



Jurnal Agroteknologi

Journal homepage: <https://jaet.usu.ac.id>



Application of Biofertilizer and Two Types of Phosphorus Fertilizers to Improve Nitrogen and Phosphorus Uptake as Well as Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Growth on Ultisol Soil

Resty Awdiah^{*1}, Hamidah Hanum², Mariani Sembiring³

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

³Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan, 20155, Indonesia

*Corresponding Author: awdiahresty@gmail.com

ARTICLE INFO

Article history:

Received 24 January 2022

Revised 15 Maret 2022

Accepted 21 April 2022 Available

online: <https://talenta.usu.ac.id/joa>

E-ISSN: [2963-2013](#)

P-ISSN: [2337-6597](#)

How to cite:

Awdiah, R. *et al* (2022). Pengaruh pemberian pupuk N, P, K, Mg dan jarak tanam terhadap sifat kimia tanah dan produksi kacang Panjang (*Vigna sinensis* L.). Jurnal Agroteknologi, 10(2), 8-16.

ABSTRACT

The research aims to know the effect biofertilizer, two sources P fertilizer and the interaction of biofertilizer and two sources P fertilizer to N and P uptake and the growth of soybean at Ultisol. This research was conducted on the Screenhouse Faculty of Agriculture University of North Sumatera, Medan. It used Randomized Block Design with 2 treatment factors and 3 replications. The first factor was biofertilizer, consist of : without the application, 10⁸ CFU/mL *Rhizobium* sp. (5 mL/plant), 10⁸ CFU/mL *Burkholderia cepacia* (5 mL/plant), combination 10⁸ CFU/mL *Rhizobium* sp. (5 mL/plant) and 10⁸ CFU/mL *Burkholderia cepacia* (5 mL/plant). The second factor was the sources P fertilizer, consist of : without the application P, 1.8 g/plant SP-36, 2.1 g/plant RP. The results showed that application of biofertilizer significantly increased soil pH, population of phosphate bacteria, total effective root nodules, shoot dry weight and P uptake of soybean at Ultisol. The best treatment of combination *Rhizobium* sp. and *Burkholderia cepacia*. The application P fertilizer significantly increased soil pH, P available, total effective root nodules, shoot dry weight, root dry weight, N and P uptake of soybean at Ultisol. The best treatment of SP-36 1.8 g/plant. The interaction between biofertilizer and P fertilizer significantly increased P uptake of soybean at Ultisol. The best treatment of *Burkholderia cepacia* with SP-36 fertilizer.

Keyword: *Rhizobium* sp., *Burkholderia cepacia*, SP-36, Rock Phosphate, N Uptake, P Uptake

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian pupuk hayati, dua jenis pupuk P dan interaksi pupuk hayati dan dua jenis pupuk P terhadap serapan hara N dan P serta pertumbuhan kedelai pada tanah Ultisol. Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kasa Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara, Medan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok dengan 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah pupuk hayati yaitu tanpa perlakuan, 10⁸ SPK/mL bakteri *Rhizobium* sp. (5 mL/tanaman), 10⁸ SPK/mL bakteri *Burkholderia cepacia* (5 mL/tanaman), kombinasi 10⁸ SPK/mL *Rhizobium* sp. (5 mL/tanaman) dan 10⁸ SPK/mL *Burkholderia cepacia* (5 mL/tanaman). Faktor kedua adalah dua jenis pupuk P yaitu tanpa pupuk P, 1.8 g/tanaman SP-36, 2.1 g/tanaman RP. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi pupuk hayati nyata meningkatkan pH tanah, populasi bakteri pelarut fosfat, jumlah bintil akar efektif, berat kering tajuk dan serapan P tanaman kedelai di tanah Ultisol. Perlakuan terbaik yaitu kombinasi *Rhizobium* sp. dan *Burkholderia cepacia*. Aplikasi pupuk P nyata meningkatkan pH tanah, P-tersedia, jumlah bintil akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar, serapan N dan P tanaman kedelai di tanah Ultisol. Perlakuan terbaik yaitu SP-36 1.8 g/tanaman. Interaksi antara pupuk hayati dan pupuk P



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International.

<https://doi.org/10.32734/joa.v10i2.10204>

nyata meningkatkan serapan P tanaman kedelai di tanah Ultisol. Perlakuan terbaik yaitu *Burkholderia cepacia* dengan SP-36.

Keyword: *Rhizobium* sp., *Burkholderia cepacia*, SP-36, Rock Fosfat, Serapan N, Serapan P

1. Pendahuluan

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran luas, mencapai 45.794.000 Ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran terluas terdapat di Kalimantan 21.938.000 Ha dan di Sumatera 9.469.000 Ha (Prasetyo dan Suradikarta, 2006). Ultisol tergolong lahan marginal dengan tingkat produktivitas rendah. Sifat fisika dan kimia dapat mengganggu pertumbuhan dan produksi tanaman diantaranya porositas tanah, laju infiltrasi, permeabilitas dan kemantapan agregat tanah rendah, pH rendah (<5,0), kejenuhan Al tinggi (>42%), kandungan bahan organik rendah (< 1,15%), kejenuhan basa rendah (29%) dan KTK rendah (12,6 me/100 g) (Alibasyah, 2016).

