

Peningkatan Produksi Kedelai pada Sistem Wanatani Berbasis Jati dengan Varietas Unggul Baru dan Perbaikan Budidaya

Increasing Soybean Production under Teak Agroforestry System with New Superior Variety and Cultural Practice Improvement

Herdina Pratiwi*, Agustina Asri Rahmianna, Titik Sundari

Balai Pengujian Standar Instrumen Tanaman Aneka Kacang

Jalan Raya Kendalpayak KM 8, Pakisaji, Malang 65162

*e-mail: herdina_p@mail.com

NASKAH DITERIMA 17 Mei 2023 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 22 SEPTEMBER 2023

ABSTRAK

Salah satu kendala pengembangan kedelai pada lahan hutan jati adalah naungan yang menyebabkan tanaman kekurangan sinar matahari sehingga menurunkan hasil biji. Pengujian ini bertujuan untuk merakit dan menilai kelayakan ekonomis teknologi budidaya varietas unggul baru di bawah tegakan jati. Kegiatan dilaksanakan pada hutan jati berumur 4 tahun dengan tingkat naungan 43-49% selama masa pertumbuhan kedelai di Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Percobaan disusun menggunakan rancangan split-split plot, empat ulangan. Petak utama adalah perlakuan dua varietas: Denasa 1 dan Denasa 2. Anak petak adalah perlakuan tiga jarak tanam kedelai: 40 cm × 15 cm, 30 cm × 15 cm, dan 50 cm × (30 cm × 15 cm). Anak-anak petak adalah empat perlakuan pemupukan: 250 kg Phonska/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, dan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha. Data yang dikumpulkan adalah sifat kimia tanah sebelum tanam, intensitas cahaya di atas tajuk kedelai dan di lokasi tanpa naungan, komponen pertumbuhan, komponen hasil dan hasil biji kedelai. Jumlah tanaman dipanen dan bobot kering biji kedelai diamati pada ubinan 2 m × 2 m. Teknologi budidaya kedelai varietas Denasa 1 memberikan keuntungan tertinggi sekaligus layak secara ekonomis dengan dosis pupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, sedangkan pada varietas Denasa 2 dengan dosis pupuk 250 kg Phonska + 50kg SP36/ha. Jarak tanam 40 cm × 15 cm layak disarankan untuk kedua varietas karena membutuhkan jumlah benih paling sedikit.

Kata kunci: *Glycine max*, jarak tanam, naungan, pemupukan NPK, *Tectona grandis*

ABSTRACT

One problem in developing soybean under teak forest is shading that causes yield reduction of soybean due to light shortage. The aims of this activity were to develop the cultural practices for the new soybean varieties and to access its economical feasibility under teak agro forestry system. Planting was undertaken under the four years old teak with 43-49% shading during the soybean growth phase at Blitar Regency, East Java Province. The treatments were arranged in a split-split plot design with

four replications. The main plot was two soybean new released varieties: Denasa 1 and Denasa 2. The subplots were three soybean plant spacings: 40 cm × 15 cm, 30 cm × 15 cm, and 50 cm × (30 cm × 15cm). The sub-sub plots were four fertilization dosages: 250 kg Phonska/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, and 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg organic fertilizer/ha. The observations were undertaken on initial chemical soil characters, light intensities above the soybean canopy and none shading sites, vegetative and generative growth components, seed yield and yield components. The number of harvested plants and seed yield per hectare was calculated from the 2 m × 2 m plot size. The results pointed out that cultural practices for planting Denasa 1 variety was mainly by applying 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, and by applying 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha for the Denasa 2 variety, since these fertilization dosages gave the highest benefit and economically feasible. Plant spacing of 40 cm × 15 cm for both new varieties was suggested to be applied as it required less amount of seeds compared to the other two plant spacings tested.

Keywords: *Glycine max*, N-P-K fertilizers, plant spacing, shading, *Tectona grandis*

PENDAHULUAN

Kebutuhan kedelai di Indonesia meningkat seiring dengan peningkatan jumlah penduduk. Dalam rangka memenuhi kebutuhan kedelai di dalam negeri, sebanyak 1,96 juta ton atau 67,3% dari total kebutuhan harus diimpor dari luar negeri karena produksi di dalam negeri tidak mampu memenuhinya (Setyawan dan Huda 2022). Di sisi lain, luas panen kedelai tahunan pada periode 2011-2020 terus menurun dari 660 ribu menjadi 285 ribu hektare (ha) (Harsono dan Harnowo 2022). Berhubung tingginya jumlah impor dan status pentingnya komoditas kedelai, Pemerintah Republik Indonesia telah bertekad untuk meningkatkan produksi kedelai nasional, bahkan mencanangkan Indonesia sebagai lumbung pangan dunia pada tahun 2045. Upaya untuk mendukung program

tersebut antara lain melakukan perluasan areal tanam kedelai ke lahan suboptimal yang salah satunya adalah lahan ternaungi.

Pengembangan kedelai di bawah tegakan tanaman tahunan memiliki peluang besar untuk dikembangkan di Indonesia terutama di Jawa Timur. Luas hutan di Jawa Timur 1,361 juta ha atau 28% dari total daratan Jawa Timur, yang dikelola Perhutani seluas 1,144 juta ha (84%) dan 828,889 ha diantaranya adalah hutan produksi. Kisaran hasil kedelai di bawah tegakan pohon jati antara 0,79 hingga 2,29 t/ha (Sundari *et al.* 2016). Hasil tersebut dipengaruhi oleh interaksi antara genotipe dan lingkungan. Pengaruh lingkungan dihasilkan dari perbedaan lokasi, musim tanam kedelai, dan tingkat naungan.

Pengembangan kedelai pada lahan hutan menghadapi berbagai kendala terutama naungan (Hamdani dan Susanto 2020). Naungan menyebabkan kedelai kekurangan cahaya baik intensitas maupun kuantitasnya, dan hal ini mempengaruhi morfo-fisiologi daun sehingga menurunkan hasil biji kedelai (Chairudin *et al.* 2015; Pratiwi dan Artari 2018; Hamdani dan Susanto 2020). Karakter morfologis dan fisiologis tanaman yang mempengaruhi hasil kedelai yang ditumpangsi dengan kayu putih adalah kepadatan stomata, konduktivitas stomata, kecepatan fotosintesis, dan luas daun (Suryanto *et al.* 2017).

