

## HASIL DAN KUALITAS BENIH KEDELAI PADA POLA TANAM BERSISIPAN DAN BERUNTUN

### YIELD AND QUALITY OF SOYBEAN SEED FROM SEQUENTIAL AND CONTINUOUS CROPPING PATTERNS

Rudi Hartawan<sup>1\*</sup>, Yulistiati Nengsih<sup>1</sup>, Adilla Adistyia<sup>2</sup>, Eddy Marwan<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Batanghari, Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Batanghari, Jl. Slamet Riyadi-Broni, Jambi, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Bengkulu, Jl. Bali Po.Box 118 Bengkulu, Indonesia

\*Korespondensi : rudi2810@yahoo.com

Diterima : 31 Desember 2023 / Disetujui : 21 Juni 2023

#### ABSTRAK

Pola tanam bersisipan dan beruntun merupakan strategi untuk meningkatkan efisiensi produksi benih kedelai. Penelitian bertujuan menetapkan dampak pola tanam terhadap hasil dan kualitas, serta mendapatkan nilai efisiensi tenaga kerja, hara dan waktu dalam produksi benih kedelai. Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari sampai Oktober 2019. Analisis kesuburan tanah dan kompos di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor. Penelitian lapangan di Balai Benih Induk Palawija, Sebapo. Analisis proksimat di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, Bogor. Pengujian benih di Laboratorium Dasar Universitas Batanghari, Jambi. Penelitian menggunakan rancangan lingkungan acak lengkap satu faktor dengan tiga ulangan. Rancangan perlakuan adalah pola tanam:  $P_0$ = standar,  $P_1$ = pola tanam bersisipan dan  $P_2$ = pola tanam beruntun. Peubah yang diukur adalah hasil dan kualitas benih, efisiensi tenaga kerja, hara dan waktu. Data penelitian menunjukkan hasil benih pola tanam bersisipan turun 16% dan pola tanam beruntun turun 7,5%. Pola tanam bersisipan meningkatkan efisiensi tenaga kerja 22,88%, efisiensi hara 75,30%, dan efisiensi waktu 14,63%. Pola tanam beruntun meningkatkan efisiensi tenaga kerja 8,25%, efisiensi hara 75,35%, dan efisiensi waktu 6,82%. Pola tanam bersisipan lebih baik daripada pola tanam beruntun. Pola tanam meningkatkan efisiensi proses budidaya dan tidak memengaruhi kualitas benih sehingga dapat digunakan pada produksi benih kedelai.

Kata kunci: Efisiensi, Kedelai, Pola tanam, Produksi benih

#### ABSTRACT

Sequential and continuous cropping patterns are strategy to increase efficiency in soybean seed production. The research aimed to determine the impact of cropping patterns on yield and quality, also to obtain efficiency of manpower, nutrient and planting duration of soybean seed production. The research was conducted from January to October 2019. Soil fertility and compost analysis was done at Center for Research and Development of Agricultural

Land Resources, Bogor. Field research was at Sebapo experimental station. Proximate analysis was carried out at Center for Agricultural Postharvest Research and Development, Bogor. Seed testing was at Basic Laboratory of Batanghari University, Jambi. The research used completely randomized design with three replications. The treatment was cropping pattern:  $P_0$ = standard,  $P_1$ = sequential and  $P_2$ = continuous. The variables observed were seed yield and quality, efficiency of manpower, nutrient and planting duration. The results showed that the seed yield of continuous cropping pattern decreased 16% and the sequential cropping pattern decreased 7.5%. The continuous cropping pattern increased manpower efficiency 22.88%, nutrient 75.30%, and planting duration 14.63%. The sequential cropping pattern increased manpower efficiency 8.25%, nutrient 75.35%, and planting duration 6.82%. The cropping pattern increased the efficiency of cultivation and did not affect the quality of soybean seed so that it can be used in soybean seed production.

Key words : Cropping pattern, Efficiency, Seed production, Soybean

## PENDAHULUAN

Produksi benih kedelai menjadi sangat penting bila dikaitkan dengan upaya meningkatkan produksi untuk mencapai swasembada kedelai. Umumnya peningkatan produksi benih mengandalkan pupuk anorganik dan terbukti telah memberikan hasil yang baik. Menurut Choundhary *et al.* (2018) kelemahan dalam penggunaan pupuk anorganik dalam jangka panjang tidak bersahabat dengan lingkungan. Selain itu harga pupuk yang cenderung terus meningkat merupakan kendala dalam produksi benih kedelai (Harsono *et al.*, 2021).

Kegiatan produksi benih kedelai menghasilkan sampah (potongan ranting dan polong) saat perontokan benih dan belum dimanfaatkan secara optimal. Pemanfaatan sampah sisa produksi benih menjadi kompos dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik. Penggunaan pola tanam yang tepat dapat meningkatkan efisiensi tenaga kerja, efisiensi pupuk, dan efisiensi waktu dalam siklus produksi benih kedelai secara bersisipan dan beruntun.

Hasil penelitian Hartawan *et al.* (2017) menyimpulkan bahwa kompos serasah kedelai mengandung pH 7,2; kadar air 42%;

$P_2O_5$  0,3%;  $K_2O$  0,38%; N-total 0,75%; C-total 11,5%; dan rasio C/N 15,33. Hara yang terkandung dalam kompos berpotensi sebagai fortifikasi guna mengurangi pemakaian pupuk anorganik. Substitusi hara anorganik sebanyak 50% dengan kompos dosis  $5 \text{ t ha}^{-1}$  menghasilkan benih kedelai label biru dengan produksi  $1,72 \text{ t ha}^{-1}$  dengan peubah kualitas benih berupa bobot 1000 butir benih 140,98 g, kadar air 10,82%, kandungan protein 34,98%, daya hantar listrik  $57,42 \mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$ ; viabilitas 80,98% dan vigor kecepatan berkecambah 27,48%  $\text{etmal}^{-1}$  setelah benih tersebut disimpan selama 90 hari. Penelitian perlu dikembangkan dengan pengkajian pola tanam untuk meningkatkan efisiensi produksi dan dampaknya terhadap potensi hasil dan kualitas benih.

Menurut Feng *et al.* (2020) penggunaan pola tanam yang tepat sangat penting dalam budidaya tanaman. Penggunaan pola tanam bersisipan dan beruntun bertujuan meningkatkan efisiensi tenaga kerja, efisiensi pemupukan, dan mempercepat waktu panen.

