

## Pengaruh Kombinasi Pupuk N-P-K dan Vinasse Diperkaya Mikroba terhadap Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* L. Merrill)

### *The Effect of Combination of N-P-K Fertilizers and Microbe-Enriched Vinasse on the Growth and Yield of Soybean (*Glycine max* L. Merrill)*

Yuliani Wulandari, Dyah Weny Respatie<sup>\*)</sup>, Taufan Alam

Departemen Budidaya Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Flora No. 1, Bulaksumur, Sleman, Yogyakarta 5581, Indonesia

<sup>\*)</sup> Penulis untuk korespondensi E-mail: [wenyrespatie@ugm.ac.id](mailto:wenyrespatie@ugm.ac.id)

Diajukan: 03 April 2023 /Diterima: 15 Agustus 2023 /Dipublikasi: 29 Agustus 2023

#### ABSTRACT

*The soybean consumption in Indonesian increases along with an increase in population, but domestic production is not sufficient for the national soybean needs. One of the factors causing low soybean production in Indonesia is unbalanced fertilization. The solution that can be given to this problem is the use of vinasse as a soil enhancer and reducing the dosage of chemical fertilizers. The study's objective was to determine the effectiveness of combination of N-P-K fertilizers and vinasse enriched by microbes on the growth and yield of soybeans. This research was conducted from October 2021 – January 2022 at Kebun Tri Dharma, Banguntapan District, Bantul Regency, Special Province of Yogyakarta. The research was arranged in Randomized Completely Block Design (RCBD) single factor with three blocks as replication. The treatments consist of without fertilizer or control, vinasse enriched microbial, the standard dose of N-P-K, 25% dose of N-P-K + vinasse enriched microbial, 50% dose of N-P-K + vinasse enriched microbial, and 75% dose of N-P-K + vinasse enriched microbial. The results showed that the combination of vinasse enriched microbial with reduced the standard dose of N-P-K and application of vinasse enriched microbial had not yet reached the pass criteria for fertilizer effectiveness test on soybeans (RAE less than < 100%). Application of vinasse enriched microbial can reduce the dose of N-P-K fertilizer by 25% on soybeans.*

**Key words:** fertilizer; N-P-K; soybean; vinasse; yield

#### INTISARI

Konsumsi kedelai Indonesia meningkat seiring bertambahnya jumlah penduduk tetapi produksi di dalam negeri belum mencukupi kebutuhan kedelai nasional. Salah satu faktor penyebab produksi kedelai di Indonesia rendah adalah pemupukan yang tidak berimbang. Solusi yang dapat diberikan dari permasalahan tersebut yaitu pemanfaatan vinasse sebagai pembenah tanah dan pengurangan dosis pupuk kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas kombinasi pupuk N-P-K dan vinasse diperkaya mikroba terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 – Januari 2022 di Kebun Tri Dharma, Kapanewon Banguntapan, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan tiga blok sebagai ulangan. Perlakuan terdiri atas tanpa pupuk atau kontrol, vinasse diperkaya mikroba, N-P-K standar, 25% N-P-K standar + vinasse diperkaya mikroba, 50% N-P-K standar + vinasse diperkaya mikroba, dan 75% N-P-K standar + vinasse diperkaya mikroba. Hasil penelitian menunjukkan bahwa takaran kombinasi vinasse diperkaya mikroba yang

**dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk N-P-K standar maupun pemberian vinasse diperkaya mikroba belum mencapai kriteria kelulusan uji efektivitas pupuk pada tanaman kedelai. Aplikasi vinasse diperkaya mikroba dapat mengurangi penggunaan pupuk N-P-K sebesar 25% pada tanaman kedelai.**

**Kata kunci: hasil; kedelai; N-P-K; pupuk; vinasse**

## PENDAHULUAN

Konsumsi kedelai oleh masyarakat Indonesia akan terus mengalami peningkatan seiring bertambahnya jumlah penduduk dan meningkatnya kualitas makanan pada setiap tahunnya (Irwan & Nurmala, 2018). Menurut FAO (2022), produksi kedelai di Indonesia pada tahun 2019 adalah 940 ribu ton, kemudian pada tahun 2020 produksi kedelai mengalami peningkatan menjadi 1,040 juta ton. Sementara itu, kebutuhan kedelai nasional mencapai 3,5 juta ton per tahun. Dengan demikian Indonesia masih kekurangan 2,56 juta ton setiap tahunnya (Wuye, 2016). Kekurangan tersebut kemudian terpaksa dipenuhi oleh Pemerintah Indonesia melalui impor pada tahun 2019, sebesar 2,67 juta ton dimana 1,51 juta ton (95%) berasal dari Amerika Serikat (Sayaka *et al.*, 2021).