Tanah Ultisol tergolong kedalam tanah masam juga miskin akan hara makro esensial N dan P. Kemasaman tanah disebabkan oleh bahan induk tanah, bahan organik, hidrolisis Al, reaksi oksidasi terhadap mineral tertentu dan pencucian kation basa yang digantikan oleh H^+ dan Al^{3+} . Hara N tidak tersedia karena rendahnya C-organik dan terjadi volatilisasi, sedangkan P tidak tersedia karena ion P bereaksi dengan Fe dan Al membentuk senyawa tidak larut. Berdasarkan data penelitian Syahputra *et al.* (2015) kadar N-total pada Ultisol berkisar dari 0,09-0,18%, P-total berkisar 0,048-0,053% dan P-tersedia 0,53-2,00ppm dengan kriteria tergolong sangat rendah sampai rendah.

Kekahatan hara N dan P serta rendahnya bahan organik pada tanah Ultisol berdampak pada produktivitas tanaman kedelai. Produktivitas kedelai dilahan marginal masih rendah rata-rata 1,25 ton/ha. Upaya mengatasi permasalahan tersebut dapat dilakukan dengan pengapuran, penambahan bahan organik dan pemupukan baik secara kimiawi atau biologis.

Pemupukan N pada tanaman kedelai dapat dilakukan secara biologis, yaitu aplikasi inokulan *Rhizobium*. Bakteri *Rhizobium* merupakan bakteri yang mampu bersimbiosis dengan akar legum dengan menginfeksi akar dan membentuk bintil akar yang selanjutnya terjadi proses fiksasi N. Berdasarkan data penelitian (Permanasari *et al.* 2014; Meitasari dan Wicaksono, 2017) aplikasi inokulan *Rhizobium* dapat meningkatkan jumlah polong 5,98%- 13,22%, jumlah bintil akar 16,05% dan mencukupi 80% kebutuhan N tanaman.

Rhizobium adalah salah satu bakteri dengan pelarutan potensial tertinggi. Dengan demikian, selain kemampuan untuk memperbaiki N atmosfer, bakteri *legume-nodulating* ini dapat juga berkontribusi terhadap pertumbuhan tanaman melalui pelarutan fosfat anorganik kelarutan rendah. Secara kualitatif 33% isolat *Rhizobium* dapat melarutkan fosfat dari rizhosfer kedelai 555,78ppm (Novensah *et al.*, 2014).

Pemberian pupuk P anorganik (SP-36 dan RP) ke dalam tanah hanya 15-20% yang dapat diserap oleh tanaman, sisanya akan terjerap diantara koloid tanah dan tinggal sebagai residu didalam tanah. Salah satu upaya meningkatkan efisiensi pemupukan P yaitu dengan memanfaatkan bakteri pelarut fosfat *Burkholderia cepacia*. Menurut Saikia *et al.* (2018) *Burkholderia* adalah kelompok bakteri yang mampu melarutkan P dengan memproduksi asam organik dan biasanya dilaporkan sebagai pertumbuhan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang mempromosikan rhizobakteria yang mampu menghasilkan zat tumbuh seperti IAA (*Indole Acetic Acid*). Berdasarkan data penelitian (Sitanggang *et al.* 2017; Sembiring *et al.* 2016) aplikasi *Burkholderia cepacia* meningkatkan P-tersedia 4,15-14,47%, dan serapan P 9,10-55,64%.

Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian menggunakan inokulasi *Rhizobium* sp. dan bakteri pelarut fosfat *Burkholderia cepacia* serta dua jenis pupuk P untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara N dan P pada tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr.) di tanah Ultisol.

2. Bahan dan Metode

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kasa Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara dan Laboratorium

Biologi Tanah Universitas Sumatera Utara dengan ketinggian tempat 32 meter di atas permukaan laut. Penelitian ini dimulai dari bulan Juli sampai September 2021.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu inokulum bakteri *Rhizobium* sp. dan *Burkholderia cepacia*, pupuk Urea, KCl, SP-36 dan RP, media YEM (*Yeast Extract Mannitol*), media pikovskaya cair, benih kedelai varietas Anjasmoro, tanah Ultisol Desa Simalingkar B Kec. Tuntungan Medan Sumatera Utara, pestisida nabati ekstrak daun pepaya, polybag 40 x 25 cm dan bahan-bahan pendukung lainnya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu ayakan 10 mesh, cangkul, timbangan analitik, LAF (*laminar air flow*), autoklaf, oven dan alat-alat laboratorium pendukung lainnya.

Penelitian ini menggunakan metode Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan 2 faktor perlakuan dan 3 ulangan. Faktor I: pupuk hayati dengan 4 taraf perlakuan yaitu B₀ (tanpa perlakuan), B₁ (10⁸ SPK/mL bakteri *Rhizobium* sp. (5 mL/tanaman)), B₂ (10⁸ SPK/mL bakteri *Burkholderia cepacia* (5 mL/tanaman) B₃ (kombinasi 10⁸ SPK/mL *Rhizobium* sp. (5 mL/tanaman) dan 10⁸ SPK/mL *Burkholderia cepacia* (5 mL/tanaman)). Faktor II: pupuk fosfat dengan 3 taraf perlakuan yaitu P₀ (tanpa pupuk P), P₁ (50 ppm P SP-36 (1,8 g/tanaman)), P₂ (50 ppm P RP (2,1 g/tanaman)).

