

## Efektifitas *Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas* sp. sebagai *Plant Growth promoting Rhizobacteria* (PGPR) terhadap tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) pada Andisol-Lembang

Pujawati Suryatmana, Nadia Nuraniya Kamaluddin, dan Mieke Rochimi Setiawati

Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran  
Jl. Raya Bandung- Sumedang KM 21 Jatinangor Sumedang

Korespondensi: [pujawati@unpad.ac.id](mailto:pujawati@unpad.ac.id)

### ABSTRACT

*The concept of balanced fertilization application is appropriate for tomato plant cultivation. However, most farmers still apply inorganic fertilizers excessively, which negatively impacts the environment and plant productivity. Alternative efforts can be made to reduce the usage for inorganic fertilizers through effective plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) application. This research studied the characteristics of the PGPR inoculants effectiveness (*Azotobacter* sp. and *Pseudomonas* sp.) combined with NPK towards tomato in Lembang Andisol. The experimental design used was randomized block design, with three replications: A (Control), B (1 PGPR + 0 NPK), C (1 PGPR + NPK), D (1 PGPR + NPK), E (1 PGPR + NPK), F (1 PGPR + 1 NPK), G (1 PGPR + 1 NPK), H (2 PGPR + 1 NPK), I (0 PGPR + 1 NPK), J (½ PGPR + 1 NPK). The results showed the treatments of C, F, and J resulted in higher total soil N content than the control treatment. Meanwhile, C and D treatment increased plant N uptake compared to control. Nitrogen uptake increased with the decrease of NPK dose application. All of the PGPR inoculation treatments with NPK combination did not increase *Azotobacter* sp. population and tomato yield. The yield of tomatoes per hectare showed that the PGPR inoculation at a dose of 3 l/ha (1 PGPR + NPK) increased yield by 28.7% compared to 1 NPK (150 kg/ha of Urea, 100 kg SP-36 and 50 kg/ha KCl) dose. Application of 3 l/ha of PGPR inoculant can save up to 75% of NPK usage.*

*Keywords: Azotobacter* sp., Andisol, *Lycopersicum esculentum*., PGPR, *Pseudomonas* sp.

### 1. PENDAHULUAN

Budidaya tanaman tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.) di Indonesia khususnya di daerah Jawa-Barat umumnya dilakukan di wilayah dataran tinggi. Lahan pertanian dataran tinggi di Jawa Barat sebagian besar merupakan tanah dengan ordo Andisols. Andisols adalah tanah yang berkembang dari material vulkanik, khususnya abu vulkanik yang banyak mengandung gelas vulkanik (Yatno dan Suharta, 2011). Berdasarkan sifat fisik, kimia maupun biologi tanah yang berkembang dari bahan vulkanik memiliki tingkat kesuburan yang tinggi. Namun, pada tanah abu vulkanik seperti Andisols jumlah nitrogen sering kali terbatas.

Pada tanah vulkanik penyerapan nitrogen yang berasal dari urea atau ammonium oleh tanaman tidak efisien (Sukarman dan Dariah, 2014). Andisols adalah tanah yang terbentuk dari hasil erupsi vulkanik (seperti abu vulkanik, batu apung, abu, dan lava) yang fraksi koloidnya didominasi oleh mineral *shrot-*

*range-order* (alofan, imogilit, ferihidrit) atau Al-humus (Hardjowigeno, 2010; Soil Survey Staff, 2014;). Di Indonesia sendiri luas Andisols yaitu sekitar 5,4 juta hektar atau 3,4% dari total luas daratannya yang sebagian besar terdapat di dataran tinggi (Yatno dan Suharta, 2011).

Tomat merupakan tanaman sayuran yang dimanfaatkan bagian buahnya. Buah tomat mengandung banyak vitamin seperti vitamin C, vitamin B dan vitamin E serta mineral seperti Ca, Mg, Cl, Na, P, K, Fe, S dan lycopene (Siagian, 2005). Produktivitas tomat sendiri mengalami fluktuasi dari tahun ke tahunnya. Produktivitas yang masih rendah ini salah satunya disebabkan oleh pengelolaan sistem pertanian yang kurang baik. Sebagian besar lahan pertanian diusahakan dengan intensif dengan input pupuk anorganik yang berlebihan. Hal ini tentunya tidak menjamin lahan pertanian dapat digunakan secara berkelanjutan.

Prinsip pertanian berkelanjutan harus memperhatikan keseluruhan agroekosistem,

keanekaragaman biokimia yang berpotensi untuk mengurangi dampak buruk akibat rendahnya kesuburan tanah, cekaman abiotik, patogen dan hama (Bargaz *et al.*, 2018). Tanaman tomat termasuk ke dalam tanaman semusim yang memerlukan unsur hara N, P, dan K dalam jumlah banyak. Upaya untuk memenuhi kebutuhan unsur hara makro dapat dilakukan melalui pemupukan anorganik. Selain itu, penggunaan pupuk hayati dapat dipertimbangkan sebagai bahan pupuk yang dapat menjaga kelestarian lingkungan. Aplikasi pupuk hayati mampu mensubstitusi kebutuhan hara dari pupuk anorganik (Saraswati, 2012). Pupuk hayati juga dapat berperan dalam perombakan dan mineralisasi unsur organik dan memacu pertumbuhan.