Salah satu penyebab produksi kedelai di Indonesia rendah yaitu praktik budidaya yang tidak memperhatikan keseimbangan unsur hara di dalam tanah. Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan menyebabkan produktivitas lahan pertanian meningkat, namun dalam waktu yang tidak lama karena penggunaan pupuk anorganik secara terus-menerus dapat merubah struktur tanah, pemadatan, kandungan unsur hara dalam tanah menurun, pencemaran

lingkungan, dan perubahan keragaman serta komposisi komunitas bakteri (Triyono *et al.*, 2013). Penggunaan pupuk anorganik atau kimiawi juga harus dilakukan secara berimbang. Aplikasi pupuk kimiawi dengan dosis yang tinggi dapat meningkatkan kandungan nitrat di dalam tanah, menurunkan pH tanah, mencemari tanah dan air, serta berdampak negatif bagi kesehatan manusia. Selain itu, penggunaan pupuk anorganik dalam jangka waktu yang panjang dapat menurunkan kandungan C-Organik dalam tanah (Ozlu & Kumar, 2018). Pengembangan teknologi pemupukan terus dilakukan agar produktivitas pertanian dapat tercapai secara maksimal namun tetap menjaga keberlanjutan lingkungan yaitu melalui penggunaan pupuk organik (Respatie *et al.*, 2020).

Peningkatan produktivitas kedelai dan lahan pertanian dapat dilakukan melalui perbaikan teknis budidaya salah satunya yaitu dengan pemupukan untuk menambah unsur hara ke dalam tanah sehingga dapat mencukupi kebutuhan nutrisi bagi tanaman. Kedelai memerlukan unsur hara makro esensial berupa N, P, dan K dalam jumlah yang banyak untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Penyediaan unsur hara tersebut dapat dilakukan dengan penambahan pupuk

anorganik baik dalam bentuk pupuk tunggal maupun majemuk. Pada umumnya petani melakukan pemupukan pada tanaman kedelai dengan pupuk Urea (sumber nitrogen), SP-36 (sumber fosfor), dan KCl (sumber kalium) (Karimuna & Wahab, 2019; Kurniawati *et al.*, 2015). Peranan N yaitu mempercepat pertumbuhan tanaman terutama batang dan daun. Unsur hara N termasuk salah satu penyusun klorofil sehingga jika terjadi peningkatan kandungan klorofil maka fotosintesis dapat meningkat. Sementara, ketersediaan unsur hara P yang semakin meningkat dapat menambah berat kering tanaman karena fungsi dari unsur tersebut sebagai transfer energi dan metabolisme di dalam tanaman. Selain itu, unsur P dan K juga memiliki peran yaitu merangsang pembentukan bunga dan buah serta mempercepat pemasakan biji dan buah (Marlina *et al.*, 2015).

Limbah pertanian seperti vinasse dapat dijadikan bahan baku pembuatan pupuk organik cair. Vinasse merupakan limbah berbentuk cair hasil pembuatan gula tebu yang berupa molasses, yang kemudian diproses menjadi etanol dan dari proses tersebut diperoleh produk samping berupa vinasse (Vyatrissa *et al.*, 2017). Vinasse mengandung 97% air, 5% bahan organik (gula dan karbohidrat), dan 2% padatan anorganik yang tidak terlarut. Sementara itu, juga terdapat berbagai unsur hara makro dan mikro dalam vinasse. Unsur hara makro dalam konsentrasi tertinggi yaitu kalium (K), diikuti dengan belerang (S), magnesium (Mg), nitrogen (N), kalsium (Ca), dan fosfor

(P). Sedangkan unsur hara mikro dalam konsentrasi tertinggi yaitu besi (Fe), diikuti dengan mangan (Mn), seng (Zn), dan tembaga (Cu) (Parsaee *et al.*, 2019).

Pada beberapa perusahaan, vinasse diolah terlebih dahulu dengan mikroba fungsional untuk menambah nilai kemanfaatan vinasse sehingga akan diperoleh produk akhir berupa pupuk hayati cair yang dapat digunakan sebagai pembenah tanah. Pada penelitian Respatie *et al.* (2020), vinasse yang digunakan mengandung *Bacillus* spp., dan *Azospirillum* spp., yang berfungsi sebagai penambat nitrogen dan pelarut fosfat. Berdasarkan penelitian tersebut, kombinasi antara  $\frac{3}{4}$  NPK standar dengan 15.000 L.ha<sup>-1</sup> vinasse diperkaya mikroba dapat memberikan pertumbuhan dan hasil jagung secara optimal. Oleh sebab itu, penggunaan vinasse diperkaya mikroba diharapkan mampu mengurangi ketergantungan terhadap pupuk kimia, memperbaiki sifat-sifat tanah, dan memacu pertumbuhan dan hasil tanaman. Hal tersebut disebabkan karena harga vinasse lebih murah, pencemaran lahan pertanian akibat residu pupuk kimia yang tertinggal dalam tanah dapat berkurang, dan dapat dijadikan sebagai pembenah tanah. Penelitian ini dirancang dengan tujuan untuk menguji efektivitas pemupukan serta menentukan kombinasi pupuk N-P-K dan vinasse diperkaya mikroba terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2021 – Januari 2022 di Kebun Tri Dharma Pertanian UGM, Padukuhan Wonocatur, Kelurahan Banguntapan, Kapanewon Banguntapan, Kabupaten Bantul, D.I. Yogyakarta. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini berupa benih kedelai varietas Grobogan, vinasse diperkaya mikroba dari PT. Madubaru, pupuk Urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, pestisida Decis® 25 EC, perekat pestisida, dan insektisida Furadan 3gr. Alat yang digunakan antara lain cangkul, tugal, oven, timbangan analitik, jangka sorong digital, *leaf area meter*, *root area meter*, meteran, alat tulis, gelas ukur, papan nama penanda tanaman, dan *knapsack sprayer*.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL) faktor tunggal dengan tiga blok sebagai ulangan. Perlakuan pada penelitian ini berupa kombinasi pupuk N-P-K dan vinasse diperkaya mikroba terdiri atas 6 aras yaitu tanpa pupuk atau kontrol (P0), vinasse diperkaya mikroba 15.000 L.ha<sup>-1</sup> (P1), N-P-K standar (P2), 25% N-P-K standar + vinasse diperkaya mikroba 15.000 L.ha<sup>-1</sup> (P3), 50% N-P-K standar + vinasse diperkaya mikroba 15.000 L.ha<sup>-1</sup> (P4), dan 75% N-P-K standar + vinasse diperkaya mikroba 15.000 L.ha<sup>-1</sup> (P5). Pelaksanaan penelitian diawali dengan aplikasi vinasse diperkaya mikroba seminggu sebelum penanaman sesuai dengan takaran perlakuan. Seminggu setelah aplikasi

