Jurnal Ilmiah Mahasiswa AGROKOMPLEK
Online https://journal.unram.ac.id/index.php/jima
|E-ISSN 2830-3431|

Vol. 5, No. 4, pp: 774 - 781
November 2026
DOI: https://doi.org/10.29303/cbabvj61

Respons Pertumbuhan dan Hasil Kedelai Edamame (*Glycine max* L. Merr) terhadap Aplikasi Dolomit dan PGPR pada Tanah Ultisol

Growth and Yield of Edamame Soybean (Glycine max L. Merr*) in Response to Dolomite and PGPR Application on Ultisols*

Ibnul Hamdu Siregar[1]*, Anis Tatik Maryani[1], Irianto[1]

[1](Program Studi Magister Agroekoteknologi, Pascasarjana Fakultas Pertanian, Universitas Jambi, Indonesia.

**corresponding author, email: Ibnulhamdu2001@gmail.com*

ABSTRAK

Produktivitas edamame di Indonesia masih rendah akibat belum optimalnya pemanfaatan lahan marginal. Ultisol memiliki kendala pH masam, kejenuhan Al tinggi, dan rendahnya unsur hara. Aplikasi dolomit dan PGPR menjadi solusi untuk mengatasi kendala di ultisol. Penelitian ini bertujuan mengkaji respons pertumbuhan dan hasil edamame terhadap interaksi dolomit dan PGPR pada ultisol, serta menentukan konsentrasi PGPR pada dosis dolomit yang memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik untuk edamame di ultisol. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok faktorial dengan dua faktor: dosis dolomit (0, 2, 4 ton ha^{-1}) dan konsentrasi PGPR (0, 10, 20, 30 g L^{-1}). Aplikasi dolomit dilakukan 3 minggu sebelum tanam sedangkan aplikasi PGPR dilakukan sebanyak 4 kali. Hasil penelitian menunjukkan tidak terdapat interaksi nyata antara dolomit dan PGPR. Namun pengaruh kedua faktor bersifat tunggal. Tidak terjadinya interaksi antara dolomit dan PGPR disebabkan oleh rendahnya C-organik dan bahan organik pada tanah awal penelitian dan tidak diberikannya pupuk kotoran hewan/kompos sebagai pupuk dasar. Aplikasi dolomit 2 ton ha^{-1} memberikan hasil terbaik pada jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman, dan hasil polong per hektar. Sedangkan aplikasi PGPR 10 g L^{-1} memberikan hasil terbaik pada jumlah bintil akar efektif.

Kata kunci: produktivitas; pH masam; dosis; konsentrasi; tidak ada interaksi

ABSTRACT

Edamame productivity in Indonesia remains low due to the sub-optimal utilization of marginal land. Ultisols pose constraints such as acidic pH, high aluminum saturation, and low nutrient availability. The application of dolomite and Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR) serves as a solution to overcome these constraints in Ultisols. This study aimed to examine the growth and yield response of edamame to the interaction of dolomite and PGPR on Ultisols, as well as to determine the optimal PGPR concentration at a specific dolomite dose that yields the best growth and productivity of edamame in Ultisols. The research utilized a Factorial Randomized Block Design (RBD) with two factors: dolomite dosage (0, 2, and 4 tons ha^{-1}) and PGPR concentration (0, 10, 20, and 30 g L^{-1}). Dolomite was applied 3 weeks before planting, whereas PGPR was applied 4 times. The results showed no significant interaction between dolomite and PGPR; however, both factors exerted significant independent main effects. The lack of interaction was attributed to the low C-organic and organic matter content in the initial soil, along with the absence of animal manure or compost as a basic fertilizer. Dolomite application at 2 tons ha^{-1} yielded the best results for the number of pods per plant, pod weight per plant, and pod yield per hectare. Meanwhile, PGPR application at 10 g L^{-1} provided the best result for the number of effective root nodules.

Keywords: *productivity; acidic pH; dosage; concentration; no interaction*

PENDAHULUAN

Kedelai edamame (*Glycine max* L. Merr) merupakan komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan terus mengalami peningkatan permintaan. Produktivitas edamame di Indonesia dengan hasil panen berkisar antara 3,5-8 ton ha^{-1}, namun belum mampu memenuhi kebutuhan pasar secara optimal. Hal ini membuat edamame menjadi komoditas potensial untuk dikembangkan secara luas (Brooks *et al.,* 2023). Menurut Haitami *et al.* (2021) permasalahan utama pengembangan edamame adalah belum optimalnya pemanfaatan lahan serta keterbatasan lahan subur. Ultisol memiliki pH rendah, kejenuhan basa yang kecil, serta tingginya kadar Al dan Fe yang bersifat toksik bagi tanaman. Mengatasi masalah kemasaman dan kejenuhan Al yang tinggi dapat dilakuan dengan pengapuran (Shetty *et al.,* 2021). Penggunaan dolomit secara tunggal belum cukup untuk mengatasi keterbatasan ultisol secara menyeluruh. Oleh karena itu, pemberian *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) menjadi penting untuk menciptakan lingkungan tumbuh yang lebih optimal.

