

**PENGARUH *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA* (PGPR)
AKAR BAMBU DAN KOMPOS *Azolla pinnata* TERHADAP
PERTUMBUHAN DAN HASIL STEK *Talinum triangulare***

SKRIPSI



**UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A**

Disusun oleh:

**ADE TIYAN HANDAYANI
NIM H71219016**

**PROGRAM STUDI BIOLOGI
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL
SURABAYA
2023**

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Ade Tiyan Handayani

NIM : H71219016

Program Studi : Biologi

Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan skripsi saya yang berjudul "PENGARUH *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR)* AKAR BAMBU DAN KOMPOS *Azolla pinnata* TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL STEK *Talium triangulare*". Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 14 Juni 2023

Yang menyatakan,



Ade Tiyan Handayani
NIM. H71219016

HALAMAN PERSETUJUAN

Skripsi

Pengaruh Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)
Akar Bambu dan Kompos *Azolla pinnata* Terhadap Pertumbuhan
dan Hasil Stek *Talinum triangulare*.

Diajukan oleh:
Ade Tiyan Handayani
Nim H71219016

Telah diperiksa dan disetujui
di Surabaya, 14 Juni 2023

Dosen Pembimbing Utama



Saiku Rokhim, M.KKK.
NIP. 198612212014031001

Dosen Pembimbing Pendamping



Hanik Faizah, S.Si., M.Si.
NUP. 201409019

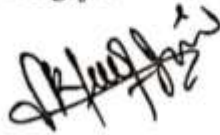
PENGESAHAN TIM PENGUJI SKRIPSI

Skripsi Ade Tiyan Handayani ini telah dipertahankan
di depan tim penguji skripsi
di Surabaya, 27 Juni 2023

Mengesahkan,

Dewan Penguji

Penguji I



Saiku Rokhim, M.KKK.
NIP. 198612212014031001

Penguji II



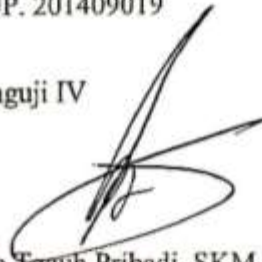
Hanik Faizah, S.Si., M.Si.
NUP. 201409019

Penguji III



Yuanita Rachmawati, M.Sc.
NIP. 198808192019032009

Penguji IV



Eko Teguh Pribadi, SKM., M.Kes.
NIP. 198001152014031001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi

UIN Ar-Raniry Ampel Surabaya




M. Hamdani, M.Pd.
NIP. 196507312000031002



KEMENTERIAN AGAMA
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA
PERPUSTAKAAN

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300
E-Mail: perpus@uinsby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Ade Tiyan Handayani
NIM : H71219016
Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Biologi
E-mail address : H71219016@student.uinsby.ac.id

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Skripsi Tesis Desertasi Lain-lain (.....)
yang berjudul :

Pengaruh *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* Akar Bambu dan Kompos *Azolla pinnata* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Stek *Talinum triangulare*

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 14 Juli 2023

Penulis

(Ade Tiyan Handayani)

ABSTRAK

PENGARUH *PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR)* AKAR BAMBU DAN KOMPOS *Azolla pinnata* TERHADAP PERTUMBUHAN DAN HASIL STEK *Talinum triangulare*