Data hasil penelitian pada perlakuan yang berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%. Peubah amatan yang diamati dalam penelitian ini yaitu pH tanah, P-tersedia tanah, populasi bakteri pelarut fosfat, jumlah bintil akar efektif, berat kering tajuk, berat kering akar, serapan N dan serapan P tanaman. Pengukuran pH tanah metode elektrometri (1:2,5) yang diukur dengan alat pH meter, P-tersedia metode Bray II menggunakan ekstrak NH₄F dan HCl, penghitungan populasi BPF dengan metode cawan hitung (*plate count*) pada media padat picovskaya, kadar N dan P metode destruksi basah dengan ekstrak H₂SO₄ pekat dan H₂O₂ 30%.

Data Analisis Awal Tanah Ultisol Simalingkar B

Jenis Analisis	Hasil Analisis	Kriteria
Kadar Air (%)	14,55	-
pH H ₂ O	4,9	Masam
C-organik (%)	1,02	Rendah
N-total (%)	0,13	Rendah
P ₂ O ₅ Total (%)	0,26	Sangat Tinggi
P-tersedia (ppm)	12,37	Rendah

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa adanya variasi terhadap P-tersedia, populasi bakteri pelarut fosfat, jumlah cabang produktif, jumlah bintil akar efektif, berat kering tajuk berat kering akar, serapan hara N dan P tanaman.

Tabel 1 menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap pH tanah, populasi bakteri pelarut fosfat dan jumlah bintil akar efektif. Pada pemberian pupuk fosfat berpengaruh nyata terhadap pH tanah, P-tersedia tanah, produktif dan jumlah bintil akar efektif. Sedangkan pada kombinasi pupuk hayati dan pupuk fosfat tidak berpengaruh nyata terhadap P-tersedia tanah, populasi bakteri pelarut fosfat, dan jumlah bintil akar efektif.

Pemberian pupuk hayati berpengaruh nyata dalam meningkatkan pH tanah, dimana rata-rata pH tertinggi terdapat pada interaksi perlakuan *Rhizobium* sp. dengan *Burkholderia cepacia* yaitu sebesar 5,28 diikuti dengan bakteri *Burkholderia cepacia* dan terendah bakteri *Rhizobium* sp. dibandingkan tanpa perlakuan. Pemberian pupuk hayati mampu meningkatkan pH berkisar 2,37-4,35%. Terjadinya peningkatan pH disebabkan karena BPF dapat mengkhelat logam seperti Al dan Fe yang terdapat di tanah Ultisol penyebab kemasaman tanah, sedangkan *Rhizobium* sp. melalui fiksasi N₂ membantu dalam penyediaan N tanah sehingga meningkatkan kesuburan tanah. Menurut Ariyanto (2009) proses pengkhelatan atau ikatan kompleks antara logam dengan asam-asam organik biasanya terjadi ketika bertambahnya asam organik tanah yang menyebabkan terjadinya

reaksi pertukaran ligan antara anion-anion organik berupa asam-asam organik terhadap OH⁻ bebas. Pertukaran ini mengakibatkan peningkatan ion OH⁻ dalam larutan tanah sehingga nilai pH H₂O meningkat. Hasil penelitian Sitanggang *et al.* (2017) diperoleh aplikasi BPF dapat meningkatkan nilai pH sebesar 3,61%. Menurut Sari dan Prayudyaningsih (2015) menyatakan bahwa *Rhizobium* mempunyai dampak positif baik langsung maupun tidak langsung terhadap sifat fisik dan kimia tanah, sehingga mampu meningkatkan kesuburan tanah.

Tabel 1. Pengaruh Pupuk Hayati dan Pupuk Fosfat Terhadap pH Tanah, P-tersedia, Populasi Bakteri Pelarut Fosfat dan Jumlah Bintil Akar Efektif

Variabel	pH Tanah	P-tersedia (ppm)	Populasi BPF (10 ⁷ SPK/mL)	Jumlah Bintil Akar Efektif (buah)
Pupuk Hayati				
B ₀ Tanpa Pupuk Hayati	5,06c	11,34	51,33c	9,00c
B ₁ <i>Rhizobium</i> sp.	5,18b	11,48	68,89b	13,56b
B ₂ <i>Burkholderia cepacia</i>	5,20b	11,60	77,33a	13,22b
B ₃ <i>Rhizobium</i> sp. + <i>B. cepacia</i>	5,28a	12,27	76,56a	17,56a
Pupuk Fosfat				
P ₀ Tanpa Pupuk Fosfat	5,08b	11,09b	65,75	10,92c
P ₁ SP-36	5,22a	11,89a	65,67	15,33a
P ₂ RP	5,23a	12,04a	74,17	13,75b
Kombinasi Pupuk Hayati dan Pupuk Fosfat				
B ₀ P ₀	4,93	11,14	44,00	7,33
B ₀ P ₁	5,13	11,25	49,67	10,00
B ₀ P ₂	5,10	11,64	60,33	9,67
B ₁ P ₀	5,13	10,51	68,67	12,67
B ₁ P ₁	5,20	11,85	71,67	12,33
B ₁ P ₂	5,20	12,09	66,33	15,67
B ₂ P ₀	5,10	11,21	71,00	11,00
B ₂ P ₁	5,23	10,83	71,00	17,33
B ₂ P ₂	5,27	12,77	90,00	11,33
B ₃ P ₀	5,17	11,52	79,33	12,67
B ₃ P ₁	5,30	13,62	70,33	21,67
B ₃ P ₂	5,37	11,67	80,00	18,33

Keterangan: Angka yang diikuti notasi yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%.

