara manual sesuai pertumbuhan gulma. Penyiangan dilakukan dengan mencabut gulma yang tumbuh menggunakan tangan atau kored di sekitar tanaman. Selain itu, dilakukan penggemburan tanah. Penggemburan dilakukan secara hati-hati agar tidak merusak perakaran tanaman. Penyiraman dilakukan sesuai kebutuhan dan kondisi lahan. Pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan cara mekanis dan kimiawi. Pengendalian kimiawi dengan penyemprotan pestisida berbahan aktif karbofuran dan deltametrin pada 4 MST dan 9 MST.

Panen

Kegiatan panen dilakukan pada tiap petak percobaan. Kriteria tanaman kedelai dapat dipanen ketika ±95% polong telah berwarna kuning kecokelatan, sebagian besar daun menguning dan atau gugur. Panen dilakukan dengan cara mencabut tanaman, kemudian dikumpulkan sesuai petak.

Penanganan pascapanen dimulai dengan perontokan dan penimbangan polong, penjemuran polong hingga polong mudah dipecahkan tangan, pemisahan biji dari polong, dan penimbangan biji.

Pengamatan Percobaan

Pengamatan percobaan dibagi menjadi tiga bagian yaitu pengamatan terhadap petak percobaan tiap perlakuan, pengamatan 10 tanaman contoh tiap petak percobaan, dan pengamatan sampel tanaman (destruktif) sebanyak dua rumpun tiap petak percobaan.

Pengamatan terhadap petak percobaan tiap perlakuan

Peubah-peubah yang diamati antara lain: a) persentase daya tumbuh tanaman (%): dihitung berdasarkan jumlah tanaman yang tumbuh atau hidup yang diamati saat 2 MST; b) waktu berbunga (HST): fase R1 (fase muncul bunga) diamati saat ≥50% dari populasi (termasuk tanaman contoh) sudah berbunga; c) waktu muncul polong (HST): fase R3 (fase muncul polong) diamati saat terdapat polong normal sepanjang 0.5 cm pada salah satu buku batang utama; d) waktu polong mulai berisi (HST): fase R5 (fase polong mulai berisi) diamati saat terdapat polong utama berisi biji sepanjang 2 mm x 1 mm; e) waktu panen (HST): fase R8 (fase panen) diamati saat 95% polong tanaman (termasuk tanaman contoh) telah berwarna kuning kecokelatan; f) bobot biji kedelai per ubinan (g m⁻²): diamati saat panen dengan cara mengambil tanaman kedelai dalam ubinan yang berukuran 1 m × 1 m dari setiap petak percobaan; g) potensi hasil: dugaan potensi hasil dihitung dari 80% bobot biji ubinan (g m⁻²) yang telah dikonversi dalam satuan ton ha⁻¹.

Pengamatan terhadap tanaman contoh tiap petak percobaan

Jumlah tanaman contoh yang diambil dalam satu petak sebanyak 10 tanaman. Peubah-peubah yang diamati antara lain: a) tinggi tanaman (cm): diukur dari pangkal batang tanaman sampai titik tumbuh pada batang utama, dilakukan dari 3 MST sampai 11 MST dengan interval 2 minggu; b) jumlah cabang per tanaman: diamati bersamaan dengan tinggi tanaman; c) jumlah buku per tanaman: jumlah buku pada batang utama dan cabang pada batang utama, diamati bersamaan dengan tinggi tanaman; d) nilai kehijauan daun: diukur saat fase R1 (fase muncul bunga) dan R5 (fase polong mulai berisi) menggunakan alat SPAD; e) jumlah cabang produktif per tanaman: menghitung jumlah cabang yang menghasilkan polong per tanaman saat panen; f) jumlah buku produktif per tanaman: jumlah buku pada batang

utama dan cabang pada batang utama yang menghasilkan polong dalam satu tanaman, diamati saat panen; g) jumlah polong per tanaman: jumlah polong pada batang utama dan cabang pada batang utama, diamati saat panen; h) jumlah biji per tanaman: jumlah biji dalam satu tanaman, diamati saat panen; i) bobot biji kering per tanaman (g): biji hasil panen dikeringkan, ditimbang, dan diukur kadar airnya, lalu dikalibrasi menjadi 14%; j) bobot 100 biji (g): biji kedelai penuh yang sudah dikeringkan diambil 100 butir biji, lalu ditimbang, dan diulang sebanyak 3 kali; k) persentase kondisi biji (%): dihitung berdasarkan jumlah biji normal, biji keriput, dan biji rusak tiap tanaman contoh. Ciri biji keriput apabila biji tidak terisi penuh pada saat pembentukan polong. Ciri biji rusak apabila kondisi biji berlubang atau keropos.

Pengamatan terhadap sampel tanaman (destruktif)

Pengambilan sampel sebanyak dua rumpun dari petak percobaan. Peubah-peubah yang diamati antara lain: a) indeks luas daun (ILD): diukur pada fase R1 dan R5 diolah menggunakan aplikasi *Image J*; b) bobot kering tajuk (g): diambil pada saat fase R1, R5, dan R8. Pengambilan bobot kering dilakukan dengan memisahkan bagian-bagian tanaman yaitu batang, daun, dan polong. Setiap bagian tersebut di oven pada suhu 80 °C selama 48 jam dan ditimbang bobotnya. Penimbangan dilakukan segera setelah sampel dikeluarkan; c) laju pertumbuhan tanaman: diukur pada fase R1, R5, dan R8 menggunakan rumus (Sutoro dan Setyowati, 2008) sebagai berikut:

$$LTP = \frac{W2 - W1}{P(t2 - t1)}$$

Keterangan:

LPT = laju pertumbuhan tanaman (g m⁻² per hari)

P = luas area

W1 = bobot kering tanaman pada waktu t1 (g)

W2 = bobot kering tanaman pada waktu t2 (g)

t1 = waktu pengamatan awal (hari)

t2 = waktu pengamatan akhir (hari)

Analisis Data

Data hasil pengamatan diuji dengan menggunakan analisis uji-F menggunakan perangkat lunak SAS (*Statistical Analysis System*). Hasil uji-F yang menunjukkan perbedaan nyata diuji lanjut dengan menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kebun Percobaan

IPB Sawah Baru pada ketinggian 230 m dpl, mulai bulan September hingga Desember 2021 memiliki kondisi iklim dengan curah hujan rata-rata 352.1 mm per bulan, suhu rata-rata 21.58 °C, kelembaban rata-rata 87.16 % (BMKG, 2021). Tanaman kedelai tumbuh baik pada daerah dengan ketinggian 0–900 m dpl. Curah hujan optimal untuk budidaya kedelai berkisar 100–200 mm per bulan. Suhu yang sesuai bagi pertumbuhan tanaman kedelai berkisar 22–27 °C (Holmberg, 1973). Kelembaban udara yang optimum bagi tanaman kedelai 75–90% selama periode tumbuh hingga pengisian polong dan kelembaban udara 60–75% pada fase pematangan polong hingga panen (Sumarno dan Manshuri, 2013). Kondisi iklim selama penelitian cukup sesuai untuk tanaman kedelai kecuali curah hujan.

