*Jurnal Pertanian Presisi, 9(2):171-185*
*https://doi.org/10.35760/jpp.2025.v9i2.33*

# PENGARUH JARAK TANAM DAN PENERAPAN FOSFOR BERBASIS PUPUK ORGANIK CAIR LIMBAH TAHU TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* (L.) Merr.)

## *THE EFFECT OF PLANTING SPATIAL AND APPLICATION OF PHOSPHORUS BASED ON TOFU WASTE LIQUID ORGANIC FERTILIZER ON THE GROWTH AND PRODUCTION OF SOYBEAN (GLYCINE MAX* (L.) MERR.*)*

**Ajeng Nurfatdiah[1]*, D.W. Widjajanto[2]*, Eny Fuskhah[3]**
[1,2,3]Program studi Agroekoteknologi, Fakultas Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Universitas Diponegoro, Jln. Prof. Soedarto, Kampus Tembalang, Semarang 50275. ajengnurfadhliah29@gmail.com; dwwidjajanto@gmail.com
*) Penulis korespondensi

Diterima 29 Oktober 2024; Disetujui 21 Agustus 2025

## ABSTRAK

Tujuan penelitian adalah untuk mengkaji pengaruh jarak tanam dan dosis fosfor (P) berbasis pupuk organik cair (POC) limbah tahu terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai. Percobaan dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok dengan 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah jarak tanam, terdiri 2 taraf yaitu J1 = 40 cm x 15 cm dan J2 = 40 cm x 20 cm. Faktor kedua adalah dosis P berbasis POC limbah tahu terdiri 4 taraf yaitu A0 = 0 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ setara 0 L ha$^{-1}$ POC, A1 = 15 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ setara 13,392 L ha$^{-1}$ POC, A2 = 30 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ setara 26,785 L ha$^{-1}$ POC dan A3 = 45 $P_2O_5$ kg ha$^{-1}$ setara 40,178 L ha$^{-1}$ POC. Data dianalisis statistik menggunakan analisis ragam, kemudian diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan jarak tanam berpengaruh nyata terhadap parameter jumlah bintil akar efektif dan bobot 100 biji. Perlakuan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu berpengaruh nyata terhadap parameter bobot 100 biji. Interaksi antara perlakuan jarak tanam dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu berpengaruh nyata pada bobot 100 biji.

**Kata kunci:** dosis; jarak, kedelai, pertumbuhan, pupuk

## *ABSTRACT*

*The purpose of the study was to examine the effect of planting distance and phosphorus dose based on liquid organic fertilizer (LOF) from tofu waste on the growth and production of soybean plants. The experiment was conducted in a Randomized Block Design with 2 treatment factors and 3 replications. The first factor was planting distance, consisting of 2 levels, namely J1 = 40 cm x 15 cm and J2 = 40 cm x 20 cm. The second factor is P dosage based on tofu waste LOF consisting of 4 levels, namely A0 = 0 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ equivalent to 0 L ha$^{-1}$ LOF, A1 = 15 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ equivalent to 13,392 L ha$^{-1}$ LOF, A2 = 30 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ equivalent to 26,785 L ha$^{-1}$ LOF and A3 = 45 $P_2O_5$ kg ha$^{-1}$ equivalent to 40,178 L ha$^{-1}$ LOF. Data were analyzed statistically using analysis of variance, then further tested using Duncan's multiple range test at the 5% level. The*

*results showed that the plant spacing treatment significantly affected the parameters of the number of effective root nodules and the weight of 100 seeds. The treatment of phosphorus dose based on tofu waste LOF significantly affected the parameter of 100 seed weight. The interaction between the planting distance treatment and the dose of phosphorus based on LOF of tofu waste had a significant effect on the weight of 100 seeds.*
***Keywords:*** *dosage, soybean, spacing, growth, fertilizer*

## PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) merupakan salah satu komoditas pangan utama di Indonesia. Kebutuhan kedelai terus meningkat karena kedelai mempunyai banyak fungsi, baik sebagai bahan pangan utama maupun bahan baku industri skala besar hingga skala kecil (Fitra *et al.,* 2022). Peningkatan jumlah penduduk dan pendapatan perkapita memacu peningkatan permintaan kedelai dalam negeri, namun hanya sebagian kecil yang dapat dipenuhi sedangkan sebagian besar permintaan kedelai dipenuhi melalui impor. Salah satu penyebab tidak terpenuhinya kebutuhan kedelai di Indonesia adalah rendahnya produksi kedelai (Widiastuti dan Latifah, 2016). Produksi kedelai di Indonesia masih tergolong rendah dan belum dapat memenuhi kebutuhan kedelai dalam negeri selama kurun waktu 5 tahun terakhir (2015–2020). Setiap tahunnya, kebutuhan kedelai nasional mencapai sekitar 2.7 juta ton. Namun, kemampuan produksi kedelai dalam negeri hanya sekitar 600 ribu ton per tahun, dengan rata-rata produktivitas nasional sebesar 1.56 ton/hektar (Badan Pusat Statistik, 2020).