Integrasi dolomit dan PGPR diharapkan mampu memberikan efek sinergis dalam mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman edamame serta meningkatkan kesuburan ultisol. Efektivitas PGPR dalam menjalankan fungsinya sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan rizosfer, terutama pH tanah. Ketika PGPR diaplikasikan pada ultisol yang masam tanpa perbaikan pH, viabilitas dan kemampuan kolonisasi bakteri tersebut menjadi tidak optimal. Dolomit berperan dalam merekayasa lingkungan kimia rizosfer dengan meningkatkan pH agar menjadi zona yang ideal bagi pertumbuhan dan aktivitas metabolisme bakteri PGPR. Penelitian Hasibuan *et al.* (2018) menyebutkan bahwa pemberian dolomit ½ x Al-dd (1,61 ton ha^{-1}) dapat menurunkan kejenuhan Al, meningkatkan pH, kandungan P dan K-tersedia. Hasil penelitian Syahputra *et al.* (2021) mengatakan bahwa pemberian dolomit 1,4 ton ha^{-1} memberikan hasil terbaik terhadap jumlah cabang produktif, polong hampa, dan polong berisi, hasil per hektar, bobot biji per tanaman dan bobot 100 biji, sehingga memperkuat efektivitas sinergi ameliorasi kimia dan organik dalam meningkatkan produktivitas kedelai pada ultisol.

Aktivitas PGPR yang optimal akan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara yang dilepaskan oleh dolomit serta membantu ketersediaan hara makro lainnya bagi tanaman edamame. PGPR mampu melarutkan fosfat, mengikat nitrogen dari udara, dan menghasilkan hormon seperti *indole acetic acid* (IAA) yang dapat merangsang pembentukan akar (Hasan *et al.,* 2024). Hasil penelitian Andrean *et al.* (2024) menunjukkan bahwa perlakuan PGPR dosis 11 g L^{-1} memberikan hasil tertinggi terhadap tinggi tanaman, umur berbunga, bobot segar per tanaman, jumlah polong pertanaman dan produksi tanaman. Hasil kajian literatur Jannah *et al.* (2022) menunjukkan bahwa PGPR dapat memfiksasi nitrogen, melarutkan fosfat, dan mampu menghasilkan hormon asam indol asetat sehingga dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik pada tanaman. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengkaji respons pertumbuhan dan hasil tanaman edamame terhadap interaksi aplikasi dolomit dan PGPR pada ultisol serta mengkaji konsentrasi PGPR yang memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik pada tiap-tiap dosis dolomit untuk tanaman edamame pada ultisol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di *Teaching and Research Farm*, Fakultas Pertanian Universitas Jambi, Mendalo Indah, Kecamatan Jambi Luar Kota, Kabupaten Muaro Jambi dengan ketinggian ± 35 mdpl dan jenis tanah ultisol dengan pH 4,9. Penelitian ini dilaksanakan selama 4 bulan yaitu pada bulan September sampai Desember 2025. Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih edamame varietas Biomax 1, dolomit, dan PGPR (merk: RhizomaX yang mengandung *Rhizobium* sp., *Bacillus polymixa*, dan *Pseudomonas fluorescens*). Pupuk anorganik yang digunakan sebagai pupuk dasar terdiri dari Urea, TSP, dan KCl, serta biopestisida untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT).

Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial. Terdapat dua faktor dalam perlakuan, yaitu aplikasi dolomit dengan 3 taraf; tanpa dolomit, 2 ton ha^{-1} dan 4 ton ha^{-1}. Faktor kedua adalah aplikasi PGPR, terdiri dari 4 taraf yaitu : tanpa perlakuan PGPR, 10 g L^{-1} PGPR, 20 g L^{-1} PGPR dan 30 g L^{-1} PGPR. Terdapat 12 kombinasi perlakuan dan diulang sebanyak 3 kali, sehingga jumlah keseluruhan petakan percobaan adalah 36 petakan. Petakan berukuran 1,4 m x 1,6 m dengan jarak tanam 40 cm x 20 cm. Setiap petakan percobaan terdiri dari 28 tanaman, sehingga terdapat 1008 tanaman pada keseluruhan petakan percobaan. Setiap petakan percobaan diambil 5 tanaman sampel, sehingga total tanaman sampel pada keseluruhan petakan percobaan adalah 180 tanaman.

Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian meliputi persiapan lahan, aplikasi dolomit dilakukan 3 minggu sebelum tanam, penanaman, pemberian pupuk anorganik sebanyak 1 kali diberikan sebanyak 50% dari dosis anjuran, aplikasi PGPR diberikan sebanyak 4 kali pada umur 7, 21, 35 dan 49 HST sebanyak 100 mL per tanaman, penyiraman, penyulaman, penjarangan, penyiangan serta pengendalian hama dan penyakit. Pemanenan pada umur 67 HST. Variabel pengamatan meliputi jumlah bintil akar efektif, jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman, hasil polong per hektar dan pH tanah setelah panen.

Data hasil pengamatan dianalisis secara statistik. Data terlebih dahulu diuji normalitas menggunakan aplikasi SPSS. Data yang memenuhi asumsi normalitas kemudian dianalisis menggunakan ANOVA pada taraf 5%. Apabila terdapat perbedaan yang nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut (BNT) dengan p = 0,05. Proses analisis ini menggunakan perangkat lunak DSAASTAT. Data penunjang meliputi;

Analisis tanah awal

Jenis sampel	pH awal (H_2O)	C-organik	Bahan organik	N-total (Kjeldahl)	P-Tersedia (Bray I)	K-Tersedia (Bray I)
		%	%	%	ppm P_2O_5	ppm K_2O
Tanah	4,90	0,82	1,41	0,15	14,3	30,4
Kriteria*	masam	rendah	rendah	rendah	tinggi	sedang

Sumber: Laboratorium pengujian departemen agronomi dan hortikultura, Fakultas Pertanian, IPB

Data curah hujan, suhu dan kelembapan udara selama penelitian

Bulan	Curah hujan (mm / bulan)	Suhu udara (^oC)	Kelembapan udara (%)
September 2025	208	27,2	86
Oktober 2025	155	27,8	82
November 2025	173	27,2	88
Desember 2025	328	28,6	86

Sumber: Data Iklim Provinsi Jambi Tahun 2025-2026, Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, Stasiun Klimatologi Jambi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Tidak terdapat interaksi antara aplikasi dolomit dan PGPR terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman edamame pada ultisol. Pengaruh kedua faktor perlakuan bersifat berdiri sendiri (faktor tunggal).

Jumlah Bintil Akar Efektif

Perlakuan PGPR berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil akar efektif tanaman edamame, sedangkan perlakuan dolomit tidak berpengaruh nyata.

Tabel 1. Jumlah bintil akar efektif (bintil akar) tanaman edamame dengan perlakuan berbagai dosis dolomit dan konsentrasi PGPR pada umur 40 HST

Dolomit (ton ha^{-1})	PGPR (g L^{-1})				Rata-rata
	0	10	20	30	
0	1,33	4,67	9,00	5,33	5,08
2	3,67	12,33	7,33	6,67	7,50
4	4,00	16,33	11,00	6,67	9,50
Rata-rata	3,00	11,11	9,11	6,22	
	b	a	a	a	

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada p = 0,05.

Tabel 1 menunjukkan hasil uji lanjut BNT pada p = 0,05 jumlah bintil akar efektif tanaman edamame dengan perlakuan dolomit tidak berbeda nyata. Sedangkan jumlah bintil akar efektif tanaman edamame dengan perlakuan PGPR, perlakuan p1 (PGPR 10 g L^{-1}) menghasilkan nilai rata-rata tertinggi sebesar 11,11 bintil akar, yang berbeda nyata dengan perlakuan d0 (tanpa PGPR) sebesar 3,00 bintil akar, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan p2 (PGPR 20 g L^{-1}) sebesar 9,11 bintil akar dan p3 (PGPR 30 g L^{-1}) sebesar 6,22 bintil akar.

Jumlah Polong per Tanaman

Perlakuan dolomit berpengaruh nyata terhadap jumlah polong per tanaman edamame, sedangkan perlakuan PGPR tidak berpengaruh nyata.

Tabel 2. Jumlah polong per tanaman (polong) edamame dengan perlakuan berbagai dosis dolomit dan konsentrasi PGPR

Dolomit (ton ha^{-1})	PGPR (g L^{-1})					
	0	10	20	30	Rata-rata	
0	15,67	22,80	17,13	17,73	18,33	b
2	24,27	29,20	25,13	24,47	25,77	a
4	19,87	21,00	19,67	21,20	20,43	ab
Rata-rata	19,93	24,33	20,64	21,13		

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada p = 0,05.