Kondisi lahan penelitian mempunyai beberapa sifat kimia tanah yang cukup baik bagi pertumbuhan kedelai. Hasil analisis tanah menunjukkan pH 5.85, N-total sedang (0.22%), dan P tersedia tinggi (54.93 ppm P₂O₅). Sumarno dan Manshuri (2013) menyatakan bahwa pH yang optimal bagi pertumbuhan tanaman kedelai berkisar 5.5–7. Tanah yang sesuai bagi pertanaman kedelai memiliki kandungan C-organik >2%, N-total >0.2 %, P-tersedia >9 ppm, dan K-dd >0.3 me 100 g⁻¹ (Taufiq dan Wijanarko, 2017). Pertumbuhan dan perkembangan tanaman kedelai selama penelitian mengalami gangguan yang disebabkan oleh hama dan penyakit. Hama yang menyerang yaitu belalang, ulat penggulung daun (*Lamprosema indicata*), ulat jengkal (*Chrysodeixis chalcites*), kepik penghisap polong (*Riptortus linearis*), kutu kebul (*Bemisia tabaci*), kutu daun (*Aphis glycines*), dan kepik kacang (*Anoplocnemis phasiana*). Jenis penyakit yang ditemukan di lahan penelitian yaitu penyakit *soybean mosaic virus* (SMC).

Hasil pengamatan menunjukkan daya tumbuh tanaman kedelai berkisar 63.12–69.72% (Tabel 1), meskipun data pada label menunjukkan daya berkecambah 95%, namun daya tumbuh benih tergolong rendah jika dibandingkan dengan standar mutu daya tumbuh minimal benih kedelai sebesar 80% (Kementan, 2018). Hal tersebut diduga akibat kelembaban di areal pertanaman yang terlalu tinggi dengan rata-rata kelembaban udara sebesar 87,16% dan diduga juga karena penyimpangan benih kurang baik sehingga terjadi denaturasi pada benih menyebabkan benih busuk sebelum berkecambah. Perkecambahan benih dipengaruhi dua faktor yaitu internal (faktor genetik, tingkat kemasakan benih, dan umur benih) dan eksternal (air, suhu, cahaya, gas, dan medium perkecambahan) (Widajati *et al.*, 2013).

Tabel 1. Pengaruh pupuk P dan K terhadap daya tumbuh tanaman kedelai

Perlakuan	Daya tumbuh (%)
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)	
0	69.72
50	68.50
100	63.12
150	63.36
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)	
0	65.05
100	64.79
150	69.17

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan pemberian pupuk P berpengaruh terhadap peubah umur tanaman (R8), nilai kehijauan daun (RI), dan indeks luas daun, bobot kering tajuk, laju pertumbuhan (R5–R8), bobot biji per tanaman, bobot ubinan, potensi hasil. Perlakuan pupuk K berpengaruh pada tinggi tanaman (9 MST), umur tanaman (R5), bobot kering tajuk, bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, bobot ubinan, dan potensi hasil. Interaksi antara perlakuan pupuk P dan pupuk K tidak berpengaruh terhadap semua parameter yang diamati.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh pemupukan P dan K terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman kedelai

Parameter	P	K	P x K	KK (%)
Daya Tumbuh	tn	tn	tn	14.99
Tinggi tanaman				
3 MST	tn	tn	tn	7.79
5 MST	tn	tn	tn	6.35
7 MST	tn	tn	tn	7.68
9 MST	tn	*	tn	6.66
11 MST	tn	tn	tn	6.37
Jumlah buku				
3 MST	tn	tn	tn	8.25
5 MST	tn	tn	tn	8.62
7 MST	tn	tn	tn	6.25
9 MST	tn	tn	tn	6.83
11 MST	tn	tn	tn	7.12
Jumlah cabang				
3 MST	tn	tn	tn	2.96 ^t
5 MST	tn	tn	tn	25.19
7 MST	tn	tn	tn	11.95
9 MST	tn	tn	tn	11.81
11 MST	tn	tn	tn	12.93
Jumlah daun				
R1	tn	tn	tn	10.74
R5	tn	tn	tn	10.63
Buku Produktif	tn	tn	tn	15.81
Cabang Produktif	tn	tn	tn	10.05
Bobot kering tajuk				
R1	**	*	tn	4.15
R5	**	*	tn	2.66
R8	**	**	tn	3.70
Laju pertumbuhan tanaman				
R1-R5	tn	tn	tn	14.62
R5-R8	*	tn	tn	16.61 ^t
Nilai kehijauan daun				
R1	*	tn	tn	5.42
R5	tn	tn	tn	2.96
Indeks luas daun				
R1	**	tn	tn	9.20
R5	**	tn	tn	13.22

Keterangan: tn = tidak nyata, * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%, P = pupuk fosfor, K = pupuk kalium, P x K = interaksi antara pupuk fosfor dan pupuk kalium, KK = koefisien keragaman, t = transformasi data menggunakan akar (x+0,5), MST = minggu setelah tanam, R1 = fase muncul bunga, R5 = fase polong mulai berisi, R8 = fase panen.

Tabel 2. Rekapitulasi hasil analisis ragam pengaruh pemupukan P dan K terhadap pertumbuhan, perkembangan, dan produksi tanaman kedelai (*Lanjutan*)

Parameter	P	K	P x K	KK (%)
Umur tanaman				
R1	tn	tn	tn	1.70
R3	tn	tn	tn	2.99
R5	tn	*	tn	1.78
R8	**	tn	tn	1.40
Jumlah polong tanaman	tn	tn	tn	10.69
Jumlah biji tanaman	tn	tn	tn	12.27
Bobot biji tanaman	**	*	tn	7.77
Bobot 100 biji	tn	*	tn	7.86
Persentase biji normal	tn	tn	tn	15.38
Persentase biji keriput	tn	tn	tn	21.87 ^t
Persentase biji rusak	tn	tn	tn	26.70 ^t
Bobot ubinan	**	**	tn	6.09
Potensi hasil	**	**	tn	6.09

Keterangan: tn = tidak nyata, * = berpengaruh nyata pada taraf uji 5%, ** = berpengaruh sangat nyata pada taraf uji 1%, P= pupuk fosfor, K = pupuk kalium, P x K = interaksi antara pupuk fosfor dan pupuk kalium, KK = koefisien keragaman, t = transformasi data menggunakan akar (x+0,5), MST = minggu setelah tanam, R1 = fase muncul bunga, R3 = fase muncul polong, R5 = fase polong mulai berisi, R8 = fase panen.

Pengaruh Pemupukan P dan K terhadap Pertumbuhan Tanaman Kedelai

Tinggi tanaman kedelai meningkat pesat dari 3 MST hingga 7 MST, yang menunjukkan pertumbuhan vegetatif sejalan dengan penambahan umur tanaman (Isiyana, 2016). Aplikasi pupuk P dosis 0, 50, 100, dan 150 kg ha⁻¹ tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman. Pemberian pupuk K dosis 0, 100, dan 150 kg ha⁻¹ juga tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, kecuali pada 9 MST. Tinggi tanaman pada penelitian ini tergolong pendek jika dibandingkan dengan deskripsi kedelai var. Anjasmoro yang memiliki tinggi 64–68 cm, hal tersebut diduga karena penyerapan P dan K kurang maksimal selama masa vegetatif. Selain itu untuk pertumbuhan vegetatif tanaman lebih memerlukan pupuk N yang dalam penelitian ini diberikan pada dosis yang sama. Pertambahan tinggi tanaman

kedelai melambat setelah 7 MST dan cenderung menurun setelah 9 MST. Hal ini dikarenakan tanaman telah memasuki fase pengisian polong (R5), sehingga sebagian besar nutrisi dialihkan untuk perkembangan biji.