Jenis naungan mempengaruhi hasil biji, brangkasan dan biomassa tanaman kedelai. Naungan dari tanaman *Dalbergia sissoo* memberi pengaruh lebih bagus pada tanaman kedelai yaitu dengan lebih tingginya hasil biji, brangkasan dan biomassa dibanding dengan tanaman jati sebagai naungan. Sebaliknya, kedelai yang ditanam monokultur tanpa naungan memberikan hasil biji, brangkasan dan biomassa paling unggul. Demikian pula varietas tertentu memberi respons tertentu pada naungan dari *D. sissoo* atau jati atau monokultur tanpa naungan. Di sisi lain, naungan nyata meningkatkan kandungan protein dan lemak kedelai. Kedelai di bawah naungan *D. sissoo* atau jati menghasilkan kedelai dengan kandungan protein dan lemak nyata lebih tinggi dibanding kedelai monokultur tanpa naungan (Tewari *et al.* 2021). Hal yang sama terjadi juga pada kandungan antosianin beras merah pada padi gogo yang ditanam di bawah tegakan jati. Semakin tinggi naungan maka kadar antosianinnya semakin tinggi terutama pada pagi gogo varietas Ranggohitam. Sebaliknya, semakin tinggi naungan, produksi padi gogo semakin rendah (Muhidin *et al.* 2018).

Pada sistem agroforestri antara pohon *Acacia auriculiformis* dan kedelai atau jagung, pertumbuhan awal yang sangat cepat dari *A. auriculiformis* tidak mempengaruhi produktivitas kedelai selama 3 musim tanam dibanding dengan produktivitas pada pertanaman monokulturnya. Sebaliknya, produktivitas jagung pada musim ketiga nyata lebih rendah dari produktivitasnya pada monokultur. Penurunan produktivitas pada jagung terutama disebabkan naungan dari *A. auriculiformis* atau terjadinya kompetisi cahaya antara tanaman jagung dengan *A. auriculiformis*. Jagung sebagai tanaman C4 kurang tahan naungan dibanding kedelai yang merupakan tanaman C3 (Figyantika *et al.* 2020). Kedelai merupakan tanaman yang toleran cahaya rendah dan mampu menghasilkan sekitar 1,5 t/ha pada wanatani di bawah tegakan jati umur 3-4 tahun, atau pinus umur 3 tahun, dan sengon hingga umur 5 tahun (Purnomo *et al.* 2022).

Pada sistem agroforestri, kedelai ditanam pada bulan Desember-Januari. Di hutan jati Kesatuan Pemangku Hutan (KPH) Kabupaten Purwodadi, Jawa Tengah rata-rata hasil tiga varietas kedelai (Pangrango, Wilis, dan Brawijaya) di bawah tegakan pohon jati yang dipangkas bagian bawah (50% tinggi tajuk) lebih tinggi dari hasil kedelai ketika pohon jati tidak dipangkas, masing-masing 0,57 t/ha dan 0,12 t/ha. Peningkatan hasil kedelai karena dilakukannya pemangkasan pohon jati menunjukkan betapa pentingnya radiasi bagi pertumbuhan tanaman kedelai. Diantara tiga varietas tersebut, varietas Pangrango paling unggul hasil bijinya (Purnomo dan Sitompul 2006).

Penanaman kedelai di lahan jati perlu pengaturan jarak tanam karena faktor cahaya yang terbatas dan pemupukan yang seimbang untuk menunjang ketersediaan hara. Perbaikan teknik budidaya kedelai pada sistem wanatani di lahan jati Kabupaten Blora terdiri dari pemupukan, penggunaan varietas unggul baru, dan perbaikan jarak tanam meningkatkan hasil sebesar 73 hingga 96% dari hasil kedelai varietas lokal yang ditanam dengan teknik budidaya petani lokal dengan kisaran hasil antara 0,9 hingga 1,3 t/ha (Nugrahaeni *et al.* 2018). Hasil penelitian di Purwakarta menunjukkan bahwa perlakuan olah tanah sempurna ditambah bahan organik nyata meningkatkan hasil kedelai dibandingkan tanpa olah tanah meskipun hasilnya masih di bawah 1 t/ha (Fyanita *et al.* 2017).

Kementerian Pertanian telah melepas dua varietas kedelai toleran naungan berbiji besar pada tahun 2020 yaitu varietas Denasa 1 dan Denasa 2 dengan potensi hasil >2 t/ha. Kedua varietas ini merupakan perbaikan dari varietas sebelumnya yaitu toleran

etiolasi dan berbiji besar. Kehadiran varietas baru diharapkan dapat meningkatkan produktivitas kedelai di lahan naungan, meningkatkan produksi nasional, dan menguntungkan secara ekonomi (Hamdani dan Susanto 2020). Pengujian ini bertujuan untuk merakit teknologi budidaya kedua varietas tersebut untuk memperoleh hasil biji tinggi di bawah tegakan jati.

BAHAN DAN METODE

Kegiatan pengujian dilaksanakan di Dusun Trenceng, Desa Popoh, Kecamatan Selopuro, Kabupaten Blitar, Jawa Timur. Lahan yang digunakan adalah lahan hutan jati berumur 4 tahun. Kegiatan pengujian teknologi budidaya terdiri atas komponen teknologi jarak tanam dan pemupukan. Perlakuan disusun menggunakan rancangan split-split plot dengan empat ulangan. Petak utama adalah varietas: D1 = Denasa 1 dan D2 = Denasa 2. Anak petak adalah jarak tanam kedelai yaitu: P1: 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang, P2: 30 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang, dan P3: jarak legowo (50 cm × (30 cm × 15 cm), 2 tanaman/lubang. Anak-anak petak adalah paket pemupukan kedelai yang terdiri atas T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, dan T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1.000 kg pupuk kandang/ha. Ukuran petak masing-masing kombinasi perlakuan adalah 2,5 m × 6,5 m, diletakkan di lorong-lorong antarbarisan pohon jati. Penanaman dilaksanakan pada tanggal 9 Februari 2021 dan panen untuk varietas Denasa 1 pada tanggal 5 Mei 2021 (umur 85 hari) dan varietas Denasa 2 pada tanggal 18 April 2021 (umur 88 hari).