Pemberian pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap peningkatan jumlah populasi BPF. Peningkatan signifikan terjadi pada pemberian *Burkholderia cepacia* dan kombinasi *Rhizobium* sp. + *Burkholderia cepacia* dengan jumlah BPF masing-masing 77,33 x 10⁷ SPK/mL dan 76,56 x 10⁷ SPK/mL. Peningkatan populasi bakteri dalam tanah sejalan dengan peningkatan pH tanah dan ketersediaan P. Selain itu menunjukkan bahwa bakteri *Rhizobium* sp. dan *Burkholderia cepacia* mampu beradaptasi dan berkembangbiak di tanah Ultisol. Menurut Widyasari *et al.* (2013) ketahanan dari bakteri *Rhizobium* sp. yang memiliki sifat toleran terhadap asam disebabkan karena terdapat materi genetik yang berperan dalam respon lingkungan asam (pH 5,0). Salah satu gen yang berperan dalam ATR (*Acid Tolerance Response*) adalah gen *act* (*acid tolerance*). Hasil penelitian Sitanggang *et al.* (2017) menunjukkan bahwa aplikasi *Burkholderia cepacia* meningkatkan populasi mikroba pada tanah Andisol (pH 4,04-4,78) sebesar 33,33% dibandingkan dengan tanpa mikroba.

Pemberian pupuk hayati meningkatkan jumlah bintil akar efektif secara nyata dimana rata-rata tertinggi pada perlakuan kombinasi *Rhizobium* sp. dan *Burkholderia cepacia* sebesar 17,56 buah diikuti dengan perlakuan *Rhizobium* sp. dan rata-rata terendah perlakuan *Burkholderia cepacia* dibandingkan tanpa perlakuan. Pada tanpa perlakuan terdapatnya bintil akar dikarenakan adanya dugaan bahwa tanah yang digunakan sebelumnya sudah pernah ditanami tanaman kedelai. Pembentukan bintil akar terjadi karena adanya simbiosis antara *Rhizobium* sp. dengan tanaman kedelai dalam memfiksasi N₂ dari udara disekitar perakaran dan dalam hal ini *B.cepacia* berperan dalam membantu melarutkan P tanah dan meningkatkan perkembangan akar. Hal ini berkaitan

dengan ketersediaan P dan bobot kering akar yang menunjukkan bahwa kombinasi *Rhizobium* sp. dan *Burkholderia cepacia* memiliki rata-rata tertinggi. Menurut Saikia *et al.* (2018) *Burkholderia* adalah kelompok bakteri yang mampu melarutkan P dengan memproduksi asam organik dan biasanya dilaporkan sebagai pertumbuhan PGPR yang mempromosikan rhizobakteria yang mampu menghasilkan zat yang tumbuh seperti IAA. Hasil penelitian (Meitasari dan Wicaksono, 2017; Noor, 2013) pemberian inokulasi *Rhizobium* dapat meningkatkan jumlah bintil akar 16,05%, pemberian BPF meningkatkan jumlah bintil akar 21%.

Dari hasil penelitian pemberian pupuk hayati dapat meningkatkan bobot kering tajuk secara nyata sebesar 60,56%, dimana diperoleh rata-rata tertinggi pada perlakuan kombinasi *Rhizobium* sp. dan *Burkholderia cepacia* sebesar 4,03 g dan diikuti dengan perlakuan *B.cepacia* dan rata-rata terendah perlakuan *Rhizobium* sp. dibanding tanpa perlakuan. Hal ini berkaitan dengan P-tersedia, berat kering akar, serapan N dan P. Peningkatan berat kering tajuk terjadi karena *Rhizobium* sp. mampu menambat N_2 dari udara dan mengubahnya menjadi amonia (NH_3) yang kemudian diubah menjadi asam amino yang selanjutnya menjadi senyawa N untuk membantu tanaman kedelai tumbuh dan berkembang. Dan dengan adanya *B.cepacia* dapat melepaskan fosfat yang terikat logam-logam pengikat P pada tanah Ultisol sehingga P tersedia serta perkembangan akar meningkat dan dapat diserap tanaman secara optimal. Hasil penelitian (Meitasari dan Wicaksono, 2017; Silitonga, 2018) pemberian *Rhizobium* sp. dapat meningkatkan bobot kering tajuk 15,79% dan pemberian MPF meningkatkan berat kering tajuk 13,59%.