Pupuk K berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman hanya pada 9 MST. Pupuk K dosis 100 kg ha⁻¹ menghasilkan tanaman yang lebih pendek daripada tanpa pupuk dan pemupukan dosis 150 kg ha⁻¹ (Tabel 3). Hal tersebut diduga terjadi akibat curah hujan yang tinggi selama masa penanaman menyebabkan pencucian pupuk, sehingga penyerapan hara tidak maksimal saat pertumbuhan vegetatif. Laju pertumbuhan batang juga dipengaruhi oleh faktor genetik dan curah hujan (Manshuri, 2011). Rata-rata curah hujan mencapai sekitar 352.10 mm per bulan. Sementara curah hujan optimal yang dibutuhkan tanaman kedelai sekitar 100–150 mm per bulan (Sumarno dan Manshuri, 2013).

Tabel 3. Pengaruh pupuk P dan K terhadap tinggi tanaman kedelai

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)				
	3 MST	5 MST	7 MST	9 MST	11 MST
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)					
0	20.10	40.62	61.07	63.36	61.34
50	20.04	40.56	63.13	62.52	61.08
100	19.64	37.91	58.37	59.51	57.87
150	20.44	40.50	60.56	61.69	60.13
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)					
0	19.99	39.18	60.42	61.64ab	60.12
100	19.87	39.23	59.81	59.57b	58.27
150	20.31	41.29	62.12	64.11a	61.92

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), MST: minggu setelah tanam.

Pengamatan jumlah buku meningkat pesat dari 3 MST sampai 7 MST, kemudian penambahan jumlah buku melambat sampai 11 MST. Pupuk P dan K tidak berpengaruh nyata terhadap rata-rata jumlah buku (Tabel 4). Jumlah buku maksimal sebanyak 20.62 pada tanaman yang diberi pupuk P dan 20.83 pada tanaman yang diberi pupuk K (11 MST). Jumlah buku pada batang utama tanaman kedelai varietas Anjasmoro sekitar 12–14. Rata-rata jumlah buku tanaman dalam penelitian ini tergolong banyak meskipun tinggi tumbuhan tergolong pendek, yang diduga karena jarak antar buku pendek sehingga menghasilkan jumlah buku yang banyak

Jumlah buku tanaman kedelai dipengaruhi oleh kondisi lingkungan selama pertumbuhan vegetatif dan pematangan kultivar. Kultivar yang memiliki masa pematangan (umur panen) yang lebih lama cenderung memiliki jumlah buku lebih banyak (Singh, 2010). Selain itu, tinggi tanaman dan banyaknya cabang juga menentukan jumlah buku dalam satu tanaman (Tsalitsan, 2017). Rata-rata jumlah cabang tanaman kedelai mengalami penambahan seiring dengan penambahan umur

tanaman pada tiap perlakuan (Tabel 5). Pertambahan jumlah cabang tanaman relatif sedikit pada 9 dan 11 MST. Hal tersebut karena nutrisi sudah dialokasikan ke bagian generatif tanaman. Perlakuan pupuk P dan K tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah cabang. Rata-rata jumlah cabang maksimum tanaman kedelai yang diperoleh sebanyak 2.67 pada tanaman yang diberi perlakuan pupuk P dan sebanyak 2.76 pada tanaman yang diberi perlakuan pupuk K. Jumlah cabang optimal yang dihasilkan oleh tanaman kedelai berkisar 4–5 cabang (Arsyad *et al.*, 2013). Jumlah cabang pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan dengan jumlah cabang pada deskripsi varietas sekitar 3–6. Hal tersebut diduga akibat penyerapan hara dari pupuk kurang maksimal pada masa vegetatif.

Jumlah daun pada fase pembungaan (R1) dan fase pengisian polong (R5) tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk P dan K. Jumlah daun pada fase R1 berkisar 15.33–16.61 dan pada fase R5 berkisar 21.86–23.08 (Tabel 6). Jumlah daun dipengaruhi oleh genotipe, tinggi tanaman, jumlah buku, dan jumlah cabang tanaman (Tsalitsan, 2017).

Tabel 4. Pengaruh pupuk P dan K terhadap jumlah buku tanaman kedelai

Perlakuan	Jumlah buku				
	3 MST	5 MST	7 MST	9 MST	11 MST
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)					
0	4.02	12.89	18.62	19.83	20.55
50	3.82	11.94	18.71	19.78	20.20
100	3.87	12.05	18.88	20.01	20.62
150	4.16	12.26	18.88	19.73	20.12
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)					
0	3.86	12.32	19.09	19.90	20.83
100	4.05	12.12	18.65	19.87	20.21
150	3.99	12.40	18.58	19.73	20.07

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), MST: minggu setelah tanam

Tabel 5. Pengaruh pupuk P dan K terhadap jumlah cabang tanaman kedelai

Perlakuan	Jumlah cabang				
	3 MST	5 MST	7 MST	9 MST	11 MST
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)					
0	0,71	1,65	2,20	2,25	2,52
50	0,71	1,80	2,13	2,39	2,62
100	0,72	1,61	2,16	2,36	2,67
150	0,71	1,91	2,24	2,27	2,46
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)					
0	0,72	1,76	2,24	2,36	2,76
100	0,71	1,73	2,17	2,36	2,50
150	0,71	1,73	2,13	2,23	2,45

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), MST: minggu setelah tanam.

Tabel 6. Pengaruh pupuk P dan K terhadap jumlah daun dan indeks luas daun tanaman kedelai

Perlakuan	Jumlah daun ^a		Indeks luas daun	
	R1	R5	R1	R5
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)				
0	15.94	22.19	1.17d	2.28c
50	15.33	22.11	1.53c	2.66c
100	16.33	21.86	1.82b	3.20b
150	16.61	23.08	2.28a	4.02a
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)				
0	16.06	22.37	1.60	3.00
100	16.41	22.40	1.80	3.06
150	15.68	22.15	1.69	3.13

Keterangan: ^a: dalam bentuk daun trifoliet, angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), R1 = fase muncul bunga, R5 = fase polong mulai berisi.

Menurut Misbahulzanah *et al.* (2014) salah satu karakter pertumbuhan yang berperan dalam proses fotosintesis yaitu jumlah daun. Semakin banyak daun tanaman kedelai maka semakin besar pula fotosintat yang mampu dihasilkan tanaman dengan syarat kondisi lingkungan yang mendukung (Wibowo *et al.*, 2012).

Indeks luas daun (ILD) dihitung berdasarkan luas daun tanaman yang berhubungan dengan jumlah daun tanaman (Susanto dan Sundari, 2010). Indeks luas daun meningkat dari fase R1 ke fase R5, meskipun pertumbuhan vegetatif tanaman sudah melambat, sebagaimana ditunjukkan oleh tinggi tanaman, jumlah buku batang, dan jumlah cabang. Perlakuan pupuk P berpengaruh nyata terhadap parameter ILD. Nilai ILD perlakuan P dosis 150 kg ha⁻¹ paling tinggi dibanding dosis lainnya, baik pada fase R1 maupun R5 (Tabel 6).

Semakin tinggi dosis P yang diberikan semakin tinggi pula indeks luas daun yang dihasilkan pada penelitian ini. Menurut Buckman dan Brady (1982) fosfor berperan dalam perkembangan sistem perakaran yang akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman sehingga mempengaruhi jumlah dan ukuran daun tanaman. Jumlah dan ukuran daun mempengaruhi indeks luas daun. Nilai indeks luas daun yang tinggi mengindikasikan bahwa penyerapan cahaya berlangsung secara merata di bagian kanopi tanaman. Semakin banyak cahaya yang ditangkap daun tanaman maka laju fotosintesis akan meningkat, fotosintat yang dihasilkan akan bertambah pula untuk digunakan saat pembentukan biji kedelai. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Sutoro *et al.* (2008) yang menyatakan bahwa indeks luas daun mempengaruhi proses fotosintesis yang akan berdampak pada bobot biji tanaman.