Pertanaman II pada pola tanam bersisipan dilakukan tanpa olah tanah dan pada pola tanam beruntun dilakukan olah

tanah minimum. Pengurangan intensitas pengolahan tanah akan menghemat tenaga kerja. Menurut Du *et al.* (2020) substitusi hara anorganik pada pola tanam bersisipan dan beruntun akan mengurangi masukan hara anorganik. Penggunaan pola tanam bersisipan dan beruntun akan mengurangi jumlah hari dalam siklus produksi benih. Pada aktivitas normal, durasi untuk panen benih mencapai 115 hari, perlu diupayakan agar durasi tersebut dapat dipersingkat menjadi 100 hari.

Peningkatan efisiensi tenaga kerja, hara, dan waktu masih menyisakan pertanyaan, apakah hasil benih pada pertanaman II akan meningkat, tetap, atau turun. Begitu juga dengan kualitas benih, apakah pola tanam dan substitusi hara anorganik sebanyak 50% dengan hara organik akan mempengaruhi kualitas benih. Guna menjawab pertanyaan tersebut, dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengetahui dampak pola tanam terhadap hasil dan kualitas benih kedelai dan mendapatkan nilai efisiensi tenaga kerja, hara, dan waktu dalam produksi benih kedelai.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan dari bulan Januari sampai Oktober 2019. Kegiatan lapangan dilaksanakan di Balai Benih Induk di Sebapo. Pengujian benih dilaksanakan di Laboratorium Dasar Universitas Batanghari. Analisis proksimat di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian di Bogor. Analisis kesuburan tanah dan mutu kompos dilaksanakan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian di Bogor.

Bahan yang digunakan adalah serasah batang dan polong dari kegiatan produksi benih kedelai, EM4, pupuk kandang, benih

pokok kedelai varietas Anjasmoro, pupuk urea, SP-36, dan KCl, serta pestisida Sevin<sup>TM</sup>. Peralatan yang digunakan adalah alat pencacah serasah, peralatan pembuat kompos, seperangkat alat analisis tanah, timbangan analitik, desikator, oven listrik, seperangkat alat pengendalian hama, penyakit dan gulma, peralatan penyiram tanaman, *thermohygrometer*, peralatan analisis proksimat, seperangkat alat untuk mengukur daya imbibisi benih, dan *electric conductivity meter*.

Penelitian menggunakan rancangan lingkungan acak lengkap satu faktor dengan tiga ulangan. Rancangan perlakuan adalah produksi benih kedelai pada dua pola tanam (P): P<sub>0</sub> = produksi benih kedelai pertama dan kedua secara standar, P<sub>1</sub> = produksi benih kedelai pertanaman pertama dan kedua dengan pola tanam bersisipan dan P<sub>2</sub> = produksi benih kedelai pertama dan kedua dengan pola tanam beruntun. Perbedaan perlakuan perlakuan P<sub>0</sub> dengan P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> adalah pada perlakuan P<sub>0</sub> dilakukan bera selama 14 hari antara tanam I dan tanam II. Perbedaan antara P<sub>1</sub> dan P<sub>2</sub> adalah pada perlakuan P<sub>1</sub>, tanam II dilakukan 7 hari sebelum panen tanam I, sedangkan pada perlakuan P<sub>2</sub>, tanam II dilakukan 1 (satu) hari setelah panen tanam I.

Pembuatan kompos dilakukan dengan metode *wind row system* seperti yang dijelaskan oleh Hartawan *et al.* (2017). Pengomposan serasah kedelai menggunakan starter 450 ml EM4 untuk setiap 10 kg serasah. Pengomposan dilaksanakan selama 60 hari. Kompos yang dihasilkan digunakan dalam proses produksi benih dengan dosis 5 t ha<sup>-1</sup>. Kualitas kompos berdasarkan hasil analisis adalah: pH 7,2; kadar air 42%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,3%; K<sub>2</sub>O 0,38%; N-

total 0,75%; C-total 11,5%; dan rasio C/N 15,33.

Analisis kesuburan tanah dilakukan untuk mengetahui status kesuburan tanah. Pengamatan kesuburan tanah berupa pH, C-organik, kandungan N, P, K, Ca, Mg, Na, KTK, kejenuhan Al, dan berat volume.

Petak percobaan berukuran 2 m x 4 m. Diameter lubang tanam 4 cm dan kedalaman  $\pm$  3 cm. Jarak tanam yang digunakan adalah 40 cm x 15 cm. Populasi tanaman per petak sebanyak 130 tanaman. Pemupukan Standar dan Substitusi 50% hara anorganik. Produksi benih kedelai pada tanah jenis Ultisol untuk pertanaman standar ( $P_0$ ) menggunakan 100% hara anorganik. Dosis yang digunakan adalah 25 kg N ha<sup>-1</sup>, 50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> dan 50 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (Hartawan *et al.*, 2017). Produksi benih dengan pola tanam bersisipan ( $P_1$ ) dan beruntun ( $P_2$ ) hara anorganik disubstitusi sebanyak 50% dengan hara organik (kompos serasah kedelai). Dosis kompos yang digunakan sebanyak 2,5 t ha<sup>-1</sup> dan 50% dosis hara anorganik adalah 12,5 kg N ha<sup>-1</sup>, 25 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> dan 25 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup>. Analisis tanah dilakukan pada awal penelitian untuk mengetahui tingkat kesuburan lahan yang digunakan.

Tanaman sampel untuk peubah hasil benih ditentukan secara acak. Pemanenan tanaman sampel saat masak fisiologis (fase R8) dengan tanda visual daun telah rontok, warna polong kuning, atau coklat (Fehr *et al.*, 1971). Panen dan pascapanen mengikuti aturan SNI 01-6234.4-2003 (Badan Standarisasi Nasional, 2003).

Perontokan benih dilakukan secara manual. Selanjutnya benih dijemur  $\pm$  2 jam setiap hari dari pukul 9 sampai 11 siang. Benih yang telah dikeringkan dengan kadar air  $\pm$  11% dikemas dengan kantong plastik polietilen densitas tinggi (HDPE, *high*

*density polyethylene*) dengan ketebalan 0,08 mm. Kemasan benih diberi label dan disimpan sesuai perlakuan.

Metode gravimetri digunakan untuk mengukur peubah produktivitas, bobot 1.000 butir dan kadar air (Yagoub *et al.*, 2015). Produktivitas tanaman dihitung dengan cara menimbang hasil benih per petak lalu hasilnya dikonversi ke satuan hektar. Sebanyak 10 tanaman sampel per petak percobaan digunakan untuk mengukur bobot 1.000 butir benih. Bobot benih ditentukan dengan timbangan analitik. Kadar air benih ditentukan dengan metode oven dengan rumus:

$$KA = \frac{(M_2 - M_3)}{(M_2 - M_1)} \times 100\%$$

Keterangan:

M1 = berat wadah kosong (g)

M2 = berat wadah yang berisi sampel benih (g)

M3 = berat wadah yang berisi benih setelah dioven sampai bobot kering konstan (g).