vinasse kemudian dilakukan pengecekan pH tanah dan dilanjutkan penanaman dengan jarak tanam 40cm x 20cm. Aplikasi pupuk N-P-K dilakukan sebanyak dua kali pada 2 mst dan 4 mst. Variabel yang diamati meliputi variabel lingkungan (biotik dan abiotik), kesuburan tanah (analisis tanah awal, pH tanah seminggu setelah aplikasi vinasse, analisis tanah akhir), variabel pengamatan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang) yang diamati seminggu sekali, variabel pengamatan destruktif (bobot kering akar dan bobot kering tajuk) yang diamati pada 3 mst dan 6 mst, komponen hasil (jumlah polong per tanaman), dan hasil biji taksiran. Data hasil pengamatan harus berdistribusi normal dan varian homogen. Data yang memenuhi asumsi kemudian dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dengan  $p < 0,05$  dilanjutkan dengan uji lanjut HSD Tukey pada  $\alpha=5\%$ .

Metode yang digunakan untuk menduga hasil biji taksiran kedelai mengacu pada penelitian Handriawan *et al.* (2016) yaitu menggunakan model persamaan linier sederhana antara berat kering biologis maksimal yang didapat dari nilai  $a$  (nilai ekspektasi) kurva sigmoid dengan berat kering biologis. Persamaan sigmoid yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

$$Y_i = \frac{a}{1 + be^{-cx}}$$

Keterangan:  $Y_i$  = hasil berat kering biologis umur panen (g),  $a$  = nilai ekspektasi akhir pertumbuhan atau berat kering biologis

umur panen,  $b$  = nilai ekspektasi awal pertumbuhan,  $c$  = konstanta laju pertumbuhan  $Y$  terhadap  $X$ ,  $e$  = bilangan dasar logaritma alam,  $x$  = umur (mst).

Berat kering biologis masing-masing perlakuan hasil pendugaan yang didapat kemudian dikalikan dengan indeks panen untuk mendapatkan berat kering ekonomis. Indeks panen yang digunakan adalah indeks panen dari penelitian lain. Indeks panen yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0,59 (Hakim, 2017). Hasil biji taksiran merupakan hasil berat kering ekonomis taksiran dikonversi ke dalam satuan  $\text{ton} \cdot \text{ha}^{-1}$ .

$$\begin{aligned} & \text{Hasil biji taksiran} \left( \frac{\text{ton}}{\text{ha}} \right) \\ &= \frac{\frac{a}{b} \times \text{berat kering ekonomis (g)}}{c} \end{aligned}$$

Keterangan:  $a$  = konversi 1 hektar =  $100.000.000 \text{ cm}^2$ ,  $b$  = luas jarak tanam,  $c$  = konversi 1 ton =  $1.000.000 \text{ gram}$ .

Penilaian efektivitas perlakuan pemupukan dapat diketahui dengan cara menghitung nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) dengan rumus = (hasil pada pupuk yang diuji-hasil pada kontrol)/(hasil pada pupuk standar-hasil pada kontrol)  $\times 100\%$  (Machay *et al.*, 1984). Nilai  $\text{RAE} \geq 100\%$  menunjukkan bahwa perlakuan pupuk yang diuji efektif dibandingkan perlakuan pupuk standar.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Faktor yang mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan suatu tanaman dapat berasal dari faktor lingkungan berupa faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik berupa hama, penyakit, mikroorganisme, maupun gulma. pada penelitian ini diketahui terdapat serangan beberapa hama yaitu kutu daun (*Aphis glycines*), kepik hijau (*Nezera viridula* L.), dan uret (*Lepidiotia stigma*). Sementara faktor abiotik berupa suhu, kelembaban udara, intensitas cahaya, curah hujan, dan kesuburan tanah. Berdasarkan data curah hujan dari *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) diketahui total curah hujan selama periode tumbuh kedelai sekitar 814 mm sedangkan secara umum, selama masa pertumbuhan (84-100 hari) kedelai membutuhkan air sebanyak 300-450 mm. Periode awal terbentuknya bunga pada tanaman kedelai penelitian terjadi pada umur 4 mst. Curah hujan tinggi saat fase berbunga mengakibatkan bunga tidak dapat melakukan pembuahan sebab bunga mengalami kerontokan, sehingga jumlah polong yang terbentuk juga tidak optimal. Selain itu, umur mulai panen menjadi lebih panjang karena proses fotosintesis yang kurang optimal sehingga mengakibatkan masaknya polong terhambat maupun terlanjur busuk (Utama & Sjamsijah, 2019).