Pendugaan jumlah relatif klorofil dapat ditentukan melalui nilai kehijauan daun dengan bantuan alat SPAD (*Soil Plant Analysis Development*). Semakin tinggi nilai kehijauan daun maka semakin tinggi pula indeks klorofil yang terkandung dalam daun. Semakin tinggi indeks klorofil maka warna daun akan semakin hijau. Menurut Sundari dan Susanto (2015) indeks klorofil daun yaitu rasio antara klorofil a yang mengendalikan warna hijau tua dan klorofil b yang mengendalikan warna hijau muda. Semakin tinggi nilai kehijauan daun menandakan tingginya aktivitas fotosintesis yang akan menghasilkan fotosintat untuk digunakan dalam proses pengisian biji.

Perlakuan dosis pupuk P hanya berpengaruh nyata terhadap nilai kehijauan daun pada fase R1, tetapi tidak pada fase R5, sementara perlakuan dosis pupuk K tidak berpengaruh nyata pada kedua fase perkembangan tanaman. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin tinggi pupuk P yang diberikan maka semakin rendah nilai kehijauan daun (Tabel 7), hal tersebut diduga akibat kelebihan P. Pemberian fosfor yang terlalu tinggi akan menghambat absorpsi hara mikro yang akibatnya akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman kedelai. Nilai kehijauan daun meningkat dari fase pembungaan (R1) ke fase pengisian polong (R5).

Nilai kehijauan daun yang semakin tinggi mengindikasikan kadar klorofil yang dikandung semakin banyak pula sehingga proses fotosintesis pada tanaman akan berlangsung efisien (Permanasari dan Sulistyanyingsih, 2013). Peningkatan laju fotosintesis berdampak pada peningkatan alokasi fotosintat ke organ reproduktif (biji) (Sundari dan Susanto, 2015).

Tabel 7. Pengaruh pupuk P dan K terhadap nilai kehijauan daun tanaman kedelai

Perlakuan	Nilai kehijauan daun	
	R1	R5
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)		
0	35.22a	48.52
50	34.89a	48.00
100	32.74b	48.32
150	34.20ab	48.12
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)		
0	34.55	48.08
100	33.89	48.00
150	34.34	48.65

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0,05$), R1 = fase muncul bunga, R5 = fase polong mulai berisi.

Pengaruh Pemupukan P dan K terhadap Perkembangan Tanaman Kedelai

Pemberian pupuk P dan K tidak berpengaruh terhadap jumlah buku produktif dan cabang produktif tanaman. Jumlah buku produktif yang dihasilkan pada penelitian ini sekitar 14.39–16.74 per tanaman (Tabel 8). Jumlah buku produktif pada batang utama tanaman kedelai varietas Anjasmoro sekitar 12–14 (Harwono dan Utomo, 2017). Jumlah buku produktif yang lebih tinggi memberi indikasi perkembangan tanaman yang baik. Semakin banyak jumlah buku produktif, semakin banyak polong yang dihasilkan, yang akan meningkatkan produksi. Jumlah cabang produktif yang didapatkan sekitar 2.86–3.10 per tanaman (Tabel 8). Menurut Harnowo dan Utomo (2017), jumlah cabang produktif yang dihasilkan tanaman kedelai varietas Anjasmoro berkisar 3–6. Dengan demikian jumlah buku produktif tinggi namun jumlah cabang produktif dalam penelitian ini tergolong rendah.

Bobot kering tajuk pada fase R1, R5, dan R8 dipengaruhi perlakuan P dan K. Perlakuan P berpengaruh sangat nyata terhadap bobot kering tajuk tanaman pada fase R1, R5, dan R8. Perlakuan K juga berpengaruh nyata terhadap bobot kering tajuk pada fase R1, R5, dan R8. Pertambahan bobot

dari fase R5 ke fase R8 sangat kecil (Tabel 9). Hal tersebut karena diantara fase R1 dan R5 sudah terbentuk polong tanaman kedelai, sehingga sebagian besar fotosintat dialokasikan untuk pengisian polong.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa semakin tinggi dosis pupuk P yang diberikan semakin tinggi pula bobot kering tanaman yang dihasilkan (Tabel 9). Hal tersebut disebabkan karena P berpengaruh pada proses fotosintesis yang mana menghasilkan fotosintat. Berat kering tanaman merupakan hasil akumulasi fotosintat yang kemudian akan ditranslokasikan ke bagian biji (Prawiranata *et al.*, 1988). Perlakuan pupuk K pada dosis tertinggi menghasilkan bobot kering tertinggi pada semua fase. Namun, pada fase R1 perlakuan K dosis 100 dan 150 kg ha⁻¹ menghasilkan bobot kering tanaman yang tidak berbeda nyata. Sementara tanpa pupuk K bobot kering tanaman paling rendah, sebagaimana dilaporkan Hartatik *et al.* (2014) bahwa bobot biji kedelai yang dihasilkan rendah jika tanpa pemupukan K. Santana (2021) menyatakan bahwa bobot kering tajuk berkorelasi positif sangat nyata terhadap hasil tanaman yang mengindikasikan bahwa tanaman dengan bobot kering tinggi cenderung memperoleh hasil biji yang tinggi pula.

Tabel 8. Pengaruh pupuk P dan K terhadap jumlah buku dan cabang produktif tanaman kedelai

Perlakuan	Buku produktif	Cabang produktif
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)		
0	14.48	2.89
50	15.59	2.95
100	15.74	3.10
150	15.48	2.86
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)		
0	14.84	3.01
100	16.74	2.89
150	14.39	2.93

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$).

Tabel 9. Pengaruh pupuk P dan K terhadap bobot kering tajuk dan laju pertumbuhan tanaman kedelai

Perlakuan	Bobot kering (g per tanaman)			Laju pertumbuhan tanaman (g m ⁻² per hari)	
	R1	R5	R8	R1-R5	R5-R8
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)					
0	9.64d	13.22d	14.28d	2.66	1.05b
50	11.88c	15.98c	16.74c	3.09	0.98b
100	13.02b	17.12b	18.29b	3.06	1.12ab
150	15.05a	18.90a	20.42a	2.95	1.24a
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)					
0	12.04b	16.05b	16.93b	3.04	1.02
100	12.54a	16.31ab	17.39b	2.78	1.09
150	12.61a	16.55a	17.98a	2.99	1.19

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), R1 = fase muncul bunga, R5 = fase polong mulai berisi, R8 = fase panen.