Peningkatan produktivitas tanaman kedelai dapat dilakukan dengan pengaturan jarak tanam. Jarak tanam merupakan komponen bercocok tanam yang menentukan pertumbuhan tanaman dengan menerapkan jarak tanam diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan (Nurbaiti *et al.,* 2017). Pengaturan jarak tanam dapat berpengaruh pada penerimaan cahaya matahari pada setiap tanaman, selain itu juga berpengaruh pada penerimaan unsur hara, air dan udara. Pengaturan jarak tanam bertujuan untuk memberikan ruang tumbuh yang optimal bagi tanaman sehingga tanaman dapat memanfaatkan lingkungan secara maksimal untuk pertumbuhannya (Alim *et al.,* 2017). Jarak tanam dipengaruhi beberapa faktor seperti kesuburan tanah, kelembaban tanah, dan varietas tanaman yang dibudidayakan. Rekomendasi jarak tanam varietas kedelai berumur sedang dianjurkan adalah 40 cm x 15 cm dan varietas berumur pendek sebaiknya menggunakan jarak tanam 40 cm x 10 cm

(Suhaeni 2007). Jarak tanam 40 cm x 20 cm memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah polong total per tanaman yaitu 50.78 buah atau secara nyata lebih banyak 21.25% bila dibandingkan dengan penggunaan jarak tanam 40 cm x 10 cm (Purba *et al.,* 2018). Penelitian (Hartanti dan Pertiwi, 2016) menunjukkan bahwa jarak tanam 40 cm x 20 cm berpengaruh pada hasil bobot 100 biji dan produksi per petak tanaman kedelai, hal ini dikarenakan pada jarak tanam 40 cm x 20 cm proses fotosintesis berjalan dengan sempurna.

Upaya lain yang dapat dilakukan dalam peningkatan produktivitas kedelai yaitu dengan cara penambahan unsur hara pada lahan pertanian. Pertumbuhan tanaman sangat dipengaruhi oleh ketersediaan unsur hara, baik mikro maupun makro, upaya pemupukan dilakukan menggunakan pupuk organik atau pupuk anorganik (Kogoya *et al.*, 2018). Salah satunya adalah dengan penggunaan pupuk organik cair (POC) limbah tahu. Limbah tahu merupakan air sisa penggumpalan tahu dihasilkan selama proses industri pembuatan tahu. Sebagian besar limbah cair yang dihasilkan oleh industri pembuatan tahu adalah cairan kental yang terpisah dari gumpalan tahu yang disebut air dadih (Suhairin *et al.*, 2020). Pupuk Organik Cair limbah tahu selain dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah, juga meningkatkan produktivitas dan kualitas produk tanaman, mengurangi penggunaan pupuk anorganik serta sebagai alternatif pengganti pupuk kandang. Limbah tahu mengandung unsur hara 1.24%N, 5.54%$P_2O_5$, 1.34%$K_2O$ dan 5.803%C-organik merupakan unsur hara essensial dibutuhkan tanaman (Amalia *et al.,* 2022).

Fosfor merupakan salah satu unsur hara makro yang sangat diperlukan oleh tanaman. Tanaman kedelai membutuhkan hara fosfor untuk proses metabolisme dan penyusunan protein, terlebih dalam pembentukan bunga dan biji. Penggunaan pupuk harus disesuaikan dengan kebutuhan unsur hara tanaman. Pemberian pupuk cair limbah tahu pada tanaman kedelai secara nyata meningkatkan pertumbuhan, persentase polong lunak, dan bobot biji kering per tanaman, meskipun hasilnya belum optimal dan masih memerlukan peningkatan dosis di atas 120 ml/liter (Fitra *et al.,* 2020). Hal ini menunjukkan bahwa limbah tahu memiliki peran dalam menyediakan hara, khususnya fosfor, yang penting dalam proses pembentukan bunga dan biji kedelai. Penelitian (Kusumaningtyas *et al.,* 2015) menunjukkan bahwa penggunaan limbah cair tahu pada tanaman jagung yang

difermentasi dapat memperbaiki kualitas tanah (peningkatan N, pH, dan C-organik) serta pertumbuhan tanaman, dengan peningkatan kandungan N hingga 50 % dalam tanah awal dan 23.5 % pada akhir pengamatan.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2023-Maret 2024 di Lahan, Kelurahan Bojong, Kecamatan Panjatan, Kabupaten Kulon Progo, DI Yogyakarta dan dilanjutkan dengan analisis di Laboratorium Ekologi dan Produksi Tanaman, Fakultas Peternakan dan Pertanian, Universitas Diponegoro, Semarang.

Percobaan dilakukan dengan rancangan acak kelompok faktorial dengan 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah jarak tanam terdiri dari 2 taraf perlakuan yaitu yaitu J1 = 40 cm x 15 cm dan J2 = 40 cm x 20 cm. Faktor kedua adalah dosis $P_2O_5$ berbasis POC limbah tahu terdiri dari 4 taraf perlakuan yaitu A0 = 0 $kg^{-1}$ $P_2O_5$ setara 0 $L^{-1}$ POC, A1 = 15 $kg^{-1}$ $P_2O_5$ setara 13,392 $L^{-1}$ POC, A2 = 30 $kg^{-1}$ $P_2O_5$ setara 26,785 $L^{-1}$ POC dan A3 = 45 $kg^{-1}$ $P_2O_5$ setara 40,178 $L^{-1}$ POC. Setiap perlakuan diulang tiga kali sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan terdiri atas 24 tanaman untuk perlakuan J1 dan 20 tanaman untuk perlakuan J2, dengan 12 satuan percobaan pada masing-masing jarak tanam. Jumlah tanaman pada J1 adalah 288 tanaman dan pada J2 adalah 240 tanaman sehingga jumlah tanaman yang digunakan untuk penelitian berjumlah 528 tanaman.