Tabel 2 menunjukkan hasil uji lanjut BNT pada p = 0,05 jumlah polong per tanaman edamame dengan perlakuan dolomit, perlakuan d1 (dolomit 2 ton ha^{-1}) memiliki rata-rata jumlah polong per tanaman tertinggi sebesar 25,77 polong, yang berbeda nyata dengan perlakuan d0 (tanpa dolomit) sebesar 18,33 polong, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan d2 (dolomit 4 ton ha^{-1}) sebesar 20,43 polong. Sedangkan jumlah polong per tanaman edamame pada seluruh perlakuan PGPR tidak berbeda nyata.

Bobot Polong per Tanaman

Perlakuan dolomit berpengaruh nyata terhadap bobot polong per tanaman edamame, sedangkan perlakuan PGPR tidak berpengaruh nyata.

Tabel 3. Bobot polong per tanaman (g) edamame dengan perlakuan berbagai dosis dolomit dan konsentrasi PGPR

Dolomit (ton ha^{-1})	PGPR (g L^{-1})					
	0	10	20	30	Rata-rata	
0	35,93	49,70	41,33	40,52	41,87	b
2	59,99	69,21	61,85	49,09	60,04	a
4	43,86	48,54	47,05	52,36	47,95	b
Rata-rata	46,59	55,82	50,07	47,32		

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada p = 0,05.

Tabel 3 menunjukkan hasil uji lanjut BNT pada p = 0,05 bobot polong per tanaman dengan perlakuan dolomit, perlakuan d1 (dolomit 2 ton ha^{-1}) dengan rata-rata bobot polong per tanaman tertinggi sebesar 60,04 g, berbeda nyata dengan perlakuan d0 (tanpa dolomit) sebesar 41,87 g dan perlakuan d2 (dolomit 4 ton ha^{-1}) sebesar 47,95 g. Perlakuan d2 tidak berbeda nyata dengan perlakuan d0. Sedangkan bobot polong per tanaman edamame pada seluruh perlakuan PGPR tidak berbeda nyata.

Hasil Polong per Hektar

Perlakuan dolomit berpengaruh nyata terhadap hasil polong per hektar tanaman edamame, sedangkan perlakuan PGPR tidak berpengaruh nyata.

Tabel 4. Hasil polong per hektar (ton ha^{-1}) tanaman edamame dengan perlakuan berbagai dosis dolomit dan konsentrasi PGPR.

Dolomit (ton ha^{-1})	PGPR (g L^{-1})					
	0	10	20	30	Rata-rata	
0	4,28	5,77	4,95	4,80	4,95	b
2	6,80	8,10	7,39	5,81	7,03	a
4	5,26	5,98	5,60	6,30	5,78	ab
Rata-rata	5,45	6,62	5,98	5,64		

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada p = 0,05.

Tabel 4 menunjukkan hasil uji lanjut BNT pada p = 0,05 hasil polong per hektar tanaman edamame dengan perlakuan dolomit, perlakuan d1 (dolomit 2 ton ha^{-1}) memiliki rata-rata bobot polong per hektar tertinggi sebesar 7,03 ton ha^{-1}, yang berbeda nyata dengan perlakuan d0 (tanpa dolomit) sebesar 4,95 ton ha^{-1}, namun tidak berbeda nyata dengan perlakuan d2 (dolomit 4 ton ha^{-1}) sebesar 5,78 ton ha^{-1}. Sedangkan hasil polong per hektar tanaman edamame pada seluruh perlakuan PGPR tidak berbeda nyata.

pH Tanah Setelah Panen

Perlakuan dolomit berpengaruh nyata terhadap pH tanah setelah panen, sedangkan perlakuan PGPR tidak berpengaruh nyata.

Tabel 5. pH tanah setelah panen (pH) tanaman edamame dengan perlakuan berbagai dosis dolomit dan konsentrasi PGPR.

Dolomit (ton ha^{-1})	PGPR (g L^{-1})					
	0	10	20	30	Rata-rata	
0	5,73	5,70	5,70	5,70	5,71	c
2	6,13	6,13	6,13	6,27	6,17	b
4	6,30	6,40	6,40	6,47	6,39	a
Rata-rata	6,06	6,08	6,08	6,14		

Keterangan: angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji BNT pada p = 0,05.

Tabel 5 menunjukkan hasil uji lanjut BNT pada p = 0,05 pH tanah setelah panen tanaman edamame dengan perlakuan dolomit, perlakuan d2 (dolomit 4 ton ha^{-1}) memiliki rata-rata pH tanah tertinggi sebesar 6,39, yang berbeda nyata dengan perlakuan d1 (dolomit 2 ton ha^{-1}) sebesar 6,15, dan berbeda nyata dengan perlakuan d0 (tanpa dolomit) sebesar 5,71. Perlakuan d1 berbeda nyata dengan perlakuan d0. Sedangkan pH tanah setelah panen tanaman edamame pada seluruh perlakuan PGPR tidak berbeda nyata.

Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis ragam ANOVA, seluruh variabel pengamatan menunjukkan tidak adanya interaksi nyata antara kedua faktor perlakuan. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh dolomit dan PGPR bersifat terpisah dan tidak saling memengaruhi satu sama lain. Tidak terjadinya interaksi disebabkan oleh rendahnya kandungan C-organik dan rendahnya bahan organik pada tanah di lokasi penelitian. Sejalan dengan Septiaji *et al.* (2024) bahwa ultisol memiliki tingkat produktivitas rendah dan kandungan unsur hara yang rendah, yang disebabkan oleh kandungan bahan organik yang rendah dan dekomposisi bahan organik yang cepat sehingga menghambat akumulasi bahan organik dalam tanah. Rendahnya bahan organik tanah mengindikasikan lemahnya aktivitas mikrobiologi tanah, sehingga peran agens hayati seperti PGPR menjadi tidak optimal dalam memperbaiki kondisi biologi tanah (Hasan *et al*., 2024). Hal ini sesuai dengan hasil analisis tanah awal, yang mana tanah memiliki kandungan C-organik sebesar 0,82% termasuk kategori rendah dan bahan organik tanah sebesar 1,41% yang tergolong rendah.

Ketika dolomit diaplikasikan, kapasitasnya terfokus pada perbaikan makro-kimia tanah (menaikkan pH dari masam menjadi netral). Namun, perbaikan pH makro ini tidak langsung menyediakan pasokan karbon organik yang cukup di dalam tanah. Sedangkan PGPR sebagai heterotrof, membutuhkan sumber karbon eksternal yang melimpah sebagai energi untuk bertahan hidup, bermultiplikasi, dan memfiksasi nitrogen secara optimal (Soelaksini *et al.*, 2024). Tanpa adanya suplai bahan organik yang memadai (seperti pupuk kandang atau kompos) sebagai stimulator awal, bakteri PGPR yang diinokulasikan mengalami cekaman kelaparan (*starvation*) diawal fase pertumbuhan, sehingga populasi bakteri tidak mampu mencapai kerapatan kritis untuk menghasilkan efek sinergis bersama dolomit.

Tidak adanya pemberian pupuk kandang sebagai bahan organik saat penelitian, ditambah dengan rendahnya kandungan C-organik dan bahan organik tanah, menyebabkan tidak optimalnya perkembangan bakteri yang terdapat pada PGPR. Hal ini sejalan dengan Purwaningsih (2020) bahwa aplikasi mikroba fungsional di tanah marjinal sering kali tidak berinteraksi dengan pupuk kimia atau amelioran kapur jika tidak dibarengi dengan penambahan bahan organik sebagai substrat pembawa.

Aplikasi dolomit meningkatkan pH dan menurunkan kadar Al dan Fe tanah yang menjadikan lingkungan yang ideal untuk perkembangan bakteri tanah. Sedangkan PGPR meningkatkan pertumbuhan melalui produksi hormon IAA (*Indole Acetic Acid*), fiksasi nitrogen, dan pelarutan fosfat (Hasan *et al.*, 2024). Ketika dolomit telah berhasil menurunkan toksisitas Al dan meningkatkan pH (dari 4,90 menjadi 6,15-6,39 pada Tabel 5), lingkungan tanah menjadi lebih kondusif bagi mikroba indigenous. Dalam kondisi ini, populasi mikroba alami sudah cukup aktif, sehingga penambahan PGPR eksogen tidak memberikan efek tambahan yang berbeda nyata. Hal ini didukung oleh Jannah *et al.* (2022) yang dalam kajian literaturnya menyimpulkan bahwa efektivitas PGPR sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tanah awal, termasuk pH dan ketersediaan hara.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengaruh utama (faktor tunggal) dolomit berpengaruh dan nyata pada jumlah polong per tanaman (Tabel 2), bobot polong pertanaman (Tabel 3), hasil polong per hektar (Tabel 4) dan pH

tanah setelah panen (Tabel 5). Secara spesifik, aplikasi dolomit 2 ton ha^{-1} (d1) secara konsisten memberikan hasil terbaik pada variabel jumlah polong per tanamam (Tabel 2), bobot polong per tanaman (Tabel 3), dan hasil polong per hektar (Tabel 4). Hasil ini memperkuat hasil penelitian Syahputra *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa aplikasi dolomit 1,4 ton ha^{-1} memberikan hasil terbaik terhadap jumlah cabang produktif, polong berisi, dan hasil kedelai per hektar pada ultisol.