Penyiapan lahan dilakukan dengan tanpa olah tanah, namun lahan dibersihkan dari gulma dan sisa-sisa tanaman terdahulu, kemudian kedelai ditanam dengan cara ditugal sebanyak dua biji per lubang tanam. Pupuk kandang diberikan pada saat tanam sebagai penutup lubang tanam. Pupuk anorganik diberikan seluruhnya pada hari ke-10 setelah tanam dengan cara dilarik di samping lubang tanam sepanjang barisan tanaman. Penyulaman dilakukan antara hari ke-7 hingga hari ke-10 setelah tanam. Selama pertanaman di lapang, gangguan gulma, hama, dan penyakit dikendalikan secara optimal sesuai dengan kondisi di lapangan. Panen dilakukan dengan memotong pangkal batang menggunakan sabit pada saat polong sudah berubah warna dari hijau menjadi kuning atau cokelat. Hasil biji/ha dihitung berdasarkan ubinan 2 m × 2 m. Brangkas dijemur dan perontokan biji dilakukan menggunakan mesin perontok (*thresher*), kemudian biji dijemur

lagi hingga kadar air sekitar 12%. Data yang dikumpulkan adalah sifat kimia tanah sebelum tanam (pH, C-organik, N, P, K, Na, Ca, Mg, KTK), intensitas cahaya di atas tajuk kedelai dan di lokasi tanpa naungan jati diamati pada pukul 12.00-13.00 WIB dengan interval 2 minggu antarpengamatan. Tinggi tanaman dan bobot kering tanaman pada umur 60 hari dan saat panen diamati pada 6 tanaman sampel yang diambil dari 3 lubang tanam. Pada tanaman sampel tersebut juga dilakukan pengamatan jumlah polong isi dan bobot biji per tanaman, bobot 100 biji, dan kadar air biji. Jumlah tanaman dipanen dan bobot kering biji diamati pada ubinan 2 m × 2 m. Evaluasi kelayakan teknis dan sosial ekonomis dilakukan untuk mengetahui kelayakan teknologi budidaya kedelai adaptif naungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

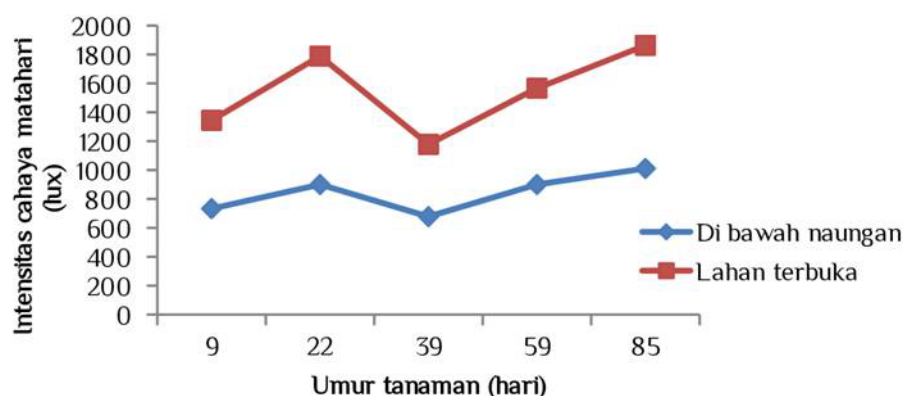
Tanah lokasi pengujian memiliki karakter masam (pH 5,3), kandungan hara N dan C-Organik rendah, namun kandungan hara P dan K tergolong tinggi (Tabel 1). Rendahnya hara N mengindikasikan tingginya kebutuhan hara N atau pemupukan N untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Di sisi lain, pupuk fosfat dan kalium juga perlu diberikan meskipun kandungan hara P dan K tinggi. Tambahan kedua jenis pupuk ini untuk memelihara kesuburan tanah. Berdasar status hara N, P, dan K tersebut maka kebutuhan masing-masing jenis pupuk yang optimal untuk tanaman kedelai adalah 80 kg, 14,4 kg, dan 90 kg/ha masing-masing untuk pupuk N, P₂O₅ dan K₂O (Permadi dan Haryati 2015). Lahan pengujian mempunyai tingkat kemasaman (pH) 5,3 sehingga kurang sesuai untuk bertanam kedelai yang mensyaratkan pH tanah setidaknya 5,5. Rendahnya pH tanah ini menyebabkan antara lain rendahnya kandungan Ca dan Mg (Tabel 1). Demikian pula, kandungan C-organik di lokasi pengujian juga rendah. Hal ini menunjukkan rendahnya kandungan bahan organik pada lahan hutan jati sehingga aplikasi pupuk organik sangat diperlukan untuk meningkatkan kesuburan tanah.

Intensitas cahaya matahari di bawah naungan jati dan di lahan terbuka tanpa naungan selama pengujian disajikan pada Gambar 1. Rata-rata intensitas cahaya matahari di bawah naungan jati berkisar antara 665,41-1008,2 lux dengan penurunan sebesar 43-49,30% dibandingkan pada lahan terbuka. Tingkat naungan tersebut sudah mendekati sasaran naungan yang ditetapkan dalam pengujian yaitu naungan 50%. Umur pohon jati sudah sekitar 4 tahun namun karena kebiasaan

Tabel 1. Sifat kimia tanah di bawah tegakan pohon jati sebelum tanam kedelai. Blitar, 2021

Variabel	Metode	Satuan	Kadar	Kriteria*)
pH H ₂ O	pH Metri 1:5		5,32	Masam
pH KCl	pH Metri 1:5		4,08	
N-total	Kjedahl	%	0,11	Rendah
P tersedia	P-Bray I	ppm	89,52	Sangat tinggi
Na-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	2,74	Sangat tinggi
K-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	0,98	Tinggi
Ca-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	3,97	Rendah
Mg-dd	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	0,22	Sangat rendah
KTK	NH ₄ OAc 1M pH 7,0	Cmol ⁺ /kg	9,04	Rendah
SO ₄	Morgan Wolf	ppm	35,79	Rendah
C-organik	Walkley & Black	%	1,13	Rendah

Keterangan: *) berdasarkan penilaian status hara tanah Balittanah (2012)

**Gambar 1.** Rata-rata intensitas cahaya matahari di bawah naungan pohon jati dan di lahan terbuka. Blitar, 2021

petani merompes cabang dan daun sehingga naungan jati sekitar 49%. Pada pengelolaan wanatani, pemangkasan dan penjarangan pohon jati direkomendasikan untuk pemeliharaan pohon jati dan meningkatkan ruang tumbuh dan pembagian sumberdaya ke tanaman selanya (Maharani *et al.* 2022). Pemangkasan meningkatkan fraksi iradiasi relatif (*relative irradiation fraction/RIF*) yang lolos dari tajuk pohon sehingga meningkatkan kuantitas cahaya yang diterima tanaman kedelai pada sistem wanatani (Purnomo dan Sitompul 2006). Intensitas cahaya matahari yang diterima baik di bawah naungan jati maupun di lahan terbuka mengalami penurunan ketika pengamatan dilakukan pada saat langit berawan seperti yang tercatat pada umur 39 hari.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan (varietas, jarak tanam, dan pemupukan) mempengaruhi beberapa parameter pertumbuhan vegetatif dan generatif, serta komponen hasil kedelai di bawah naungan. Analisis ragam lebih lanjut menunjukkan adanya pengaruh interaksi varietas dan jarak tanam pada parameter tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah buku subur. Interaksi varietas dengan pemupukan mempengaruhi hasil biji. Interaksi antara jarak tanam

dan pemupukan mempengaruhi jumlah cabang. Ketiga perlakuan berinteraksi mempengaruhi hasil biji per tanaman (Tabel 2). Pengaruh mandiri atau interaksi antarperlakuan yang diuji pada parameter pertumbuhan, hasil dan komponen hasil ini menunjukkan adanya respons spesifik tanaman terhadap lingkungan yang dihasilkan oleh perlakuan varietas, jarak tanam, dan pemupukan.