T. triangulare adalah tanaman yang memiliki banyak manfaat, oleh karena itu produksinya dapat ditingkatkan, salah satunya melalui stek batang yang didukung oleh pemupukan dengan *PGPR* dan kompos *Azolla* sebagai pupuk ramah lingkungan. Namun, konsentrasi yang sesuai perlu diketahui agar dapat berpengaruh baik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap stek batang *T. triangulare*. Desain penelitian menggunakan RAL. Faktor pertama yaitu *PGPR* (0%, 5%, 10%, dan 15%,) dan faktor kedua yaitu kompos *Azolla* (0, 5, 10, dan 15 gram/polybag). Pemberian pupuk dilakukan saat penanaman pertama dan sebulan sekali. Data dianalisis dengan uji *ANOVA* dan *Friedman*, dilanjutkan uji *DMRT* 5% jika berbeda nyata. Hasil menunjukkan *PGPR* telah memenuhi standar mutu kelayakan pupuk sesuai Keputusan Menteri No. 261/KPTS/SR/310/M/4/2019 pada parameter populasi bakteri, sedangkan parameter kimiawi kompos *A. pinnata* telah sesuai SNI 19-7030-2004, kecuali pada parameter pH kompos *Azolla*. Seluruh perlakuan pemberian pupuk telah menghasilkan 100% persentase stek hidup tanaman. *PGPR* berpengaruh terhadap luas daun, diameter batang, panjang akar, dan tinggi tanaman; kompos *Azolla* berpengaruh terhadap luas daun, jumlah daun, panjang akar, jumlah umbi, bobot basah dan kering tanaman; interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* berpengaruh terhadap panjang akar, jumlah daun, tinggi tanaman, dan bobot basah tanaman. Pada penelitian ini diketahui bahwa perlakuan terbaik untuk pertumbuhan dan hasil *T. triangulare* adalah *PGPR* 10%, kompos *Azolla* 5 gram/polybag, dan interaksi *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* 10 gram/polybag (P2A2).

Kata Kunci: *PGPR* Akar Bambu, Kompos *Azolla*, *Talinum Triangulare*

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

ABSTRACT

THE EFFECT OF PLANT GROWTH PROMOTING RHIZOBACTERIA (PGPR) OF BAMBOO ROOTS AND *Azolla pinnata* COMPOST ON GROWTH AND YIELD OF *Talinum triangulare* CUTTINGS

T. triangulare is a plant that has many benefits, therefore its production can be increased, one of which is by stem cuttings which are supported by fertilization with PGPR and *Azolla* compost as an environmentally friendly fertilizer. However, it is necessary to know the appropriate concentration so that it can have a good effect on plant growth and yield. This study aims to determine the effect of concentrations of PGPR and *Azolla* compost on stem cuttings of *T. triangulare*. The research design uses CRD. The first factor was PGPR (0%, 5%, 10%, and 15%) and the second factor was *Azolla* compost (0, 5, 10 and 15 grams/polybag). Fertilizer application is done during the first planting and once a month. Data were analyzed by ANOVA and Friedman tests, followed by 5% DMRT test if significantly different. The results show that PGPR has met the feasibility quality standards of fertilizer according to Ministerial Decree No. 261/KPTS/SR/310/M/4/2019 on bacterial population parameters, while the chemical parameters of *A. pinnata* compost according to SNI 19-7030-2004, except for the pH parameter of *Azolla* compost. All treatments of fertilizer application have resulted in 100% percentage of plant live cuttings. PGPR affects leaf area, stem diameter, root length, plant height, wet and dry weight of plants; *Azolla* compost has an effect on leaf area, number of leaves, root length, number of tubers, wet and dry weight of plants; The interaction of PGPR and *Azolla* compost had an effect on root length, number of leaves, plant height, and wet weight of plant. In this study it's known that the best treatment for the growth and yield of *T. triangulare* is 10% PGPR, 5 gram/polybag *Azolla* compost, and Interaction of 10% PGPR with 10 gram/ polybag *Azolla* compost (P2A2).