Laju pertumbuhan tanaman (LPT) diamati untuk mengetahui tingkat penambahan biomassa tanaman pada tiap umur tanaman dalam luasan lahan tertentu. Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai LPT pada fase R1–R5 nyata tidak dipengaruhi oleh perlakuan P maupun K. Namun, nilai berbeda nyata pada perlakuan pupuk P pada fase R5–R8. Nilai LPT tertinggi terdapat pada dosis 150 kg ha⁻¹ pada perlakuan P (Tabel 9), hal tersebut diduga karena pengaruh fosfor yang mempengaruhi pembentukan asimilat dalam tanaman yang mempengaruhi bobot kering tanaman. Bobot kering tanaman diperoleh dari fotosintesis dan remobilisasi asimilat. Menurut Prawinata *et al.* (1988) berat kering tanaman adalah hasil penumpukan fotosintat yang dalam pembentukannya membutuhkan unsur hara, air, CO₂ dan cahaya matahari yang akan ditranslokasikan ke bagian biji. Semakin tinggi bobot kering dan atau semakin cepat umur panen maka nilai LPT semakin besar

Nilai LPT fase R1–R5 lebih besar jika dibandingkan dengan fase R5–R8. Hal tersebut menunjukkan bahwa nilai LPT akan menurun

seiring bertambahnya umur tanaman. Sejalan dengan penelitian Suryaningrum *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa semakin bertambahnya umur tanaman maka nilai LPT akan semakin menurun. Bobot kering batang tanaman kedelai (Tabel 10) saat fase R5 ke fase R8 mengalami penurunan. Hal tersebut terjadi karena fotosintat lebih diutamakan untuk perkembangan biji. Atmaja (2017) menyatakan bahwa translokasi asimilat lebih difokuskan ke biji mulai fase R5 hingga seminggu setelahnya sehingga penambahan bobot kering batang menurun. Sementara perlakuan dosis pupuk K tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering batang pada semua fase perkembangan tanaman. Perlakuan dosis pupuk P berpengaruh nyata terhadap bobot kering batang. Semakin tinggi dosis P yang diberikan menghasilkan bobot kering batang yang cenderung meningkat. Bobot kering batang pada fase R1, R5, dan R8 tertinggi terdapat pada P dosis 150 kg ha⁻¹ (Tabel 10). Memasuki fase pengisian polong, bobot kering batang berbeda nyata untuk tiap dosis P. Pada saat panen bobot kering batang tertinggi didapatkan pada perlakuan P dosis 150 kg ha⁻¹.

Tabel 10. Pengaruh pupuk P dan K terhadap bobot kering batang tanaman kedelai

Perlakuan	Bobot kering batang (gram per tanaman)		
	R1	R5	R8
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)			
0	4.88c	5.86d	4.65c
50	5.58b	6.05c	5.19b
100	5.73b	6.35b	5.34b
150	6.46a	6.92a	6.35a
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)			
0	5.52	6.22	5.30
100	5.65	6.33	5.34
150	5.82	6.35	5.51

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), R1 = fase muncul bunga, R5 = fase polong mulai berisi, R8 = fase panen.

Sutedjo (2002); Suprpto (2004) menyatakan bahwa P berperan memacu pertumbuhan dan perkembangan akar yang berkaitan dengan bobot kering batang. P berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman diantaranya melalui proses pembelahan sel dan merangsang perkembangan akar Buckman dan Brandy (1982). Nilai tengah bobot kering daun berbeda nyata antar dosis pada perlakuan P. Semakin tinggi dosis P yang diberikan semakin tinggi pula bobot kering daun yang dihasilkan tanaman kedelai. Sementara perlakuan pupuk K tidak berpengaruh nyata terhadap bobot kering daun pada fase R1 dan R5 (Tabel 11). Bobot kering daun berkaitan dengan jumlah dan ukuran daun. Fosfor berperan dalam metabolisme tanaman yang mana berpengaruh untuk perkembangan akar, perkembangan luas daun, dan mempercepat panen (Buckman dan Brandy, 1982). Oleh karena itu, semakin tinggi P yang diberikan maka semakin besar pula bobot kering daun. Bobot kering daun bertambah dari fase R1 ke R5 (Tabel 11).

Menurut penelitian Bandyopadhyay *et al.* (2010) bobot kering daun berada pada titik maksimum saat fase R5. Hal tersebut karena

asimilat yang diperoleh digunakan untuk pemasakan polong dan biji sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman mulai melambat saat fase pembentukan polong (Widiastuti dan Latifah, 2016). Bobot kering polong meningkat secara signifikan dari fase R5 ke R8, yang mengindikasikan terjadi perkembangan biji dari fase pengisian polong hingga panen (Tabel 12).

Peningkatan bobot kering polong kedelai dimulai dari fase R5 sampai R8 (Bandyopadhyay *et al.*, 2010). Peningkatan bobot kering polong sejalan dengan peningkatan dosis perlakuan. Perlakuan P dosis 150 kg ha⁻¹ pada fase R5 dan R8 didapatkan bobot kering polong tertinggi yaitu 2.16 dan 14.06 gram per tanaman. Pada fase R8 diperoleh nilai tengah bobot kering polong berbeda nyata antar dosis perlakuan P. Semakin tinggi dosis P yang diberikan semakin besar pula bobot kering polong yang dihasilkan (Tabel 12). P dalam tanaman bersifat mobil dimana jika sudah memasuki fase generatif sebagian besar P akan dimobilisasikan ke pembentukan biji (Aisyah *et al.*, 2006). Pupuk P berperan pada masa generatif tanaman, karena pada masa vegetatif tanaman pupuk fosfor tidak maksimal diserap oleh tanaman.

Tabel 11. Pengaruh pupuk P dan K terhadap bobot kering daun tanaman kedelai

Perlakuan	Bobot kering daun (gram per tanaman)	
	R1	R5
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)		
0	4.76d	5.97d
50	6.30c	8.28c
100	7.26b	8.90b
150	8.59a	9.81a
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)		
0	6.51	8.15
100	6.89	8.21
150	6.79	8.35

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), R1 = fase muncul bunga, R5 = fase polong mulai berisi.

Tabel 12. Pengaruh pupuk P dan K terhadap bobot kering polong tanaman kedelai

Perlakuan	Bobot kering polong (gram per tanaman)	
	R5	R8
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)		
0	1.38c	9.63d
50	1.63b	11.54c
100	1.86b	12.94b
150	2.16a	14.06a
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)		
0	1.67	11.62b
100	1.76	12.04ab
150	1.84	12.46a

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), R5 = fase polong mulai berisi, R8 = fase panen.

Perlakuan dosis pupuk K berpengaruh nyata terhadap bobot kering polong pada fase R8, sedangkan pada fase pengisian polong tidak berbeda nyata antar dosis perlakuan (Tabel 12). Hara K berperan dalam pembentukan pati, meningkatkan sistem perakaran, dan mempengaruhi hasil tanaman (Hardjowigeno, 2007). K menentukan pertumbuhan dan perkembangan tanaman untuk memperoleh hasil biji yang tinggi. Tanaman yang mengalami defisiensi K menghasilkan bobot biji kedelai yang rendah (Hartatik *et al.*, 2014). Bobot kering polong berbanding lurus dengan bobot kering batang dan daun. Peningkatan bobot kering batang dan daun cenderung akan meningkatkan bobot kering polong tanaman. Faktor lain yang mempengaruhi bobot kering polong yaitu jumlah polong per tanaman. Menurut Tsalitsan (2017) besarnya bobot kering polong dipengaruhi oleh ukuran biji, jumlah biji pada polong, jumlah polong, dan ketebalan kulit polong. Bobot kering polong tidak berbeda nyata pada fase R5 diduga karena pengisian biji belum maksimal sehingga bobot polong tidak menunjukkan perbedaan yang jauh pada masing-masing perlakuan.