Pertumbuhan Vegetatif dan Generatif Tanaman

Parameter tinggi tanaman dipengaruhi oleh interaksi varietas dan jarak tanam, artinya bahwa tinggi tanaman dipengaruhi oleh faktor genetik (varietas) sekaligus oleh lingkungan mikro tanaman akibat perbedaan jarak tanam. Varietas Denasa 2 (D2) tumbuh lebih tinggi dari varietas Denasa 1 (D1) pada semua perlakuan jarak tanam. Rata-rata tinggi tanaman varietas Denasa 2 adalah 56,1 cm, dan varietas ini tumbuh 18,9% lebih tinggi dari varietas Denasa 1 yang mempunyai rata-rata tinggi tanaman 47,2 cm. Varietas Denasa 2 tumbuh paling tinggi pada jarak tanam paling rapat: 30 cm × 15 cm, sedang varietas Denasa 1 tumbuh sama tinggi pada ketiga jarak tanam yang diuji (Tabel 3). Dengan kata

Tabel 2. Kuadrat tengah paramater pertumbuhan, komponen hasil, dan hasil biji kedelai di bawah tegakan pohon jati. Blitar, 2021

Parameter	Kuadrat tengah							KK (%)
	Varietas (D)	Jarak Tanam (P)	Pemu- pukan(T)	D*P	D*T	P*T	D*P*T	
Tinggi tanaman	1899,53**	66,94*	19,30tn	97,98**	25,99tn	12,10tn	16,33tn	7,60
Jumlah cabang/tanaman	151,18**	1,57tn	1,11tn	1,86*	0,51tn	1,29**	0,59tn	20,45
Jumlah buku subur/tanaman	21,52**	3,20tn	14,35*	47,56**	25,99tn	12,10tn	16,33tn	7,65
Jumlah polong isi/tanaman	15,42tn	2,11tn	177,46**	13,29tn	15,63tn	47,12tn	53,54tn	16,06
Bobot biji/tanaman	22,25tn	5,88tn	20,05tn	0,87tn	10,04tn	11,22tn	17,81*	19,78
Jumlah tanaman dipanen/ha ^a	124.788**	8.310*	15.671**	3.665tn	2.697tn	2.155tn	2.596tn	9,98
Bobot 100 biji	51,66**	0,03tn	0,71**	0,06tn	0,22tn	0,19tn	0,10tn	2,20
Hasil biji/ha ^a (KA 12,1%)	0,22**	0,03tn	0,01tn	0,01tn	0,04*	0,02tn	0,005tn	7,54

Keterangan : *, **, tn: nyata pada taraf 5%, 1% dan tidak nyata pada batas peluang 5%, KK: koefisien keragaman, KA: kadar air, ^a: data hasil biji dianalisis menggunakan data transformasi $\sqrt{(x+1)}$.

lain tinggi tanaman varietas Denasa 2 dipengaruhi oleh jarak antarbaris tanaman. Berdasar pertumbuhan tinggi tanaman, varietas Denasa 2 lebih tanggap terhadap perubahan jarak tanam. Varietas Denasa 2 tumbuh lebih tinggi karena etiolasi yaitu batang tumbuh memanjang sehingga jarak antarbuku menjadi lebih jauh karena adanya kompetisi cahaya (Chauhan dan Opena 2013). Keadaan demikian sangat mungkin karena adanya kompetisi cahaya di antara tanaman, dimana semakin pendek jaraknya pengaruh kompetisi juga semakin besar. Sebaliknya Deden (2015) menyatakan bahwa jarak antartanaman di dalam barisan berpengaruh pada tinggi tanaman. Jarak antartanaman di dalam baris 10-15 cm nyata meningkatkan tinggi tanaman dan bobot 100 biji dibanding jarak antartanaman 20 cm.

Jumlah cabang dipengaruhi oleh interaksi antara varietas dengan jarak tanam. Jumlah cabang tertinggi (5,4 cabang) dicapai oleh varietas Denasa 1 yang ditanam rapat dengan jarak tanam 30 cm × 15 cm (P2). Varietas Denasa 2 menghasilkan cabang dengan jumlah nyata lebih rendah yaitu antara 2,3 hingga 2,4 cabang/tanaman pada semua jarak tanam (Tabel 3). Jumlah cabang juga ditentukan oleh interaksi jarak tanam dengan pemupukan. Jarak tanam 40 cm × 15 cm (P1) dan pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3), dan jarak tanam 30 cm × 15 cm (P2) dan pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha (T2) menghasilkan jumlah cabang tertinggi yaitu 4,2 cabang/tanaman (Tabel 3). Di sisi lain, pada jarak tanam rapat (P2) dan jarak tanam dengan pemupukan terhadap jumlah cabang/tanaman menunjukkan bahwa jumlah cabang dipengaruhi oleh varietas atau genotipe sekaligus oleh faktor lingkungan. Demikian pula perlakuan jarak tanam mempunyai arti penting

untuk parameter jumlah cabang/tanaman: bahwa kedelai menghasilkan cabang lebih banyak pada populasi tanaman yang lebih rendah karena kompetisi tanaman lebih rendah seperti yang dilaporkan Gulluoglu *et al.* (2016).

Interaksi varietas dan jarak tanam juga mempengaruhi jumlah buku subur per tanaman (Tabel 2). Varietas Denasa 1 pada jarak tanam rapat 30 cm × 15 cm (P2) menghasilkan jumlah buku subur tertinggi yaitu 12,8 buku/tanaman dan nyata lebih tinggi dari varietas Denasa 2 dengan jarak tanam jarak legowo (P3) (Tabel 3). Pada Gambar 2 dapat dilihat keragaan polong Denasa 1 lebih banyak dibandingkan dengan Denasa 2. Gambar 3 memperlihatkan keragaan polong masak varietas Denasa 1 dan Denasa 2 dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm pada berbagai perlakuan pemupukan. Deskripsi varietas menyebutkan bahwa tipe percabangan varietas Denasa 1 bersifat menyempit mendekati batang utama sedangkan varietas Denasa 2 lebih melebar.