Keywords: PGPR of Bamboo Roots, Azolla Compost, Talinum Triangulare

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR ISI

Halaman Persetujuan Pembimbing.....	ii
Lembar Pengesahan Tim Penguji Skripsi.....	iii
Lembar Pernyataan Persetujuan Publikasi Karya Ilmiah.....	iv
Halaman Pernyataan Keaslian Karya Ilmiah.....	v
Halaman Motto.....	vi
Kata Pengantar.....	vii
Abstrak.....	viii
Daftar Isi.....	x
Daftar Tabel.....	xiii
Daftar Gambar.....	xv
Daftar Lampiran.....	xvi
BAB 1	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan.....	9
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Batasan Penelitian.....	10
1.6 Hipotesis.....	10
BAB II KAJIAN PUSTAKA.....	11
2.1 Tanaman Ginseng Jawa (<i>T. triangulare</i>).....	11
2.1.1 Karakter Morfologi <i>T. triangulare</i>	12
2.1.2 Kandungan dan Manfaat <i>T. triangulare</i>	13
2.1.3 Syarat Tumbuh <i>T. triangulare</i>	15
2.2 Metode Stek Tanaman.....	16
2.3 Pertumbuhan Tanaman.....	18
2.4 Pertanian Organik dan Pemupukan.....	23
2.4.1 Standar Mutu Pupuk Hayati.....	24
2.4.2 <i>PGPR</i> (<i>Plant Growth Promoting Rhizobacteria</i>).....	27
2.4.3 Standar Mutu Pupuk Organik (Kompos).....	33
2.4.4 Kompos <i>Azolla</i>	39
BAB III METODE PENELITIAN.....	41
3.1 Rancangan Penelitian.....	41
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	42
3.3 Alat dan Bahan Penelitian.....	42
3.4 Variabel Penelitian.....	43
3.5 Prosedur Penelitian.....	43
3.5.1 Identifikasi Tanaman.....	43
3.5.2 Pengondisian Laboratorium dan <i>Greenhouse</i>	44
3.5.3 Pembuatan <i>PGPR</i>	44
3.5.4 Pengujian <i>PGPR</i>	46
3.5.5 Pembuatan Kompos <i>Azolla</i>	47
3.5.6 Persiapan Bahan Tanam.....	47
3.5.7 Pembuatan Media Tanam.....	48

3.5.8	Penanaman dan Aplikasi Perlakuan <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i>	48
3.5.9	Pemeliharaan.....	48
3.5.10	Pengamatan dan Pemanenan.....	48
3.6	Analisis Data.....	49
BAB IV HASIL PEMBAHASAN.....		50
4.1	Kandungan Pupuk.....	50
4.1.1	Kandungan <i>PGPR</i>	51
4.1.2	Kandungan Kompos <i>Azolla</i>	56
4.2	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> terhadap Pertumbuhan <i>T. triangulare</i>	58
4.2.2	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Jumlah Pucuk <i>T. triangulare</i>	61
4.2.3	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Luas Daun <i>T. triangulare</i>	64
4.2.4	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Jumlah Daun <i>T. triangulare</i>	66
4.2.5	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Diameter Batang <i>T. triangulare</i>	67
4.2.6	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Tinggi <i>T. triangulare</i>	69
4.2.7	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Panjang Akar <i>T. triangulare</i>	72
4.2.8	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Jumlah Umbi <i>T. triangulare</i>	74
4.2.9	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Bobot Basah <i>T. triangulare</i>	76
4.2.10	Pengaruh Pemberian <i>PGPR</i> Terhadap Bobot Kering <i>T. triangulare</i>	80
4.3	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Pertumbuhan <i>T. triangulare</i>	82
4.3.1	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Persentase Stek Hidup <i>T. triangulare</i>	83
4.3.2	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Jumlah Pucuk <i>T. triangulare</i>	85
4.3.3	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Luas Daun <i>T. triangulare</i>	88
4.3.4	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Jumlah Daun <i>T. triangulare</i>	90
4.3.5	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Diameter Batang <i>T. triangulare</i>	93
4.3.6	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Tinggi <i>T. triangulare</i>	94
4.3.7	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Panjang Akar <i>T. triangulare</i>	96
4.3.8	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Jumlah Umbi Tanaman <i>T. triangulare</i>	99

4.3.9	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Bobot Basah <i>T. triangulare</i>	101
4.3.10	Pengaruh Pemberian Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Bobot Kering <i>T. triangulare</i>	104
4.4	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dengan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Pertumbuhan <i>T. triangulare</i>	107
4.4.1	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Persentase Stek Hidup <i>T. triangulare</i>	109
4.4.2	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Jumlah Pucuk <i>T. triangulare</i>	111
4.4.3	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Luas Daun <i>T. triangulare</i>	115
4.4.4	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Jumlah Daun <i>T. triangulare</i>	117
4.4.5	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Diameter Batang <i>T. triangulare</i>	120
4.4.6	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Tinggi <i>T. triangulare</i>	122
4.4.7	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Panjang Akar <i>T. triangulare</i>	125
4.4.8	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Jumlah Umbi <i>T. triangulare</i>	128
4.4.9	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Bobot Basah <i>T. triangulare</i>	130
4.4.10	Pengaruh Interaksi <i>PGPR</i> dan Kompos <i>Azolla</i> Terhadap Bobot Kering <i>T. triangulare</i>	133
BAB V PENUTUP		136
5.1	Simpulan.....	136
5.2	Saran	136
DAFTAR PUSTAKA		138
LAMPIRAN		151