Bahan yang digunakan yaitu limbah cair tahu yang berasal dari Industri Tahu Ponirin Kulon Progo, EM4, gula merah, benih kedelai varietas Grobogan, legin kedelai dari Laboratorium Mikrobiologi UGM, dan pupuk kandang sapi. Alat yang digunakan dalam penelitian adalah jerigen, cangkul, gembor, ember, gelas ukur, penggaris, meteran, timbangan, *impraboard, plant label*, kamera dan alat tulis. Prosedur yang dilakukan dalam penelitian terdiri dari beberapa tahapan, yaitu:

### Pembuatan POC

Sebanyak 1.5 L limbah cair tahu dimasukkan ke dalam jerigen. Gula merah 40g dicairkan dengan ditambahkan 50 ml air dan dipanaskan diatas kompor. Setelah itu dilarutkan EM4 10 ml kedalam gula merah lalu dimasukkannya kedalam jerigen berisi limbah cair tahu, kemudian diaduk perlahan agar tercampur rata setelah itu ditutup rapat (Broto *et al.*, 2021). Fermentasi dilakukan dengan

pengadukan setiap hari dan ditutup rapat dalam 14 hari.

**Pengolahan lahan**

Pengolahan lahan dilakukan dua minggu sebelum tanam. Kegiatan ini meliputi pembersihan gulma, penggemburan tanah dengan pencangkulan area lahan, dan pembuatan bedengan. Pembuatan bedengan dengan ukuran 160 cm x 100 cm x 30 cm kemudian dilakukan pemupukan dasar secara merata menggunakan pupuk kandang sapi sebanyak 2.4 kg/bedeng.

**Penanaman**

Aplikasi inokulasi *Rhizobium* dilakukan sebelum benih ditanam dengan cara benih dibasahi air gula (4 sendok makan/L) hingga cukup basah, kemudian dicampur Legin kedelai dan diaduk merata. Pencampuran dilakukan ditempat teduh dan tidak terkena sinar matahari langsung. Selanjutnya benih langsung ditanam tidak boleh ditunda lebih dari 6 jam. Penanaman dilakukan dengan jarak tanam 40 x 15 cm dan 40 x 20 cm, sesuai dengan perlakuan yang diuji.

**Pemeliharaan**

Pemeliharaan tanaman terdiri dari penjarangan, penyulaman, penyiraman, penyiangan, pemupukan, dan pengendalian hama penyakit. Tahap perlakuan pada aplikasi POC diberikan setelah tanaman berumur 14 hari setelah tanam (HST) dan diulang setiap 7 hari sekali sampai tanaman berumur 70 HST. Sebelum diaplikasikan terlebih dahulu dilakukan pengenceran sesuai dengan perlakuan hingga volumenya mencapai 1000 ml dengan cara disaring.

**Pengamatan dan Pemanenan**

Pengamatan dilakukan terhadap parameter pertumbuhan tanaman. Pemanenan dilakukan saat daun tanaman 80% sudah menguning dan mengering, serta polong sudah mudah dipecahkan dan berwarna coklat (Sugiantari *et al.,* 2017). Cara pemanenan kedelai dengan cara memetik semua polong dari tangkainya. Pemanenan pada tanaman kedelai varietas Grobogan dipanen saat umur tanaman 91 HST. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah bintil akar efektif, waktu muncul bunga, dan bobot 100 biji. Data yang diperoleh diolah secara statistik menggunakan analisis ragam pada taraf 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai. Perlakuan yang menunjukkan pengaruh nyata terhadap parameter yang

diamati maka diuji lanjut menggunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf signifikansi 5% untuk mengetahui beda antar perlakuan terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis tanah disajikan pada Tabel 1. Kriteria kandungan unsur hara (Tabel 1) ditentukan menurut Eviati dan Sulaeman (2009) yang menunjukkan bahwa kandungan total N, $P_2O_5$, $K_2O$, C-oganik dan rasio C/N berturut-turut dalam kriteria sedang, sangat tinggi, tinggi, rendah dan rendah. Kandungan unsur nitrogen dalam tanah termasuk sedang diduga akibat pencucian bersamaan dengan air drainase, penguapan, dan penyerapan oleh tanaman (Nopriani *et al.*, 2023). Mineralisasi bahan organik tanah diduga juga mempengaruhi status N tanah. Sementara itu, kandungan $P_2O_5$ pada tanah yang sangat tinggi dan kadar $K_2O$ tergolong kriteria tinggi diharapkan mampu mendukung pertumbuhan tanaman kedelai khususnya pada pertumbuhan generatif. Walaupun, kandungan P dan K yang tinggi tidak menjamin tingkat serapan oleh tanaman (Fitriyani *et al.,* 2023). Namun demikian, kandungan C-organik termasuk kategori rendah, diduga disebabkan oleh ketidakseimbangan antara peran bahan organik dan hilangnya bahan organik dari tanah melalui proses oksidasi biologis dalam tanah (Sari *et al.*, 2023). Rasio C/N yang rendah merupakan indikator bahwa proses laju mineralisasi cepat sehingga ketersediaan kandungan unsur hara dalam bentuk anorganik diduga memapu mendukung penampilan tanaman. Hasil analisis kimia pupuk dan kriteria SNI disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Unsur Hara Tanah yang digunakan dalam penelitian

| Unsur Hara | Kadar | Kriteria*) |
|---|---|---|
| N (%) | 0.21 | Sedang |
| $P_2O_5$ (mg/100g) | 87.37 | Sangat Tinggi |
| $K_2O$ (mg/100g) | 44.39 | Tinggi |
| C-Organik (%) | 1.79 | Rendah |
| C/N Ratio | 8.52 | Rendah |

*)Eviati dan Sulaeman (2009).