Pemberian pupuk hayati dapat meningkatkan serapan P secara nyata sebesar 70,16%, dimana diperoleh rata-rata tertinggi pada perlakuan kombinasi *Rhizobium* sp. dan *B.cepacia* sebesar 2,11 mg/tanaman dan diikuti dengan perlakuan *Burkholderia cepacia* dan rata-rata terendah perlakuan *Rhizobium* sp. dibandingkan tanpa perlakuan. Peningkatan serapan P terjadi karena meningkatnya asam-asam organik dan enzim fosfatase yang dihasilkan oleh *Burkholderia cepacia*. Asam-asam organik tersebut bereaksi dengan bahan pengikat fosfat (Al^{3+} dan Fe^{3+}) membentuk khelat organik stabil sehingga membebaskan ion fosfat terikat dan enzim fosfatase disekresikan oleh akar tanaman dan mikroorganisme dengan proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dan dapat diserap tanaman. *Rhizobium* sp. sebagai PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) menghasilkan hormon IAA (*indole acetic acid*) yang dapat membantu pertumbuhan akar, dan dapat membantu ketersediaan P yang mana pada parameter P-tersedia, bobot kering tajuk dan akar bahwa *Rhizobium* sp. dapat menyeimbangi fungsi *B.cepacia*. Hasil penelitian (Sitanggang *et al.*, 2017; Widawati 2015; Novensah *et al.*, 2014) diperoleh pemberian MPF meningkatkan serapan P 34,21% dan isolat *Rhizobium* sp. menghasilkan hormon IAA 3,49ppm, secara kualitatif 33% isolat *Rhizobium* dapat melarutkan P dari rizhosfer kedelai 555,78 ppm.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian pupuk hayati berpengaruh nyata terhadap berat kering tajuk dan serapan P tanaman. Pada pemberian pupuk fosfat berpengaruh nyata terhadap berat kering tajuk, berat kering akar, serapan N tanaman dan serapan P tanaman. Sedangkan pada kombinasi pupuk hayati dan pupuk fosfat berpengaruh nyata terhadap serapan P tanaman.

Berdasarkan hasil penelitian diketahui aplikasi pupuk P dapat meningkatkan pH secara nyata, dimana rata-rata pH tertinggi pada perlakuan RP yaitu 5,23. Peningkatan pH tanah ini menunjukkan adanya reaktivitas atau kelarutan dari pupuk RP didalam tanah Ultisol yang bersifat masam, dan hal ini juga terkait dengan jumlah populasi bakteri yang menunjukkan bahwa pada pupuk RP populasinya lebih banyak. Menurut Wijanarko (2015) menyatakan bahwa pelarutan fosfat alam juga melepaskan ion kalsium dan hidroksil. Pelepasan ion hidroksil (OH^-) ke dalam tanah dapat meningkatkan pH tanah sehingga aplikasi fosfat alam ke lahan masam mempunyai dua kelebihan, yaitu meningkatkan ketersediaan P, Ca dan meningkatkan pH tanah. Hasil penelitian Ginting *et al.* (2020) pemberian pupuk RP meningkatkan pH tanah Ultisol sebesar 11,90%. Pemberian pupuk P dapat meningkatkan P-tersedia secara nyata sebesar 8,57%, dimana rata-rata tertinggi pada perlakuan RP yaitu 12,04ppm tetapi tidak signifikan dibandingkan pupuk SP-36. Peningkatan P-tersedia tanah dikarenakan sifat dari RP yang dapat larut pada tanah masam dan mengandung CaO 46%, dan hal ini berkaitan dengan pH tanah dan populasi bakteri yang menunjukkan bahwa rata-rata tertinggi pada aplikasi pupuk RP. Menurut Rochayati *et al.* (2010) fosfat alam dengan kandungan CaO yang cukup tinggi (>40%) umumnya mempunyai reaktivitas tinggi sehingga sesuai digunakan pada tanah-tanah masam. Hasil penelitian Ginting *et al.* (2020) pemberian pupuk RP dapat meningkatkan P-tersedia tanah Ultisol sebesar 90,47%.

Tabel 2. Pengaruh Pupuk Hayati dan Pupuk Fosfat Terhadap Berat Kering Tajuk, Berat Kering Akar, Serapan N dan Serapan P

Variabel	Berat Kering Tajuk (g)	Berat Kering Akar (g)	Serapan N (mg/tanaman)	Serapan P (mg/tanaman)
Pupuk Hayati				
B ₀ Tanpa Pupuk Hayati	2,51c	1,79	23,69	13,02c
B ₁ <i>Rhizobium</i> sp.	3,30b	2,44	26,35	14,28b
B ₂ <i>Burkholderia cepacia</i>	3,48b	2,51	26,80	14,73b
B ₃ <i>Rhizobium</i> sp. + <i>B. cepacia</i>	4,03a	2,57	28,58	15,87a
Pupuk Fosfat				
P ₀ Tanpa Pupuk Fosfat	1,59c	1,42c	19,48b	11,28c
P ₁ SP-36	5,07a	3,55a	32,37a	17,55a
P ₂ RP	3,33b	2,02b	27,22a	14,59b
Kombinasi Pupuk Hayati dan Pupuk Fosfat				
B ₀ P ₀	1,43	1,30	19,12	10,93e
B ₀ P ₁	3,13	2,33	25,97	14,29c
B ₀ P ₂	2,97	1,73	25,97	13,83c
B ₁ P ₀	1,27	1,47	17,70	10, 58e
B ₁ P ₁	5,57	3,97	34,25	18,17ab
B ₁ P ₂	3,07	1,90	27,11	14,07c
B ₂ P ₀	1,50	1,40	19,29	11,18de
B ₂ P ₁	6,53	4,50	37,60	19,96a
B ₂ P ₂	2,40	1,63	23,51	13,06cd
B ₃ P ₀	2,17	1,50	21,80	12,42cde
B ₃ P ₁	5,03	3,40	31,67	17,78b
B ₃ P ₂	4,90	2,80	32,28	17,41b