Pupuk hayati adalah inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk menambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara dalam tanah bagi tanaman (Simanungkalit, dkk., 2006). Organisme tersebut berupa mikroba fungsional, salah satu mikroba fungsional sebagai agen utama dalam pupuk hayati adalah mikroba penambat N dan bakteri pelarut Fosfat. Pupuk hayati yang mengandung konsorsium pemfiksasi N dan pelarut fosfat merupakan jenis pupuk hayati yang potensial secara lengkap sebagai sumber Nitrogen dan meningkatkan Fosfat tersedia. Bakteri pemfiksasi yang potensial sebagai inokulan pemfiksasi N adalah *Azotobacter* spp., sedangkan bakteri yang memiliki sifat mampu melarutkan fosfat terikat (bakteri pelarut fosfat) adalah *Pseudomonas* sp.

*Azotobacter* merupakan bakteri pengikat N<sub>2</sub> non-simbiosis dengan keanekaragaman yang tinggi dan tersebar luas di tanah. Kelompok bakteri ini dapat mewakili sumber N alami yang dominan dalam ekosistem tanah dan dapat meningkatkan ketersediaan N bagi tanaman (Din *et al.*, 2019). *Azotobacter* juga dapat meningkatkan ketersediaan P (Velmourougane *et al.*, 2019), berperan dalam memacu pertumbuhan tanaman, meningkatkan efisiensi penggunaan nutrisi N, perlindungan terhadap fitopatogen, dan biosintesis fitohormon (Aasfar *et al.*, 2021). Namun demikian, spesies *Azotobacter* masih perlu

dieksploitasi secara bijaksana untuk mengatasi tantangan pertanian tertentu, misalnya: kekurangan nutrisi, kendala biotik dan abiotik. Hal ini dapat dilakukan dengan mempertimbangkan beberapa variabel termasuk fungsi biologis, sinergi dan interaksi multitrofik, serta biogeografi dan kelimpahan dan distribusinya (Aasfar *et al.*, 2021). Uji multi-lokasi juga diperlukan untuk menentukan efektivitas mikroba tersebut, termasuk potensinya pada saat diproduksi dalam skala industri.

Mikroba fungsional *Pseudomonas* sp. telah teridentifikasi sebagai bakteri pelarut fosfat (BPF) dan penghasil fitohormon. Berbagai penelitian melaporkan bahwa BPF berperan penting dalam mobilisasi dan transformasi fosfat di dalam tanah. Peran BPF sebagai pupuk hayati merupakan alternatif pemecahan masalah ketersediaan fosfat bagi tanaman (Wei *et al.*, 2017). Meskipun suatu tanah mengandung fosfor dalam jumlah tinggi, ketersediaannya bagi tanaman seringkali sangat rendah, karena fosfor mudah bereaksi dengan senyawa lain, terutama besi, aluminium, dan kalsium membentuk sedimen (Weil dan Brady, 2017). Ketersediaan fosfat dalam tanah dapat ditingkatkan dengan bantuan mikroba pelarut fosfat (Wei *et al.*, 2017).

*Pseudomonas* dapat memproduksi enzim fosfatase yang dapat digunakan untuk mendukung proses mineralisasi fosfat dalam tanah, mekanisme lain adalah melalui produksi asam organik untuk melepaskan fosfat terikat (Hungria *et al.* 2015; Fallo *et al.* 2015). Selain itu, *Pseudomonas* dapat mensintesis senyawa alami sebagai fitohormon, seperti *indole acetic acid* (IAA), yang berperan dalam mendorong pertumbuhan tanaman (Li *et al.*, 2018; Qin dan Huang, 2018). Sehingga, bakteri ini dikenal juga sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobakteri* (PGPR) yang dapat berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Aplikasi kedua isolat (*Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas* sp.) sebagai bioagent utama pupuk hayati dalam bentuk konsorsium seringkali mengalami interaksi yang negatif. Kombinasi kedua isolate ini juga dinilai tidak adaptif terhadap lingkungan baru saat diapli-

kasikan, sehingga efektifitasnya menjadi tidak maksimal bahkan tidak berpengaruh. Oleh karena itu, diperlukan uji efektifitas dan viabilitas dari pupuk hayati untuk mengetahui efektifitas inokulan dalam memelihara ekosistem tanah menjadi lebih sehat. Menurut Lescourret *et al.* (2015) menjaga ekosistem tanah dengan menyediakan nutrisi seimbang dan inokulan yang aman dan efektif adalah suatu upaya untuk menjamin keberlanjutan agroekosistem.

Penelitian difokuskan pada pengujian efek aplikasi kultur PGPR konsorsium (*Azotobacter* sp dan *Pseudomonas* sp.) terhadap N-total tanah, serapan N, viabilitas *Azotobacter* sp., dan hasil tanaman tomat. Komponen hasil direpresetasikan oleh hasil bobot buah per tanaman, bobot per buah dan jumlah buah per tanaman, serta potensi dari konversi hasil tomat per hektar.

## 2. BAHAN DAN METODE

Percobaan dilaksanakan di lahan pertanian Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat. Jenis tanah di lokasi penelitian termasuk kepada ordo Andisols dengan ketinggian tempat  $\pm 1250$  m dpl. Klasifikasi iklim berdasarkan Schmidt-Fergusson termasuk ke dalam tipe C, dengan suhu rata-rata 20-25°C dan kelembaban relatif yaitu 88%.

Tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yang digunakan adalah varietas Amala. Bahan inokulan konsorsium PGPR, pupuk kotoran hewan ayam sebagai pupuk dasar, serta pupuk Urea, SP36, dan KCl, dan sample tanah.

### 2.1 Rancangan Percobaan

Percobaan ini dilaksanakan dengan menggunakan metode eksperimen Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 10 kombinasi perlakuan, dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali ulangan. Kombinasi perlakuan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

### 2.2 Tahapan Percobaan

#### 2.2.1 Aplikasi inokulan PGPR Konsorsium dan Pupuk Anorganik

Inokulasi kultur PGPR konsorsium dilakukan dengan mencampurkan kultur inokulan dengan 5 ton/ ha kompos. Campuran inokulan dan kompos diaduk secara merata, kemudian ditaburkan di gululudan yang telah disiapkan. Pupuk anorganik (seluruh pupuk N, P dan K) diaplikasikan pada 15 HST dan 45 HST. Sebelum diaplikasikan pupuk anorganik dicampurkan secara merata. Aplikasi pupuk dilakukan pada sisi lubang tanaman (jarak 5 cm dari batang tanaman).

**Tabel 1** Kombinasi Perlakuan inokulan konsorsium PGPR dengan N, P, K terhadap Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.) varietas Amala

Kode	Perlakuan	PGPR (l/ha)	Dosis NPK Standar per ha (kg)		
			Urea	SP-36	KCl
A	Kontrol	0	0	0	0
B	1 PGPR + 0 NPK	3	0	0	0
C	1 PGPR + ¼ NPK	3	37,5	25	125
D	1 PGPR + ½ NPK	3	75	50	25
E	1 PGPR + ¾ NPK	3	112,5	75	37,5
F	1 PGPR + 1 NPK	3	150	100	50
G	1 ½ PGPR + 1 NPK	4,5	150	100	50
H	2 PGPR + 1 NPK	6	150	100	50
I	0 PGPR + 1 NPK	0	150	100	50
J	½ PGPR + 1 NPK	1,5	150	100	50

Keterangan:

- Kontrol adalah perlakuan tanpa inokulan PGPR konsorsium dan tanpa N, P, dan K.
- Pupuk NPK standar adalah perlakuan pupuk anorganik dosis anjuran setempat untuk tanaman tomat (150 kg Urea, 100 kg SP-36, dan 50 kg KCl per hektar)
- Perlakuan dosis inokulan PGPR adalah 3 liter per hektar, yang dilarutkan 1liter dalam 1500 liter air.

### 2.2.3 Pengamatan Parameter Analisis

Pengamatan dilakukan terhadap kadar nitrogen (pada tanah dan tanaman), populasi *Azotobacter* sp., dan komponen hasil tanaman (buah panen). Viabilitas *Azotobacter* sp. dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah percobaan sebanyak 10 g dari daerah rizosfir dan dianalisis kepadatan populasi *Azotobacter* sp. dengan metode serial pengenceran *total plate count* (TPC). Analisis serapan hara tanaman dilakukan dengan mendestruksi 1 tanaman dari 4 tanaman pada saat umur 4 MST.

Buah tomat dipanen pada umur 72-85 HST, yang memberikan ciri-ciri: kulit buah sudah berwarna kemerahan, bagian tepi daun tua sudah mengering dan batang menguning. Panen dilakukan pada pagi hari dan pemanenan dilakukan sebanyak lima kali

dalam interval satu minggu sekali. Selain pengamatan terhadap parameter analisis, pengamatan penunjang dilakukan terhadap karakteristik tanah awal.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Hasil Analisis Tanah awal

Hasil analisis tanah awal disajikan pada Tabel 2. Berdasarkan hasil analisis tanah awal percobaan dapat digambarkan bahwa Andisols Lembang memiliki sifat kimia dan fisika yang terbilang optimum untuk tanaman tomat, pH H<sub>2</sub>O menunjukkan nilai 5,45 dengan kriteria masam. pH tanah ini sesuai dengan syarat pH yang dibutuhkan tanaman tomat yang berkisar antara 5,00-7,00. Nilai pH sendiri berpengaruh terhadap penyerapan unsur hara baik unsur hara makro maupun mikro.

**Tabel 2** Karakteristik Andisol Lembang.

Jenis Analisis	Satuan	Hasil	Kriteria*
pH H <sub>2</sub> O		5,45	Masam
pH KCl		4,90	Masam
C-Organik	(%)	2,88	Sedang
N-Total	(%)	0,30	Sedang
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Tersedia	(ppm)	11,55	Sedang
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Potensial	(mg 100 g <sup>-1</sup> )	10,13	Sangat Rendah
K <sub>2</sub> O Potensial	(mg 100 g <sup>-1</sup> )	103,59	Sangat Tinggi
Retensi P	(%)	87,42	Tinggi
KTK	(cmol.kg <sup>-1</sup> )	21,53	Sedang
Susunan Kation			
K – dd	(cmol.kg <sup>-1</sup> )	2,28	Sangat Tinggi
Na – dd	(cmol.kg <sup>-1</sup> )	0,34	Rendah
Ca – dd	(cmol.kg <sup>-1</sup> )	2,47	Rendah
Mg – dd	(cmol.kg <sup>-1</sup> )	0,25	Sangat Rendah
Tekstur :			
Pasir	(%)	9,75	Liat Berdebu
Debu	(%)	41,24	
Liat	(%)	49,01	
Total Bakteri <i>Azotobacter</i> spp.	CFU/g	0,5x10 <sup>3</sup>	

\*Sumber kriteria: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2005).