Tabel 2. Kandungan Unsur Hara POC Limbah Tahu dari Industri Tahu Ponirin Kulon Progo, Daerah Istimewa Yogyakarta

| Unsur Hara | Kadar | Standar*) | Kriteria*) |
|---|---|---|---|
| N (%) | 0.247 | 2 – 6 | Tidak Memenuhi |
| $P_2O_5$ (%) | 0.112 | 2 – 6 | Tidak Memenuhi |
| $K_2O$ (%) | 0.169 | 2 – 6 | Tidak Memenuhi |
| C-Organik (%) | 5.736 | Minimum 10 | Tidak Memenuhi |
| C/N Rasio | 23.222 | - | - |
| Massa Jenis (kg/m$^3$) | 1,003 | - | - |

Analisis kimia POC limbah tahu menunjukkan bahwa diperoleh hasil kandungan unsur hara tersebut belum memenuhi standar minimal SNI Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019 (2019) bahwa POC harus memiliki kadar N, $P_2O_5$, $K_2O$ minimal 2-6 %. Proses fermentasi yang terjadi pada limbah organik merubah N organik menjadi ion nitrat ($NO_3^-$) agar dapat diserap oleh tanaman. Menurut Makiyah *et al.* (2015) bahwa nitrogen yang diserap oleh akar tanaman dalam bentuk $NO_3^-$ (nitrat) dan $NH_4^+$ (amonium), akan tetapi nitrat segera tereduksi menjadi amonium melalui enzim yang mengandung molibdenum. Rendahnya kandungan hara fosfor disebabkan oleh rendahnya kandungan nitrogen yang berada didalam POC. Menurut Prasetio dan Widyastuti (2020) bahwa semakin besar kadar nitrogen dikandung maka multiplikasi mikroorganisme yang merombak fosfor meningkat, sehingga kandungan fosfor dalam pupuk juga meningkat. Kandungan kalium akan meningkat apabila proses fermentasi berjalan dengan baik. Menurut Sulfianti *et al.* (2021) bahwa peranan kalium sebagai katalisator bagi mikroorganime untuk mempercepat fermentasi, sehingga bahan yang dirombak semakin banyak dan kadar kalium dalam POC dapat meningkat.

**Tinggi Tanaman**

Tinggi tanaman kedelai pada semua perlakuan jarak tanam dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu menunjukkan hasil yang sama dengan tinggi tanaman berkisar antara 54-60 cm (Tabel 3), sesuai dengan deskripsi kedelai varietas Grobogan, dimana tinggi tanaman berkisar antara 50-60 cm. Hal ini dikarenakan unsur hara yang terdapat dalam tanah cukup tersedia untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Walid dan Susylowati (2016) pertumbuhan tanaman yang baik dapat tercapai apabila unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman dalam bentuk tersedia, seimbang dan konsentrasi optimum serta didukung faktor lingkungan. Penggunaan varietas unggul seperti varietas Grobogan terhadap faktor lingkungan secara individu maupun interaksinya berpengaruh langsung maupun tidak langsung pada pertumbuhan tanaman. Menurut Rusmana *et al.* (2020) penggunaan varietas unggul yang mempunyai adaptasi tinggi pada pola tanam dan kondisi setempat merupakan faktor penting, karena hasil yang tinggi ditentukan oleh kombinasi suatu varietas terhadap kondisi lingkungan.

Tabel 3. Tinggi tanaman kedelai pada jarak tanam dan dosis fosfor berbasis poc limbah tahu

| Jarak Tanam | Pupuk Organik Cair (kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$) | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| | A0 (0) | A1 (15) | A2 (30) | A3 (45) | |
| | ----------(cm)---------- | | | | |
| J1 (40 cm × 15 cm) | 54.92 | 56.42 | 60.17 | 59.75 | 57.81 |
| J2 (40 cm × 20 cm) | 58.17 | 56.83 | 57.50 | 58.50 | 57.75 |
| Rata-rata | 56.54 | 56.63 | 58.83 | 59.13 | |

Keterangan: A = dosis $P_2O_5$ (0, 15, 30, 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$); J1 = 40 cm × 15 cm; J2 = 40 cm × 20 cm.

Aplikasi POC limbah tahu dapat meningkatkan ketersediaan dan serapan unsur hara terutama unsur hara N yang sangat diperlukan tanaman, sehingga tanaman dapat memacu pertumbuhan vegetatif.

Menurut Bachtiar *et al.* (2016) pemupukan N pada tanaman kedelai perlu dilakukan pada awal pertumbuhan karena pada saat itu lapisan atas permukaan tanah tidak jenuh air sehingga fungsi akar belum maksimal.