Komponen Hasil Kedelai

Jumlah polong isi/tanaman dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan. Tanaman yang diberi 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3) menghasilkan polong isi/tanaman nyata paling banyak: 38,8 polong (Tabel 4). Jumlah polong ini sedikit lebih banyak dari jumlah polong pada deskripsi varietas Denasa 2 (36 polong), namun masih lebih rendah dari jumlah polong pada deskripsi varietas Denasa 1 yang sebanyak 48 polong/tanaman. Aplikasi 250 kg/ha pupuk majemuk NPK (16:16:16) ditambah pupuk kompos dari tandan kosong kelapa sawit meningkatkan persentase jumlah polong bernaas/tanaman dari 81,29% menjadi 87,82% pada perlakuan tanpa kompos dan tanpa pupuk NPK pada lahan mineral bereaksi masam di Riau (Hapsoh *et al.* 2019).

Tabel 3. Tinggi tanaman, jumlah cabang, dan jumlah buku subur kedelai di bawah tegakan pohon jati. Blitar, 2021

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah cabang/tanaman	Jumlah buku subur/tanaman
Varietas × jarak tanam			
D1 × P1	47,2 c	4,6 b	12,4 ab
D1 × P2	46,8 c	5,4 a	12,8 a
D1 × P3	47,6 c	4,6 b	11,9 ab
D2 × P1	54,1 b	2,3 c	11,5 ab
D2 × P2	59,8 a	2,3 c	11,6 ab
D2 × P3	54,5 b	2,4 c	11,2 b
Jarak tanam × pemupukan			
P1 × T1	50,8 a	3,5 a-d	12,3 a
P1 × T2	49,4 a	2,9 d	10,7 a
P1 × T3	49,9 a	4,2 a	12,7 a
P1 × T4	52,3 a	3,0 cd	12,1 a
P2 × T1	53,7 a	3,6 a-d	11,7 a
P2 × T2	51,1 a	4,2 a	12,8 a
P2 × T3	53,7 a	3,8 ab	12,7 a
P2 × T4	54,7 a	3,8 a-c	11,6 a
P3 × T1	52,7 a	3,3 b-d	10,9 a
P3 × T2	50,9 a	3,3 b-d	11,4 a
P3 × T3	50,6 a	3,7 bc	13,7 a
P3 × T4	49,9 a	3,8 ab	10,3 a

Keterangan: Angka pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada batas kepercayaan 5%. Kadar air hasil biji sekitar 12,10%. D1: var. Denasa 1, D2: var. Denasa 2, P1: 40 cm × 15 cm, P2: 30 cm × 15 cm, dan P3: jarak legowo (50 cm × 30 cm × 15 cm). T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1.000 kg pupuk kandang/ha.

**Gambar 2.** Keragaan kedelai varietas Denasa 1 (atas), varietas Denasa 2 (bawah) fase pengisian polong pada umur 59 hari

Bobot biji per tanaman tidak berbeda untuk semua perlakuan yang diuji (Tabel 4). Hal ini berarti bahwa bobot biji/tanaman tidak berbeda pada kedua varietas, tiga perlakuan jarak tanam, dan empat perlakuan pemupukan yang diuji pada lingkungan dengan naungan hampir 50%. Carciochi *et al.* (2019) meringkas beberapa publikasi bahwa hasil biji/ha tanaman kedelai yang ditanam pada populasi rendah tidak dapat mengkompensasi diperolehnya hasil biji sama dengan hasil biji pada populasi tinggi karena terhambatnya pertumbuhan vegetatif (luas daun) dan hasil biji/tanaman pada lingkungan berproduktivitas rendah.

Bobot 100 biji dipengaruhi oleh perlakuan varietas, dengan kata lain jenis varietas mempengaruhi bobot 100 biji atau ukuran biji (Tabel 4). Bobot 100 biji varietas Denasa 2 (18,5 g) nyata lebih tinggi dari bobot 100 biji varietas Denasa 1 (17,0 g). Pada pengujian ini, ukuran biji varietas Denasa 1 lebih kecil dari ukuran biji yang tercantum pada deskripsi varietas (18,09 g/100 biji), sedang ukuran biji varietas Denasa 2 sama dengan ukuran biji yang tercantum pada deskripsi varietas (18,55 g/100 biji). Di sini terlihat bahwa ukuran biji varietas Denasa 1 peka terhadap perbedaan lingkungan sedangkan ukuran biji varietas Denasa 2 lebih stabil terhadap perubahan lingkungan. Stabilitasnya ukuran biji pada varietas Denasa 2 didukung oleh Chairudin

Tabel 4. Komponen jumlah polong isi, bobot biji per tanaman, jumlah tanaman dipanen dan bobot 100 biji di bawah tegakan pohon jati. Blitar, 2021

Perlakuan	Jumlah polong isi per tanaman	Bobot biji per tanaman (g)	Bobot 100 biji (g)	Jumlah tanaman dipanen/ha
Varietas (D)				
D1	35,2 a	14,3 a	17,0 b	151.927 b
D2	34,4 a	13,3 a	18,5 a	213.490 a
Jarak tanam (P)				
P1	34,9 a	13,3 a	17,8 a	169.063 b
P2	34,6 a	13,9 a	17,8 a	196.328 a
P3	35,1 a	14,1 a	17,7 a	182.734 ab
Pemupukan (T)				
T1	33,2 b	12,9 a	17,6 c	214.063 a
T2	32,9 b	13,7 a	17,7 bc	166.354 b
T3	38,8 a	15,1 a	17,9 ab	178.750 b
T4	34,5 b	13,6 a	18,0 a	171.667 b

Keterangan: Angka pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf sama pada setiap kolom menunjukkan tidak berbeda nyata pada batas kepercayaan 5%. Kadar air hasil biji sekitar 12,10%. D1: var. Denasa 1, D2: var. Denasa 2, P1: 40 cm × 15 cm, P2: 30 cm × 15 cm, dan P3: jajar legowo (50 cm × (30 cm × 15 cm)). T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha.

**Gambar 3.** Keragaan polong masak varietas Denasa 1 (atas) dan Denasa 2 (bawah) pada berbagai perlakuan teknologi pemupukan dengan jarak tanam 40 cm × 15 cm

et al. (2015) yang melaporkan bahwa ukuran biji kedelai adalah tetap baik ketika kedelai ditanam dengan atau tanpa naungan.