Nilai N-total 0,30 % termasuk dalam kategori sedang. Kandungan P tersedia pada lahan percobaan sebesar 11,55 ppm termasuk dalam kategori sedang. Nilai P potensial 10,13 mg.100 g<sup>-1</sup> termasuk dalam kategori sangat rendah. Nilai K potensial 103,59 mg.100 g<sup>-1</sup>

termasuk dalam kategori sangat tinggi. Nilai C-organik sebesar 2,88% termasuk kategori sedang KTK 21,53 cmol.kg<sup>-1</sup> termasuk dalam kategori sedang. Nilai retensi P pada lahan percobaan termasuk dalam kategori tinggi yaitu sebesar 87,42% yang mana sesuai

dengan karakteristik Andisols yang mempunyai retensi P yang tinggi. Kandungan retensi P ini menjadi penghambat tersedianya P bagi tanaman sehingga perlu aplikasi pemupukan.

Susunan kation bervariasi yaitu K-dd ( $2,28 \text{ cmol.kg}^{-1}$ ) yang termasuk dalam kategori sangat tinggi, Na-dd ( $0,34 \text{ cmol.kg}^{-1}$ ) dan Ca-dd ( $2,47 \text{ cmol.kg}^{-1}$ ) yang termasuk dalam kategori rendah, serta Mg-dd ( $0,25 \text{ cmol.kg}^{-1}$ ) yang termasuk dalam kategori sangat rendah. Tekstur tanah pada lahan percobaan yaitu liat berdebu. Serta populasi *Azotobacter* spp. yaitu  $0,5 \times 10^3 \text{ CFU/g}$ .

### 3.2 Kandungan Total Nitrogen Tanah

Berdasarkan hasil uji statistik terhadap kandungan N total tanah ditampilkannya pada Tabel 3. Hasil analisis menunjukkan bahwa aplikasi inokulan kultur PGPR konsorsium yang dikombinasikan dengan NPK memberikan pengaruh nyata terhadap N-total. Nilai N-total tertinggi berdasarkan hasil uji statistik adalah 0,42% yaitu pada perlakuan F (1 PGPR + 1 NPK) berbeda nyata dengan control dan perlakuan 1 dosis NPK, perlakuan 1 PGPR, perlakuan 1 PGPR+ 1/2 NPK, perlakuan 1 PGPR+3/4 NPK dan perlakuan 1 1/2 PGPR+1 NPK. Sementara perlakuan terendah yaitu pada perlakuan A (Kontrol) dengan hasil 0,37%.

Pada dosis inokulan PGPR yang ditingkatkan menjadi 1 1/2 PGPR + 1 NPK (perlakuan G) nilai N-total menunjukkan nilai yang lebih rendah dari perlakuan F, sementara saat ditingkatkan dosisnya menjadi 2 PGPR + 1 NPK (perlakuan H) nilai N-total cenderung meningkat tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan F. Hal ini terjadi karena mikroba pada pupuk hayati dosis 1 1/2 PGPR + 1 NPK masih mengalami adaptasi dan persaingan dalam memperoleh sumber karbonnya, sehingga efek inokulan meskipun ditingkatkan belum memberikan efek yang maksimal dalam meningkatkan N-total tanah.

Pada dosis 2 PGPR + 1 NPK tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan perlakuan 1 PGPR, dengan demikian, penambahan jumlah populasi inokulan tidak

berkorelasi dengan peningkatan N total tanah. Jumlah populasi bakteri yang meningkat tidak secara otomatis meningkatkan aktifitas fiksasi nitrogen oleh inokulan *Azotobacter* sp. Fenomena ini dapat dijelaskan karena adanya fase adaptasi yang kurang optimal dari inokulan yang diaplikasikan terhadap lingkungannya baru yang dihadapi *Azotobacter* sp, sehingga aktifitas dalam memfiksasi N mengalami hambatan. Hal ini mengakibatkan inokulan *Azotobacter* sp. yang diaplikasikan tidak mampu memberikan peningkatan pasokan N tanah yang maksimal.

**Tabel 3** Pengaruh Kombinasi inokulasi PGPR konsorsium dengan N, P, K terhadap N-total Tanah pada Andisols Lembang

Kode	Perlakuan	N-total (%)
A	Kontrol	0,37 a
B	1 PGPR + 0 NPK	0,39 abc
C	1 PGPR + 1/4 NPK	0,40 bcd
D	1 PGPR+ 1/2 NPK	0,38 ab
E	1 PGPR + 3/4 NPK	0,39 abc
F	1 PGPR + 1 NPK	0,42 d
G	1 1/2 PGPR + 1 NPK	0,38 ab
H	2 PGPR + 1 NPK	0,41 cd
I	0 PGPR + 1 NPK	0,39 abc
J	1/2 PGPR + 1 NPK	0,40 bcd

Keterangan: angka yang di ikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %

Perlakuan C (1 PGPR + 1/2 NPK) memperlihatkan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan F (1 PGPR+1 NPK), hasil ini menggambarkan perlakuan 1 PGPR + 1/2 NPK lebih efisien dalam pemupukan karena dengan dosis 1/2 NPK yang lebih rendah dapat memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan dengan dosis 1 NPK. Hal lain yang dapat dikemukakan adalah aplikasi dosis 1 PGPR dapat meningkatkan N total tanah secara signifikan dibandingkan dengan perlakuan 1 NPK. Dengan demikian inokulasi dosis 1PGPR sudah dapat memperbaiki kesuburan tanah Andisol Lembang.