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia mempunyai sekitar 9.600 spesies tumbuhan yang berpotensi sebagai tanaman obat (Hidayat, 2012). Keberadaan tumbuhan tersebut dapat dikonsumsi secara langsung maupun diolah menjadi obat. Berdasarkan keterangan Badan Penelitian dan Pengembangan Kementerian Perdagangan RI, industri farmasi Indonesia masih bergantung pada bahan baku impor, yakni mencapai 90%, salah satunya *Panax ginseng* Meyer. Impor tersebut kebanyakan dari China, India dan Eropa. Ginseng Jawa (*T. triangulare*) diketahui berpotensi menjadi produk alternatif dalam upaya substitusi ginseng impor (Baeg dan So, 2013; BALITBANG KEMENDAGRI, 2018). *T. triangulare* merupakan tanaman obat yang termasuk famili Portulacaceae, dapat tumbuh di dataran rendah Jawa hingga 1250 MDPL. Tanaman ini berasal dari Amerika tropis dan mempunyai nama lokal *Vergeet-mij-well* di Belanda (Seswita, 2010; Wulandari *et al.*, 2021). Bagian yang dapat dimanfaatkan sebagai obat antara lain akar atau umbi, pucuk, maupun daunnya. Sebagai obat batuk, penguat paru-paru, obat pada penyakit tonikum, keputihan, haid tidak teratur, diare, afrodisiak, obat bisul, anti radang, meningkatkan nafsu makan, dan melancarkan ASI (Andarwulan *et al.*, 2012; Badrunasar dan Santoso, 2016; Natasha dan Restiani, 2019; Tarigan *et al.*, 2019).

Ginseng Jawa (*T. triangulare*) terbukti memiliki aktifitas antioksidan, antibakteri, antijamur, antihiperqlikemik (antidiabetes), antihiperlipidemia, dan berpotensi sebagai imunomodulator. Kandungan metabolit sekunder di dalam daunnya membuatnya berpotensi dijadikan produk salep atau aromaterapi.

Metabolit sekunder tersebut meliputi flavonoid, asam fenolat, alkaloid, glikosid, saponin, protein, karbohidrat, steroid, lemak, minyak atsiri, tanin, resin, terpenoid, dan antosianin (Andarwulan *et al.*, 2012; Babu *et al.*, 2012; Ezekwe *et al.*, 2013; Liao *et al.*, 2015; Xu *et al.*, 2015; Wahyuningsih, 2017; Wulandari *et al.*, 2021). Secara umum, *T. triangulare* mengandung alkaloid, saponin, flavonoid, dan tanin seperti Ginseng Korea (Yachya dan Manuhara, 2015; Ingesti *et al.*, 2021). Metabolit sekunder pada tanaman bukan hanya berpotensi dimanfaatkan dalam pengobatan, tetapi dapat dijadikan sebagai parfum atau pengharum dari kandungan minyak atsiri, insektisida atau pestisida, atau pewarna (Marnoto *et al.*, 2012; Saraswati, 2012; Julianto, 2019). *T. triangulare* bukan termasuk genus *Panax*, tetapi karena manfaat yang banyak maka dapat dikembangkan dan dikomersilkan, terutama dalam menekan impor Ginseng Korea atau Cina (Yachya dan Manuhara, 2015). Sebagai upaya pengembangan produk dari *T. triangulare* maka ketersediaannya harus tercukupi, maka dibutuhkan pengetahuan dan praktik budidaya yang tepat.