Bobot 100 biji juga dipengaruhi oleh perlakuan pemupukan. Hal ini berarti bahwa pada lahan masam dengan kandungan hara N, SO₄ dan C-organik rendah serta kondisi ternaungi, ragam kombinasi jenis pupuk berpengaruh pada pertumbuhan yang selanjutnya mempengaruhi

komponen hasil kedelai. Tabel 4 menunjukkan bahwa pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha + 1.000 kg pupuk kandang/ha (T4) menghasilkan bobot 100 biji atau ukuran biji tertinggi. Demikian pula pemupukan 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3) sudah mampu meningkatkan bobot 100 biji (Tabel 4). Kombinasi pupuk anorganik sumber hara N, P, K, S (Phonska, SP36 dan ZA) dan pupuk organik pada lahan bereaksi masam telah berkontribusi pada peningkatan ketersediaan hara N, P, K, S dan C organik yang diperlukan tanaman kedelai.

Secara ringkas dikemukakan bahwa pemupukan berpengaruh nyata terhadap jumlah buku subur, jumlah polong isi/tanaman, dan bobot 100 biji (Tabel 2). Pada kondisi lahan bereaksi masam, miskin hara N, Ca-dd, SO₄ dan C organik, penambahan hara N, S dan bahan organik melalui pemupukan Phonska, ZA dan pupuk kandang sudah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai dengan adanya peningkatan pertumbuhan dan komponen hasilnya. Peningkatan pertumbuhan, komponen hasil bahkan hasil biji pada kedelai di lahan bereaksi masam dengan penambahan hara N, P, dan K baik melalui pupuk tunggal maupun majemuk juga dilaporkan oleh Pratama *et al.* (2017) dan Hapsoh *et al.* (2019).

Hasil Biji Kedelai

Jumlah tanaman dipanen dipengaruhi oleh faktor tunggal varietas, jarak tanam, dan pemupukan. Populasi tanaman yang dipanen lebih banyak pada jarak tanam rapat (30 cm × 15 cm, P2) karena

Tabel 5. Hasil biji kedelai di bawah tegakan pohon jati, Blitar 2021

Perlakuan	Hasil biji (t/ha)
Varietas (D)	
D1	1,52 a
D2	1,21 b
Varietas (D) × Teknologi pemupukan (T)	
D1 × T1	1,35 bcd
D1 × T2	1,54 ab
D1 × T3	1,78 a
D1 × T4	1,41 bc
D2 × T1	1,17 cd
D2 × T2	1,23 bcd
D2 × T3	1,12 d
D2 × T4	1,33 bcd
Rata-rata	1,36

Keterangan: Angka pada masing-masing perlakuan yang diikuti oleh huruf sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada batas kepercayaan 5%. Kadar air hasil biji sekitar 12,10%. D1: var. Denasa 1, D2: var. Denasa 2, T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha

jumlah tanaman per satuan luas lahan lebih banyak dibandingkan jumlah tanaman pada jarak tanam yang lebih lebar. Jumlah tanaman dipanen pada varietas Denasa 2 juga lebih banyak dari varietas Denasa 1 (Tabel 4).

Hasil biji kedelai dipengaruhi interaksi varietas dengan pemupukan (Tabel 5). Varietas Denasa 1 yang dipupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha (T3) memberikan hasil biji tertinggi (1,78 t/ha), sebaliknya teknologi pemupukan yang sama memberikan hasil biji terendah (1,12 t/ha) pada varietas Denasa 2. Namun demikian aplikasi 250 kg Phonska + 50 kg/ha SP36 (T2) pada varietas Denasa 1 mampu meningkatkan hasil biji sebesar 29,6% dibandingkan dengan hanya menggunakan pupuk Phonska saja (T1). Respons tanaman terhadap pemupukan dipengaruhi oleh berbagai hal diantaranya ketersediaan hara N, Ca, Mg, S dan C organik di dalam tanah yang rendah, tanah bereaksi masam, cekaman abiotik misalnya curah hujan yang tinggi. Selama kegiatan berlangsung, curah hujan cukup tinggi dan berlangsung hingga fase pengisian polong yang mungkin mempengaruhi ketersediaan pupuk yang diberikan.

Kisaran hasil kedelai antara 1,17-1,78 t/ha di bawah naungan jati 43-49,3% pada pengujian ini selaras dengan hasil penelitian Sundari *et al.* (2016) yang melaporkan kisaran hasil kedelai antara 0,94-1,82 t/ha di bawah naungan jati 59-60%. Di lahan kering masam tanpa adanya naungan, hasil kedelai

bisa lebih tinggi (2,34 t dan 2,48 t/ha) dengan pemupukan 75 kg Urea, 150 kg SP 36, 100 kg KCl/ha ditambah $\frac{1}{4} \times Al_{dd}$ dengan Dolomit 805 kg/ha dan 2500 kg pupuk kandang/ha atau 75 kg Urea, 150 kg SP 36, 100 kg KCl/ha ditambah $\frac{1}{2} \times Al_{dd}$ dengan Dolomit 1610 kg/ha (Hasibuan *et al.* 2018). Sedangkan aplikasi 250 kg/ha pupuk majemuk NPK (16:16:16) secara nyata meningkatkan produksi kedelai di lahan masam tanpa naungan dari 1,58 t menjadi 1,99 t/ha (Hapsoh *et al.* 2019).

Berdasarkan deskripsinya, varietas Denasa 1 memiliki hasil rata-rata 2,25 t/ha dan varietas Denasa 2 memiliki hasil rata-rata 2,31 t/ha. Lebih rendahnya hasil kedelai pada kedua varietas (masing-masing 1,52 t/ha dan 1,21 t/ha) pada pengujian ini kemungkinan karena perbedaan tingkat naungan yang diperoleh tanaman. Data hasil rata-rata varietas Denasa 1 dan Denasa 2 tersebut diperoleh dari uji adaptasi yang dilakukan pada beragam jenis naungan (jagung, jati, kelapa sawit, jeruk, ubikayu, eucalyptus) yang memberikan beragam tingkat naungan sehingga memberikan hasil biji yang beragam (Sundari *et al.* 2021). Handriawan *et al.* (2016) melaporkan terjadinya penurunan hasil kedelai dengan adanya peningkatan naungan. Peningkatan naungan dari 25 menjadi 50% menurunkan hasil biji kedelai 11-23%. Rendahnya hasil biji varietas Denasa 1 dan 2 pada pengujian ini kemungkinan juga karena populasi tanaman lebih rendah dari populasi optimalnya. Curah hujan dan hari hujan yang tinggi di sekitar saat tanam hingga fase tumbuh kembang (*emergence phase*) menyebabkan banyak benih yang hilang terbawa aliran air meskipun sudah dilakukan penyulaman hingga dua kali. Dengan demikian teknologi jarak tanam dan pemupukan yang diterapkan pada lahan naungan jati di Selopuro Blitar ini belum mampu meningkatkan hasil kedelai varietas Denasa 1 dan Denasa 2 hingga mencapai potensi hasilnya.