Tabel 1. Analisis kandungan hara sebelum penanaman di lokasi penelitian

Parameter	Satuan	Nilai	Harkat
Tekstur			
1) Pasir	%	67	
2) Debu	%	31	Geluh Pasiran
3) Lempung	%	2	
pH H <sub>2</sub> O	-	6,50	Agak Masam
N-total	%	0,07	Sangat Rendah
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tersedia	ppm	80	Sangat Tinggi
K-tersedia	ppm	129	Sangat Tinggi
C-organik	%	1,55	Rendah
KPK	cmol(+)/kg	8,96	Rendah

(Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian, 2022)

\*Harkat menurut Balai Penelitian Tanah, 2009

Tanah pada lahan penelitian diketahui memiliki tekstur geluh pasir yang didominasi oleh fraksi pasir sebesar 67% berdasarkan hasil analisis pada Tabel 1. Dengan demikian, tanah tersebut memiliki luas permukaan jenis yang kecil dan pori makro lebih besar sehingga kemampuan tanah untuk mengikat air relatif rendah sehingga air maupun mineral lain menjadi cepat hilang ataupun berpindah ke tempat lain dengan mudah. Sementara sifat kimia tanah yang diuji yaitu pH H<sub>2</sub>O sebesar 6,50 yang memiliki harkat agak masam.

Kondisi pH tanah lokasi penelitian menunjukkan agak masam dan kandungan P sangat tinggi. Pada kebanyakan tanah ketersediaan P maksimum dijumpai pada kisaran pH antara 5,5-7. Ketersediaan P akan menurun bila pH tanah lebih rendah dari 5,5 atau lebih tinggi dari 7. Adsorpsi P dalam larutan tanah oleh Fe dan Al oksida dapat menurun apabila pH meningkat. Fosfat sangat rentan untuk diikat baik pada kondisi masam maupun alkalis atau basa (Firnia, 2018). Sementara unsur kalium yang sangat tinggi diduga berasal dari sisa penggunaan

pupuk dan hasil panen yang tertinggal karena sebelumnya lahan tersebut digunakan untuk penanaman kacang tanah.

Kapasitas pertukaran kation (KPK) pada hasil uji diketahui sebesar 8,96 cmol(+)/kg yang memiliki harkat rendah. KPK adalah kapasitas lempung untuk menyerap dan menukar kation. Nilai KPK tanah lokasi penelitian yang rendah menunjukkan bahwa jumlah muatan negatifnya lebih sedikit sehingga minim terjadi pertukaran dengan kation (Zamzami *et al.*, 2016). Tanah yang mengandung bahan organik memiliki KPK yang lebih tinggi dibanding tanah dengan bahan organik rendah atau tanah berpasir (Soekamto, 2015). Hal ini ditunjukkan dengan hasil uji kandungan C-organik dalam tanah yang diperoleh sebesar 1,55% tergolong rendah. Kandungan C-organik yang cukup mampu mengikat ion-ion logam dalam jumlah berlebih menjadi sedikit dalam larutan tanah sesuai dengan kebutuhan tanaman. Rendahnya KPK dan C-organik tanah berdampak pada berkurangnya efisiensi pemupukan karena unsur hara yang berasal dari pupuk mudah tercuci sehingga fiksasi hara meningkat (Salawati *et al.*, 2016).

Tabel 2. Nilai pH tanah seminggu setelah aplikasi vinasse diperkaya mikroba pada berbagai perlakuan

Perlakuan	pH Tanah	Harkat
Tanpa Pupuk (Kontrol)	6,70	Netral
Vinasse	6,30	Agak Masam
N-P-K Standar	6,40	Agak Masam
25% N-P-K Standar dan Vinasse	6,60	Netral
50% N-P-K Standar dan Vinasse	5,90	Agak Masam
75% N-P-K Standar dan Vinasse	6,30	Agak Masam

\*Harkat menurut Balai Penelitian Tanah, 2009

pH atau kemasaman tanah merupakan kondisi dimana terdapat keterikatan antar unsur atau senyawa di dalam tanah. Pada kondisi tanah dengan pH netral, kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air sehingga tanaman akan mudah dalam penyerapan unsur hara (Nazir *et al.*, 2017). Pada penelitian ini, pH tanah seminggu setelah aplikasi vinasse diperkaya mikroba dianalisis dengan metode H<sub>2</sub>O. Sampel tanah diambil secara komposit pada setiap unit perlakuan. Berdasarkan tabel 4.2. diketahui bahwa pH pada berbagai perlakuan yang diberikan berkisar antara 5,9 – 6,7. pH yang diperoleh sesuai sebagai syarat tumbuh tanaman kedelai menurut Bachtiar *et al.* (2016) bahwa kedelai dapat tumbuh dengan toleransi kemasaman tanah pada pH 5,8 – 7. Tanah yang memiliki pH < 5,5 dapat menyebabkan tanaman kedelai tumbuh sangat lambat karena keracunan Al.