Keberhasilan aplikasi dolomit 2 ton ha^{-1} ini tidak terlepas dari perannya dalam memperbaiki kemasaman tanah ultisol. Berdasarkan analisis tanah awal pH tanah sangat masam (4,90) dengan kandungan Al yang tinggi. Aplikasi dolomit 2 ton ha^{-1} mampu menaikkan pH menjadi 6,15 (Tabel 5) setelah panen, yang merupakan kisaran pH optimal untuk pertumbuhan edamame (pH 5,8-7,0). Peningkatan pH ini secara langsung menurunkan kelarutan Al dan Fe, sehingga unsur hara makro seperti P dan K menjadi lebih tersedia. Penelitian Hasibuan *et al.* (2018) juga membuktikan bahwa pemberian dolomit ½ × Al-dd (setara dengan 1,61 ton ha^{-1}) mampu menurunkan kejenuhan Al, meningkatkan pH, serta meningkatkan kandungan P dan K-tersedia.

Aplikasi dolomit 4 ton ha^{-1} (d2) justru menunjukkan kecenderungan penurunan pada beberapa variabel, kecuali pada variabel pH tanah setelah panen (Tabel 5). Hal ini diduga akibat efek *over-liming* atau pengapuran berlebih. Meskipun pH yang dihasilkan lebih tinggi (6,39), ketersediaan unsur hara mikro seperti Fe, Mn, dan Zn justru dapat menurun drastis pada pH netral hingga agak alkalis, sehingga menghambat sintesis klorofil dan pertumbuhan vegetatif. Gupta *et al.* (2025) menambahkan bahwa aplikasi dolomit pada dosis yang terlalu tinggi dapat mengganggu keseimbangan kation dalam tanah, yang pada akhirnya menghambat pertumbuhan akar dan penyerapan air. Hal ini mengindikasikan bahwa perbaikan kimia tanah melalui aplikasi dolomit dapat meningkat pertumbuhan dan hasil tanaman edamame di ultisol.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh PGPR secara tunggal hanya berpengaruh nyata pada variabel jumlah bintil akar efektif (Tabel 1). Namun, aplikasi PGPR tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap variabel jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman dan hasil polong per hektar. Pengaruh nyata PGPR yang hanya terbatas pada variabel bawah permukaan tanah (*below-ground*) mengindikasikan adanya spesifisitas aktivitas biologis mikroba yang terpusat di area perakaran (rhizosfer). Ketika PGPR diaplikasikan ke dalam tanah, bakteri tersebut langsung melakukan kolonisasi pada permukaan akar tanaman.

PGPR yang berpengaruh nyata terhadap jumlah bintil akar efektif memperlihatkan adanya hubungan sinergis antara mikroba yang diaplikasikan dengan bakteri penambat nitrogen indigenos seperti *Rhizobium*. Stimulasi hormon dari PGPR memperbanyak pembentukan rambut akar, yang merupakan pintu masuk utama (*infection thread*) bagi bakteri penambat nitrogen untuk menginfeksi jaringan korteks akar. Struktur perakaran yang lebih luas dan sehat menyediakan lebih banyak situs infeksi, sehingga mempercepat kolonisasi dan pembentukan nodul akar yang fungsional (efektif). Sejalan dengan penelitian Armiadi, (2009) bahwa kehadiran konsorsium PGPR mampu meningkatkan pembentukan bintil akar karena bakteri tersebut bertindak sebagai *nodulation helper bacteria* yang mempermudah penetrasi bakteri simbiotik ke dalam akar tanaman kacang-kacangan.

Meskipun PGPR berhasil memperbaiki sistem perakaran edamame, kapasitas tersebut belum mampu mendongkrak komponen tajuk atas (*shoot*) maupun komponen hasil generatif. Hal ini disebabkan oleh rendahnya kandungan C-organik dan bahan organik pada ultisol yang digunakan dalam penelitian ini yang menjadi faktor pembatas utama yang menyebabkan aplikasi PGPR tidak mampu mendongkrak variabel pertumbuhan atas dan hasil edamame. Kandungan C-organik tanah bertindak sebagai substrat karbon dan sumber energi utama bagi mikroba tanah, termasuk kelompok PGPR yang diaplikasikan.