Pemberian pupuk P dan K tidak berpengaruh nyata terhadap umur berbunga (R1) tanaman. Hal tersebut diduga karena genotipe tanaman yang digunakan sama. Fase pembungaan dipengaruhi oleh panjang hari dan genotipe tanaman (Hicks 1978; Kumudini *et al.*, 2007). Pada penelitian ini tanaman kedelai memasuki fase R1 sekitar 38–38.22 HST pada perlakuan pupuk P dan 37.91–38.33 HST pada perlakuan pupuk K (Tabel 13). Umur berbunga tanaman kedelai juga dipengaruhi oleh lama penyinaran dan suhu. Sumarno dan Manshuri (2013) menyatakan bahwa lama penyinaran tanaman kedelai tergolong tanaman hari pendek (<12 jam) bermakna bahwa lama penyinaran yang semakin pendek akan merangsang pembungaan lebih cepat.

Perlakuan dosis pupuk P tidak berpengaruh

nyata terhadap umur tanaman fase R1, R3, dan R5, namun berpengaruh sangat nyata terhadap umur panen. Perlakuan P dosis 150 kg ha⁻¹ diperoleh umur panen paling cepat dibandingkan dosis lainnya (Tabel 13). Hal tersebut sejalan dengan penelitian Suprpto (2004) yang menyatakan bahwa pemberian pupuk fosfor mempercepat masa panen. Fosfor berperan merangsang pertumbuhan akar, mempercepat pembungaan, dan pemasakan biji (Sutedjo, 2002). Umur tanaman kedelai Indonesia dikelompokkan menjadi genjah (<80 hari), sedang (<80–85 hari), dalam (85–90 hari), dan sangat dalam (>90 hari) (Adie dan Krisnawati, 2013).

Perlakuan dosis pupuk K tidak berpengaruh nyata terhadap umur berbunga, umur mulai pembentukan polong, dan umur panen, kecuali umur polong mulai berisi (R5). Umur polong mulai berisi pada K dosis 0 dan 150 kg ha⁻¹ lebih cepat dibanding dosis 100 kg ha⁻¹ (Tabel 13). Hasil penelitian berbeda dengan literatur yang menyatakan tanaman yang diberi pupuk K memiliki waktu panen lebih lama dibanding perlakuan tanpa K (Hasna, 2018). Tanaman mengalami gangguan regulasi fungsi enzim dan keseimbangan fitohormon bila kekurangan kalium (Wang *et al.*, 2013), sehingga menyebabkan pengguguran daun lebih cepat yang berdampak pada waktu pemanenan yang lebih awal. Hal tersebut diduga akibat penyerapan K yang kurang efektif pada fase vegetatif.

Pengaruh Pemupukan P dan K terhadap Produksi Tanaman Kedelai

Karakteristik kedelai yang berdaya hasil tinggi, ukuran biji besar, dan berumur genjah lebih diminati oleh masyarakat (Mejaya *et al.* 2010). Bobot 100 butir biji mencerminkan ukuran biji kedelai. Kedelai Indonesia dikelompokkan berdasarkan ukuran bijinya, yaitu besar (>14 g per 100 biji), sedang (10–14 g per 100 biji), kecil (<10 g per 100 biji) (Adie dan Krisnawati 2013).

Tabel 13. Pengaruh pupuk P dan K terhadap umur tanaman kedelai

Perlakuan	R1 (HST)	R3 (HST)	R5 (HST)	R8 (HST)
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)				
0	38.00	51.77	60.33	85.66a
50	38.22	52.11	60.22	85.11a
100	38.00	51.66	60.44	84.66ab
150	38.22	50.77	60.00	83.55b
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)				
0	38.08	51.33	60.00b	84.75
100	38.33	51.91	61.00a	85.33
150	37.91	51.50	59.75b	84.16

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$), HST = hari setelah tanam, R1 = fase muncul bunga, R3 = fase muncul polong, R5 = fase polong mulai berisi, R8 = fase panen.

Genotipe ini termasuk kedelai berbiji besar dengan bobot 100 butir berkisar 14.8–15.3 g (Balitkabi, 2011). Hasil pengamatan menunjukkan perlakuan pupuk P berpengaruh sangat nyata terhadap bobot biji, bobot ubinan, dan potensi hasil. Komponen hasil meningkat dengan bertambahnya dosis P yang diberikan. Namun, perlakuan P tidak berpengaruh terhadap bobot 100 biji. Pada P dosis 150 kg ha⁻¹ didapatkan bobot biji per tanaman, bobot ubinan, dan potensi hasil tertinggi dibanding dosis lainnya (Tabel 14). Peningkatan dosis pupuk P untuk kedelai berhasil meningkatkan bobot biji per tanaman pada penelitian Kurniawan *et al.* (2014). Produktivitas kedelai perlakuan P dosis 100 dan 150 kg ha⁻¹ melampaui potensi hasil kedelai varietas Anjasmoro sebesar 2.03–2.25 ton ha⁻¹.

Fosfor merupakan komponen yang diserap selama pertumbuhan yang kemudian ditranslokasikan dari jaringan vegetatif ke bagian generatif setelah pembungaan (De Datta, 1981). Suplai asimilat yang cukup saat fase pengisian biji disebabkan oleh meningkatnya transportasi asimilat dari organ *source* (daun dan batang) tanaman ke bagian *sink* (polong) untuk proses pengisian biji (Pandiangan dan Rasyad, 2017). Hal tersebut terbukti dengan pemberian P meningkatkan indeks luas daun, bobot kering tajuk, dan laju pertumbuhan tanaman sehingga mempengaruhi bobot biji tanaman kedelai. Santana (2021) menyatakan bahwa bobot kering tajuk berkorelasi positif sangat nyata terhadap hasil tanaman, yang mengindikasikan bahwa tanaman dengan bobot kering tinggi cenderung memperoleh hasil biji yang tinggi pula. Selain itu, hasil biji kedelai juga berkaitan dengan jumlah dan ukuran daun tanaman yang berhubungan dengan indeks luas daun tanaman. Nilai ILD yang tinggi mengindikasikan bahwa cahaya yang dapat ditangkap kanopi tanaman semakin banyak dan berpengaruh terhadap laju fotosintesis dan potensi

asimilat yang akan ditranslokasikan pada biji (Zainal *et al.*, 2014).

Pemberian pupuk K berpengaruh nyata terhadap bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, bobot ubinan, dan potensi hasil. Bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji meningkat sejalan dengan penambahan dosis K. Hasil pengamatan didapatkan bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, bobot ubinan, dan potensi hasil tertinggi pada perlakuan K dosis 150 kg ha⁻¹. Namun, bobot ubinan dan potensi hasil kedelai antara dosis 150 dan 100 kg ha⁻¹ tidak berbeda nyata (Tabel 14). Hasil biji yang tinggi setelah pemberian pupuk kalium berkaitan dengan umur tanaman mulai pengisian polong hingga panen dan bobot kering tajuk. Pemberian pupuk K memperpanjang lama pengisian polong sehingga mempengaruhi bobot biji tanaman. Lamanya fase pengisian polong hingga panen mempengaruhi pengisian polong untuk mendapatkan hasil biji tinggi. Bobot kering tajuk tanaman kedelai yang semakin besar cenderung akan meningkatkan translokasi fotosintat dari jaringan vegetatif ke bagian generatif. Translokasi fotosintat tanaman dari daun ke biji dibantu oleh ion kalium (K⁺) melalui saluran K⁺ (*K⁺channel*) antar membran sel secara difusi (Wang dan Wu, 2015).

