

**PERAN PUPUK HAYATI UNTUK PENINGKATKAN HASIL CAISIM, RESIDU  
KETERSEDIAAN N DAN P SERTA SERAPANNYA PADA TANAMAN**

***ROLE OF BIOFERTILIZER TO INCREASE CAYSIM YIELD, N AND P  
RESIDUES AND THEIR PLANT UPTAKE***

**Reginawanti Hindersah<sup>1</sup>, Adita Rizky Syntianis<sup>2</sup>, Ade Setiawan<sup>1</sup>, Rina Devnita<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Departmen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Jalan Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor, Sumedang 45363, Indonesia

<sup>2</sup>Lulusan Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

e-mail korespondensi: [reginawanti@unpad.ac.id](mailto:reginawanti@unpad.ac.id)

Diterima: 8 Februari 2021, disetujui 29 Oktober 2021

***ABSTRACT***

*Consortium biofertilizer containing Nitrogen (N) Fixing Bacteria and Phosphate (P) Solubilizing Bacteria may substitute inorganic fertilizer in vegetable production. A greenhouse experiment was conducted to evaluate the effect of some combinations and doses of consortium biofertilizer and NPK compound fertilizer on available N and P in the soil, fresh weight of caysim (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis*.), and their uptake by caysim shoots after grown in low fertility soil. The experimental design was a randomized block design consisting of seven combinations and doses of consortium biofertilizer and compound fertilizer; and three control treatments. All treatments were repeated three times. The results showed that the combination of the which combination treatment of inorganic fertilizer and biofertilizer had a significant effect on the fresh weight of caysim shoots, available P and N and P uptake after harvesting compared to the biofertilizer treatment alone or without fertilization. Several treatments of combined doses of biofertilizers and NPK compound fertilizer produced the same yield as NPK compound fertilizer alone. The application of 300 kg/ha of compound fertilizer combined with 3,75 L/ha of biofertilizer enabled to increase the yield up to 16% compared to NPK fertilizer alone. This experiment explained that inoculation of biofertilizers can reduce the dose of NPK fertilizer to maintain yield, available P residue in soil and P uptake*

**Keywords:** *Nitrogen, nitrogen-fixing Bacteria, phosphate-solubilizing microbes, phosphorus, Yield*

## ABSTRAK

Inokulasi pupuk hayati konsorsium yang mengandung mikroba pemfiksasi nitrogen (N) dan pelarut fosfat (P) adalah cara untuk menggantikan sebagian pupuk anorganik dalam produksi sayuran di tanah kurang subur. Percobaan rumah kaca telah dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh konsorsium pupuk hayati dan beberapa dosis pupuk anorganik majemuk NPK terhadap hasil caisim (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis*.) di tanah kurang subur; serta kadar N dan P tersedia tanah serta serapannya di tajuk caisim setelah panen. Rancangan percobaan adalah Rancangan Acak Kelompok yang terdiri atas tujuh kombinasi dosis pupuk majemuk dan pupuk hayati konsorsium; serta tiga perlakuan kontrol. Seluruh perlakuan diulang tiga kali. Hasil percobaan menunjukkan bahwa kombinasi kedua jenis pupuk berpengaruh nyata terhadap bobot segar pucuk caisim, dan P tersedia tanah setelah panen serta serapan N dan P dibandingkan dengan perlakuan pupuk hayati saja atau tanpa pemupukan. Beberapa perlakuan kombinasi dosis pupuk NPK dan pupuk hayati menghasilkan hasil caisim yang sama dengan perlakuan pupuk NPK saja. Pemberian 300 kg/ha pupuk majemuk disertai 3,75 L/ha pupuk hayati berpotensi meningkatkan hasil sampai 16% dibandingkan dengan pupuk NPK saja. Hasil percobaan ini menjelaskan bahwa inokulasi pupuk hayati dapat menurunkan dosis pupuk NPK untuk mempertahankan hasil, serapan P serta residu P tersedia di tanah.