Kandungan proksimat benih ditentukan dengan semimikro Kjeldhal (Noviana *et al.*, 2017). Sampel benih 0,5 g dihaluskan dengan grinder lalu dimasukkan dalam labu kjeldhal 100 mL. Sampel ditambahkan sebanyak 25 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> pekat dan 2 g selenium. Labu Kjeldhal dipanaskan sampai mendidih sampai larutan jernih kehijau-hijauan. Setelah larutan menjadi dingin, ditambahkan aquades sampai ukuran 100 mL. Sebanyak 5 mL larutan dari labu kjeldhal dimasukkan ke dalam alat penyuling lalu ditambahkan 5 mL NaOH 30% serta beberapa tetes indikator PP. Penyulingan dilakukan selama 10 menit, hasil ditampung dalam 10 mL larutan asam borat 2% yang telah dicampur indikator PP. Larutan dititrasi dengan HCl 0,01 N. Kandungan protein dihitung dengan

mengkonversikan jumlah nitrogen yang diperoleh.

$$\text{Protein (\%)} = \frac{(V1-V2) \times N \times 0.014 \times fk \times fp}{W} \times 100$$

Keterangan:

V1 = volume HCl 0,01 N yang digunakan untuk titrasi sampel (mL)

V2 = volume HCl 0,01 N yang digunakan untuk titrasi blanko (mL)

N = normalitas HCl

fk = nilai konversi N pada kedelai (5,75)

fp = faktor pengenceran

W = bobot sampel (g)

Pengamatan kualitas benih dilakukan empat kali pada penyimpanan bulan ke 0, 1, 2, dan 3 setelah simpan. Peubah kualitas benih yang diamati adalah bobot 1000 butir, kadar air, proksimat, daya hantar listrik, viabilitas, dan vigor benih.

Daya hantar listrik diukur dengan alat *electric conductivity meter* (Mattioni *et al.*, 2015). Benih ditimbang sebanyak 50 butir lalu benih tersebut direndam dalam air destilasi 100 mL selama 24 jam pada suhu kamar. Kebocoran ion ditunjukkan dengan nilai daya hantar listrik (DHL). Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$\text{DHL} = \frac{X-Y}{\text{bobot benih}}$$

Keterangan:

X = DHL air rendaman benih ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )

Y = DHL dari blanko ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )

Viabilitas benih diukur dengan uji daya berkecambah dan vigor diukur dengan

kecepatan berkecambah. Kedua peubah tersebut diukur dengan metode yang dijelaskan oleh Rastegar *et al.* (2011) sebanyak 20 puluh butir benih disemai pada media pasir dan diamati selama 7 hari. Daya berkecambah dihitung sebagai berikut:

$$\text{Daya Berkecambah} = \frac{\text{Jumlah benih berkecambah normal}}{\text{Jumlah benih yang dkecambahkan}} \times 100\%$$

Peubah Kecepatan tumbuh diukur dengan cara menyemai 20 butir benih di lapangan dengan ukuran petak 50 cm x 50 cm. Kecambah yang muncul di permukaan dihitung setiap 24 jam. Rumus kecepatan tumbuh adalah:

$$\text{Kct} = \sum_0^{tn} \frac{N}{t}$$

Keterangan:

Kct = kecepatan tumbuh (% etmal<sup>-1</sup>)

t = waktu pengamatan

N = persentase kecambah normal setiap waktu pengamatan

tn = waktu akhir pengamatan

Percobaan ini juga menghitung besaran efisiensi yang dicapai saat melakukan pertanaman kedua. Tanam II pada P<sub>1</sub> tidak dilakukan pengolahan tanah dan penggunaan hara hanya 50% dari pertanaman pertama. Tanam II pada P<sub>2</sub> pengolahan tanah dilakukan secara minimal dan penggunaan hara sama dengan tanam I. Efisiensi yang dihitung adalah tenaga kerja, hara dan waktu.

$$\text{Efisiensi Tenaga Kerja} = \frac{(\text{HOK})\text{yang dibutuhkan untuk perlakuan P0}}{(\text{HOK})\text{yang dibutuhkan untuk perlakuan P1}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Tenaga Kerja} = \frac{(\text{HOK})\text{yang dibutuhkan untuk perlakuan P0}}{(\text{HOK})\text{yang dibutuhkan untuk perlakuan P2}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Hara} = \frac{\text{Harga (kg) pupuk yang dibutuhkan untuk perlakuan P0}}{\text{Harga (kg) pupuk yang dibutuhkan untuk perlakuan P1}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Hara} = \frac{\text{Harga (kg)pupuk yang dibutuhkan untuk perlakuan P0}}{\text{Harga (kg) pupuk yang dibutuhkan untuk perlakuan P2}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{\text{Jumlah hari pertanaman yang dibutuhkan perlakuan P0}}{\text{Jumlah hari pertanaman yang dibutuhkan perlakuan P1}} \times 100\%$$

$$\text{Efisiensi Waktu} = \frac{\text{Jumlah hari pertanaman yang dibutuhkan perlakuan P0}}{\text{Jumlah hari pertanaman yang dibutuhkan perlakuan P2}} \times 100\%$$

Data iklim mikro berupa suhu dan kelembaban diamati pada areal pertanaman. Data curah hujan, intensitas penyinaran serta lama penyinaran didapat dari Stasiun Pengamat Cuaca Sultan Thaha Jambi yang berjarak sekitar 8 km dari area percobaan.

Data hasil pengamatan dianalisis dengan sidik ragam dan selanjutnya dilakukan uji Duncan taraf  $\alpha$  0,05 untuk membandingkan perlakuan pola tanam. Uji t berpasangan digunakan untuk membandingkan nilai peubah pada tanam I dengan tanam II.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Tanah

Hasil analisis tanah pada awal percobaan menunjukkan kesuburan tanah di tempat percobaan tergolong rendah dengan indikator sifat fisik dan kimia pada Tabel 1. Kualitas fisik dan kimia tanah meningkat setelah dilakukan pemupukan dan dilakukan kegiatan produksi benih untuk tanam I. Pada tanam II, pada perlakuan pola tanam standar, tanah diberakan selama 14 hari. Perlakuan pola tanam bersisipan tidak dilakukan pengolahan tanah, sedangkan pola tanam beruntun dilakukan pengolahan tanah minimal. Pertanaman tanpa olah tanah dan olah tanah minimal mengindikasikan terjadinya peningkatan nilai berat volume tanah. Dengan demikian

pada lahan tersebut terjadi masalah pemadatan tanah.