Biji kedelai dipilah menjadi tiga yaitu biji normal, biji keriput, dan biji rusak. Perhitungan persentase kondisi biji berdasarkan dari jumlah biji per tanaman, sementara jumlah biji berkaitan dengan jumlah polong tanaman. Perlakuan dosis pupuk P dan K tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah polong dan biji per tanaman (Tabel 15), demikian juga persentase biji normal. Pembentukan biji yang normal dipengaruhi nutrisi yang diperoleh saat fase pengisian polong (R5), berkisar 65.26–72.49 %, masih perlu ditingkatkan dengan cara menetapkan waktu panen yang tepat, sehingga persentase biji yang masak tinggi.

Tabel 14. Pengaruh pupuk P dan K terhadap bobot biji per tanaman, bobot 100 butir, bobot biji ubinan, dan potensi hasil tanaman kedelai

Perlakuan	Bobot biji per tanaman	Bobot 100 butir (g)	Bobot biji ubinan	Potensi hasil (ton ha ⁻¹)
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)				
0	9.41d	14.32	214.67d	1.71d
50	11.26c	15.28	251.50c	2.01c
100	12.51b	14.69	288.13b	2.30b
150	13.82a	15.02	311.34a	2.49a
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)				
0	11.22b	14.08b	253.52b	2.02b
100	11.80ab	14.96ab	269.86a	2.15a
150	12.23a	15.44a	275.86a	2.20a

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang berbeda pada kolom yang sama berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($\alpha = 0.05$).

Tabel 15. Pengaruh pupuk P dan K terhadap jumlah polong, jumlah biji, dan persentase kondisi biji tanaman kedelai

Perlakuan	Jumlah polong/tanaman (buah)	Jumlah biji/tanaman (butir)	Persentase biji (%)		
			Normal	Keriput ^t	Rusak ^t
Pupuk P (kg SP-36 ha ⁻¹)					
0	39.01	72.78	65.26	24.98	9.75
50	39.07	73.04	68.78	22.12	9.09
100	39.08	72.15	67.79	25.43	6.77
150	39.72	72.28	72.49	21.61	5.89
Pupuk K (kg KCl ha ⁻¹)					
0	39.70	72.23	69.27	22.35	8.36
100	39.44	73.67	65.64	27.32	7.03
150	38.51	71.79	70.83	20.93	8.23

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji lanjut DMRT pada taraf 5%, t = transformasi data menggunakan akar ($x+0.5$).

Biji keriput (4.52–5.06 %) diduga berkaitan dengan kemasakan biji kedelai yang tidak serempak karena pembungaan yang tidak serempak juga. Sementara kerusakan biji dapat terjadi saat panen dan pengolahan, sehingga tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk P dan K yang diberikan.

KESIMPULAN

Simpulan

Pemupukan P dan K berpengaruh terhadap komponen pertumbuhan dan produksi kedelai. Penambahan pupuk P mempercepat umur panen dan menaikkan indeks luas daun, nilai kehijauan daun fase R1, bobot kering tajuk, laju pertumbuhan dari fase R5 sampai dengan R8, bobot biji per tanaman, bobot ubinan, dan potensi hasil kedelai. Dosis pupuk P 150 kg SP-36 ha⁻¹ menghasilkan bobot biji per tanaman, bobot ubinan, dan potensi hasil tertinggi dibanding dosis lainnya. Hasil panen perlakuan pupuk P 100 kg SP-36 ha⁻¹ dan 150 kg SP-36 ha⁻¹ melampaui potensi hasil varietas. Pemberian pupuk K memperpanjang fase pengisian polong dan meningkatkan tinggi tanaman pada 9 MST, bobot kering tajuk, bobot biji per tanaman, bobot 100 butir, bobot ubinan, dan potensi hasil kedelai. Dosis pupuk K 150 kg KCl ha⁻¹ menghasilkan komponen produksi tertinggi dibanding dosis lainnya.

Saran

Penelitian lanjutan dosis pupuk P dan K perlu dilakukan untuk melihat pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai, diperlukan juga penelitian mengenai waktu pengaplikasian K pada beberapa fase tumbuh kedelai untuk melihat keefektifan pemberian pupuk serta mengurangi efek pencucian pupuk akibat air hujan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adie, M.M., A. Krisnawati. 2013. Biologi Tanaman Kedelai. Di dalam: Sumarno, Suyamto, A. Widjono, Hermanto, K. Husni, editor. Teknik Produksi dan Pengembangan Kedelai. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hlm 45–73.
- Aisyah, D.T., S. Kurniatin, Mariam, B. Joy, M. Damayanti, T. Syammusa, N. Nurlaeni, A. Yuniarti, E. Trinurani, Y. Machfud. 2006. Kesuburan Tanah dan Pemupukan. Bandung (ID): RR Print.
- Arsyad, D.M., M.M. Adie, H. Kuswantoro. 2013. Perakitan Varietas Unggul Kedelai Spesifik Agroekologi. Di dalam: Sumarno, Suyamto, Widjono, A., Hermanto, Husni, K, editor. Teknik Produksi dan Pengembangan Kedelai. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hlm 205–228.
- Atmaja, I.S.F. 2017. Pertumbuhan dan produksi 9 genotipe tanaman kedelai di Kebun Percobaan Pasir Sarongge. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [BALITKABI] Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2011. Deskripsi Varietas Unggul Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. Malang (ID): Departemen Pertanian.
- Bandyopadhyay, K.K., A.K. Misra, P.K. Ghosh, K.M. Hati. 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soil physical properties and productivity on soybean. J. Soil and Tillage Research. 110:115–125.
<https://doi.org/10.1016/j.still.2010.07.007>
- Bappenas. 2014. Studi Identifikasi Ketahanan Pangan dan Preferensi Konsumen terhadap Konsumsi Bahan Pangan Pokok Kedelai. Jakarta (ID): Bappenas.