**Kata kunci: Fosfor, Inceptisols, nitrogen, bakteri pemfiksasi nitrogen, mikroba pelarut fosfat**

## PENDAHULUAN

Keterbatasan lahan menyebabkan produksi tanaman dilakukan di tanah dengan kesuburan rendah termasuk Inceptisols yang umumnya memiliki kesuburan kimia rendah (Syamsiyah *et al.*, 2018). Budidaya tanaman sayuran daun caisim - seperti palawija lainnya - di Indonesia dengan intensif dilakukan di tanah Inceptisol. Tanaman sayuran daun memerlukan unsur hara nitrogen (N) sejak tanam sampai masa panen di fase vegetatif; selain itu fosfor diperlukan sebagai sumber energi selama pertumbuhan tanaman.

Pada kondisi alami, Inceptisols mengandung karbon organik, kadar N dan P, kation dapat dipertukarkan serta kapasitas tukar kation rendah meskipun lebih tinggi daripada tanah yang baru terbentuk, seperti Entisol (Voncoir *et al.*, 2006; Syamsiyah *et al.*, 2018). Pemberian pupuk majemuk Nitrogen-Fosfor-Kalium (NPK) ke Inceptisols telah dipraktekkan oleh petani untuk meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman pangan.

Kelemahan pupuk anorganik adalah tidak dapat diperbaharui dan dosis pupuk anorganik berlebihan dapat meningkatkan kadar nitrat dan nitrit badan air (Arhadinejad *et al.*, 2014). Kadar karbon organik tanah yang diberi pupuk inorganik hanya dapat meningkat jika disertai aplikasi bahan organik (Zhao *et al.*, 2020).

Pupuk hayati dengan bahan aktif mikroba tanah pemfiksasi nitrogen dan pelarut fosfat adalah alternatif untuk menurunkan dosis pupuk anorganik karena lebih murah dan dapat diperbaharui. Introduksi pupuk hayati ke lahan pertanian belum terlalu intensif dibandingkan dengan pupuk inorganik dan organik padahal mikroba pupuk hayati adalah kunci siklus unsur hara di tanah terutama nitrogen dan fosfor (Bhardwaj *et al.*, 2014). Bakteri pemfiksasi N (BPN) hidup bebas yang telah digunakan dalam formulasi pupuk hayati adalah rizobakteri *Azotobacter*, dan *Azospirillum* (Hindersah *et al.*, 2020; Fendrihan *et al.*, 2017). Bakteri *Pseudomonas* dan *Bacillus* (Widnyana *et al.*, 2016) serta fungi *Penicillium* dan *Aspergillus* telah dibuktikan dapat melarutkan fosfat di tanah

Suatupupuk hayati konsorsium yang mengandung BPN dan MPF telah diformulasi oleh Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran di dalam media organik cair. Pada penelitian rumah kaca, aplikasi pupuk hayati ini disertai pupuk NPK (15:15:15) menghasilkan bobot basah tajuk caisim yang sama dengan 100% pupuk NPK (Hindersah *et al.*, 2017). Selain itu, inokulasi pupuk hayati tersebut disertai NPK (15:15:15) dan bahan organik juga meningkatkan bobot tajuk caisim serta menekan kejadian penyakit rebah akar (Kalay *et al.*, 2018). Pada penelitian ini komposisi pupuk NPK adalah 16:11:11, kadar N yang lebih tinggi daripada P dan K sesuai dengan kebutuhan caisim selama fase vegetatif. Selain itu, penelitian residu N dan P serta keberadaan BPN dan MPF di tanah setelah sayuran daun dipanen belum dilakukan. Percobaan pot di rumah kaca ini bertujuan untuk mendapatkan informasi peran konsorsium pupuk hayati dan beberapa dosis pupuk anorganik NPK terhadap hasil caisim (*Brassica chinensis* L. var. *parachinensis*), kadar N dan P tersedia tanah setelah panen dan serapannya di tajuk. Penelitian ini juga dilakukan untuk memastikan potensi penurunan dosis pupuk NPK(16:11:11) untuk pertanaman caisim di pot.

## BAHAN DAN METODE

Percobaan pot dilakukan pada bulan Februari-Mei 2018 di rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kab. Sumedang, Jawa Barat pada ketinggian 766 m di atas permukaan laut. Bibit caisim produksi lokal ditanam di pot dengan tanah Inceptisols bertekstur liat dengan kadar liat tinggi sebesar 50,89%. Reaksi tanah netral (pH 6.8) dengan C organik 0.75%; N total 0,1 %, C/N 7,08; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total 2,27 mg/100 g; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> tersedia 5,56

mg/kg; K<sub>2</sub>O total 9,41 mg/100 g; dan KTK 22,51 cmol/kg. Nilai parameter tersebut memperlihatkan bahwa Inceptisols Jatinangor adalah tanah dengan kesuburan rendah karena kadar C organik, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> total dan K<sub>2</sub>O total rendah (PPT, 1995).