Pemadatan tanah berdampak buruk bagi pertumbuhan tanaman (Laker & Nortje, 2020). Permasalahan yang muncul adalah akar tidak berkembang dengan baik. Menurut Eftene *et al.* (2020) pada tanaman berpolong seperti kedelai, pemadatan tanah juga akan menghambat pertumbuhan bakteri Rhizobium. Selama penelitian, pemadatan tanah tidak terjadi secara ekstrem karena 50% dari takaran hara yang digunakan merupakan pupuk organik (kompos serasah kedelai). Hasil percobaan ini mendukung pendapat Reichert *et al.* (2018); Shaheen *et al.* (2017) bahwa penggunaan hara anorganik secara tunggal tidak mendukung pertumbuhan tanaman terutama pada lahan-lahan yang aktif dibudidayakan dengan penggunaan hara anorganik.

Lahan yang digunakan dalam percobaan ini mengandung Al dd yang tinggi dan pH yang rendah sehingga hara banyak terjep oleh ion Al dan tidak tersedia bagi tanaman. Sejalan dengan pendapat Muhammad *et al.* (2013) bahwa lahan seperti ini memerlukan hara organik agar struktur tanah menjadi baik, meningkatkan pH dan menurunkan kandungan ion Al sehingga jerapan unsur hara berkurang. Ditambahkan oleh Choundhary *et al.* (2018) bahwa kombinasi pupuk anorganik dan organik akan meningkatkan hasil kedelai. Abbasi *et al.* (2020) dan Ozlu & Kumar (2018)

menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik dalam jangka panjang akan menurunkan emisi gas rumah kaca. Selama penelitian, hara organik diberikan satu minggu sebelum tanam dengan tujuan agar hara organik tersebut dapat memperbaiki

struktur tanah. Penggabungan hara anorganik dan organik merupakan solusi yang baik, dimana hara organik akan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan pH dan menurunkan ion Al seperti ditunjukkan pada data Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisis kesuburan lahan di lokasi percobaan pada tanam I dan II

No.	Sifat	Satuan	Analisis Tanah					
			Sebelum Tanam Januari 2019	Kriteria*	Setelah Tanam I April 2019	Kriteria*	Setelah Tanam II Juli 2019	Kriteria*
1.	pH (H <sub>2</sub> O) 1:1	-	5,00	Masam	6,30	Agak masam	6,35	Agak masam
2.	C-organik	%	1,05	Sangat rendah	2,20	Sedang	2,05	Sedang
3.	N-total	%	0,08	Sangat rendah	0,28	Sedang	0,28	Sedang
4.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Bray	µg g <sup>-1</sup>	10,00	Rendah	16,00	Sedang	16,00	Sedang
5.	K-dd	µg g <sup>-1</sup>	0,19	Rendah	0,28	Rendah	0,28	Rendah
6.	Na	µg g <sup>-1</sup>	0,33	Rendah	0,40	Sedang	0,35	Sedang
7.	Ca	µg g <sup>-1</sup>	0,44	Sangat rendah	4,50	Rendah	4,24	Rendah
8.	Mg	µg g <sup>-1</sup>	0,05	Sangat rendah	1,10	Sedang	1,10	Sedang
9.	KTK	µg g <sup>-1</sup>	15,00	Rendah	18,00	Sedang	19,00	Sedang
10.	Kejenuhan Al	%	53,00	Tinggi	29,00	Sedang	27,00	Sedang
11.	Berat volume	g cm <sup>-3</sup>	1,01	Sedang	1,21	Sedang	1,30	Sedang

Keterangan: Analisis tanah dilaksanakan di Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.

\*Berdasarkan kriteria Balai Penelitian Tanah (2005)

### Hasil dan Kualitas benih

Produktivitas benih kedelai per hektar meningkat nyata pada pertanaman kedua pada pola tanam standar, namun menurun sangat nyata pada pola tanam bersisipan dan nyata pada pola tanam beruntun. Peningkatan produksi pada pertanaman standar sebesar 8% didukung oleh cuaca yang baik. Bulan April sampai Juli cuaca relatif lebih cerah sehingga sinar matahari lebih banyak sampai ke bumi (Tabel 2).

Kedelai bersifat *sun loving* sehingga pertumbuhannya lebih baik pada akhir musim hujan atau awal masuk pada musim kemarau dan dipanen pada musim kemarau. Intensitas cahaya yang tinggi digunakan oleh tanaman untuk eksitasi

elektron dalam fotosistem I yang juga dikenal dengan istilah rekasi terang. Proses biokimia ini merupakan proses fotosintesis yang mengubah energi matahari menjadi energi kimia. Menurut Kannan *et al.* (2019) dan Yang *et al.* (2018) cahaya yang diserap oleh klorofil menggerakkan perpindahan elektron dan hydrogen dari air ke reseptor yang disebut NADP<sup>+</sup> (nikotinamida adenin dinokletioda posfat), yang akan menyimpan elektron berenergi ini untuk sementara.

Reaksi terang juga menghasilkan adenosin triposfat (ATP) dengan proses fotofosforilasi. Penjelasan tersebut menguatkan bukti bahwa pada musim hujan dengan persentase penyinaran yang

rendah menyebabkan produktivitas kedelai lebih rendah daripada musim kemarau. Ditambahkan oleh Nakagawa *et al.* (2020) selama masa stadia pemasakan benih, tanaman kedelai memerlukan kondisi lingkungan intensitas cahaya matahari yang

tinggi dengan kebutuhan air tetap terjaga agar diperoleh kualitas benih yang baik. Intensitas cahaya matahari yang tinggi akan mendorong proses pemasakan benih lebih cepat dan bentuk benih yang seragam.