Hasil biji/ha berbeda nyata pada perlakuan varietas (Tabel 5). Hasil biji varietas Denasa 1 (1,52 t/ha) nyata lebih tinggi dibandingkan hasil biji varietas Denasa 2 (1,21 t/ha). Demikian pula, varietas Denasa 2 tidak tanggap terhadap semua perlakuan pemupukan sehingga hasil bijinya sama pada semua perlakuan pemupukan (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa setiap varietas atau genotipe memiliki respons yang berbeda terhadap kondisi naungan. Perbedaan respons varietas atau genotipe kedelai terhadap naungan juga dilaporkan oleh Susanto dan Sundari (2010), Krisnawati dan Adie (2015), dan Wijaya dan Maksudin (2018).

Tabel 6. Analisis usaha tani budidaya kedelai varietas Denasa 1 dan Denasa 2. Blitar, 2021

No	Komponen	D1T1	D1T2	D1T3	Perlakuan D1T4	D2T1	D2T2	D2T3	D2T4
1.	Biaya saprodi (Rp)	2.380.000	2.480.000	2.575.000	3.075.000	2.380.000	2.480.000	2.575.000	3.075.000
2.	Biaya lain-lain (Rp)	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000	1.200.000
3.	Biaya tenaga kerja (Rp)	3.445.000	3.502.000	3.574.000	3.543.000	3.391.000	3.409.000	3.376.000	3.519.000
4.	Total biaya (Rp)	6.442.000	6.542.000	6.709.000	7.178.000	6.331.000	6.449.000	6.511.000	7.154.000
5.	Produksi (kg)	1.350	1.540	1.780	1.410	1.170	1.230	1.120	1.330
6.	Harga jual (Rp/kg)	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000	11.000
7.	Penerimaan (Rp)	14.850.000	16.940.000	19.580.000	15.510.000	12.870.000	13.530.000	12.320.000	14.630.000
8.	Keuntungan (Rp)	8.465.000	10.398.000	12.871.000	8.332.000	6.539.000	7.081.000	5.809.000	7.476.000
9.	R/C ratio	2,3	2,6	2,9	2,2	2,0	2,1	1,9	2,0
10.	B/C ratio	1,3	1,6	1,9	1,2	1,0	1,1	0,9	1,0

Keterangan: harga kedelai per Mei 2021 sebesar Rp11.000/kg. D1: varietas Denasa 1, D2: varietas Denasa 2, T1: 250 kg Phonska/ha, T2: 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha, T3: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha, T4: 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha

Analisis Usaha Tani

Hasil analisis usaha tani di lokasi Blitar menunjukkan bahwa varietas Denasa 1 dengan semua teknologi pemupukan memberikan nilai R/C dan B/C >1 yang artinya semua perlakuan memberikan keuntungan dan teknologi layak untuk diterapkan. Keuntungan terbesar yaitu Rp 12.871.000,00/ha didapatkan pada teknologi pemupukan T3 (250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha). Varietas Denasa 2 juga memiliki ratio R/C >1 yang artinya semua teknologi pemupukan memberikan keuntungan dan keuntungan terbesar diperoleh pada teknologi pemupukan T4 (250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA + 1000 kg pupuk kandang/ha) yaitu Rp7.476.000,00/ha. Khusus pada varietas Denasa 2, teknologi pemupukan T2 (250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha) lebih dianjurkan karena nilai ratio R/C dan B/C >1. Pada varietas Denasa 2 teknologi pemupukan T3 (250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha) tidak layak diterapkan karena memiliki B/C <1 yang artinya keuntungan belum dapat menutup biaya produksi (Tabel 6). Pengujian kedelai yang ditanam di bawah tegakan jati umur dua (2) tahun di Kab. Blora, Jawa Tengah dengan jarak tanam kedelai 40 cm × 15 cm, 200 kg pupuk majemuk NPK Phonska (15:15:15) + 100 kg SP36 + 1000 kg pupuk organik/ha pada kondisi tadah hujan memberikan hasil biji 0,97 t/ha dan ratio R/C 1,3 tetapi ratio B/C hanya 0,3. Hal ini menunjukkan bahwa paket teknologi yang diaplikasikan memberi keuntungan namun tidak layak secara ekonomi (Elisabeth dan Suhartina 2019).

Varietas Denasa 1 dan Denasa 2 pada ketiga jarak tanam yang diuji memberikan hasil biji tidak berbeda nyata. Demikian pula tidak terjadi interaksi antara jarak tanam dengan perlakuan yang lain terhadap parameter hasil biji/ha (Tabel 1). Oleh karena itu, ketiga jarak tanam dapat dipilih untuk dipraktekkan sesuai dengan preferensi petani. Kebutuhan benih

(untuk plot ukuran 16,25 m²), pada jarak tanam 40 cm × 15 cm, 30 cm × 15 cm, dan (50 cm × (30 cm × 15 cm) berturut-turut semakin banyak dari 98 g, menjadi 131 g dan 165 g untuk varietas Denasa 1, dan dari 100 g, 134 g dan 168 g untuk varietas Denasa 2. Jarak tanam 30 cm × 15 cm dan (50 cm × (30 cm × 15 cm) membutuhkan jumlah benih 34% dan 68% lebih tinggi dari kebutuhan benih jarak tanam 40 cm × 15 cm untuk kedua varietas. Penerapan jarak tanam 40 cm × 15 cm akan terjadi penghematan biaya produksi.

KESIMPULAN

Perakitan teknologi budidaya kedelai varietas Denasa 1 dan Denasa 2 di bawah tegakan jati umur 4 tahun dengan tingkat naungan antara 43-49% selama masa pertumbuhan tanaman kedelai untuk memperoleh hasil biji tinggi sekaligus layak secara ekonomi adalah berbeda untuk varietas Denasa 1 dan Denasa 2. Untuk varietas Denasa 1 teknologi budidayanya menggunakan jarak tanam 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang dan dipupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36 + 50 kg ZA/ha. Teknologi budidaya untuk varietas Denasa 2 menggunakan jarak tanam 40 cm × 15 cm, 2 tanaman/lubang dan dipupuk 250 kg Phonska + 50 kg SP36/ha.

DAFTAR PUSTAKA

- Carciochi WD, Schwalbert R, Andrade FH, Corassa GM, Carter P, Gaspar AP, Schmidt J, Ciampitti IA. 2019. Soybean seed yield response to plant density by environment in North America. *Agronomy Journal* 111(-): 1923 – 1932.
- Chairudin, Efendi, Sabaruddin. 2015. Dampak naungan terhadap perubahan karakter agronomi dan morfo-fisiologi daun pada tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Floratek* 10: 26 – 35.
- Chauhan, BS, Opana JL. 2013. Effect of plant spacing on growth and grain yield of soybean. *American Journal of Plant Sciences* (4): 2011-2014.