Unsur fosfor berperan penting dalam pertumbuhan tanaman untuk pertumbuhan sel dan menyediakan energi melalui proses fosforilasi untuk tanaman dapat melakukan metabolisme. Menurut Sipayung *et al.* (2023) pupuk fosfor berperan penting dalam proses pertumbuhan dan produksi tanaman karena mampu menyediakan energi kimiawi dibutuhkan bagi kegiatan metabolisme tanaman.

**Jumlah Daun**

Jumlah daun tanaman kedelai pada semua perlakuan jarak tanam dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu menunjukkan hasil tidak signifikan. Jumlah daun berhubungan dengan tinggi tanaman, karena semakin tinggi tanaman maka semakin banyak daun yang terbentuk (Tabel 4). Menurut Wulandari *et al.* (2023) jumlah daun tanaman mengalami pertambahan seiring dengan bertambahnya tinggi dan umur tanaman kedelai. Daun merupakan organ tanaman berfungsi sebagai tempat terjadinya proses fotosintesis yang nantinya akan memproduksi makanan untuk kebutuhan tanaman maupun sebagai cadangan makanan. Daun mengandung klorofil yang dibutuhkan tanaman dalam proses fotosintesis, semakin banyak daun, semakin banyak klorofilnya sehingga semakin banyak cahaya yang diserap tanaman sehingga laju fotosintesis meningkat dan menghasilkan fotosintat semakin banyak.

Tabel 4. Jumlah daun tanaman kedelai pada jarak tanam dan dosis fosfor berbasis poc limbah tahu

| Jarak Tanam | Pupuk Organik Cair (kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$) | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| | A0 (0) | A1 (15) | A2 (30) | A3 (45) | |
| | ---------- (helai) ---------- | | | | |
| J1 (40 cm × 15 cm) | 48.17 | 50.25 | 53.75 | 51.50 | 50.92 |
| J2 (40 cm × 20 cm) | 48.58 | 50.75 | 50.75 | 54.00 | 51.02 |
| Rata-rata | 48.38 | 50.50 | 52.25 | 52.75 | |

Keterangan: A = dosis $P_2O_5$ (0, 15, 30, 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$); J1 = 40 cm × 15 cm; J2 = 40 cm × 20 cm.

Perlakuan jarak tanam J1 (40 cm × 15 cm) tidak berbeda nyata terhadap J2 (40 cm x 20 cm). Pengaturan jarak tanam mempengaruhi lingkungan fisik secara tidak langsung maupun langsung melalui kompetisi antar tanaman dalam memanfaatkan air, unsur hara dan cahaya. Salah satu faktor yang diduga mempengaruhi adalah cahaya matahari karena digunakan tanaman untuk proses fotosintesis. Menurut Herlina dan Aisyah (2018) semakin rapat jarak tanam maka cahaya matahari yang diterima oleh tanaman semakin berkurang, sehingga proses fotosintesis terhambat dan tidak dapat optimal. Kebutuhan air tanaman yang tidak terpenuhi menyebabkan kondisi tanaman layu dan jumlah daun menurun sebagai adaptasi untuk mengurangi laju evapotranspirasi. Menurut Prastowo *et al.* (2016) kebutuhan air tercukupi apabila volume penyiraman lebih besar dari evapotranspirasi tanaman, sebaliknya jika volume penyiraman lebih rendah dari evapotranspirasi tanaman maka kebutuhan air tidak tercukupi sehingga tanaman melakukan pengguguran daun yang berakibat jumlah daun menurun.

**Jumlah Bintil Akar Efektif**

Perlakuan jarak tanam 40 cm x 20 cm (J2) berbeda nyata lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan jarak tanam 40 cm x 15 cm (J1) (Tabel 5). Hal ini dikarenakan jarak tanam yang lebar menyebabkan penyerapan unsur hara, sinar matahari dan udara lebih optimal sehingga memberi kesempatan pada tanaman terutama pada pertumbuhan akar lebih optimal. Pembentukan bintil akar dipengaruhi oleh ketersediaan nitrogen di dalam tanah, kelembaban, salinitas, pH dan adanya *Rhizobium* sp. Menurut Ni'am dan Bintari (2017) kandungan nitrogen yang rendah akan meningkatnya efektivitas bintil akar dan penambahan nitrogen pada tanah tidak akan

mempengaruhi pertumbuhan bintil akar karena penambahan hara N justru menekan pertumbuhan bintil akar yang akan terbentuk sehingga mengganggu aktivitas biologi menjadi tidak efektif.

Inokulasi *Rhizobium* sp. bertujuan untuk meningkatkan jumlah bintil akar pada tanaman, sehingga akan meningkatkan hasil panen tanaman. Menurut Sari *et al.* (2016) pemberian legin dapat menambah bakteri *Rhizobium* sp. dalam tanah yang dapat membentuk bintil akar sehingga mampu membantu memenuhi kebutuhan hara dengan cara fiksasi N dari udara. Bintil akar yang efektif memfiksasi $N_2$, berwarna merah karena mengandung leghemoglobin. Bintil akar tetap aktif selama 50-60 hari, setelah itu akan mengalami penuaan atau *senescen*. Menurut Sari dan Taryono (2021) bintil akar setelah mengalami penuaan, leghemoglobin akan terdegradasi yang menyebabkan bintil akar berwarna hijau atau cokelat.