Pupuk hayati yang mengandung *Azotobacter* sp. dalam bentuk konsorsium

(*Azotobacter* sp. dan *Pseudomonas* sp.) menunjukkan kompatibilitas yang positif, terbukti *Azotobacter* sp. mampu menambat N dari atmosfer dan merubahnya menjadi N tersedia, sehingga terjadi peningkatan N-total tanah. Sejalan dengan hasil penelitian Mahendran and Kumar (1998) aplikasi pupuk hayati meningkatkan unsur hara dalam tanah jika dibandingkan dengan aplikasi pupuk N anorganik.

### 3.3 Serapan N tanaman

Hasil uji statistik menunjukkan bahwa pemberian inokulan PGPR konsorsium yang dikombinasikan dengan NPK memberikan pengaruh nyata terhadap serapan N tanaman tomat (Tabel 4). Perlakuan C (1 HMC + ¼ NPK) menunjukkan hasil yang tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Sementara itu, perlakuan F (1 HMC + 1 NPK) menunjukkan hasil terendah. Perlakuan lainnya (A, B, E, F, G, H dan I) tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dalam serapan N tanaman tomat.

**Tabel 4** Pengaruh Kombinasi Pupuk Hayati Majemuk Cair dengan N, P, K terhadap Serapan N Tanaman Tomat Varietas Amala

Kode	Perlakuan	Kadar N (%)	Serapan N (mg/tanaman)
A	Kontrol	15,83	4,69ab
B	1 HMC + 0 NPK	15,94	5,38bc
C	1 HMC + ¼ NPK	20,71	6,60d
D	1 HMC + ½ NPK	19,80	6,33cd
E	1 HMC + ¾ NPK	16,92	4,90ab
F	1 HMC + 1 NPK	12,95	3,91a
G	1 ½ HMC + 1 NPK	14,50	4,49ab
H	2 HMC + 1 NPK	15,46	4,70ab
I	0 HMC + 1 NPK	13,16	4,03a
J	½ HMC + 1 NPK	18,00	5,58bcd

Keterangan: angka yang di ikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %.

Peningkatan dosis inokulan PGPR tampaknya tidak memberikan efek terhadap serapan N tanaman tomat. Hal ini dapat diakibatkan karena mikroba fungsional penambat N (*Azotobacter* sp.) yang ada dalam pupuk hayati hanya mampu efektif menyedia-

kan N yang dapat diserap tanaman pada kondisi dengan kandungan NPK dosis yang rendah yaitu ¼ NPK dosis anjuran. Fenomena ini dikarenakan terjadinya hambatan aktifitas fiksasi N oleh *Azotobacter* sp. pada kondisi dosis NPK yang tinggi. Menurut Saraswati, dkk. (2009) penambatan N<sub>2</sub> oleh mikroba dapat terhambat jika pemberian N mineral dalam konsentrasi tinggi atau berlebih. Hal ini sejalan dengan pernyataan Katupitiya and Vlassak (1990) dimana pemberian pupuk N dosis tinggi menghambat aktivitas enzim nitrogenase pada bakteri penambat N sehingga dapat menghambat penambatan N.

Kandungan mikroba fungsional penambat N (*Azotobacter* sp.) pada pupuk hayati inokulan PGPR mampu meningkatkan N total dalam tanah yang berkorelasi dengan N yang dapat diserap oleh tanaman tomat. Serapan N tanaman tomat lebih tinggi pada perlakuan NPK dosis ½ dan ¼ dosis anjuran yang sering digunakan petani Lembang (Tabel 4). Menurut Mahendran and Chandramani (1998); Abou-Zeid & Bakry (2011); Kader, *et al.* (2002), serapan N dapat meningkat apabila menggunakan dua jenis bakteri pemfiksasi N yaitu *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. Namun, pada penelitian ini spesies bakteri pemfiksasi N yang digunakan hanya *Azotobacter* sp. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan bakteri pemfiksasi N *Azotobacter* sp. mempunyai kemampuan yang setara dengan penggunaan *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp dalam meningkatkan serapan N.

### 3.4 Viabilitas *Azotobacter* sp. selama pertumbuhan tanaman tomat

Populasi *Azotobacter* sp. dalam tanah sebelum percobaan adalah 0,5 x 10<sup>3</sup>CFU/g, dengan perlakuan inokulasi PGPR konsorsium terjadi peningkatan terhadap populasi *Azotobacter* sp. Namun, populasi *Azotobacter* sp. antar perlakuan tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan selama pertumbuhan tanaman tomat (Tabel 5). Hasil percobaan menunjukkan bahwa perlakuan yang memiliki kecenderungan hasil yang lebih tinggi adalah perlakuan H (2 HMC + 1 NPK) yaitu 3,01 x 10<sup>4</sup> CFU/g, sementara perlakuan yang cenderung

terendah adalah perlakuan A (Kontrol) yaitu  $1,28 \times 10^4$  CFU/g. Perlakuan A (Kontrol) dan perlakuan I (0 HMC + 1 NPK) juga mengalami peningkatan populasi *Azotobacter* sp. dibanding sebelum percobaan, hal ini menunjukkan bahwa *Azotobacter* sp. *indigenus* memiliki adaptasi yang setara dengan kemampuan adaptasi inokulan yang ditambahkan.