Tabel 2. Ringkasan iklim dan fase tumbuh kedelai pada tanam I dan II

Bulan		Dasarian		Suhu (°C)		RH (%)		Intensitas Cahaya (% 24 jam <sup>-1</sup> )		Fase Tumbuh*	
Tanam I	Tanam II	Tanam I	Tanam II	Tanam I	Tanam II	Tanam I	Tanam II	Tanam I	Tanam II	Tanam I	Tanam II
01	04	3	1	27,08	28,08	76,50	84,60	60,04	71,00	VE, C	VE, C
01		1	2	26,10	28,11	88,34	84,07	33,33	48,64	V1	V1
		2	3	26,68	27,86	85,20	83,79	43,31	66,70	V2	V2
	05	3	1	26,15	27,13	88,38	85,87	20,41	59,89	V3, 4	V3, 4
02		1	2	26,75	27,38	84,82	84,10	37,91	59,27	V4, R1	R1, R2
		2	3	26,67	27,05	82,35	86,15	51,70	50,20	R2, R3	R3, R4
	06	3	1	26,85	26,41	85,40	87,67	44,26	54,54	R4	R5, R6
02		1	2	26,97	26,54	86,75	86,56	38,31	71,66	R5	R6
		2	3	27,31	27,00	84,85	84,18	56,89	64,62	R6	R6
	07	3	1	27,25	27,81		85,30	57,81	58,64	R6	R7
03		1	2	26,83	27,48		87,65	34,27	54,47	R7	R8
		2		26,73				41,56		R8	

Sumber: BMKG Muaro Jambi, 2019; \*Fase tumbuh berdasarkan Fehr *et al.* (1971)

Pada pertanaman II pola tanam bersisipan produktivitas turun sebesar 13% dan pola tanam beruntun turun sebesar 8,12% (Tabel 2). Penurunan produktivitas pada pola tanam bersisipan dan beruntun disebabkan oleh kondisi lahan yang lebih padat dibandingkan pola tanam standar. Pada pola tanam standar, dilakukan bera selama 14 hari dan dilakukan pengolahan tanah sempurna dengan bajak piring dan dilakukan penghalusan dengan bajak rotari. Pada pola tanam bersisipan, tidak dilakukan pengolahan tanah sehingga muncul peluang tanaman pada pertanaman kedua mengalami cekaman berupa tanah padat (*soil compaction*). Pola pemadatan tanah pada lahan tanpa olah tanah juga dilaporkan oleh Mirzavand & Talabbeigi-Moradi (2021) pada rotasi tanam gandum-jagung. Hasil analisis tanah menunjukkan

bahwa nilai berat volume meningkat dari 1,21 menjadi 1,30 g cm<sup>-3</sup>.

Peubah bobot 1000 butir merupakan salah satu indikator kualitas benih yang langsung diketahui setelah pascapanen dilakukan. Peubah bobot 1000 butir benih pada pola tanam bersisipan turun 2,28% dan pada pola tanam beruntun turun sebesar 1,35% (Tabel 3). Hasil uji t berpasangan menunjukkan penurunan bobot 1.000 butir yang nyata, namun nilai 2,28% dan 1,35% tidaklah mengganggu kualitas benih seperti data yang ditunjukkan pada Tabel 4. Faktor penyebab turunnya bobot 1.000 butir benih tidaklah berdiri sendiri. Kondisi seperti ini diawali dari pertumbuhan tanaman yang nantinya akan memengaruhi produktivitas dan bobot benih.



Tabel 3. Produktivitas dan bobot 1.000 butir benih kedelai pada beberapa pola tanam

Pola Tanam	Tanam I	Tanam II	Signifikansi Tanam I dengan Tanam II
Produktivitas (t ha <sup>-1</sup> )			
Standar	1,41 a	1,65 b	*
Bersisipan	1,70 b	1,50 a	**
Beruntun	1,73 b	1,60 b	*
Bobot 1.000 Butir (g)			
Standar	140,33 a	145,90 c	*
Bersisipan	148,13 b	135,13 a	*
Beruntun	145,23 a	140,43 b	*

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama yang dibaca secara vertikal berbeda tidak nyata menurut uji Duncan taraf  $\alpha$  0.05

\* = Berbeda nyata pada ketelitian 95%

\*\* = Berbeda sangat nyata pada ketelitian 95%

Kualitas benih yang tinggi merupakan tujuan utama dalam produksi benih. Benih yang berkualitas dapat mempertahankan mutunya dalam masa penyimpanan

ataupun masa transportasi. Kualitas benih kedelai tanam I dan tanam II pada pola tanam standar, bersisipan dan beruntun disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kualitas benih kedelai tanam I dan tanam II pada pola tanam bersisipan dan beruntun

Pola Tanam	Tanam I	Tanam II	Signifikansi Tanam I dengan Tanam II
Protein (%)			
Standar	36,51 a	36,6 A	tn
Bersisipan	37,38 b	36,32 A	tn
Beruntun	36,55 b	37,65 A	tn
Daya Hantar Listrik ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )			
Standar	53,43 a	52,54 A	tn
Bersisipan	55,7 b	51,4 A	tn
Beruntun	55,53 b	52,52 A	tn
Daya Imbibisi Benih (g jam <sup>-1</sup> )			
Standar	0,26 a	0,24 A	tn
Bersisipan	0,25 a	0,23 A	tn
Beruntun	0,27 a	0,26 A	tn
Kadar Air (%)			
Standar	9,98 a	9,98 A	tn
Bersisipan	9,97 a	10 A	tn
Beruntun	9,98 a	9,97 A	tn
Daya Berkecambah (%)			
Standar	100 a	100 A	tn
Bersisipan	100 a	100 A	tn
Beruntun	99,98 a	100 A	tn
Kecepatan Tumbuh (% etmal <sup>-1</sup> )			
Standar	38,78 a	38,75 A	tn
Bersisipan	38,91 a	38,85 A	tn
Beruntun	38,88 a	38,86 A	tn

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama yang dibaca secara vertikal berbeda tidak nyata menurut uji Duncan taraf  $\alpha$  0.05, tn= Berbeda tidak nyata pada ketelitian 95%

Tabel 4 menunjukkan pada tanam I peubah kualitas benih berbeda tidak nyata kecuali protein dan DHL. Perbedaan peubah protein dan DHL terjadi pada pola tanam standar dibandingkan dengan pola tanam bersisipan dan beruntun. Antar pola

tanam bersisipan dan beruntun peubah protein dan DHL berbeda tidak nyata. Pada tanam II, kualitas benih berbeda tidak nyata antar perlakuan pola tanam. Kualitas benih juga berbeda tidak nyata antara tanam I dengan tanam II.