- [BMKG] Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. 2021. Laporan cuaca Kabupaten Bogor 2021 [internet]. [diacu 2022 Januari 18]. Tersedia dari: <http://dataonline.bmkg.go.id/>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2016. Produksi kedelai (ton) 2013-2015 [internet]. [diacu 2020 Maret 16]. Tersedia dari: <https://www.bps.go.id/>.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2020. Impor kedelai menurut negara asal utama 2010-2019 [internet]. [diacu 2020 Maret 16]. Tersedia dari: <https://www.bps.go.id/>.
- Buckman, H.O., N.C. Brandy. 1982. Ilmu Tanah. Jakarta (ID): Bhratara Karya Aksara.
- De Datta, S.K. 1981. Fertilizer Management for Efficiencies Use in Wetland Rice Soil. Los Banos. Philippines: International Rice Research Institute.
- Hardjowigeno, S. 2007. Ilmu Tanah. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Harnowo, D., J.S. Utomo. 2017. Sejarah, Tugas Pokok, dan Kinerja UPBS Agro Inovasi Akabi. Malang (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi [internet]. [diacu 22 Januari 2022]. Tersedia dari: <https://balitkabi.litbang.pertanian.go.id>.
- Hartatik, W., D. Setyorini, H. Wibowo. 2014. Verifikasi rekomendasi pemupukan P dan K pada tanaman kedelai Lampung Timur. Di dalam: K. Astanto, M.M. Adie, A.A. Rahmianna, Heriyanto, Suharsono, E. Yusnawan, I.K. Tastra, E. Ginting, R. Iswanto, D. Harnowo, editor. Inovasi Teknologi Tanaman Aneka Kacang dan Umbi untuk Mewujudkan Sistem Pertanian Bioindustri Berkelanjutan. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi; 2014 Juni 5; Malang. hlm 374–387.
- Hasna, N. 2018. Respon pertumbuhan dan produksi enam genotipe kedelai (*Glycine max* (Linn.) Merrill) terhadap pemberian pupuk kalium. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hicks, D.R. 1978. Growth and Development. In: Norman AG, editor. Soybean Physiology, Agronomy and Utilization. NY (US): Academic Press. pp. 17–41. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-521160-4.50007-4>
- Holmberg, S.A. 1973. Soybeans for cool temperature climates. Agric. Hort. Genet. 31:1–20.
- Isiyana. 2016. Adaptasi genotipe tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) dari berbagai negara terhadap kondisi lingkungan tumbuh tropika basah. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2018. Petunjuk Teknis Pelaksanaan Penguatan Agroekosistem Kedelai. Jakarta (ID): Kementerian Pertanian.
- Kumudini, S.V., P.K. Pallikonda, C. Steele C. 2007. Photoperiod and E-genes influence the duration of the reproductive phase in soybean. Crop Science. 47:1510–1517. <https://doi.org/10.2135/cropsci2006.10.0662>
- Kurniawan. S., A. Rasyad, Wardati. 2014. Pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap pertumbuhan beberapa varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Jom Faperta. 1(2):8–9.
- Manshuri, A.G. 2011. Laju pertumbuhan vegetatif dan generatif genotipe kedelai berumur genjah. Pen. Pert. Tan. Pangan. 30(3):204–209.
- Mejaya, I.M., A. Krisnawati, H. Kuswantoro. 2010. Identifikasi plasma nutfah kedelai berumur genjah dan berdaya hasil tinggi. Bul. Plasma Nutfah. 16(2):113–117. <https://doi.org/10.21082/blpn.v16n2.2010.p113-117>
- Misbahulzanah, E.H., S. Waluyo, J. Widada. 2014. Kajian sifat fisiologis kultivar kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) dan ketergantungannya terhadap mikoriza. Vegetalika. 3(1):45–52.
- Nursyamsi, D. 2006. Kebutuhan hara kalium tanaman kedelai di tanah Ultisol. Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan. 2(6):71–8.
- Pandiangan, D.N., A. Rasyad. 2017. Komponen hasil dan mutu biji beberapa varietas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) yang ditanam pada empat waktu aplikasi pupuk nitrogen. JOM Faperta. 4(2):1–14.
- Poerwanto, R., A.D. Susila. 2014. Teknologi Hortikultura. Bogor (ID): IPB Press.
- Prawiranata, W., S. Harran, P. Tjondronegoro. 1988. Dasar-Dasar Fisiologi Tumbuhan. Bogor (ID): Departemen Botani Fakultas Pertanian IPB.
- Puteri, E.A., Y. Nurmiaty, Agustiansyah. 2014. Pengaruh fosfor dan silika terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). J. Agrotek Tropika. 2(2):241–245. <https://doi.org/10.23960/jat.v2i2.2092>

- Santana, F.P. 2021. Respon pertumbuhan, fisiologi, dan produksi dua varietas kedelai terhadap dosis N yang berbeda. [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Saptiningsih, E. 2007. Peningkatan produktivitas tanah pasir untuk pertumbuhan tanaman kedelai terhadap inokulasi mikorhiza dan *Rhizobium*. BIOMA. 9(2):58–61. <https://doi.org/10.14710/bioma.9.2.58-61>
- Singh, G. 2010. The Soybean: Botany, Production, and Uses. London (UK): CPI Antony Rowe.
- Sumarno, A.G., Manshuri. 2013. Persyaratan Tumbuh dan Wilayah Produksi Kedelai di Indonesia. Di dalam: Sumarno, Suyanto, A. Widjono, Hermanto, H. Kasim, editor. Teknik Produksi dan Pengembangan Kedelai. Bogor (ID): Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. hlm 74–103.
- Sundari, T., G.W.A. Susanto. 2015. Hubungan sifat morfologis tanaman dengan hasil kedelai. Pen. Per. Tan. Pangan. 34(3): 203–218. <https://doi.org/10.21082/jpntp.v34n3.2015.p203-217>
- Suprpto, H.S. 2004. Bertanam Kedelai. Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Suryaningrum, R., E. Purwanto, Sumiyati. 2016. Analisis pertumbuhan beberapa varietas kedelai pada perbedaan intensitas cekaman kekeringan. Agrosains. 18(2):33–37. <https://doi.org/10.20961/agsjpa.v18i2.18686>
- Susanto, G.W.A., T. Sundari. 2010. Pengujian 15 genotipe kedelai pada kondisi intensitas cahaya 50% dan penilaian karakter tanaman berdasarkan fenotipnya. Jurnal Biologi Indonesia. 6(3):459–471.
- Sutedjo, M.M. 2002. Pupuk Dan Cara Penggunaan. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Sutedjo. 1994. Pupuk dan Cara Pemupukan. Jakarta (ID): Rineka Cipta.
- Sutoro, D.N., M. Setyowati. 2008. Hubungan sifat morfologis tanaman dengan hasil kedelai. Penel. Pert. Tan. Pangan. 27(3):185-190.
- Taufi, A., A. Wijanarko. 2017. Teknologi Produksi Benih Kedelai. Di dalam: Nugrahaeni, N, A. Taufiq, J.S. Utomo, editor. Teknik Produksi Benih Kedelai: Bunga Rampai. Badan Penelitian Pengembangan Pertanian. Jakarta (ID): IAARD Press. hlm 17–28.
- Thoyyibah, S., Sumadi, A. Nuraini. 2014. Pengaruh dosis pupuk fosfat terhadap pertumbuhan, komponen hasil, dan kualitas benih dua varietas kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) pada Inceptisol Jatiningor. J. Agric. Sci. 1(4):111–121.
- Tsalitsan, Z.B. 2017. Pertumbuhan dan produksi sepuluh genotipe kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di Tanah Latosol Dramaga Bogor [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Wang, M., Q. Zheng, Q. Shen, S. Guo. 2013. The critical role of potassium in plant stress response. Int. J. Mol. Sci. 14:7370–7390. <https://doi.org/10.3390/ijms14047370>
- Wang, Y., W.H. Wu. 2015. Genetic approaches for improvement of the crop potassium acquisition and utilization efficiency. Curr. Opin. Plant Biol. 25:46–52. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2015.04.007>
- Wibowo, Setyastuti, Purwanti, Rohmanti, Rahbaniyah. 2012. Pertumbuhan dan hasil benih kedelai hitam (*Glycine max* L. Merr.) malika yang ditanam secara tumpang sari dengan jagung manis (*Zea mays* kelompok saccharata). Vegetalika. 2(1):1–10.
- Widajati, E., E. Murniati, E.R. Palupi, T. Kartika, M.R. Suhartanto, A. Qadir. 2013. Dasar Ilmu dan Teknologi Benih. Bogor (ID): IPB Press.
- Widiastuti, E., E. Latifah. 2016. Keragaan pertumbuhan dan biomassa varietas kedelai (*Glycine max* (L.)) di lahan sawah dengan aplikasi pupuk organik cair. J. Ilmu Pertanian Indonesia. 21(2):90–97. <https://doi.org/10.18343/jipi.21.2.90>
- Zainal, M., A. Nugroho, N.E. Suminarti. 2014. Respon pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) pada berbagai tingkat pemupukan N dan pupuk kandang ayam. J. Produksi Tanaman. 2(6):484-490.