**Tabel 5** Pengaruh Kombinasi Pupuk Hayati Majemuk Cair dengan N, P, K terhadap Populasi Bakteri *Azotobacter* sp. pada Andisols Lembang.

Kode	Perlakuan	Populasi Bakteri <i>Azotobacter</i> sp. (CFU/g)
A	Kontrol	$1,28 \times 10^4$ a
B	1 HMC + 0 NPK	$1,45 \times 10^4$ a
C	1 HMC + $\frac{1}{4}$ NPK	$1,98 \times 10^4$ a
D	1 HMC + $\frac{1}{2}$ NPK	$2,05 \times 10^4$ a
E	1 HMC + $\frac{3}{4}$ NPK	$2,33 \times 10^4$ a
F	1 HMC + 1 NPK	$1,80 \times 10^4$ a
G	1 $\frac{1}{2}$ HMC + 1 NPK	$1,86 \times 10^4$ a
H	2 HMC + 1 NPK	$3,01 \times 10^4$ a
I	0 HMC + 1 NPK	$2,20 \times 10^4$ a
J	$\frac{1}{2}$ HMC + 1 NPK	$1,85 \times 10^4$ a

Keterangan: angka yang di ikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %.

Populasi *Azotobacter* sp. cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya dosis inokulan PGPR meskipun peningkatannya belum secara signifikan. Hal ini dapat dilihat pada perlakuan B (1 HMC + 0 NPK) hingga E (1 HMC +  $\frac{3}{4}$  NPK) populasi *Azotobacter* sp. yang cenderung meningkat. Pada dosis 1 HMC dan dosis NPK yang rendah ( $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$ , dan  $\frac{3}{4}$ ) diduga *Azotobacter* sp. mampu hidup dan berkembang biak dengan baik.

Data menunjukkan bahwa pada dosis NPK yang tinggi, *Azotobacter* sp. tidak mampu berkembang secara optimal. Hal ini diduga bahwa dosis NPK yang tinggi mengakibatkan populasi bakteri cenderung lebih rendah. Sementara pada dosis inokulan PGPR 2 HMC + 1 NPK (perlakuan H) populasi *Azotobacter* sp. cenderung lebih tinggi dari perlakuan lainnya.

Hal ini karena dengan dosis inokulan yang lebih tinggi, maka populasi *Azotobacter* sp. juga menjadi lebih tinggi. Hasil percobaan (Tabel 5) menunjukkan bahwa aplikasi PGPR yang dikombinasikan dengan dosis NPK yang rendah (dibawah dosis 1 NPK) akan memberikan serapan N tanaman yang lebih tinggi.

Aplikasi inokulan PGPR konsorsium mampu meningkatkan populasi *Azotobacter* sp. dibandingkan dengan pada saat analisis tanah awal, walaupun tidak berbeda nyata antar perlakuan. Hal ini dipengaruhi oleh adanya eksudat akar yang dihasilkan tanaman tomat. Hal ini juga akan berdampak kepada peningkatan populasi *Azotobacter* sp. Menurut Rao (1977) lingkungan *rizosfer* merupakan tempat tumbuh yang baik bagi mikroba karena terdapat eksudat akar yang berupa asam amino, gula dan asam organik yang dilepaskan akar sehingga menjadi stimulan yang dapat meningkatkan populasi dan aktivitas mikroba di rizosfir.

### 3.5 Komponen Hasil Tanaman Tomat

Berdasarkan hasil uji statistik, pemberian inokulan PGPR konsorsium yang dikombinasikan dengan NPK tidak berpengaruh nyata terhadap komponen hasil (Tabel 6). Hasil percobaan menunjukkan bahwa hasil bobot per buah berkisar antara 104-110 g, berdasarkan deskripsinya tanaman tomat varietas Amala mempunyai potensi bobot per buah yang berkisar antara 101-117 g. Perlakuan C (1 PGPR +  $\frac{1}{4}$  NPK) cenderung memberikan hasil yang lebih tinggi dengan bobot per buah 110,56 g, sementara perlakuan J ( $\frac{1}{2}$  PGPR + 1 NPK) cenderung memberikan hasil yang lebih rendah dari semua perlakuan yaitu 104,10 g, meskipun secara signifikan belum menunjukkan perbedaan yang nyata.

Pada komponen hasil bobot buah per tanaman perlakuan C juga cenderung memberikan hasil yang lebih tinggi yaitu 2356,67 g/tanaman sementara perlakuan A cenderung memberikan hasil lebih rendah yaitu 1768,33 g/tanaman. Berdasarkan deskripsi tomat varietas Amala mempunyai potensi hasil berkisar antara 2,10-3,07 kg/tanaman. Jika

populasi rata-rata tanaman tomat per hektar sebanyak 20.000 tanaman maka konversi hasil bobot buah tanaman dari kg/tanaman menjadi ton/ha dengan faktor koreksi 15 %. Faktor

koreksi adalah faktor penyesuaian dari kondisi ideal ke kondisi sebenarnya untuk suatu variabel tertentu.