Keterangan: Angka yang diikuti notasi yang sama pada kolom dan baris yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Dari hasil penelitian diketahui bahwa aplikasi pupuk P dapat meningkatkan jumlah bintil akar efektif secara nyata sebesar 14,33% dibandingkan dengan tanpa perlakuan. Dimana diperoleh rata-rata tertinggi pada perlakuan SP-36 sebesar 15,33 buah. Pupuk SP-36 memiliki sifat mudah larut didalam air dibandingkan dengan pupuk RP. Kelarutan tersebut membuat P tersedia lebih cepat dan meningkatnya perkembangan akar sehingga dapat dimanfaatkan oleh bakteri *Rhizobium* sp dalam pembentukan bintil akar. Hal ini dapat dilihat bahwa P-tersedia pupuk SP-36 lebih rendah dari pupuk RP yang menunjukkan bahwa ketersediaan P dari pupuk SP-36 sudah banyak dimanfaatkan atau diserap tanaman untuk pembentuk akar dan bintil akar. Menurut Jayasumarta dan Darmawati (2012) menyatakan bahwa tanaman kedelai merupakan salah satu tanaman legum yang paling banyak menggunakan P yang mampu meningkatkan aktivitas dari bintil akar. Semakin banyak P yang terserap maka akan dapat meningkatkan perkembangan akar dan jumlah bintil akar efektif.

Pemberian pupuk P memberikan pengaruh nyata dalam meningkatkan bobot kering tajuk, dimana rata-rata tertinggi pada perlakuan SP-36 yaitu 5,07 g atau meningkat sebesar 4,97%. Peningkatan bobot kering tajuk ini dikarenakan tanaman mampu memanfaatkan P tersedia di dalam tanah mulai dari awal pertumbuhan. Pupuk SP-36 lebih cepat melarutkan P dibandingkan pupuk RP meskipun diberikan dosis yang sama, dan hal ini terlihat pada parameter berat kering akar, serapan N dan P yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata SP-36 lebih tinggi dari RP. Menurut Rochayati *et al.* (2010) keragaan fosfat larut pada perlakuan SP-36 sejalan dengan keragaan fosfat alam, tetapi awal pengamatan terjadi pelarutan fosfat alam secara bertahap. Hasil penelitian Silitonga (2018) menunjukkan aplikasi pupuk P dapat meningkatkan berat kering tajuk kedelai berkisar 3,03-8,28%.

Dari hasil penelitian pemberian pupuk P dapat meningkatkan bobot kering akar secara nyata, dimana diperoleh rata-rata tertinggi pada perlakuan SP-36 sebesar 3,55 g. Peningkatan bobot kering akar berkaitan dengan jumlah bintil akar efektif yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata aplikasi SP-36 lebih tinggi dan dikarenakan P berperan penting dalam pertumbuhan serta perkembangan akar tanaman. Menurut Anggrani (2009) menyatakan bahwa

pemberian pupuk P misalnya SP-36 dengan dosis tertentu dapat meningkatkan stimulasi akar. Hasil penelitian Silitonga (2018) diperoleh aplikasi pupuk SP-36 meningkatkan berat kering akar kedelai 33,3%.

Dari hasil penelitian aplikasi pupuk P nyata meningkatkan serapan N, dimana diperoleh rata-rata tertinggi pada perlakuan SP-36 yaitu 32,37 mg/tanaman. Peningkatan ini berkaitan dengan jumlah bintil akar efektif, berat kering tajuk dan akar yang juga pada perlakuan pupuk SP-36 memiliki rata-rata yang lebih tinggi. Kandungan P dalam tumbuhan mampu membantu dalam perkembangan akar tanaman dan pembentukan protein serta mineral yang dibutuhkan tanaman untuk menyerap hara N. Menurut Fahmi *et al.* (2010) P merupakan penyusun fosfolipid nukleoprotein, gula fosfat dan khususnya pada transport dan penyimpanan energi yang mana fungsi dan peranan besar dari bahan atau senyawa tersebut mendukung dan melengkapi fungsi dari N. Hasil penelitian Yusuf *et al.* (2017) menunjukkan bahwa aplikasi pupuk anorganik NPK dapat meningkatkan serapan N sebesar 77,27% pada tanaman kedelai.

Pemberian pupuk P secara nyata meningkatkan serapan P, dimana diperoleh rata-rata tertinggi pada perlakuan SP-36 yaitu 2,64 mg/tanaman. Meningkatnya serapan P sejalan dengan ketersediaan P, berat kering akar dan tajuk. Meskipun P-tersedia pupuk RP didalam tanah lebih tinggi dari SP-36 tetapi sifat dari pupuk SP-36 yang lebih mudah larut menyebabkan adanya kemungkinan bahwa P-tersedia dari pupuk SP-36 sudah banyak diserap oleh tanaman. Hasil penelitian Sitanggang *et al.* (2017) menyatakan bahwa pemberian pupuk SP-36 3,18 g/pot dapat meningkatkan serapan P sebesar 34,51%.