Tabel 5. Kualitas benih kedelai tanam II pola tanam bersisipan dan beruntun pada 0 dan 3 bulan setelah simpan

Pola Tanam	0 Bulan Setelah Simpan	3 Bulan Setelah Simpan	Perubahan (%)
Protein (%)			
Standar	36,6	33,45	-8,60
Bersisipan	36,32	33,22	-8,53
Beruntun	36,65	33,15	-9,54
Daya Hantar Listrik ( $\mu\text{S cm}^{-1}\text{g}^{-1}$ )			
Standar	52,54	83	57,97
Bersisipan	51,4	80,32	56,26
Beruntun	52,52	81,51	55,20
Daya Imbibisi Benih ( $\text{g jam}^{-1}$ )			
Standar	0,24	0,34	41,67
Bersisipan	0,23	0,33	43,48
Beruntun	0,26	0,37	42,31
Kadar Air (%)			
Standar	9,98	10,5	5,21
Bersisipan	10	10,53	5,30
Beruntun	9,97	10,49	5,22
Daya Berkecambah (%)			
Standar	100	82,78	-20,80
Bersisipan	100	82,32	-21,48
Beruntun	100	83,23	-20,15
Kecepatan Tumbuh ( $\% \text{ etmal}^{-1}$ )			
Standar	38,75	27,5	-40,91
Bersisipan	38,85	27,65	-40,51
Beruntun	38,86	27,75	-40,04

Secara garis besar, perlakuan pola tanam bersisipan dan beruntun tidak memengaruhi kualitas benih terutama pada tanam II. Fakta ini mengindikasikan bahwa pola tanam bersisipan dan beruntun dapat digunakan dalam produksi benih kedelai. Walaupun produksi benih menurun pada pertanaman kedua dimana pada pola tanam bersisipan disebabkan terjadinya persaingan tanaman pada awal pertumbuhan tanaman

kedua juga disebabkan terjadinya cekaman ruang tumbuh yang lebih padat (*soil compaction*). Hasil yang kurang lebih serupa juga didapat oleh Purwanti *et al.* (2018) bahwa kualitas benih kedelai hitam yang ditanam monokultur sama dengan kulaitas benih benih kedelai hitam yang ditanam polikultur dengan sorghum manis. Penelitian Purwanti *et al.* (2018) ini hanya dilakukan satu musim tanam saja. Tabel 1

menunjukkan bahwa nilai berat volume sebelum tanam I (Januari 2019) sebesar  $1,01 \text{ g cm}^{-3}$ , meningkat 1,21 (naik 7,43%) saat panen tanam I pada bulan April 2019, dan menjadi 1,3 (naik 7,43%) saat panen tanam II pada bulan Juli 2019. Peningkatan nilai berat volume ini mengindikasikan telah terjadinya pemadatan tanah. Hasil penelitian de Moraes *et al.* (2020) menjelaskan bahwa pemadatan tanah akan memengaruhi anatomi dan menghambat perkembangan akar. Hanya saja dalam penelitiannya mendapatkan nilai korelasi yang agak rendah antara bobot isi tanah dan ketahanan penetrasi akar dengan pertumbuhan akar.

Pemadatan tanah pada pola tanam bersisipan disebabkan karena tidak adanya pengolahan tanah pada tanam II. Walaupun pada pola tanam beruntun dilakukan pengolahan tanah minimal, namun tidak dapat menghalangi terjadinya pemadatan tanah. Pemadatan tanah diduga juga disebabkan oleh peningkatan suhu dan intensitas cahaya matahari pada musim kemarau. Pemadatan tanah pada pola tanam bersisipan dan beruntun lebih tinggi dibandingkan pola tanam standar. Pemberian kompos serasah kedelai dapat menghambat laju pemadatan tanah karena berat volume tanah meningkat dari 1,21 setelah tanam I menjadi  $1,30 \text{ g cm}^{-3}$  setelah tanam II seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Penurunan kualitas benih kedelai hasil tanam II tidak dipengaruhi oleh pola tanam (Tabel 5). Penyimpanan benih kedelai selama 3 bulan akan menurunkan kandungan protein sebesar 8,89%, meningkatkan nilai DHL, daya imbibisi benih, dan kadar air berturut-turut sebesar 56,47%, 42,48%, dan 5,24% dan selanjutnya menurunkan daya berkecambah dan kecepatan tumbuh sebesar 20,81% dan

40,48%. Penurunan kualitas benih dalam penyimpanan adalah peristiwa yang normal.

Penurunan kualitas akan dipercepat pada penyimpanan pada suhu kamar. Hasil penelitian Coradi *et al.* (2020) pada benih kedelai juga mendapatkan hasil yang serupa dengan penelitian ini. Hasil percobaan ini mengindikasikan bahwa kegiatan kultur teknis yang baik saat tanam akan menghasilkan benih yang berkualitas sehingga sampai 3 bulan penyimpanan, rata-rata daya berkecambah masih sebesar 82,77% dan kecepatan tumbuh sebesar  $27,63 \text{ \% etmal}^{-1}$ . Nilai daya berkecambah sebesar 82,77% masih lebih tinggi dari nilai minimal daya tumbuh benih sebesar 80%. Nilai kecepatan tumbuh sebesar  $27,63 \text{ \% etmal}^{-1}$  menunjukkan bahwa setiap 24 jam benih tumbuh sebanyak 27,63% atau dapat dikatakan bahwa 80% benih dapat tumbuh dalam waktu 5 sampai 6 hari setelah benih ditanam. Coradi *et al.* (2020) menyatakan bahwa terjadi penurunan daya kecambah benih kedelai dari 92% menjadi 85% setelah 4 bulan penyimpanan dan 69% setelah 6 bulan penyimpanan. Penelitian oleh Coradi *et al.* (2020) dilakukan di daerah sub tropis dengan kondisi suhu udara yang lebih rendah dari daerah tropis sehingga lebih menguntungkan dalam penyimpanan benih secara alami. Suhu ruang simpan berkorelasi negatif dengan umur simpan benih. Pada kondisi penyimpanan alami (tanpa alat pendingin ruangan) suhu tinggi akan meningkatkan laju metabolisme benih kedelai sehingga umur simpan benih lebih pendek.