Pupuk hayati cair dengan media pembawa organik disediakan oleh Laboratorium Biologi Tanah Unpad. Pupuk mengandung bakteri pemfiksasi N *Azotobacter* spp., *Azospirillum* sp dan endofitik *Acinetobacter* sp.; serta mikroba pelarut fosfat *Pseudomonas cepacea* dan *Penicillium* sp. Populasi bakteri dan jamur di dalam pupuk hayati tersebut adalah masing-masing 10<sup>7</sup> dan 10<sup>5</sup> CFU/mL.

## Rancangan Percobaan

Percobaan pot di rumah kaca dirancang dalam Rancangan Acak Kelompok yang menguji tujuh perlakuan kombinasi dosis pupuk majemuk NPK dan pupuk hayati (PH) konsorsium. Perlakuan kontrol adalah pupuk NPK dan PH dosis rekomendasi serta tanpa kedua pupuk tersebut (Tabel 1). Setiap perlakuan diulang tiga kali. Dosis rekomendasi pupuk majemuk NPK untuk caisim adalah 300 kg/ha sedangkan PH konsorsium adalah 5 L/ha dengan konsentrasi 1%.

## Pelaksanaan Penelitian

Inceptisols diambil dari lapisan 0-20 cm, dikeringudarkan, ditumbuk, dan disaring dengan saringan 2 mm dan dikeringanginkan sebelum dicampur dengan pupuk kandang sapi sebagai pupuk dasar sebanyak 15 kg/ha. Sebanyak 2 kg tanah dimasukkan ke dalam polibeg ukuran 25 x 25 cm. Satu bibit caisim umur 14 hari ditanam di dalam tanah di polibeg dan dipelihara di rumah kaca selama 25 hari.

Pupuk anorganik NPK majemuk dengan perbandingan N, P dan K berimbang

**Tabel 1** Susunan Perlakuan Kombinasi Pupuk Majemuk NPK dan Pupuk Hayati (PH)

Kode	Kombinasi Perlakuan	Dosis pupuk per polibeg*	
		NPK (g)	PH (ml)
A	Kontrol (tanpa perlakuan)	0	0
B	300 kg/ha NPK	1,5	0
C	5 L/ha PH	0	2,5
D	75 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	0,375	2,5
E	150 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	0,75	2,5
F	225 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	1,125	2,5
G	300 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	1,5	2,5
H	225 kg/ha NPK + 3,75 L/ha PH	1,125	1,875
I	225 kg/ha NPK + 2,5 L/ha PH	1,125	1,25
J	225 kg/ha NPK + 1,25 L/ha PH	1,125	0,625

\*Ukuran 25x25 cm berisi 2 kg campuran tanah dan pupuk kandang sapi kering udara

(15:15:15) diaplikasikan pada saat 5 hari setelah tanam (HST) dan 10 HST. Pupuk disuspensikan dengan air sebanyak 25 mL dan disiramkan merata ke sekitar batang tanaman. Pupuk hayati konsorsium disuspensikan ke dalam air tanah dengan konsentrasi 1% dan disiramkan dosis sesuai perlakuan pada 7 dan 15 HST.

Tanaman dipelihara di rumah kaca selama 25 hari sampai saat panen. Selama percobaan tanaman tidak diberi pestisida karena hanya ada serangan ringan ulat *Plutella xylostella*. Di akhir penelitian, tajuk dipisahkan dari akar dan dicuci di bawah air mengalir; kelebihan air dihilangkan dengan cara ditiriskan di atas kertas koran. Akar dan tajuk ditimbang untuk mendapatkan bobot basah, selanjutnya dikeringkan pada 70 °C selama 2 hari untuk mendapatkan bobot kering dan kadar N serta P tajuk. Tanah dibebaskan dari sisa-sisa tanaman dan diaduk merata. Sebanyak 500 g tanah dikoleksi untuk analisis pH, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan P tersedia. Analisis parameter N dan P tajuk maupun tanah dilakukan menurut metode AOAC (AOAC, 2012).