**Tabel 6** Pengaruh Kombinasi Pupuk Hayati Majemuk Cair dengan N, P, K terhadap Komponen Hasil Tanaman Tomat Varietas Amala

Kode	Perlakuan	Bobot per Buah (g)	Bobot Buah per Tanaman (g/tanaman)	Jumlah Buah per Tanaman
A	Kontrol	105,19a	1768,33a	52,33a
B	1 PGPR + 0 NPK	109,70a	1895,00a	41,00a
C	1 PGPR + ¼ NPK	110,56a	2356,67a	68,33a
D	1 PGPR + ½ NPK	109,19a	2193,33a	51,67a
E	1 PGPR + ¾ NPK	106,07a	2073,33a	52,33a
F	1 PGPR + 1 NPK	107,78a	2120,00a	55,67a
G	1 ½ PGPR + 1 NPK	110,28a	2265,00a	60,67a
H	2 PGPR + 1 NPK	108,59a	2166,67a	49,67a
I	0 PGPR + 1 NPK	105,22a	1840,00a	46,67a
J	½ PGPR + 1 NPK	104,10a	1990,00a	45,33a

Keterangan: angka yang di ikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5 %

Pada komponen hasil jumlah buah per tanaman perlakuan C (1 PGPR + ¼ NPK) juga cenderung memberikan hasil yang lebih tinggi yaitu 68,33 buah. Berdasarkan deskripsinya tanaman tomat varietas Amala berpotensi menghasilkan jumlah buah selama panen yaitu berkisar antara 19-33 buah. Dengan aplikasi kombinasi inokulasi PGPR dengan NPK mampu menghasilkan jumlah buah diatas potensi tomat varietas Amala yaitu 41,00 – 68,33 buah /tanaman. Hal ini juga menunjukkan bahwa aplikasi inokulan PGPR konsorsium mampu mengurangi kebutuhan NPK. Penggunaan NPK yang lebih rendah (¼ dosis NPK + 1PGPR) cenderung dapat menghasilkan panen buah tomat yang lebih tinggi dibandingkan dengan NPK dengan dosis anjuran (1 NPK tanpa PGPR).

Hasil analisis (Tabel 7) menunjukkan bahwa pada aplikasi 1 PGPR yang dikombinasikan dengan dosis ¼ NPK meningkatkan hasil tomat sebesar 28,70% lebih tinggi dari hasil dengan penggunaan 1 NPK. Hal ini menunjukkan konsorsium PGPR yang digunakan mampu bekerja efektif pada dosis pupuk NPK dengan dosis rendah, sehingga dapat menghemat penggunaan NPK sebesar 75%.

Hasil penelitian Mirzakhani, *et al.* (2009) melaporkan bahwa *Azotobacter* mampu meningkatkan N tersedia pada tanah sehingga meningkatkan hasil pada tanaman.

**Tabel 7** Hasil Konversi Satuan Bobot Buah per Tanaman ke ton/ha

Kode	Perlakuan	Bobot Buah ton/ha	Peningkatan hasil* (%)
A	Kontrol	30,06	-3,90
B	1 HMC + 0 NPK	32,22	-3,00
C	1 HMC + ¼ NPK	40,06	28,70
D	1 HMC + ½ NPK	37,29	18,21
E	1 HMC + ¾ NPK	35,25	12,69
F	1 HMC + 1 NPK	36,04	17,74
G	1 ½ HMC + 1 NPK	38,51	23,11
H	2 HMC + 1 NPK	36,83	17,74
I	0 HMC + 1 NPK	31,28	0
J	½ HMC + 1 NPK	33,83	8,15

\* dibandingkan dengan perlakuan 1 NPK

#### 4. KESIMPULAN

Perlakuan C (1 PGPR + ¼ NPK), F ((1 PGPR + 1 NPK), dan J (½ PGPR +1 NPK) menghasilkan kandungan N total tanah lebih tinggi dibandingkan perlakuan control. Sedangkan perlakuan C (1 PGPR + ¼ NPK) dan D (1 PGPR + ½ NPK) dapat meningkatkan