Masalah dormansi sering terjadi pada perbanyakan Ginseng Jawa menggunakan biji, sedangkan jika melalui umbi biasanya pertumbuhan tanaman akan lambat dan tidak efisien, dengan demikian metode stek batang dapat menjadi salah satu alternatif untuk memperbanyak tanaman ini (Pratiwi, 2013; Natasha dan Restiani, 2019). Stek batang sering digunakan pada perbanyakan tanaman berbatang keras, herba, dan semi keras. Bibit dapat diperoleh secara singkat dan memiliki kemampuan berproduksi lebih cepat daripada tanaman yang ditanam dari biji (Aziz, 2012). Namun, untuk menghasilkan pertumbuhan stek yang optimal maka perlu didukung dengan faktor pertumbuhan yang baik, salah satunya unsur

hara yang cukup melalui pemberian pupuk (Tarigan *et al.*, 2019; Sairina, 2021). Dampak penggunaan pupuk harus diperhatikan agar keseimbangan alam tetap terjaga. Allah pun telah menciptakan apa yang ada di alam semesta secara seimbang. Sebagaimana dijelaskan di QS. al-Mulk: 3-4 (Munawarah *et al.*, 2015).

الَّذِي خَلَقَ سَبْعَ سَمَاوَاتٍ طِبَاقًا مَا تَرَى فِي خَلْقِ الرَّحْمَنِ مِنْ تَفْوُتٍ فَارْجِعِ الْبَصَرَ هَلْ تَرَى مِنْ فُطُورٍ ۚ ثُمَّ ارْجِعِ

الْبَصَرَ كَرَّتَيْنِ يَنْقَلِبْ إِلَيْكَ الْبَصَرُ حَاسِمًا ۚ وَهُوَ حَسِيرٌ ۝٤

“(Dia juga) yang menciptakan tujuh langit berlapis-lapis. Kamu tidak akan melihat pada ciptaan Tuhan Yang Maha Pengasih ketidakseimbangan sedikit pun. Maka, lihatlah sekali lagi! Adakah kamu melihat suatu cela? Kemudian, lihatlah sekali lagi (dan) sekali lagi (untuk mencari cela dalam ciptaan Allah), niscaya pandanganmu akan kembali kepadamu dengan kecewa dan dalam keadaan letih (karena tidak menemukannya)”.

Shihab (2002) menafsirkan ayat tersebut bahwa alam semesta telah diciptakan Allah dengan sangat serasi dan selaras, serta memiliki tujuan untuk dapat dimanfaatkan. Alam beserta segala isinya memiliki keterkaitan antara satu dengan lainnya, saling mempengaruhi baik yang positif atau negatif, sehingga dapat berdampak dalam kehidupan manusia (Istianah, 2015). Pupuk kimia atau pupuk NPK mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Siregar *et al.*, 2015; Asmeri *et al.*, 2021; Chairiyah *et al.*, 2022). Namun, penggunaan jangka panjang, apalagi dengan dosis berlebihan dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan, seperti menurunkan kadar bahan organik dalam tanah, merusak struktur atau sifat tanah, dan menghilangkan gas nitrogen selama proses denitrifikasi dan emisi ammonium. Pencemaran fosfor dan nitrogen dapat mengakibatkan penyakit seperti ginjal kronis maupun eskalasi (Simanjuntak *et al.*, 2013; Kaley *et al.*, 2020). Sebagai upaya meminimalisir permasalahan tersebut, maka perhatian terhadap pemeliharaan produksi pangan bebas residu dan produk ramah lingkungan (*green*

product) terus mengalami peningkatan, misalnya penggunaan pupuk hayati dan pupuk organik (Hong *et al.*, 2018).

Pupuk hayati adalah pupuk yang berasal dari inokulan berbahan aktif organisme hidup, memiliki fungsi untuk meningkatkan zat hara dalam tanah (Sairina, 2021). Salah satu pupuk hayati adalah *PGPR* (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*), yakni bakteri aktif yang biasanya hidup berkoloni di sekitar atau menyelimuti perakaran bambu, rumput gajah, putri malu, atau kacang-kacangan. *PGPR* dapat memicu dan meningkatkan pertumbuhan tanaman, fisiologi akar, hasil panen, menjadi biofertilizer, melindungi tanaman dari patogen, meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman lingkungan, serta meningkatkan kadar mineral dan fiksasi nitrogen. Bakteri di dalamnya mampu menghasilkan ZPT seperti sitokinin, IAA, etilen, giberelin. Penyakit tanaman juga dapat ditekan dengan *glukanase*, *kitinase*, dan melarutkan unsur hara fosfor (Gusti *et al.*, 2012; Astuti *et al.*, 2013; Sairina, 2021). Berdasarkan beberapa penelitian dapat diketahui bahwa *PGPR* berpengaruh pada biomassa tanaman, meningkatkan tinggi tanaman, bobot buah, luas daun, serta luas perakaran tanaman (Lisa *et al.*, 2018; Ningsih *et al.*, 2018; Candra dan Subagiono, 2020; Ichwan *et al.* 2021).