Seluruh data parameter dianalisis dengan analisis ragam pada p<0.05 untuk mengetahui signifikansi pengaruh perlakuan terhadap seluruh parameter yang diamati. Jika kuadrat tengah perlakuan berpengaruh nyata terhadap parameter, maka dilakukan uji lanjut Tukey pada p<0,05 untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan terhadap parameter tersebut.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Biomassa tanaman

Berdasarkan analisis ragam, tinggi tanaman minggu ke satu dan ke dua tidak ditentukan oleh kombinasi perlakuan pemupukan NPK dan pupuk hayati tetapi tinggi tanaman umur tiga minggu ditentukan oleh perlakuan tersebut. Pada minggu ke tiga, tinggi tanaman tanpa pupuk sama dengan tanaman yang hanya diberi pupuk hayati. Pemberian NPK dosis rekomendasi tanpa maupun dengan 1 dosis pupuk hayati meningkatkan tinggi tanaman dengan nyata dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk. Namun, pemberian 150 kg/ha NPK disertai dosis rekomendasi PH; atau 225 kg/ha NPK disertai dengan 2,5 L/ha atau 2,75 L/ha PH berpotensi meningkatkan tinggi tanaman.

**Tabel 2** Pengaruh kombinasi perlakuan NPK dan pupuk hayati (PH) terhadap tinggi tanaman caisim sampai tiga minggu setelah tanam (MST)

Kombinasi Pemupukan	Tinggi Tanaman (cm)		
	1 MST	2 MST	3 MST
Kontrol (tanpa perlakuan)	14,2 a	26,9 a	30,2 a
300 kg/ha NPK	15,0 a	28,1 a	36,7 b
5 L/ha PH	16,8 a	27,7 a	30,2 a
75 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	16,5 a	29,5 a	34,8 a
150 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	15,9 a	30,9 b	35,1 ab
225 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	16,2 a	28,4 a	34,4 a
300 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	15,4 a	30,6 a	38,9 b
225 kg/ha NPK + 3,75 L/ha PH	15,0 a	27,8 a	34,7 a
225 kg/ha NPK + 2,5 L/ha PH	14,7 a	29,2 a	35,5 ab
225 kg/ha NPK + 1,25 L/ha PH	14,9 a	28,5 a	35,9 ab

Angka di dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut Uji Tukey pada  $p < 0.05$ .

Kombinasi pemupukan NPK dan pupuk hayati tidak mempengaruhi bobot segar maupun kering akar tetapi menentukan bobot tajuk (Tabel 2). Tanaman yang hanya diinokulasi pupuk hayati memiliki bobot segara maupun kering tajuk yang sama dengan tanaman

kontrol (A). Secara umum, penurunan dosis NPK disertai dengan berbagai dosis pupuk hayati meningkatkan bobot segar dan kering tajuk dibandingkan tanpa pupuk. Namun kombinasi perlakuan pemupukan anorganik dan

**Tabel 3** Pengaruh kombinasi perlakuan NPK dan pupuk hayati (PH) terhadap bobot segar dan kering tanaman caisim umur 25 hari.

Kombinasi Perlakuan	Bobot Segar (g)		Bobot kering (g)	
	Tajuk	Akar	Tajuk	Akar
Kontrol (tanpa perlakuan)	30,67 a	3,00 a	2,7 a	0,2 a
300 kg/ha NPK	79,67 b	4,33 a	5,3 b	0,3 a
5 L/ha PH	31,00 a	3,67 a	2,8 a	0,2 a
75 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	53,67 ab	3,67 a	4,4 ab	0,4 a
150 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	72,33 b	4,00 a	5,4 b	0,3 a
225 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	87,33 b	5,33 a	6,0 b	0,4 a
300 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	88,33 b	4,33 a	6,5 b	0,3 a
225 kg/ha NPK + 3,75 L/ha PH	85,00 b	4,33 a	7,2 b	0,5 a
225 kg/ha NPK + 2,5 L/ha PH	89,67 b	3,00 a	8,0 b	0,3 a
225 kg/ha NPK + 1,25 L/ha PH	80,33 b	5,00 a	6,3 b	0,4 a

Angka di dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut Uji Tukey pada  $p < 0.05$ .