**Waktu Muncul Bunga**

Waktu muncul bunga tanaman kedelai pada semua perlakuan jarak tanam dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu menunjukkan hasil yang sama (Tabel 6). Hal ini dikarenakan waktu muncul bunga sangat dipengaruhi oleh faktor genetik maupun faktor lingkungan salah satunya jarak tanam dan dosis fosfor yang diberikan. Lama penyinaran matahari di lahan penelitian yaitu 9 jam per hari. Cuaca mendung selama periode tanam mengurangi durasi penyinaran efektif, sehingga menghambat fotosintesis kedelai. Menurut Tanjung dan Rasyad (2020) intensitas penyinaran kurang dari 85% cenderung memperlambat saat berbunga kedelai sementara lama penyinaran optimal untuk berbunga adalah 10 sampai 12 jam, penyinaran kurang dari 10 jam atau lebih dari 12 jam menyebabkan pembungaan kedelai lambat serta penurunan jumlah bunga.

Tabel 5. Jumlah bintil akar efektif tanaman kedelai pada jarak tanam dan dosis fosfor berbasis poc limbah tahu

| Jarak Tanam | Pupuk Organik Cair (kg $ha^{-1}$ $P_2O_5$) | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| | A0 (0) | A1 (15) | A2 (30) | A3 (45) | |
| | ---------- (bintil) ---------- | | | | |
| J1 (40 cm × 15 cm) | 9.33 | 9.00 | 10.00 | 12.33 | 10.17b |
| J2 (40 cm × 20 cm) | 10.00 | 13.00 | 14.33 | 12.00 | 12.33a |
| Rata-Rata | 9.67 | 11.00 | 12.17 | 12.17 | |

*Superskrip berbeda pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($p<0.05$)

Keterangan: A = dosis $P_2O_5$ (0, 15, 30, 45 kg $ha^{-1}$ $P_2O_5$); J1 = 40 cm × 15 cm; J2 = 40 cm × 20 cm.

Tabel 6. Waktu muncul bunga tanaman kedelai pada jarak tanam dan dosis fosfor berbasis poc limbah tahu

| Jarak Tanam | Pupuk Organik Cair (kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$) | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| | A0 (0) | A1 (15) | A2 (30) | A3 (45) | |
| | ---------- (HST) ---------- | | | | |
| J1 (40 cm × 15 cm) | 39.00 | 38.67 | 38.33 | 38.00 | 38.50 |
| J2 (40 cm × 20 cm) | 38.67 | 38.33 | 38.00 | 38.00 | 38.25 |
| Rata-Rata | 38.83 | 38.50 | 38.17 | 38.00 | |

Keterangan: A = dosis $P_2O_5$ (0, 15, 30, 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$); J1 = 40 cm × 15 cm; J2 = 40 cm × 20 cm.

Aplikasi dosis fosfor berbasis POC pada tanaman kedelai dengan dosis berbeda antar perlakuan dan kandungan fosfor tanah yang sangat tinggi dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, pembentukan bunga, dan hasil tanaman kedelai. Namun rataan waktu muncul bunga kedelai varietas Grobogan memiliki waktu muncul bunga yang tidak sesuai dengan deskripsi, pada bagian deskripsi varietas Grobogan mulai muncul bunga pada umur 30-32 HST namun dari hasil penelitian diketahui waktu muncul bunga pada umur 39 HST. Hal ini diduga pembungaan tanaman kedelai lebih banyak dipengaruhi oleh keadaan lingkugan terutama kelembapan, suhu, dan musim. Suhu udara pada lahan penelitian yaitu 27°C, yang masih berada dalam kisaran optimal untuk pertumbuhan dan pembungaan tanaman kedelai 23–30°C. Menurut Mamang *et al.* (2017) keberhasilan pembungaan tidak hanya ditentukan oleh suhu, tetapi juga dipengaruhi oleh interaksi antara kondisi lingkungan dan faktor genetik tanaman.

**Bobot 100 Biji**

Terdapat interaksi antara perlakuan jarak tanam dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu terhadap bobot 100 biji kedelai. Perlakuan jarak tanam 40 cm x 15 cm yang dikombinasikan dengan perlakuan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J1A3) menghasilkan bobot 100 biji yang sama dengan dosis fosfor berbasis POC 30 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J1A2), namun berbeda nyata lebih tinggi dengan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu 15 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J1A1) dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu 0 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J1A0) (Tabel 7). Perlakuan jarak tanam 40 cm x 20 cm yang dikombinasikan dengan perlakuan dosis fosfor berbasis POC 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J2A3) berbeda nyata lebih tinggi dengan dosis fosfor berbasis POC 0 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J2A0), dosis fosfor berbasis POC limbah tahu 15 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J2A1) dan dosis fosfor berbasis POC limbah tahu 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$ (J2A3). Rataan bobot 100 biji kedelai varietas Grobogan memiliki berat yang belum sesuai dengan deskripsi, pada

bagian deskripsi varietas Grobogan bobot 100 biji yaitu 18.00 g namun dari hasil penelitian diketahui bobot 100 biji yaitu 14.48 g. Hal ini dikarenakan pada jarak tanam renggang bagi tanaman akan memperkecil kompetisi, sehingga menghasilkan biji kedelai lebih berat.