Berdasarkan Tabel 3. diketahui bahwa pH setelah penelitian pada semua perlakuan yang diberikan mengalami penurunan. Menurunnya pH tanah dapat disebabkan karena curah hujan yang tinggi selama penelitian sehingga unsur hara dalam tanah mengalami pencucian sehingga tanah menjadi masam. Hasil analisis kandungan N-total tanah setelah penelitian menunjukkan peningkatan pada perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K standar sedangkan pada perlakuan lainnya mengalami penurunan. Kandungan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia setelah penelitian menunjukkan harkat sedang dimana hal tersebut mengubah status hara saat awal penelitian yang memiliki harkat sangat tinggi. Hal ini dapat disebabkan karena fosfor dalam pupuk mineral dapat secara cepat mengalami *immobile* karena sebagian besar terikat oleh mineral lempung dan bahan organik sehingga unsur tersebut tidak tersedia bagi tanaman. Adanya bakteri *Bacillus* sp. pada vinasse juga berpotensi menurunkan pH tanah dengan melepaskan asam organik (Mazylyte *et al.*, 2022).

Tabel 3. Analisis kandungan hara akhir

Parameter	P0	P1	P2	P3	P4	P5	Keterangan
pH H <sub>2</sub> O	6,02	5,90	5,77	5,87	5,83	5,96	5,5 – 6,5 agak masam
N-total (%)	0,10	0,11	0,10	0,10	0,09	3,16	>0,75 sangat tinggi
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> tersedia (ppm)	33	37	41	38	30	37	26 – 45 sedang
K tersedia (ppm)	94	116	138	110	78	181	>58 sangat tinggi
C-Organik (%)	1,03	1,10	1,08	1,21	1,06	1,05	1 – 2 rendah
KPK (cmol(+)/kg <sup>-1</sup> )	4,86	5,87	5,27	5,28	5,26	7,10	5 – 16 rendah

(Balai Pengkajian dan Teknologi Pertanian, 2022)

\*Harkat menurut Balai Penelitian Tanah, 2005

Keterangan: P0: tanpa pupuk; P1: vinasse diperkaya mikroba; P2: N-P-K standar; P3: vinasse + 25% N-P-K standar; P4: vinasse + 50% N-P-K standar; P5: vinasse + 75% N-P-K standar.

Hasil uji kandungan K-tersedia akhir atau setelah panen menurun. Penurunan K-tersedia yang paling terlihat yaitu pada perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 50% N-P-K standar. Perlakuan tersebut juga memiliki kandungan N-total, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia, dan KPK yang paling rendah dibanding perlakuan lainnya. Hal ini dapat mempengaruhi hasil kedelai yang diperoleh karena ketersediaan unsur tersebut digunakan untuk mendukung perkembangan tanaman pada fase generatif. Peningkatan kandungan K-tersedia berdasarkan analisis tanah setelah penelitian hanya terjadi pada perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K standar sebesar 40% atau dari 129 ppm menjadi 181 ppm. Kandungan K-tersedia saling berhubungan dengan KPK tanah. Apabila tanah memiliki KPK rendah maka kalium dapat digerakkan

melalui proses aliran massa sehingga kehilangan dari tanah permukaan akan terjadi, terutama setelah hujan lebat. Berdasarkan hasil analisis yang dilakukan, diketahui juga bahwa C-organik dan KPK pada semua perlakuan menurun. Kandungan C-organik selain dibutuhkan oleh tanaman juga dibutuhkan oleh mikroba sebagai sumber makanan. Bakteri pelarut fosfat maupun penambat nitrogen yang terkandung pada vinasse termasuk bakteri heterotrof yang tidak dapat menyusun makanannya sendiri (Purwanto *et al.*, 2022). Rendahnya nilai C-organik dan kandungan lempung berdampak pada nilai KPK karena fraksi bahan organik tanah bermuatan negatif semakin sedikit. Selain itu, berbagai faktor eksternal mempengaruhi kandungan C-organik tanah seperti jenis tanah, curah hujan, suhu, penambahan bahan organik di atas tanah, dan kegiatan pengelolaan tanah (Farrasati *et al.*, 2019).



Tabel 4. Rerata tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang tanaman kedelai berbagai perlakuan pada 3 mst dan 6 mst

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)		Jumlah Daun		Diameter Batang (mm)	
	3 mst	6 mst	3 mst	6 mst	3 mst	6 mst
Tanpa Pupuk (Kontrol)	15,12 a	33,03 a	3 a	9 b	2,27 a	2,86 b
Vinasse	14,53 a	32,09 a	3 a	9 b	2,05 a	3,32 ab
N-P-K Standar	16,04 a	32,67 a	3 a	10 b	2,47 a	3,25 ab
25% N-P-K Standar dan Vinasse	16,19 a	31,04 a	2 a	11 ab	2,58 a	3,60 ab
50% N-P-K Standar dan Vinasse	14,57 a	31,34 a	3 a	10 b	2,57 a	3,73 ab
75% N-P-K Standar dan Vinasse	16,12 a	36,78 a	3 a	13 a	2,51 a	4,08 a
CV (%)	9,33	9,63	13,89	14,51	9,42	10,81