**Nitrogen dan Fosfor tanah dan tanaman**

Analisis ragam memperlihatkan bahwa pengaruh kombinasi pemupukan NPK dan pupuk hayati tidak nyata terhadap reaksi tanah serta kadar nitrat dan amonium tanah; tetapi nyata terhadap P tersedia. Secara umum, perlakuan kombinasi dosis NPK dan PH meningkatkan P tersedia tanah dibandingkan dengan kontrol negatif; tetapi hanya beberapa perlakuan kombinasi pemupukan yang meningkatkan P tersedia di atas perlakuan NPK dosis rekomendasi (Tabel 4).

Berdasarkan analisis ragam, baik kadar N dan P tajuk maupun serapannya dipengaruhi oleh perlakuan kombinasi pemupukan. Kadar dan serapan N tajuk tertinggi diperlihatkan oleh tanaman yang diberi pupuk NPK dosis rekomendasi secara berturut-turut 5,1% dan 259,15 mg/tanaman (Tabel 5). Namun, kombinasi NPK dan pupuk hayati tertentu dapat menyamai kadar dan serapan P tajuk caisim yang diberi satu dosis NPK.

**Tabel 4** Kadar nitrat, amonium, fosfat tersedia dan kemasaman tanah (pH) setelah aplikasi berbagai dosis pupuk NPK dan pupuk hayati (PH) pada tanaman caisim umur 25 hari

Pemupukan	Nitrat (mg/kg)	Amonium (mg/kg)	P tersedia (mg/kg)	pH
Kontrol (tanpa perlakuan)	0,54 a	0,04 a	5,56 a	6,20 a
300 kg/ha NPK	0,49 a	0,04 a	6,99 c	6,11 a
5 L/ha PH	0,38 a	0,04 a	6,01 ab	6,07 a
75 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	0,57 a	0,07 a	6,13 ab	6,09 a
150 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	0,39 a	0,04 a	6,90 c	6,11 a
225 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	0,51 a	0,08 a	7,33 d	6,21 a
300 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	0,48 a	0,06 a	7,18 cd	6,10 a
225 kg/ha NPK + 3,75 L/ha PH	0,35 a	0,05 a	7,07 c	6,06 a
225 kg/ha NPK + 2,5 L/ha PH	0,43 a	0,06 a	6,77 c	6,15 a
225 kg/ha NPK + 1,25 L/ha PH	0,43 a	0,05 a	6,59 b	6,20 a

Angka di dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut Uji Tukey pada  $p < 0.05$ .

**Tabel 5** Serapan N dan P tajuk tanaman caisim umur 25 hari setelah aplikasi berbagai dosis pupuk NPK dan pupuk hayati (PH)

Kombinasi Pemupukan	N tajuk (%)	Serapan N (mg/tan)	P tajuk (%)	Serapan P (mg/tan)
Kontrol (tanpa perlakuan)	2,4 ab	62,52 a	0,008 a	1,36 a
300 kg/ha NPK	5,1 e	259,15 d	0,025cd	12,19 cd
5 L/ha PH	2,0 a	57,09 a	0,008 a	1,27 a
75 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	2,3 ab	102,28 ab	0,014ab	3,49 ab
150 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	2,9 b	156,32 b	0,018b	6,31 b
225 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	3,6 c	216,90 c	0,023c	8,58 c
300 kg/ha NPK + 5 L/ha PH	3,7 cd	243,56 c	0,025cd	11,25 cd
225 kg/ha NPK + 3,75 L/ha PH	3,6 c	254,25 c	0,027d	13,55 d
225 kg/ha NPK + 2,5 L/ha PH	3,4 c	275,43 c	0,028d	13,35 d
225 kg/ha NPK + 1,25 L/ha PH	3,8 d	240,71 c	0,025cd	10,55c d

Angka di dalam satu kolom yang diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata menurut Uji Tukey pada  $p < 0.05$ .