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa interaksi pupuk hayati dan pupuk P tidak berpengaruh nyata terhadap pH tanah, P-tersedia, populasi BPF, bintil akar efektif, bobot kering tajuk, bobot kering akar, dan serapan N. Aplikasi pupuk hayati dengan pupuk P pada tanah Ultisol yang memiliki pH masam (4,9), C-organik rendah (1,02%), P-total sangat tinggi (0,26%) akan tetapi ketersediaannya rendah (12,37 ppm) dan bahan organik rendah, membuat kurang berfungsinya pupuk P dalam menyediakan hara karena bakteri *B.cepacia* sudah terlebih dahulu melarutkan dan menyediakan hara P yang terdapat di dalam tanah, serta bakteri tersebut juga kekurangan hara N dari pupuk Urea (25 kg/ha atau 0,2 g/tanaman) pada pemupukan dasar dalam memenuhi aktivitasnya. Sedangkan untuk bakteri *Rhizobium* sp. yang juga banyak menggunakan P dalam perkembangan akar dan aktivitas bintil akar membuat ketersediaan P di tanah tidak tercukupi dengan baik dan berpengaruh terhadap ketersediaan N tanah yang akan diserap tanaman, dan saat diaplikasikan pupuk P yang diduga dosisnya masih sedikit sehingga fungsi P terbagi untuk aktivitas bakteri dan pertumbuhan tanaman. Menurut Jayasumarta dan Darmawati (2012) bahwa tanaman kedelai merupakan salah satu tanaman legum yang paling banyak menggunakan P yang mampu meningkatkan aktivitas dari bintil akar. Semakin banyak P yang terserap maka akan dapat meningkatkan perkembangan akar dan jumlah bintil akar efektif. Berdasarkan hasil penelitian (Masdariah *et al.* 2018; Meitasari dan Wicaksono 2017) pemberian *B.cepacia* meningkatkan P-tersedia 4,51%, inokulan *Rhizobium* mencukupi 80% kebutuhan N tanaman.

Berdasarkan hasil penelitian juga dapat dilihat bahwa interaksi pupuk hayati dan pupuk P meningkatkan serapan P secara nyata, dimana rata-rata tertinggi pada perlakuan bakteri *B.cepacia* dengan pupuk SP-36 (B2P1) yaitu 3,49 mg/tanaman. Peningkatan serapan P sangat ditentukan oleh jumlah P tersedia tanah. Adanya BPF dapat membantu meningkatkan jumlah P terlarut dalam tanah sehingga dapat meningkatkan serapan oleh tanaman. Hal ini disebabkan kemampuan BPF dalam mensekresikan asam-asam organik seperti asam asetat, sitrat, laktonat, fumarat, propinat yang berperan melarutkan P terikat kation Al dan Fe menjadi P tersedia dan dapat diserap tanaman. Disamping itu *Rhizobium* sp. membantu dalam perkembangan akar sehingga tanaman dapat menyerap hara dengan baik. Hasil penelitian Arifin *et al.* (2021) diperoleh aplikasi pupuk anorganik dengan BPF dapat meningkatkan serapan P 85,80 mg/tanaman. Kehadiran BPF menghasilkan asam-asam organik sehingga kelarutan P yang diberikan lewat pupuk anorganik meningkat. Kelarutan P yang tinggi menyebabkan jumlah penyerapan oleh tanaman semakin baik dan menyebabkan efisiensi pemupukan yang tinggi.

4. Simpulan

Aplikasi pupuk hayati nyata meningkatkan populasi bakteri pelarut fosfat, jumlah bintil akar efektif, berat kering tajuk dan serapan P tanaman kedelai di tanah Ultisol, serta perlakuan terbaik pada kombinasi bakteri *Rizhobium* sp. dan *Burkholderia cepacia*.

Aplikasi pupuk P nyata meningkatkan P-tersedia, jumlah cabang produktif, jumlah bintil akar, bobot kering tajuk, bobot kering akar, serapan N dan P tanaman kedelai di tanah Ultisol, serta perlakuan terbaik pada aplikasi SP-36 1,8 g/tanaman.

Interaksi antara pupuk hayati dan pupuk P nyata meningkatkan serapan P tanaman kedelai di tanah Ultisol, serta perlakuan terbaik pada kombinasi aplikasi *Burkholderia cepacia* dengan pupuk SP-36 1,8 g/tanaman.