Keterangan: Angka diikuti huruf sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji HSD Tukey  $\alpha=5\%$

Tabel 5. Rerata bobot kering akar dan bobot kering tajuk tanaman kedelai berbagai perlakuan pada 3 mst dan 6 mst

Perlakuan	Bobot Kering Akar (g)		Bobot Kering Tajuk (g)	
	3 mst	6 mst	3 mst	6 mst
Tanpa Pupuk (Kontrol)	0,21 a	0,31 b	0,31 a	1,36 b
Vinasse	0,17 a	0,49 ab	0,33 a	2,32 b
N-P-K Standar	0,22 a	0,56 ab	0,39 a	2,06 b
25% N-P-K Standar dan Vinasse	0,24 a	0,52 ab	0,46 a	2,42 ab
50% N-P-K Standar dan Vinasse	0,23 a	0,64 ab	0,43 a	3,07 ab
75% N-P-K Standar dan Vinasse	0,23 a	0,77 a	0,57 a	4,51 a
CV (%)	25,60	24,80	22,54	28,99

Keterangan: Angka diikuti huruf sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji HSD Tukey  $\alpha=5\%$

Tinggi tanaman merupakan ukuran pertumbuhan yang paling mudah dilihat secara visual dan sering diamati sebagai indikator pertumbuhan maupun untuk mengukur pengaruh lingkungan atau perlakuan yang diterapkan. Berdasarkan Tabel 4. diketahui bahwa tinggi tanaman pada semua perlakuan umur 3 mst dan 6 mst tidak memberikan pengaruh berbeda nyata. Jumlah daun suatu tanaman akan mengalami peningkatan seiring bertambahnya umur tanaman. Pada Tabel 4. diketahui pada umur 6 mst perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K standar memberikan pengaruh berbeda nyata terhadap perlakuan tanpa pupuk, vinasse diperkaya mikroba, N-P-K standar, serta kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K standar. Sementara

pada variabel pengamatan diameter batang menunjukkan bahwa tanaman umur 6 mst yang hanya dipupuk dengan vinasse diperkaya mikroba maupun N-P-K standar saja secara nyata tidak lebih baik dibanding tanaman yang tidak dipupuk. Namun, pemberian kombinasi 75% N-P-K dan vinasse diperkaya mikroba mampu memberikan pengaruh beda nyata terhadap diameter batang tanaman kedelai yaitu sebesar 4,08 mm.

Pada Tabel 5. juga diketahui bahwa perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K standar secara nyata meningkatkan bobot segar dan kering tajuk pada umur 6 mst. Hal ini mengindikasikan bahwa penyediaan unsur hara melalui pemupukan dengan 75% N-P-K standar dan vinasse diperkaya mikroba

mampu meningkatkan asimilat yang dihasilkan. Ketersediaan hara yang cukup maka akan mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman secara optimal. Bobot kering tajuk seringkali digunakan untuk mengukur kemampuan tanaman membentuk biomassa yang dipengaruhi proses fotosintesis dan respirasi.

Berdasarkan Tabel 6. diketahui jumlah polong per tanaman pada perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K standar memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap perlakuan lainnya. Hal ini diduga bahwa pemberian dosis 75% N-P-K standar dan vinasse diperkaya mikroba dapat mencukupi kebutuhan unsur hara pada fase generatif. Pernyataan ini didukung oleh Malhotra *et al.*

(2018) yang menyatakan bahwa, unsur fosfor juga berfungsi untuk merangsang perkecambahan biji, perkembangan akar, memperkokoh tangkai dan batang, pembentukan bunga dan biji, serta meningkatkan kualitas dan hasil panen. Ketersediaan asimilat pada saat pengisian biji juga dapat meningkatkan transportasi asimilat dari daun dan batang ke arah polong untuk pengisian biji. Dengan demikian, jika jumlah polong per tanaman semakin banyak maka dapat memberikan peluang hasil yang lebih tinggi. Permanasari *et al.* (2014), juga menyatakan bahwa apabila ketersediaan nitrogen berada dalam kondisi seimbang akan terjadi pembentukan asam amino dan protein meningkat dalam pembentukan biji.

Tabel 6. Jumlah polong per tanaman dan hasil biji taksiran kedelai berbagai perlakuan

Perlakuan	Jumlah Polong per Tanaman	Hasil Biji Taksiran (ton/ha <sup>-1</sup> )
Tanpa Pupuk (Kontrol)	26 b	0,44 a
Vinasse	27 b	0,44 a
N-P-K Standar	30 b	0,48 a
25% N-P-K Standar dan Vinasse	35 b	0,73 a
50% N-P-K Standar dan Vinasse	33 b	0,49 a
75% N-P-K Standar dan Vinasse	46 a	0,75 a
CV (%)	10,10	9,17

Keterangan: Angka diikuti huruf sama pada kolom sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji HSD Tukey  $\alpha=5\%$

Tabel 7. Nilai *Relative Agronomic Effectiveness* (RAE) uji efektivitas kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan pupuk N-P-K pada tanaman kedelai

Perlakuan	RAE (%)
Tanpa Pupuk (Kontrol)	0
Vinasse	0
N-P-K Standar	100
25% N-P-K Standar dan Vinasse	7,25
50% N-P-K Standar dan Vinasse	1,25
75% N-P-K Standar dan Vinasse	7,75

Keterangan: RAE  $\geq 100\%$  menunjukkan bahwa perlakuan pupuk yang diuji efektif dibandingkan perlakuan pupuk standar.