Terpenuhinya unsur fosfor pada POC limbah tahu berperan memperbaiki pertumbuhan generatif terutama pembentukan biji. Menurut Sumbayak dan Gultom (2020) tanaman leguminosa menyerap unsur hara fosfor selama pertumbuhannya dimana periode terbesar penggunaan fosfor pada proses pembentukan polong hingga 10 hari sebelum perkembangan biji. Menurut Ningsih *et al.* (2020) unsur P juga dibutuhkan untuk sintesa protein, P yang cukup pada saat pengisian biji akan memperbesar biji yang dihasilkan sehingga meningkatkan bobot 100 biji.

Tabel 7. Bobot 100 biji pada jarak tanam dan dosis fosfor berbasis poc limbah tahu

| Jarak Tanam | Pupuk Organik Cair (kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$) | | | | Rata-rata |
|---|---|---|---|---|---|
| | A0 (0) | A1 (15) | A2 (30) | A3 (45) | |
| | ---------- (g) ---------- | | | | |
| J1 (40 cm × 15 cm) | 12.33c | 13.37bc | 14.80ab | 14.93ab | 13.86b |
| J2 (40 cm × 20 cm) | 14.23bc | 14.63abc | 15.13ab | 16.40a | 15.10a |
| Rata-Rata | 13.28c | 14.00b | 14.97a | 15.67a | |

*Superskrip berbeda pada baris, kolom dan matriks interaksi yang sama menunjukkan perbedaan nyata berdasarkan uji lanjut DMRT ($p<0.05$).
Keterangan: A = dosis $P_2O_5$ (0, 15, 30, 45 kg ha$^{-1}$ $P_2O_5$); J1 = 40 cm × 15 cm; J2 = 40 cm × 20 cm.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian adalah jarak tanam 40 cm x 20 cm (J2) dengan perlakuan dosis 45 $P_2O_5$ kg ha$^{-1}$ (A3) memberikan hasil tertinggi dan efisien terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai yang memiliki bobot 100 biji seberat 16.40 g.

## DAFTAR PUSTAKA


Alim, A. S., T. Sumarni., dan Sudiarso. 2017. Pengaruh jarak tanam dan defoliasi daun pada pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L.). Jurnal Produksi Tanaman 5, 273 – 280.

Amalia, R. N., S. D. Devy., A. S. Kurniawan., N. Hasanah.,E, D. Salsabila., D. A. A. Ratnawati., F. M. Fadil., N. A. Syarif., dan G. A. Aturdin. 2022. Potensi limbah cair tahu sebagai pupuk organic cair di RT. 31 Kelurahan Lempake Kota Samarinda. Jurnal Pengabdian Masyarakat Universitas Mulawarman 1, 36 – 41.

Bachtiar., M. Ghulamahdi., M. Melati., D. Guntoro., dan A. Sutandi. 2016. Kebutuha nitrogen tanaman kedelai pada tanah mineral dan mineral bergambut dengan budi daya jenuh air. Jurnal Penelitian

Pertanian Tanaman Pangan 35, 217 228.
Badan Pusat Statistik. 2020. Analisis Produktivitas Jagung dan Kedelai di Indonesia
Dalam Angka 2020. Badan Pusat Statistik (BPS - Statistics Indonesia).
Broto, W., F. Arifan., E. Supriyo., I. Pudjihastuti., E. V. Safitri., M. A. Shulthoni. 2021. Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair di Desa Sugihmanik. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat, 1, 60 – 62.
Eviati., dan Sulaeman. 2009. Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
Fitra, J., B. Badal., dan D. P. Putra. 2022. Pengaruh pemberian pupuk limbah cair tahu terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merril). Jurnal Research Ilmu Pertanian 2, 89 – 98.
Fitriyani, I. H., R. Widyastuti., S. M. Yusuf., dan A. P. Wulandari. 2023. Analisis korelasi sifat biologi, kimia dan fisika tanah pada berbagai ketinggian tempat di Bandung, Jawa Barat. Jurnal Tanah dan Lingkungan 25, 64 – 70.
Hartanti, A., & Pertiwi, S. R. (2016). Vitalitas pertumbuhan dan hasil tanaman
kedelai (*Glycine max*. L merril) terhadap perlakuan jarak tanam dan pemberian
tanah bekas kedelai. Agrotechbiz: Jurnal Ilmiah Pertanian, 3, 2 – 2.
Herlina, N. dan Y. Aisyah. 2018. Pengaruh jarak tanam jagung manis dan varietas kedelai terhadap pertumbuhan dan hasil kedua tanaman dalam sistem tanam tumpangsari. Jurnal Buletin Palawija 16, 9 – 16.
Keputusan Menteri Pertanian Nomor 261/KPTS/SR.310/M/4/2019.Tenta ng Persyaratan Teknis Minimal Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah.
Kogoya, T., I.P. Dharma, dan I.N. Sutedja. 2018. Pengaruh pemberian dosis pupuk urea terhadap pertumbuhan tanaman bayam cabut putih (*Amaranthus tricolor* L.). Jurnal Agroekoteknologi Tropika 7, 575 – 584.
Kusumaningtyas, A., Nuraini, Y., & Syekhfani, S. (2015). Pengaruh kecepatan dekomposisi pupuk organik cair limbah tahu terhadap serapan N dan S tanaman jagung pada alfisol. Jurnal tanah dan sumberdaya lahan, 2, 227 – 235.
Makiyah, M., W. Sunarto., dan A. T. Prasetya. 2015. Analisis kadar NPK pupuk cair limbah tahu dengan penambahan tanaman *Tithonia Diversifolia*. J. Indonesian Journal Of Chemical Science, 4, 20 – 25.
Mamang, K. I., I. Umarie, dan H. Hasbi. 2017. Pengaplikasian berbagai macam pupuk azolla (*Azolla microphyla*) dan interval waktu aplikasi terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* (L) Merill). Jurnal Agritrop 15, 26 – 43.
Ni'am, A. M., dan S. H. Bintari. 2017. Pengaruh pemberian inokulan legin dan mulsa terhadap jumlah bakteri bintil akar dan pertumbuhan tanaman kedelai varietas Grobogan. Jurnal Matematika Ilmu Pengetahuan Alam 40, 80 – 86.
Ningsih, W., I. Hodiyah., Suhardjadinata. 2020. Pengaruh inokulasi rhizobium phaseoli dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.). Jurnal Media Pertanian 5, 63 – 72.
Nopriani, L. S., R. A. A. T. Radiananda., dan S. Kurniawan. 2023. Pengaruh aplikasi pupuk anorganik dan hayati terhadap sifat kimia tanah dan produksi