serapan N oleh tanaman tomat lebih tinggi secara signifikan dibandingkan perlakuan control. Serapan N meningkat berbanding terbalik dengan menurunnya aplikasi dosis NPK. Seluruh perlakuan kombinasi inokulasi konsorsium PGPR kombinasi NPK tidak memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan populasi *Azotobacter* sp. dan hasil tanaman tomat, Tetapi bila dikonversi ke dalam hasil per hektar menunjukkan bahwa inokulasi konsorsium PGPR pada dosis 3 L/ ha (1 PGPR) dapat meningkatkan hasil tomat sebesar 28.7% dibandingkan dengan hasil tomat yang menggunakan dosis 1 NPK (150 kg/ha Urea, 100 kg/ ha SP-36 dan 50 kg/ha KCl). Aplikasi 3 L/ha inokulan PGPR dapat menghemat penggunaan NPK sebesar 75 %.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aasfar, A., A. Bargaz, K. Yaakoubi, A. Hilali, I. Bennis, Y. Zeroual and I. M. Kadmiri. 2021. Nitrogen fixing *Azotobacter* species as potential soil biological enhancers for crop nutrition and yield stability. *Frontiers in Microbiology*. Vol 21: 628379.
- Bargaz, A., Lyamlouli, K., Chtouki, M., Zeroual, Y., and Dhiba, D. 2018. Soil microbial resources for improving fertilizers efficiency in an integrated plant nutrient management system. *Front. Microbiol.* 9:1606.
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Din, M., Nelofer, R., Salman, M., Abdullah, Khan, F. H., Khan, A. 2019. Production of nitrogen fixing *Azotobacter* (SR-4) and phosphorus solubilizing *Aspergillus niger* and their evaluation on *Lagenaria siceraria* and *Abelmoschus esculentus*. *Biotechnology Report*. 22(2019):e00323.
- Fallo, G., N. R. Mubarik, Triadiati. 2015. Potency of auxin producing and phosphate solubilizing bacteria from dryland in rice paddy field. *Res J Microbiol.* 10 (6): 246-259.
- Hardjowigeno, S. 2010. Ilmu Tanah. Akademi Pressindo. Jakarta.
- Hungria, M, M. A. Nogueira, R. S. Araujo. 2015. Soybean seed co-inoculation with *Bradyrhizobium* spp. and *Azospirillum brasilense*: a new biotechnological tool to improve yield and sustainability. *Am J Plant Sci.* 6: 811-817.
- Kader, M. A., M. H. Mian and M. S Hoque. 2002. Effect of *Azotobacter* inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences* 2 (4): 259-261.
- Katupitya, S. and Vlassak, K. 1990. Colonization of wheat roots by *Azospirillum brasilense*. *In: organic recycling in asia and the pacific.* Rapa Bulletin 6(8): 12 – 21.
- Li, M, R. Guo, F. Yu, X. Chen, H. Zhao, H. Li, J. Wu. 2018. Indole-3-acetic acid biosynthesis pathways in the plant beneficial bacterium *Arthrobacter pascens* ZZ21. *Intl J Mol Sci* 19 (443): 1-15.
- Mahendran, P.P. and Chandramani, P. 1998. NPK-uptake, yield and starch content of potato cv. Kufri Jyoti as influenced by certain biofertilizers. *Journal of the Indian Potatp Association*, 27(1-2): 50-52.
- Mahendran P.P. and Kumar, N. 1998. Effect of biofertilizers on tuber yield and certain quality parameters of potato cv. kufri Jyoti. *South India Horticulture*, 46(1-2): 47-48.
- Abou-Zeid, M.Y. and M. A. A. Bakry. 2011. Intregated effect of bio-organic manures and mineral fertilizers on potato productivity and the fertility status of a calcareous soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences.* 5(8): 1385 – 1399.
- Mirzakhani, M., M.R. Ardakani, M. R., F. Rejali, A. H. S. Rad, and M. Miransari. 2014. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) oil content and yield components as affected by co-inoculation with

- Azotobacter chroococcum* and *Glomus intraradices* at various N and P levels in a dry climate. In Mirzakhani, M. et. al [Eds.]. Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses. Springer Science + Business Media. New York. p: 153–164.
- Qin, H and Huang, R. 2018. Auxin controlled by ethylene steers root development. *Intl J Mol Sci.* 19(3656): 1-13.
- Rao, N. S. 1977. Soil Microorganisms and Plant Growth. Oxford and IBH Publishing. New Delhi.
- Saraswati, R.T., Prihatini, dan R. D. Hastuti. 2009. Teknologi pupuk mikroba untuk meningkatkan efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi padi sawah. *Dalam Agus, F [Ed.]. Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolaannya.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Saraswati, R. 2012. Teknologi pupuk hayati untuk efisiensi pemupukan dan keberlanjutan sistem produksi pertanian. *Dalam Wigena, P dkk [Eds.]. Prosiding Seminar Nasional Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi.* Bogor, 29 – 30 Juni 2012. Balai Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Hal: 727–38.
- Siagian, A. 2005. Lycopene senyawa fitokimia pada tomat dan semangka. *Info Kesehatan Masyarakat*, Vol. 9. No. 2
- Simanungkalit, R. D. M., D. A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini, dan W. Hartatik. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy 12<sup>th</sup> Edition. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
- Sukarman dan Dariah, A. 2014. Tanah Andosol di Indonesia Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Velmourougane, K., Prasanna, R., Chawla, G., Nain, L., Kumar, A., and Saxena, A. K. 2019. Trichoderma–Azotobacter biofilm inoculation improves soil nutrient availability and plant growth in wheat and cotton. *J. Basic Microbiol.* 59, 632–644.
- Wei, Y., Y. Zhao, M. Shi, Z. Cao, Q. Lu, T. Yang, Y. Fan, Z. Wei. 2017. Effect of organic acids production and bacterial community on the possible mechanism of phosphorus solubilization during composting with enriched phosphate-solubilizing bacteria inoculation, *Bioresour Technol.* 247: 190 – 199.
- Weil, R.R. and Brady, N.C. 2017. Soil phosphorus and potassium. *In The Nature and Properties of Soils.* 15th ed. Pearson, Columbus, OH, USA.
- Yatno, E., dan Suharta, N. 2011. Andisols derived from acid pyroclastic liparite tuff: their properties and their management strategy for agricultural development. *Jurnal Tanah dan Iklim.* 33/2011: 49–64.