Tabel 6. juga menunjukkan bahwa hasil biji taksiran kedelai pada semua perlakuan tidak memberikan pengaruh berbeda nyata. Hasil tertinggi diperoleh pada perlakuan kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K Standar. Menurut Kementerian Pertanian (2013), kedelai varietas Grobogan memiliki potensi hasil 3,40 ton/ha, hasil rata-rata 2,77 ton/ha, dan umur tanaman genjah  $\pm$  76 hari. Perlakuan kombinasi vinasse dengan 25% dan 75% N-P-K standar memberikan hasil yang lebih tinggi dibanding perlakuan N-P-K standar saja namun hasil yang diperoleh belum mencapai hasil rata-rata maupun potensi hasil kedelai varietas Grobogan. Menurut penelitian Respatie *et al.* (2020) vinasse tidak berperan dalam meningkatkan hasil dan komponen hasil pada jagung. Vinasse sebagai pupuk hayati pada dasarnya memiliki sifat daya dukung bagi tanah dalam jangka panjang.

Menurut Permentan No. 7 Tahun 2011, disebutkan bahwa kriteria kelulusan uji efektivitas pupuk yang diuji secara agronomis sama dengan perlakuan standar atau mempunyai nilai RAE  $\geq$  100%. Berdasarkan Tabel 7. diketahui bahwa vinasse diperkaya mikroba yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis N-P-K standar maupun pemberian vinasse diperkaya mikroba saja belum mampu mencapai kriteria kelulusan uji efektivitas pupuk. Peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai pada kombinasi vinasse diperkaya mikroba dan 75% N-P-K Standar mampu memperbaiki kesuburan tanah yaitu peningkatan N-total dan K tersedia di dalam tanah namun peningkatan perbaikan

tanahnya masih tergolong rendah sehingga menyebabkan nilai RAE juga rendah. Berdasarkan penelitian Scull *et al.* (2012), diketahui bahwa kandungan mineral terbanyak dalam 100 g vinasse adalah kalium (K) dengan persentase 6,36-7,2% bila dibandingkan dengan kandungan mineral lainnya seperti natrium (Na) sebesar 1,58-1,84% dan fosfor sebesar 0,24-0,28%. Oleh sebab itu, diperlukan alternatif lain pada penelitian selanjutnya yaitu melalui pengujian perbedaan takaran dalam upaya peningkatan nilai efektivitas (RAE) vinasse diperkaya mikroba yang digunakan sebagai pupuk. Aplikasi vinasse diperkaya mikroba sebagai pupuk majemuk hayati cair dengan takaran yang tepat sangat penting dipandang dari segi produksi maupun lingkungan.

## KESIMPULAN

1. Takaran kombinasi vinasse diperkaya mikroba yang dikombinasikan dengan pengurangan dosis pupuk N-P-K standar maupun pemberian vinasse diperkaya mikroba belum mencapai kriteria kelulusan uji efektivitas pupuk pada tanaman kedelai (nilai RAE < 100%).
2. Penggunaan vinasse diperkaya mikroba dapat mengurangi penggunaan pupuk N-P-K standar sebesar 25% dan meningkatkan hasil sebesar 60% dibandingkan penggunaan N-P-K standar pada tanaman kedelai.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih diucapkan kepada PT Madubaru yang telah membantu dalam menyediakan bahan penelitian, Laboran laboratorium Departemen Budidaya Pertanian, serta semua pihak yang telah membantu dan ikut serta dalam menyelesaikan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Bachtiar, M. Ghulamahdi, M. Melati, D. Guntoro, dan A. Sutandi. 2016. Kebutuhan nitrogen tanaman kedelai pada tanah mineral dan mineral bergambut dengan budidaya jenuh air. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 35(3): 217-228.
- FAO. 2022. Production/Yield Quantities of Soybeans in Indonesia. <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>. Diakses pada Senin, 15 Agustus 2022.
- Farrasati, R., I. Pradiko, S. Rahutomo, E.S. Sutarta, H. Santoso, dan F. Hidayat. 2019. C-organik tanah di Perkebunan Kelapa Sawit Sumatera Utara: status dan hubungan dengan beberapa sifat kimia tanah. *Jurnal Tanah dan Iklim* 43(2): 157-165.
- Firnia, D. 2018. Dinamika unsur fosfor pada tiap horison profil tanah masam. *Jurnal Agrotek* 10(1): 45-52.
- Hakim, L. 2017. Komponen hasil dan karakter morfologi penentu hasil kedelai pada lahan sawah tadah hujan. *Penelitian Pertanian Tanaman Polong* 1(1): 65-72.
- Handriawan, A., D.W. Respatie, dan 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.
- Irwan, A.W., dan T. Nurmala. 2018. Pengaruh pupuk hayati dan pengapuran terhadap produktivitas kedelai di tanah Inceptisol Jatiningor. *Jurnal Kultivasi* 17(2): 656-663.
- Karimuna, S.R., dan A. Wahab. 2019. Efektivitas pupuk anorganik dalam meningkatkan produktivitas kedelai di lahan kering Sulawesi Tenggara. *Buletin Inovasi Pertanian Spesifik Lokasi* 5(2): 169-180.
- Kurniawati, H.Y., A. Karyanto, dan Rugayah. 2015. Pengaruh pemberian pupuk organik cair dan dosis pupuk NPK (15:15:15) terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal Agrotek Tropika* 3(1): 30-35.
- Machay, A.D.J.K. Syers, and P.E.H. Gregg. 1984. Ability of chemical extraction procedures to assess the agronomic effectiveness of phosphate rock material. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 27:219-230.
- Malhotra, H., Vandana, S. Sharma, and R. Pandey. 2018. Phosphorus Nutrition: Plant Growth in Response to Deficiency and Excess. Springer, Singapore.
- Marlina, E., E. Anom, dan S. Yoseva. 2015. Pengaruh pemberian pupuk NPK organik terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill). *Jurnal Online Mahasiswa Faperta* 2(1): 1-13.
- Mazylyte, R., J. Kaziuniene, L. Orola, V. Valkovska, E. Lastauskiene, and A. Gegeckas. 2022. Phosphate solubilizing microorganism *Bacillus* sp. MVY-004 and its significance for biomineral fertilizers' development in agrobiotechnology. *Biologi* 11(254): 1-17.
- Nazir, M., Syakur, dan Muyassir. 2017. Pemetaan kemasaman tanah dan analisis kebutuhan kapur di Kecamatan Keumala Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah* 2(1): 21-30.