Daftar Pustaka

- Alibasyah, M.R. 2016. Perubahan Beberapa Sifat Fisika dan Kimia Ultisol Akibat Pemberian Pupuk Kompos dan Kapur Dolomit Pada Lahan Berteras. Universitas Syiah Kuala Banda Aceh. Jurnal Floratek. Vol. 11 (1).
- Anggrani, E. 2009. Teknik Percobaan Pemberian Beberapa Sumber Unsur P pada Tanaman Melon. Buletin Teknik Pertanian. Vol. 14 (2):54-57.
- Arifin, Z., L.E. Susilowati, B.H. Kusumo, dan M. Mashum. 2021. Potensi Pupuk Hayati P dalam Mengefisiensi Penggunaan Pupuk P-anorganik pada Tanaman Jagung. Saintek. Vol.3.
- Ariyanto, D. P. 2009. Ikatan Antara Organik Tanah dengan Logam. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Fahmi, A., Syamsudin, A.N.H. Utami dan B. Radjagukguk. 2010. Pengaruh Interaksi Hara N dan P Terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Tanah Regosol dan Latosol. Berita Biologi. Vol.10(3):297-303.
- Ginting, E. N., I, Pradiko.M. R, Farrasati, dan S. Rahutomo. 2020. Pengaruh Rock Phosphate dan Dolomit terhadap Distribusi Perakaran Tanaman Kelapa Sawit pada Tanah Ultisol. Jurnal Agrikultura, 31 (1): 32-41.
- Jayasumarta dan Darmawati. 2012. Pengaruh *Azobacter* sebagai Pelarut Fosfat. Jurnal Sains dan Seni Pomits. Vol.2(1):2337-3520.
- Masdariah, M. Sembiring, Mukhlis and Rosneli. 2019. The Increasing of Phosphorus Availability and Corn Growth With The Application of Phosphate Solubilizing Microbes and Some Sources of Organic Materials on Andisol. University North Sumatera. Medan.
- Meitasari, A.D dan Wicaksono, K.P. 2017 Inokulasi *Rhizobium* dan Perkembangan Nitrogen Pada Tanaman Kedelai Varietas Willis. Universitas Brawijaya. Journal of Agricultural Science. Vol. 2 (1).
- Noor, A. 2013. Pengaruh P Alam dan Kombinasi BPF dengan Pupuk Kandang terhadap P Tersedia dan Pertumbuhan Kedelai pada Ultisol. Bul. Agronomi. Vol.31(3):100-106.
- Novensah, A., T.C. Setyawati dan A. Mudjiharjati. 2014. Uji Kemampuan Pelarutan P dari Beberapa Isolat *Rhizobium* sp Serta Uji Kesesuaian Media. Berkala Ilmiah Pertanian.
- Permanasari, I., M.Irfan dan Abizar. 2014. Pertumbuhan dan Hasil Kedelai dengan *Rhizobium* dan Pupuk Urea Pada Media Gambut. Jurnal Agroteknologi. Vol.5 (1): 29-34
- Prasetyo, B.H. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. Jurnal Litbang Pertanian. Vol. 25 (2):43.
- Rochayati, S. M.T. Sutriadi dan A. Kasno. 2010. Pemanfaatan Fosfat Alam Lahan Kering Masam. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Saikia, J., R.P. Sarma, R. Dhandia, A. Yadav, R. Bharali, V.K. Gupta and R. Saika. 2018. Alleviation of Drought Stress in Pulse Crops with ACC Deaminase Producing Rhizobacteria Isolated from Acidic Soil of Northeast India. Scientific Reports. Springer US. 8(1):1–16.
- Sari, R dan Prayudyaningsih, R. 2015. *Rhizobium*: Pemanfaatannya sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. Balai Penelitian Kehutanan Makassar. Info Teknis Eboni Vol. 12 (1).
- Sembiring, M., D. Elfiati, E. S. Sutarta and T. Sabrina. 2016. Effect *Burkholderia cepacia* and SP-36 on Availabe Phosphate and Potato Production on Andisol Impacted by Mount Sinabung Eruption, North Sumatera, Indonesia. Journal of Applied Horticulture. Vol. 18 (3): 223-235.
- Silitonga, N.O. 2018. Aplied JPF dan Berbagai Sumber Pupuk P Terhadap Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Kedelai Pada Tanah Andisol. Universitas Sumatera Utara. Medan.

- Sitanggang, V., M. Sembiring dan Fauzi. 2017. Aplikasi Mikroba Pelarut Fosfat dan Bebarapa Sumber Pupuk P Untuk Meningkatkan Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. USU. Medan. J. Agroekoteknologi. Vol.5. (4): 768- 773.
- Syahputra, E., Fauzi & Razali. 2015. Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Beberapa Wilayah Sumatra Utara. J. Agroekoteknologi, 4 (1): 1796-1803.
- Widawati, S. 2015. Uji Bakteri Simbiotik dan Nonsimbiotik Pelarutan Ca vs. P dan Efek Inokulasi Bakteri pada Anakan Turi. Pusat Penelitian Biologi LIPI Bogor. Jurnal Biologi Indonesia 11 (2): 295-307.
- Widyasari, N.M., R. Kawuri dan I.K. Muksin. 2013. Pengaruh pH Media Pertumbuhan Terhadap Ketahanan Dari *Rhizobium* sp. Pada Tanah yang Bersifat Masam. Jurnal Biologi. Vol. 27(2):56-60.
- Wijanarko, A. 2015. Keunggulan Penggunaan Fosfat Alam pada Pertanaman Kedelai di Lahan Kering Masam. Iptek Tanaman Pangan. Vol.10(2).
- Yusuf, F., J. Hadie dan M.F.H. Yusran. 2017. Respon Tanaman Kedelai Terhadap Serapan Hara NPK pupuk Daun yang Diberikan Melalui Akar dan Daun Pada Tanah Gambut dan Podsolik. Jurnal Daun. Vol.4(1):17-28.