Pada umumnya *PGPR* dapat diperoleh dengan mengisolasinya dari rhizosfer atau pada perakaran tanaman yang sehat, contohnya bakteri *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, dan *Streptomyces* sp.. Mikroba tersebut biasanya memiliki populasi yang lebih banyak pada rhizosfer daripada yang terdapat di tanah bukan rhizosfer. Tanah tanpa akar akan mempunyai populasi mikroorganisme yang sedikit. Hal tersebut terjadi karena perakaran tanaman mempengaruhi rhizosfer dengan kemampuannya mengeluarkan substansi

atau eksudat yang diperlukan bagi mikroorganisme tanah (Subba, 1994; Ruslan dan Hafsan, 2015). *PGPR* dapat dibuat dari rhizosfer tanaman Graminae seperti pada perakaran tebu, akar jagung, akar rumput gajah, akar alang-alang, dan akar putri malu. Akar graminae dapat digunakan sebagai *PGPR* karena strukturnya serabut, areanya luas, dan memiliki banyak eksudat akar sehingga keanekaragaman dan jumlah mikroba yang terkandung di dalamnya tinggi. Jenis mikroba tersebut antara lain *Azotobacter* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Beijerinckia* sp.. Salah satu tanaman Graminae yang dapat dijadikan *PGPR* adalah akar bambu yang lebih mampu mengeluarkan eksudat lebih banyak sehingga mampu memberikan hasil terbaik terhadap suatu tanaman dibandingkan dengan *PGPR* dari akar tanaman lainnya (Kurniahu *et al.*, 2017; Yulistiana *et al.*, 2020).

Pada penelitian Arfandi (2019) pemberian *PGPR* akar bambu terhadap tanaman kedelai mampu menjadi perlakuan terbaik dibanding *PGPR* akar rumput gajah, *PGPR* akar alang-alang, dan *PGPR* akar putri malu. Perlakuan tersebut berpengaruh pada parameter jumlah pangkal, jumlah daun, jumlah polong, berat polong per tanaman, berat 100 biji per petak, berat biji per petak. Pada penelitian lain, yaitu oleh Huzaeni (2022) menunjukkan pertumbuhan terbaik pada galur Bisma tanaman jagung yang dilihat dari parameter tinggi tanaman setelah diberikan *PGPR* akar bambu. Berdasarkan beberapa penelitian tersebut, maka akar bambu lebih berpengaruh sebagai *PGPR*. Akar bambu dapat digunakan sebagai *PGPR* karena pada bagian tersebut terdapat banyak *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis*. Bakteri tersebut dapat memudahkan fosfor larut dalam tanah sehingga mudah terserap akar tanaman. Kondisi tersebut mendukung tanaman dalam memenuhi nutrisi sehingga pertumbuhannya menjadi lebih baik. Selain itu,

bakteri tersebut juga mampu mengeluarkan antibiotik atau senyawa anti-jamur untuk mencegah patogen (Putri *et al.*, 2019; Yulistiana, *et al.*, 2020).