#### Nilai Efisiensi

Penggunaan pola tanam bersisipan dan beruntun bertujuan untuk meningkatkan efisiensi tenaga kerja (hari orang kerja, HOK), efisiensi hara ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), dan efisiensi

waktu yang diperlukan untuk pertanaman. Hasil pengukuran efisiensi yang didapat dari penelitian ini disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Nilai efisiensi pola tanam bersisipan dan beruntun dibandingkan pola tanam standar

No.	Efisiensi	Nilai (%)
1.	Tenaga kerja pertanaman I dan pertanaman II pola tanam bersisipan	22,88
2.	Tenaga kerja pertanaman I dan pertanaman II pola tanam beruntun	8,25
3.	Hara pertanaman I dan pertanaman II pola tanam bersisipan	75,30
4.	Hara pertanaman I dan pertanaman II pola tanam beruntun	75,30
5.	Waktu pertanaman I dan pertanaman II pola tanam bersisipan	14,63
6.	Waktu pertanaman I dan pertanaman II pola tanam bersisipan	6,82

Kebutuhan tenaga kerja dan durasi waktu berbeda pada pola tanam standar, bersisipan dan beruntun. Kebutuhan pupuk dan komposisi pupuk berbeda antara pola tanam standar dengan pola tanam

bersisipan dan beruntun. Kebutuhan pupuk dan komposisi pupuk sama antara pola tanam bersisipan dan beruntun. Data disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan energi, pupuk, dan durasi tanam pada pola tanam standar, bersisipan, dan beruntun

Peubah	Pola Tanam		
	Standar	Bersisipan	Beruntun
Jumlah energi tanam I dan II (HOK)	227	185	210
Biaya pupuk (Rp)	984.468	796.414	796.414
Komposisi pupuk (% organik + % anorganik)	0% organik + 100 anorganik	50% organik + 50% anorganik	50% organik + 50% anorganik
Durasi tanam (hari)	235	205	220

Pola tanam I dan II membutuhkan tenaga kerja sebesar 227 HOK, pola tanam bersisipan 185 HOK, dan pola tanam beruntun 210 HOK. Kebutuhan tenaga kerja pada pola tanam bersisipan dan beruntun meningkat khusus untuk kegiatan pengendalian gulma dan pengendalian hama dan penyakit. Pada pola tanam standar, jumlah tenaga kerja untuk pengendalian gulma sebesar 16 HOK sedangkan pola tanam bersisipan dan beruntun sebanyak 32 HOK.

Peningkatan jumlah tenaga kerja disebabkan intensitas serangan hama dan gulma yang meningkat sehingga intensitas

pengendaliannya juga meningkat. Peningkatan serangan hama dan gulma ini disebabkan tidak adanya rotasi tanam ataupun bera pada tanam II. Secara umum, penggunaan pola tanam bersisipan akan menghemat tenaga kerja sebesar 22,88% dan pola tanam beruntun akan menghemat tenaga kerja sebesar 8,52%. Penghematan ini didapat dari tidak adanya pengolahan tanah tanam II pada pola tanam bersisipan dan olah tanah minimum pada pola tanam beruntun. Tenaga kerja untuk pengolahan tanah pola tanam standar sebesar 100 HOK, pola tanam bersisipan 50 HOK, dan pola tanam beruntun 75 HOK.

Asumsi harga pupuk (kg) yang digunakan adalah Urea Rp. 7.000, SP 36 Rp. 8.000, KCl Rp. 8.000, dan kompos Rp. 1.100. Total jumlah rupiah yang dibutuhkan dalam tanam I dan tanam II pola tanam standar sebesar Rp. 984.468. Pada pola tanam bersisipan sebesar Rp. 796.414, dan pola tanam beruntun sebesar Rp. 796.414. Nilai efisiensi hara pertanaman sisipan dan beruntun sebesar 23,61%. Jumlah bobot hara yang digunakan sama untuk semua pola tanam yaitu 553 kg. Pola tanam bersisipan dan beruntun 50% hara yang digunakan adalah hara organik (kompos serasah kedelai), sedangkan pola tanam standar 100% hara anorganik. Harga hara organik relatif murah yaitu Rp. 1.110 per kg. Peningkatan efisiensi hara khususnya nitrogen dilaporkan oleh Du *et al.* (2020) pada pertanaman bersisipan kedelai-jagung. Terjadinya kompetisi intraspesifik antara jagung dan kedelai memacu peningkatan fiksasi nitrogen oleh tanaman kedelai dengan mengurangi suplai hara nitrogen. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian Du *et al.* (2020) adalah peningkatan efisiensi pemupukan dilakukan dengan mengubah hara anorganik menjadi organik. Hasil penelitian Wang *et al.* (2020) menunjukkan bahwa peningkatan efisiensi pemupukan nitrogen intercropping tebu-kedelai diikuti dengan menurunnya pelepasan nitrogen ke udara.

Waktu yang diperlukan untuk tanam I dan tanam II pola tanam standar adalah 235 hari, pola tanam bersisipan sebesar 205 hari, dan pola tanam beruntun 220 hari. Pada pola tanam standar, dilakukan bera selama 14 hari, pola tanam beruntun tidak dilakukan bera. Pada pola tanam bersisipan, pertanaman kedua ditanam 14 hari sebelum tanam I dipanen. Berdasarkan data jumlah hari tersebut, maka penggunaan pola tanam

bersisipan akan meningkatkan efisiensi waktu pertanaman sebesar 14,63% dan pola tanam beruntun sebesar 6,82%.

Produktivitas benih tanam II pada pola tanam bersisipan turun 13% dan pola tanam beruntun turun 8,12%. Penurunan ini diharapkan dapat ditutupi oleh terjadinya peningkatan efisiensi tenaga kerja sebesar 22,88% dan 8,25%, efisiensi harga pupuk sebesar 75,30%, dan efisiensi waktu sebesar 14,63% dan 6,82%. Peningkatan efisiensi dalam produksi benih kedelai berupa peningkatan efisiensi tenaga kerja, efisiensi hara, dan efisiensi waktu pertanaman.

## SIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian, hasil dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Rata-rata hasil benih kedelai label biru 1,5 t ha<sup>-1</sup> terkategori sesuai potensi produksi benih kedelai varietas Anjasmoro.
2. Hasil benih pada pola tanam bersisipan turun sebesar 16% dibandingkan pola tanam standar. Produksi benih pada pola tanam beruntun turun sebesar 7,5% dibandingkan pola tanam standar. Penurunan ini dapat diabaikan karena terjadi peningkatan efisiensi tenaga kerja, efisiensi hara, dan efisiensi waktu.
3. Pola tanam bersisipan akan meningkatkan efisiensi tenaga kerja sebesar 54,10%, hara sebesar 23,61%, dan waktu 14,63%.
4. Pola tanam beruntun akan meningkatkan efisiensi tenaga kerja sebesar 13,19%, hara sebesar 23,61%, dan waktu 6,82%.
5. Kualitas benih kedelai tidak dipengaruhi oleh pola tanam sehingga pola tanam