Rendahnya ketersediaan bahan organik di dalam tanah menyebabkan bakteri kekurangan sumber energi eksternal untuk mempertahankan densitas populasinya (*viabilitas mikroba*) di area rhizosfer dalam jangka panjang. Hal ini sejalan dengan pernyataan Bashan *et al.* (2014), yang menjelaskan bahwa keberhasilan introduksi bakteri ke dalam tanah sangat bergantung pada ketersediaan bahan organik sebagai pembawa (*carrier*) alami. Tanpa kandungan C-organik yang memadai, populasi bakteri eksogen akan mengalami fase penurunan yang cepat akibat kelaparan nutrisi dan ketidakmampuan berkompetisi dengan mikroba indigenos.

Peningkatan konsentrasi PGPR hingga 20 g L^{-1} (p2) dan 30 g L^{-1} (p3) tidak diikuti oleh peningkatan hasil. Bahkan, pada konsentrasi 30 g L^{-1}, terjadi penurunan kinerja pada beberapa variabel seperti bobot polong pertanaman (Tabel 3) dan hasil polong per hektar (Tabel 4). Fenomena ini diduga akibat efek kejenuhan atau kompetisi bakteri dalam tanah sedangkan bahan organik tanah awal rendah. Konsentrasi PGPR yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kompetisi antar bakteri dalam memperoleh ruang dan nutrisi, sehingga menurunkan efektivitas masing-masing isolat dalam memacu pertumbuhan tanaman. Tayade *et al*. (2024) menegaskan bahwa aplikasi biofertilizer harus pada dosis yang tepat karena kelebihan populasi mikroba justru dapat memicu kompetisi dan menurunkan efisiensi simbiosis dengan tanaman.

KESIMPULAN

Tidak terdapat interaksi antara aplikasi dolomit dan PGPR terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman edamame pada ultisol. Pengaruh kedua faktor perlakuan bersifat berdiri sendiri (faktor tunggal). Aplikasi 2 ton ha^{-1} memberikan pertumbuhan dan hasil terbaik pada tanaman edamame di ultisol. Dosis ini mampu meningkatkan pH tanah dari 4,90 menjadi 6,15, menghasilkan jumlah polong per tanaman tertinggi (25,77 polong) dan menghasilkan bobot polong per tanaman tertinggi (60,04 g) serta hasil polong per hektar tertinggi (7,03 ton ha^{-1}) dibandingkan perlakuan lainnya. Sedangkan Aplikasi PGPR 10 g L^{-1} menghasilkan jumlah bintil akar efektif tertinggi (11,11 bintil akar).

Berdasarkan hasil penelitian, penulis menyampaikan saran-saran sebagai berikut: Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan pemberian pupuk kotoran hewan/kompos (pupuk dasar) sebagai bahan organik. Disarankan untuk menambahkan variabel pengamatan seperti, indeks luas daun, bobot 100 biji, serapan hara N, P, K dan analisis tanah akhir.

DEKLARASI

Konflik Kepentingan

Para penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan.

Ketersediaan Data

Dataset yang dihasilkan dan/atau dianalisis selama penelitian ini tersedia dari penulis korespondensi berdasarkan permintaan yang wajar.

Pernyataan Etik

Penelitian ini tidak melibatkan partisipan manusia/hewan maupun hewan percobaan; oleh karena itu, persetujuan etik tidak diperlukan.

Kontribusi Penulis

Seluruh penulis berkontribusi secara setara dalam perumusan, pelaksanaan, pengumpulan data, analisis data, dan penulisan naskah, melakukan revisi kritis terhadap naskah, serta menyetujui versi final.

Pernyataan Penggunaan AI Generatif

Pernyataan penggunaan AI generatif: Penulis wajib menyatakan penggunaan alat AI generatif secara akurat sesuai proses penyusunan naskah dan kebijakan jurnal. Pernyataan final harus ditetapkan dan disetujui oleh penulis sebelum submisi.

Catatan Penerbit

Seluruh pernyataan yang disampaikan dalam artikel ini sepenuhnya merupakan tanggung jawab penulis dan tidak serta-merta mencerminkan pandangan organisasi tempat penulis berafiliasi maupun penerbit, editor, dan penelaah. Setiap produk yang mungkin dievaluasi atau dinilai dalam artikel ini, atau diklaim oleh produsennya, tidak dijamin atau didukung oleh penerbit/editor.