Target komersial organ tanaman caisim adalah tajuk sehingga tinggi dan bobot tajuk juga menjadi pertimbangan pembeli. Penelitian ini menjelaskan bahwa dibandingkan dengan aplikasi pupuk majemuk NPK dosis rekomendasi, penurunan dosis pupuk NPK dapat mempertahankan bobot segar tajuk caisim jika disertai dengan inokulasi PH. Namun pemberian pupuk NPK dan PH dosis rekomendasi tidak meningkatkan hasil dibandingkan dengan pemberian pupuk NPK saja. Aplikasi 225 kg/ha NPK disertai 3,75 L/ha PH berpotensi meningkatkan hasil sampai 16% daripada aplikasi pupuk NPK saja. Penurunan dosis NPK dan juga PH konsorsium ini ternyata meningkatkan efisiensi pemupukan. Penelitian sebelumnya hanya memastikan bahwa penurunan dosis NPK 15:15:15 tanpa penurunan dosis PH tidak menurunkan bobot tajuk caisim (Hindersah *et al.*, 2017; Kalay *et al.*, 2018).

Peran PH sebagai pemacu pertumbuhan tanaman jelas terlihat pada komponen hasil yaitu bobot tajuk tetapi pada penelitian pot ini, kapasitas fiksasi nitrogen BPN di dalam PH belum mampu meningkatkan status N tajuk. Kadar dan serapan N tertinggi terdapat pada tanaman yang diberi NPK dosis rekomendasi. Di akhir penelitian, kadar N tersedia tidak berbeda untuk setiap perlakuan pemupukan NPK dan PH. Residu N pada tanah dengan dosis NPK lebih rendah daripada dosis rekomendasi, menjelaskan bahwa aplikasi PH menyediakan residu N yang dapat diserap oleh tanaman selanjutnya.

Berbeda dengan nutrisi N, kombinasi NPK dan PH dosis tertentu mampu menyamai Kadar dan serapan P tanaman dengan NPK rekomendasi. Kemampuan ini mungkin kurang berhubungan dengan aktivitas pelarutan P karena P total tanah

rendah tetapi berkaitan dengan kecukupan P dari pupuk anorganik. Pada akhir penelitian, residu P dari beberapa perlakuan kombinasi NPK dan PH menyamai NPK kontrol.

Penelitian ini menjelaskan peran nyata PH konsorsium terhadap penyediaan N dan P tanah yang perlu digabungkan dengan pupuk NPK. Hasil percobaan pot ini sejalan dengan kapasitas Pupuk hayati konsorsium BPN dan BPF untuk meningkatkan status N dan P tanah maupun tanaman, pertumbuhan tanaman dan bahkan hasil panen tanaman (Fitriatin *et al.*, 2019; Bradáčová *et al.*, 2019; Odoh *et al.*, 2020; Fitriatin *et al.*, 2021). Lebih lanjut, Odoh *et al.* (2020) menjelaskan bahwa PH konsorsium berperan nyata terhadap adaptasi tanaman terhadap tekanan abiotik. Kadar N dan P tanah yang sangat rendah pada penelitian ini adalah kendala bagi pertumbuhan tanaman; yang sebagiannya diatasi dengan fiksasi N dan pelarutan P oleh mikroba di dalam PH. Namun, pupuk NPK di bawah dosis rekomendasi tetap diperlukan karena kedua proses enzimatik di atas tidak dapat menghasilkan N dan P tersedia sebanyak pupuk anorganik.

Pupuk NPK dosis rendah berperan sebagai sumber nutrisi untuk meningkatkan proliferasi BPN dan BPF; pada saat N dan P dari pupuk menurun, aktivitas fiksasi N oleh BPN dan pelarutan P oleh MPF mulai berlangsung. Aplikasi bahan organik sebelum tanam meningkatkan C tanah (Chen *et al.*, 2018; Zhao *et al.*, 2020) yang menjadi sumber energi bakteri heterotrof di dalam PH konsorsium untuk berproliferasi dan berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman. Pada penelitian ini, hanya populasi *Azotobacter* dan *Pseudomonas* yang dihitung yaitu masing-masing sekitar  $10^4$  CFU/g dan  $10^7$  CFU/g di rizosfer setelah panen.