- Ozlu, E., and S. Kumar. 2018. Response of soil organic carbon, pH, electrical conductivity, and water stable aggregates to long term annual manure and inorganic fertilizer. *Soil Science Society of America Journal* 82: 1243-1251.
- Parsaee, M., M.K.D. Kiani, and K. Karimi. 2019. A review of biogas production from sugarcane vinasse. *Biomass and Bioenergy* 122: 117-125.
- Permanasari, I., M. Irfan, dan Abizar. 2014. Pertumbuhan dan Hasil Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr) dengan Pemberian Rhizobium dan Pupuk Urea pada Media Gambut. *Jurnal Agroekoteknologi* 5(1): 29-34.
- Purwanto, P., Y. Nuraini, dan N. Istiqomah. 2022. Pengaruh aplikasi kompos dengan pupuk anorganik (NPK Dan Urea) terhadap populasi bakteri pelarut fosfat dan hasil tanaman jagung di lahan kering. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan* 9(1): 21-27.
- Respatie, D.W., M.S. Rohman, D. Widiyanto, dan J. Widada. 2020. Pengaruh kombinasi pupuk anorganik dan vinasse diperkaya mikroba terhadap pertumbuhan dan hasil jagung (*Zea mays* L.). *Vegetalika* 9(4): 547-561.
- Salawati, S., M. Basir-cyio, I. Kadekoh, dan A.R. Thaha. 2016. Potensi biochar sekam padi terhadap perubahan pH, KTK, C organik dan P tersedia pada tanah sawah inceptisol. *Agroland: Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian* 23(2): 101-109.
- Sayaka, B., D.K.S. Swastika, and Y.H. Saputra. 2021. Challenges of soybean self-sufficiency policy in Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science* 648: 1-9.
- Scull, I., L. Savon, O. Gutierrez, E. Valino, I. Orta, P.O. Mora, H. Orta, Y. Ramos, A. Molineda, G. Coto, and A. Noda. 2012. Physic-chemical composition of concentrated vinasse for their assessment in animal diets. *Cuban Journal of Agricultural Science* 46(4): 385-389.
- Soekamto, M.H. 2015. Kajian status kesuburan tanah di lahan kakao Kampung Klain Distrik Mayamuk Kabupaten Sorong. *Jurnal Agroforestri* 10(3): 201-208.
- Triyono, A., Purwanto, dan Budiyo. 2013. Efisiensi penggunaan pupuk –N untuk pengurangan kehilangan nitrat pada lahan pertanian. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan* 526-531.
- Utama, R. dan Sjamsijah, N. 2019. Uji tujuh genotipe kedelai generasi F7 terhadap ketahanan serangan karat daun (*Phakopsora pachyrhizi*) dengan metode IWGSR. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences* 3(1): 54-61.
- Vyatrissa, B., S. Muhartini, dan S. Waluyo. 2017. Pengaruh vinasse dan macam pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil pak choi (*Brassica rapa* subsp. *chinensis* (L.) Hanelt) 6(1): 12-21.
- Wuye, A.R. 2016. Pengembangan Produksi Kedelai sebagai Upaya Kemandirian Pangan di Indonesia. *Mitra Wacana Media*, Jakarta.
- Zamzami, A., R. Rogomulyo, dan S. Purwanti. 2016. Pengaruh waktu pemupukan dan macam pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai hitam (*Glycine max* (L.) Merrill). *Vegetalika* 5(1): 13-22.