DAFTAR PUSTAKA

Andrean, T. A., Oksilia, & Novita, D. (2024). Pengaruh Pemberian PGPR Terhadap Beberapa Komponen Hasil Tanaman Edamame (*Glycine max* (L) Merrill.). *Jurnal Ilmu Pertanian Agronitas,* 6(1). https://ejournal.unitaspalembang.ac.id/index.php/ags/article/view/399

Ardianti. M dan Maghfoer, M. D,. (2023). Pengaruh Dosis Pupuk Kandang dan Konsentrasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 11(4), ISSN: 2527-8452. https://protan.studentjournal.ub.ac.id/index.php/protan/article/view/1737

Bauwhede, V. R. D., van den Berg, L., Vancampenhout, K., Smolders, E., & Muys, B. (2025). Field phytometers and lab tests demonstrate that rock dust can outperform dolomite and fertilisers for acid forest soil restoration. *Plant and Soil*. https://doi.org/10.1007/s11104-024-07175-8

Brooks, K., Reiter, M., Zhang, B., & Mott, J. (2023). Edamame Yield and Quality Response to Nitrogen and Sulfur Fertilizers. *Agronomy*, *13*(7), 1865. https://doi.org/10.3390/agronomy13071865

Haitami, A., Elfi, I., Chairil, E., & Wahyudi. 2021. Tampilan agronomi beberapa varietas unggul kedelai (*Glycine max* l.) di tanah ultisol Kabupaten Kuantan Singingi. *Menara Ilmu*, 15(1): 1–8. Doi : https://doi.org/10.31869/mi.v15i1.2453

Hasan, A., Tabassum, B., Hashim, M., & Khan, N. (2024). Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) as a Plant Growth Enhancer for Sustainable Agriculture: A Review. *Bacteria*, *3*(2), 59–75. https://doi.org/10.3390/bacteria3020005

Hasibuan, H. S., Sopandie, D., Trikoesoemaningtyas, & Wirnas, D. (2018). Pemupukan N,P,K, Dolomit dan Pupuk Kandang pada Budidaya Kedelai di Lahan Kering Masam. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 46(2), 175-181. https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnalagronomi/article/view/17268

Jannah, M., Jannah R., & Fahrunsyah. 2022. Kajian Literatur : Penggunaan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Mengurangi Pemakaian Pupuk Anorganik pada Tanaman Pertanian. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*, 5(1) 41-49. https://e-journals.unmul.ac.id/index.php/agro/article/view/7940

Pujiwati, H., Prasetyo, T. M., Widodo, W., Hairani, P. M., Susilo, E., & Husna, M. (2023). Growth and yield of soybeans at different dosages of NPK and dolomite fertilizer in ultisols of Bengkulu. *E3S Web of Conferences*, *373*, 03009. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202337303009

Purwaningsih, D. (2020). Efektivitas Amelioran dan Mikroba Fungsional terhadap Sifat Kimia Tanah Marjinal dan Hasil Tanaman. *Jurnal Ilmu Pertanian AGRILAND*, 8(1), 45–53.

Septiaji, E. D., Jhon, B., & Zhaini, A. (2024). Karakteristik Sifat Fisik Tanah Ultisol Berdasarkan Tingkat Kemiringan Lereng. *Agroradix,* 7(2). https://e-jurnal.unisda.ac.id/index.php/agro/article/download/6462/3187

Shetty, R., Vidya, C. S.-N., Prakash, N. B., Lux, A., & Vaculík, M. (2021). Aluminum toxicity in plants and its possible mitigation in acid soils by biochar: A review. *Science of The Total Environment*, *765*, 142744. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.142744

Soelaksini, L. D., Krismiratsih, F., & Arofah, Y. A. (2024). Peningkatan Produksi Edamame Melalui Aplikasi Biostimulan PGPR dan Biourine Sapi. *Vegetalika*, *13*(1), 39. https://doi.org/10.22146/veg.83381

Syahputra, D., Rusli Alibasyah, M., & Arabia, T., (2021). Pengaruh Kompos Dan Dolomit Terhadap Beberapa Sifat Kimia Ultisol Dan Hasil Kedelai (Glycine max L. Merril) Pada Lahan Berteras. Pascasarjana Prodi Konservasi Sumberdaya Lahan Universitas Syiah Kuala. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan* (Vol. 4, Issue 1).

Tayade, A., Nagpal, S., Neemisha, & Sharma, P. (2024). Untapping the Synergy of Biofertilizers–Organic Amendments: an Opportunity Beyond Chemical Fertilizers for Agricultural Sustainability. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, *55*(22), 3582–3608. https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2391990

Utami, A. P., Agustiyani, D., Handayanto, E., Tanah, J., Pertanian, F., Brawijaya, U., Mikrobiologi, B., Biologi, P., & Cibinong, L. (2018). Pengaruh Pgpr (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), Kapur, Dan Kompos Pada Tanaman Kedelai Di Ultisol Cibinong, Bogor Effects Of Pgpr (Plant Growth Promoting Rhizobacteria), Lime, and Compost on Soybean Plant on an Ultisol of Cibinong, Bogor. In *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5. http://jtsl.ub.ac.id