Secara umum, tanah yang diberi 225 kg/ha NPK disertai 5 L/ha PH mengandung P tersedia yang sama dengan tanah yang mendapatkan NPK dosis rekomendasi. Aplikasi  $\frac{3}{4}$  dosis NPK sebesar 225 kg/ha dengan berbagai dosis PH, serta pupuk NPK dan PH dosis rekomendasi menghasilkan tajuk dengan kadar dan serapan P yang sama dengan aplikasi NPK dosis rekomendasi. Konsorsium pupuk hayati ini memungkinkan penggunaan pupuk NPK 15:15:15 sebesar 75% dari dosis rekomendasi. Hasil penelitian ini menjelaskan PH konsorsium berperan nyata terhadap penyediaan P untuk diserap tajuk tanaman. Kemasaman tanah sekitar 6 optimal untuk pertumbuhan caisim dan fungsi bakteri di dalam PH untuk melarutkan P, tetapi sedikit membatasi pelarutan P oleh *Penicillium* yang tumbuh optimal pada pH masam. Meskipun demikian, potensi penurunan dosis pupuk NPK oleh PH konsorsium diperlihatkan dengan jelas oleh percobaan rumah kaca ini.

## KESIMPULAN

Aplikasi pupuk anorganik NPK disertai inokulasi pupuk hayati konsorsium bakteri pemfiksasi N dan mikroba pelarut fosfat berpotensi mengurangi dosis pupuk NPK. Penurunan dosis NPK dan pupuk hayati konsorsium pada tanaman caisim di pot menghasilkan bobot tajuk yang sama dengan tanaman dengan pupuk NPK rekomendasi. Pemberian 225 kg/ha pupuk majemuk NPK disertai 3,75 L/ha PH berpotensi meningkatkan bobot segar pucuk sawi sebesar 16% dibandingkan dengan tanaman yang diberi NPK dosis rekomendasi. Dengan demikian, konsorsium pupuk hayati berpotensi menggantikan 25% pupuk NPK. Kombinasi perlakuan tersebut juga meningkatkan

menghasilkan tanaman dengan kadar dan serapan N dan P menyamai tanaman dengan NPK rekomendasi. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa konsorsium pupuk hayati BPN dan BPF berperan dalam menyediakan N dan P tanah untuk diserap tajuk tanaman dengan penurunan dosis NPK. Percobaan ini menjelaskan bahwa pemberian pupuk anorganik disertai pupuk hayati berpotensi meningkatkan residu P tersedia di tanah yang dapat dimanfaatkan untuk tanaman selanjutnya, meskipun tidak berpengaruh terhadap residu N di tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Arfarita, N, Muhibuddin A, Imai T. 2019. *Exploration of Indigenous Free Nitrogen-Fixing Bacteria from Rhizosphere of Vigna radiata for Agricultural Land Treatment*. Journal of Degraded and Mine Land Management. 6(2):1617-1623.
- Arhadinejad T, Khakzad A, Jafari M, Shoaee Z, Khosrotehrani K, Nobari R, Shahrokhi V. 2014. *The Study of Environmental Effects of Chemical Fertilizers and Domestic Sewage on Water Quality of Taft Region, Central Iran*. Arabian Journal of Geoscience 7, 221–229.
- Bhardwaj D, Ansari MW, Sahoo RK, Tuteja N. 2014. *Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity*. Microb Cell Fact. 13,66.
- Bradáčová K, Florea AS, Bar-Tal A, Minz D, Yermiyahu U, Shawahna R, Kraut-Cohen J, et al. 2019. *Microbial Consortia versus Single-Strain Inoculants: An Advantage in PGPM-*