bersisipan dan beruntun dapat digunakan dalam produksi benih kedelai.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih diucapkan kepada Bapak Rektor Universitas Batanghari atas bantuan dana penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Kepala Balai Benih Induk Palawija dan Tim atas bantuan tenaga dan fasilitas dalam pelaksanaan penelitian.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Abbasi, N. A., Madramootoo, C. A., Zhang, T., & Tan, C. S. (2020). Nitrous oxide emissions as affected by fertilizer and water table management under a corn-soybean rotation. *Geoderma*, 375.
- Badan Standarisasi Nasional. (2003). *Produksi Benih Kedelai Label Biru* (SNI 01-6234.4-2003). SNI 01-6234.4-2003.
- Balai Penelitian Tanah. (2005). *Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*.
- BMKG Muaro Jambi. (2019). *BMKG Muaro Jambi*.
- Choundhary, M., Panday, S. C., Meena, V. S., Singh, S., Yadav, R. P., Mahanta, D., & Pattanayak, A. (2018). Long-term effects of organic manure and inorganic fertilization on sustainability and chemical soil quality indicators of soybean-wheat cropping system in the Indian mid-Himalayas. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 257, 38–46.
- Coradi, P. C., Lima, R. E., Padia, C. L., Alves, C. Z., Teodoro, P. E., & Candido da S. (2020). Soybean seed storage: Packaging technologies and conditions of storage environments. *Journal of Stored Product Research*, 89(101709).
- de Moraes, M. T., Debiassi, H., Franchini, J. C., Mastroberti, A. A., Levien, R., Leitner, D., & Schnepf, A. (2020). Soil compaction impacts soybean root growth in an Oxisol from subtropical Brazil. *Soil and Tillage Research*, 200(104611).
- Du, Q., Zhou, L., Chen, P., Liu, X., Song, C., Yang, F., & Yong, T. (2020). Relay-intercropping soybean with maize maintains soil fertility and increases nitrogen recovery efficiency by reducing nitrogen input. *The Crop Journal*, 8(1), 140–152.
- Eftene, A., Musat, I. B., Musat, M., Manea, A., & Raducu, D. (2020). The characteristics of poral space as habitat of soybean roots and rhizobium nodules. *Romanian Agricultural Research*, 37, 169–178.
- Fehr, W. R., Caviness, C. E., Burmood, D. T., & Pennington, J. S. (1971). Stage of Development Descriptions for Soybeans, *Glycne max* (L.) Merrill 1. *Crop Science*, 11(6), 929–931.
- Feng, L., Raza, M. A., Shi, J., Ansar, M., Titriku, J. K., Meraj, T. A., & Yang, W. (2020). Delayed maize leaf senescence increases the land equivalent ratio of maize soybean relay intercropping system. *European Journal of Agronomy*, 118(126092).
- Harsono, A., Harnowo, D., Ginting, E., & Elisabeth, D. A. A. (2021). *Soybean in Indonesia: Current s*. Intechopen.
- Hartawan, R. (2017). *Penilaian Tanaman* (Y. Nengsih (ed.); 1st ed.). Universitas Batanghari.
- Hartawan, R., Nengsih, Y., & Marwan, E. (2017). Pemanfaatan Serasah Kedelai Sebagai Bahan Kompos. *Jurnal Vokasi*, 1(2), 74–78.
- Kannan, K., Wang, Y., Lang, M., Challa, G. S., Long, S. P., & Marshall-Colon, A. (2019). Combining gene network,

- metabolic and leaf-level models shows means to future-proof soybean photosynthesis under rising CO<sub>2</sub>. *In Silico Plants*, 1.
- Laker, M. C., & Nortje, G. P. (2020). Review of existing knowledge on subsurface soil compaction in South Africa. *Advances in Agronomy*, 162, 143–197.
- Mirzavand, J., & Talabbeigi-Moradi, R. (2021). Relationships between field management, soil compaction, and crop productivity. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(5), 675–686.
- Muhammad, A., Khalil, S. K., Khan, A. Z., Amanullah, & Mehmood, S. (2013). Growth Analysis of Indigenous Soybean Land Races. *Pak. J. Bot*, 45, 941–949.
- Nakagawa, A. C., Ario, N., Tomita, Y., Tanaka, S., Murayama, N., Mizuta, C., & Ishibashi, Y. (2020). High temperature during soybean seed development differentially alters lipid and protein metabolism. *Plant Production Science*, 23(4), 504–512.
- Noviana, I., Qadir, A., & Suwarno, D. F. C. (2017). Perilaku Biokimia Benih Kedelai Selama Penyimpanan dalam Kondisi Terkontrol. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 44(3), 255. <https://doi.org/10.24831/jai.v44i3.12931>
- Ozlu, E., & Kumar, S. (2018). Response of surface GHG fluxes to long-term manure and inorganic fertilizer application in corn and soybean rotation. *Science of the Total Environment*, 626, 817–825.
- Purwanti, S., Immawati, D. R., & Prajitno, D. (2018). The Study on the seed storability of black soybean (*Glycine max* L. Merrill) intercropped with sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench). *PLANTA TROPIKA: Jurnal Agrosains (Journal of Agro Science)*, 6(2), 116–121.
- Rastegar, Z., Sedghi, M., & Khomari, S. (2011). Effects of accelerated aging on soybean seed germination indexes at laboratory conditions. *Not. Sci. Biol*, 3, 126–129.
- Reichert, J. M., Mentges, M. I., Rodrigues, M. F., Cavalli, J. P., Awe, G. O., & Mentges, L. (2018). Compressibility and elasticity of subtropical no-till soils varying in granulometry organic matter, bulk density and moisture. *Catena*, 165, 345–357.
- Shaheen, A., Tariq, R., & Khaliq, A. (2017). Comparative and interactive effects of organic and inorganic amendments on soybean growth, yield and selected soil properties. *Asian Journal Agri and Biol.*, 5, 60–69.
- Wang, X., Feng, Y., Yu, L., Shu, Y., Tan, F., Gou, Y., & Wang, J. (2020). Sugarcane/soybean intercropping with reduced nitrogen input improves crop productivity and reduces carbon footprint in China. *Science of the Total Environment*, 719(137517).
- Yagoub, S. O., Salam, A. S., Hassan, M. M., & Hassan, M. A. (2015). Effects of organic and mineral fertilizers on growth and yield of soybean (*Glycine max* L. Merrill). *IJAAR*, 7, 45–52.
- Yang, F., Feng, L., Liu, Q., Wu, X., Fan, Y., Raza, M. A., & Yang, W. (2018). Effect of interactions between light intensity and red-to-far-red ratio on the photosynthesis of soybean leaves under shade condition. *Environmental and Experimental Botany*, 150, 79–87.