tanaman padi (*Oryza sativa* L.). Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan 10, 157 – 163.

Nurbaiti, F., G. Haryono, dan A. Suprapto. 2017. Pengaruh pemberian mulsa dan jarak tanam pada hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill.) Var. Grobogan. Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika 2, 41 – 47.

Prasetio, J. dan S. Widyastuti. 2020. Pupuk organik cair dari limbah industri tempe. Jurnal Teknik UNIPA 18, 22 – 32.

Prastowo, D. R., T. K. Manik dan R. A. B. Rosadi. 2016. Penggunaan model cropwat untuk menduga evapotranspirasi standar dan penyusunan neraca air tanaman kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) di dua Lokasi berbeda. Jurnal Teknik Pertanian Lampung 5, 1 – 12.

Purba, J. H., I. P. Parmila., dan K. K. Sari. 2018. Pengaruh pupuk kendang sapi dan jarak tanam terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* (L.)Merrill) varietas Edamame. Agricultural Journal 1, 69 – 81.

Rusmana., E. P. Ningsih., dan A. Justika. 2020. Growth and yield of various soy varieties (*Glycine max* L. Merr.) on drought stress. Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem 8, 228 – 235.

Sari, E. F., P. Puspitorini., dan T. Kurniastuti. 2016. Pengaruh pemberian legin dan pupuk urea terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merril). Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian 10, 20 – 36.

Sari, T., dan Taryono. 2021. Jumlah bintil fase vegetatif penentu mutu dan hasil kacang hijau (*Vigna radiata* L.) di lahan sawah bekas padi. Journal ofAgrotechnology Innovation 4, 1– 6.

Sari, R., Maryam., dan R. A. Yusmah. 2023. Penentuan c-organik pada tanah untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan umur tanaman dengan metoda spektrofotometri UV VIS. J. Teknologi Pertanian 12, 11 – 19.

Sipayung, P., S. Hutauruk., A. H. Purba., dan L. Sidauruk. 2023. Respon pertumbuhan dan produksi kedelai hitam malika (*Glycine soja*, L.) terhadap media tanam cocopeat -topsoil dan pupuk fosfor. Jurnal Penelitian Ilmu Pertanian 9, 57 – 65.

Sugiantari, N. P. N., I. G. N. Raka, dan D. Utami. 2017. Uji mutu benih kedelai (*Glycine max* L. Merril) varietas grobogan yang diproduksi dengan aplikasi 10 isolat PGPR. Jurnal Agrotrop 7, 199 – 209.

Suhaeni, N. 2007. Petunjuk Praktias Menanam Kedelai. Nuansa Cendekia, Bandung.

Suhairin., Muanah., dan E. S. Dewi. 2020. Pengolahan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair di Lombok Tengah NTB. Jurnal Pengabdian Masyarakat Berkemajuan 4, 374 – 377.

Sulfianti., Risman., dan I. Saputri. 2021. Analisis NPK pupuk organik cair dari berbagai jenis air cucian beras dengan metode fermentasi yang berbeda. Jurnal Agrotech, 11, 36 – 42.

Sumbayak, R. J., dan R. R. Gultom. 2020. Pengaruh pemberian pupuk fosfat dan pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai (*Glycine max* L. Merill). Jurnal Darma Agung 28, 253 – 268.

Tanjung, M. S., dan A. Rasyad. 2020. Tampilan berbagai karakter galur-galur kedelai F5 hasil seleksi persilangan Grobogan dan KM19. Jurnal Online Mahasiswa Faperta, 7, 1 – 12.

Walid, L. F., & Susylowati, S. 2016. Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) terhadap pertumbuhan dan hasil beberapa varietas tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merill). Jurnal Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian, 41, 84 – 96.

Widiastuti, E., dan E. Latifah. 2016. Keragaan pertumbuhan dan biomassa varietas kedelai (*Glycine max* (L)) di lahan sawah dengan aplikasi pupuk organik cair. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia 21, 90 – 97.

Yuanita., dan Daryono. 2019. Pemanfaatan limbah talas (*Xanthosoma sagittifolium* L) untuk pembuatan pupuk bokasih dengan bioaktivator effective microorganism (EM-4). Jurnal Agriment 4, 42 – 46.