- Assisted Tomato Production?. Agronomy*. 9,105.
- Chen Y, Camps-Arbestain M, Shen Q, Singh B, Luz Cayuela M. 2018. *The Long-Term Role of Organic Amendments in Building Soil Nutrient Fertility: A Meta-Analysis and Review*. Nutrient Cycle in Agroecosystem. 111:103–125.
- Dewan MM, Alwan KF, Alsahaf FH 2018. *New Way to Increase The Efficiency of Aspergillus niger and Penicillium chrysogenum as Biofertilizers on Wheat by Using Extraction of Okra Bark and Turmeric*. International Journal of Scientific & Engineering Research. 9(4): 1046-1065.
- Fendrihan S, Constantinescu F, Sorina OAD. 2017. *Azospirillum Strains as Biofertilizers and Biocontrol Agents-A Practical Review Type (Method/ Approach) Literature analysis, Review of State of The Art*. Journal of Advances in Agriculture. 7(3)1096-1105.
- Fitriatin BN, Sofyan ET, Yuniarti A, Turmuktini T. 2019. *Soil Nitrogen and P-Available as Affected by Biofertilizers Application and Inorganic Fertilizers on Andisols*. International Journal of Agriculture, Environment and Bioresearch. 4(3):11-15.
- Fitriatin BN, Febriani S, Yuniarti A. 2021. *Application of Biofertilizers to Increase Upland Rice Growth, Soil Nitrogen and Fertilizer Use Efficiency*. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 648 (2021): 012138.
- Hindersah R, Suryatmana P, Fitriatin BN, Setiawati MS. 2017. *Effect of Liquid Biofertilizer on Soil Nitrogen And Phosphorous, and Yield of Choy Sum (Brassica Rapa L.) Growin in Pot Culture*. International Journal of Research in Engineering and Science. 5(11):61-62.
- Hindersah R, Setiawati MR, Asmiran P, Fitriatin BN. 2020. *Formulation of Bacillus and Azotobacter Consortia in Liquid Cultures: Preliminary Research on Microbes-Coated Urea*. International Journal of Agricultur System. 8(1):1-10.
- Kalay, M., Uluputty MR, Leklioy J, Hindersah R, Talahaturuson A. 2018. *Aplikasi Pupuk Hayati Konsorsium dan Inokulan Padat Trichoderma harzianum Terhadap Produktivitas Tanaman Sawi pada Lahan Terkontaminasi Rhizoctonia solani*. Agrologia. 5(2): 78-86.
- Margalef O, Sardans J, Fernández-Martínez M, Molowny-Horas R, Janssens IA, Ciais P, Goll DG, Richter A, Obersteiner M, Asensio D, Peñuelas J. 2017. *Global patterns of phosphatase activity in natural soils*. Scientific Reports. 7(1337).
- Nosrati R, Owlia P, Saderi H, Rasooli I, Malboob MA. 2014. *Phosphate Solubilization Characteristics of Efficient Nitrogen Fixing Soil Azotobacter Strains*. Iranian Journal of Microbiology. 6(4): 285–295.
- Odoh CK, Sam K, Zabbey N, Eze CN, Nwankwegu AS, Laku C, Dumpe BB. 2020. *Microbial Consortium as Biofertilizers for Crops Growing Under the Extreme Habitats*. In Yadav AN, Singh J, Rastegari A.A., Yadav N. (Eds.). *Plant Microbiomes for sustainable agriculture*. Chapter 13, pp 381-424. Springer
- PPT. 1995. *Kombinasi Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Status Kesuburannya*. Pusat Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian. Bogor

- Souza EM, Chubatsu LS, Huergo LF, Monteiro LA, Camilios-Neto D, Wassem L, Pedrosa FO. 2014. *Use of Nitrogen-Fixing Bacteria to Improve Agricultural Productivity*. Biomedical Central Proceeding. 8(Supp. 4):O23.
- Syamsiyah J, Sumarno, Suryono, Sari W, Anwar M. 2018. *Chemical Properties of Inceptisol and Rice Yields Applied with Mixed Source Fertilizer (MSF)*. Journal of Tropical Soils. 23(1):1-9.
- Tahir M, Sajjad M, Zaheer A, Dimitrov MR, Smidt H, Hameed S. 2013. *Isolation and Identification of Phosphate Solubilizer Azospirillum, Bacillus and Enterobacter Strains by 16SrRNA Sequence Analysis and Their Effect on Growth of Wheat (Triticum aestivum L.)*. Asian Journal of Crop Science. 7(9):1284-1292.
- Voncoir N, Mustapha S, Amba AA, Kparmwang T. 2006. *Inherent Fertility Status of Alfisols, Inceptisols and Entisols in the Gubi Series, Bauchi, Bauchi Stte, Nigeria*. Journal of Applied Sciences. 6(3):2825-2828.
- Widnyana IK, Javandira C. 2016. *Activities Pseudomonas spp. and Bacillus sp. to Stimulate Germination and Seedling Growth of Tomato Plants*. Agriculture and Agricultural Science Procedia. 9:419-423.
- Zhao Z, Zhang C, Li F, Gao S, Zhang J. 2020. *Effect of Compost and Inorganic Fertilizer on Organic Carbon and Activities of Carbon Cycle Enzymes in Aggregates of An Intensively Cultivated Vertisol*. PLoS ONE. 15(3): e0229644.

\*\*\*