- Deden. 2015. Pengaruh jarak tanam dan aplikasi pupuk NPK terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merrill) varietas Kaba. Jurnal Agrikultura 26 (2): 90-98
- Elisabeth DAA, Suhartina. 2019. Farmer's response on introduction of soybean cultivation technology under teak shade. AIP Conf. Proc.2120. 040013-1- 040013-9. 9p.
- Figyantika A, Mendham DS, Hardie MA, Hardiyanto EB, Hunt MA. 2020. Productivity benefits from integrating *Acacia auriculiformis* and agricultural cropping in Java, Indonesia. Agroforest Syst. Published online: 15 September 2020.
- Fyanita P, Liferdi, Permadi K. 2017. Tingkat pengolahan tanah pada kedelai di bawah tegakan jati muda berumur empat tahun. Buletin Hasil Kajian 7(07):14-18
- Gulluoglu L, Bakal H, Arioglu H. 2016. The effects of twin-row planting pattern and plant population on seed yield and yield components of soybean at late double-cropped planting in Cukurova region. Turkish Journal Field Crops 21(1):59-65.
- Hamdani KK, Susanto H. 2020. Pengembangan varietas tahan naungan untuk mendukung peningkatan produksi tanaman pangan. Jurnal Planta Simbios 2(1): 22-36.
- Handriawan A, Respatie DW, Tohari. 2016. Pengaruh intensitas naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tiga kultivar kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) di lahan pasir pantai Bugel, Kulon Progo. Vegetalika 5(3): 1-14
- Hapsoh, Wardati, Hairunisa. 2019. Pengaruh pemberian kompos dan pupuk NPK terhadap produktivitas kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). Jurnal Agronomi Indonesia 47(2): 149-155.
- Harsono A, Harnowo D. 2022. The potential of area under young oil plam plantation on tidal swamps for soybean development. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 974 (2022) 012099. 10 p.
- Hasibuan HS, Sopandie D, Trikoesoemaningtyas, Wirnas D. 2018. Pemupukan N, P, K, Dolomit, dan pupuk kandang pada budidaya kedelai di lahan kering masam. Jurnal Agronomi Indonesia 46(2): 175-181.
- Krisnawati A, Adie MM. 2015. Seleksi populasi F5 kedelai berdasarkan karakter agronomis. pp 434-437. Prosiding Sem Nas Masy Biodiv Indonesia. 20p.
- Maharani D, Sudomo A, Swestiani D, Murniati, Sabastian GE, Roshetko JM, Fambayun RA. 2022. Intercropping tuber crops with teak in Gunungkidul Regency, Yogyakarta, Indonesia. Agronomy, 12(2): 449. 20p.
- Muhidin, Syam'un E, Kaimuddin, Musa Y, Sadimantara GR, Usman, Leomo S, Rakian TC. 2018. Shading effect on generative characters of upland rice of South Sulawesi, Indonesia. IC-FSSAT. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 157 (2018) 012017. 5 p.
- Nugrahaeni N, Suhartina, Rahayu, RDP, Susanto GWA. 2018. Budena, Teknologi Budidaya Kedelai pada Lahan Naungan. Laporan Teknis Tahun 2018. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. Puslitbang Tanaman Pangan. 109p. [tidak dipublikasikan].
- Permadi K, Haryati Y. 2015. Pemberian pupuk N, P, dan K berdasarkan pengelolaan hara spesifik lokasi untuk meningkatkan produktivitas kedelai. AGROTROP 5(1): 1-8.
- Pratama BJ, Nurmiaty Y, Nurmauli N. 2017. Pengaruh dosis pupuk NPK majemuk susulan saat awal berbunga (R1) pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* [L.] Merill). Jurnal Penelitian Pertanian Terapan 17 (2): 138-144.
- Pratiwi H, Rina A. 2018. Respon morfo-fisiologi genotipe kedelai terhadap naungan jagung dan ubikayu. Jurnal Agronomi Indonesia, 46(1):48-56.
- Purnomo D, Budiastuti MT, Setyaningrung D. 2021. The role of soybean agroforestry in mitigating climate change in Indonesia. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1016(2022):012024.7p.
- Purnomo D, Sitompul SM. 2006. Irradiasi pada sistem agroforestri berbasis jati dan pinus serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman kedelai. Biodiversitas 7(3): 251-255.
- Setyawan G, Huda S. 2022. Analisis pengaruh produksi kedelai, konsumsi kedelai, pendapatan per kapita, dan kurs terhadap impor kedelai di Indonesia. Jurnal Ekonomi dan Manajemen 19(2):215-225.
- Sundari T, Nugrahaeni N, Susanto GWA. 2016. Interaksi genotipe $\times$ lingkungan dan stabilitas hasil biji kedelai toleran naungan. Jurnal Agronomi Indonesia 44 (1): 16-25.
- Sundari T, Susanto GWA, Nugrahaeni N, Suhartina, Purwanto, Baliadi Y, Mejaya MJ. 2021. Genotypes $\times$ environments interaction of soybean lines in various shading environments. Annual Research & Review in Biology. 36(3): 77-92.
- Suryanto P, Suwignyo B, Prianto SD, Putra ETS, Alam T. 2017. Morpho-physiological characters and soybean productivity on Alfisol and vertisol under intercropping with kayu putih (*Melaleuca cajaputi*). AGRIVITA Journal of Agricultural Science 39(2): 153-159.
- Susanto GWA, Sundari T. 2010. Pengujian 15 genotipe kedelai pada kondisi intensitas cahaya 50% dan penilaian karakter tanaman berdasarkan fenotipnya. Jurnal Biologi Indonesia 6 (3): 459-471.

- Tewari S, Tewari L, Kumar A, Kaushal R. 2021. Performance of *Glycine max* L varieties under *Tectona grandis* L. and *Dalbergia sisso* Roxb. based agroforestry system. Indian Journal of Agroforestry 23(1):67-73.
- Wijaya AA, Maksudin ITA. 2018. Kemajuan genetik harapan dan daya hasil tiga kultivar kedelai dengan pemanfaatan pupuk hayati pada kondisi jenuh air. pp 69-75. Prosiding Konser Karya Ilmiah Tingkat Nasional Tahun 2018 “Peluang dan Tantangan Pembangunan Pertanian Berkelanjutan di Era Global dan Digital” 13 September 2018. Fakultas Pertanian & Bisnis UKSW.
-