Produk pupuk ramah lingkungan untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil budidaya tanaman selain *PGPR* yaitu pupuk organik. Pupuk organik adalah produk yang terbuat dari berbagai bahan organik, baik limbah hewan atau tanaman yang diuraikan oleh mikroba untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman (Supartha *et al.*, 2012). Pupuk organik mampu mendukung pertumbuhan vegetatif tumbuhan seperti pembentukan akar, daun, dan batang pada tanaman dengan menyediakan kandungan nitrogen. Salah satu jenis dari pupuk organik adalah kompos. Kompos yang diberikan akan menjadi tempat hidup bagi mikroorganisme karena tanah tersebut kaya dengan bahan organik, selain itu dapat meningkatkan pH tanah sehingga ketersediaan fosfat semakin banyak untuk dilarutkan oleh *Bacillus* dan *Pseudomonas* yang termasuk dalam *PGPR*. Kompos akan memberikan nutrisi dengan menyediakan makanan bagi mikroorganisme tanah dan bagi tumbuhan (Kurniasih dan Soedradjad, 2019). Unsur hara yang diberikan kompos mampu meningkatkan produksi biomassa, bobot kering daun, bobot kering umbi, produksi pucuk, serta memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah (Tando *et al.*, 2020). Bahan kompos bisa berupa sampah organik rumah tangga, kotoran ternak, limbah tanaman seperti daun kering, buah busuk, ranting, rumput, tanaman gulma (Syafuddin dan Sulaiman, 2019).

Tumbuhan paku-pakuan akuatik yang mampu mengikat nitrogen di udara adalah *A. pinnata*, kandungan nitrogen tersebut merupakan salah satu unsur yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan, dengan demikian *Azolla* dapat tumbuh sangat cepat. Tumbuhan yang sering dianggap sebagai gulma air ini

juga mampu beradaptasi pada lingkungan berpolusi. Kemampuan tersebut membuat *Azolla* mudah dibudidayakan sehingga ketersediaannya yang selalu cukup untuk menjadi bahan baku kompos (Arimby *et al.*, 2014; Syafruddin dan Sulaiman, 2019). Kompos *Azolla* mengandung unsur hara yang lebih tinggi daripada kompos lain, bahkan unsur N, P, K, Ca, dan Mg di dalam kompos *Azolla* lebih tinggi dibandingkan Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla* (Lestari *et al.*, 2019; Astuti, 2020). Hasil penelitian Putri *et al.* (2012) menyatakan bahwa *Azolla* segar mengandung 3.91% N, 0.3% P, 0.65% K; 6 C/N, dan BO 39.905, sedangkan dalam bentuk kompos atau *Azolla* kering mengandung 3-5% N, 0.5- 0.9% P, dan 2-4.5% K. Pemberian *Azolla pinnata* ketika penanaman mampu mengurangi pemakaian pupuk N anorganik hingga 50% (Kesmayanti, 2021).

Beberapa penelitian membuktikan bahwa pemberian kompos *Azolla* berpengaruh terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman, seperti meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, panjang akar, jumlah akar, berat total, diameter batang, dan kandungan nitrogen (Syafi'ah, 2014; Mahmudah *et al.*, 2017). Saat ini masih belum ada penelitian terkait pemberian kompos *A. pinnata* terhadap tanaman Gingseng Jawa, tetapi pernah dilakukan terhadap tanaman lain, seperti pada penelitian Mahmudah *et al.* (2017) dengan dosis 6 ton/ha mampu memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman pakcoy. Menurut Amir *et al.* (2012), pemberian kompos *Azolla* dengan dosis 247,5 gram/m² berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *Amarantush tricolor* L. Hasil penelitian Widyaningrum (2017) menunjukkan bahwa dosis kompos *Azolla* sebesar 10 gram per *polybag* menjadi perlakuan terbaik dan berpengaruh terhadap jumlah daun, panjang akar, berat kering total, diameter batang, dan tinggi stek kopi robusta.

Ketersediaan unsur hara yang penting bagi pertumbuhan dan hasil tanaman diharapkan dapat terpenuhi dan semakin lengkap dengan pemberian pupuk hayati yang dikombinasikan dengan kompos. Penelitian tentang pemberian *PGPR* dan kompos *Azolla* belum pernah dilakukan terhadap stek *T. triangulare*, tetapi pernah dilakukan oleh Widyaningrum (2017) terhadap stek kopi robusta dan berpengaruh nyata terhadap panjang akar. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh *PGPR* dan kompos *Azolla*, serta interaksi keduanya terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang tanaman Gingseng Jawa (*T. triangulare*) agar perlakuan terbaik dapat diterapkan lebih lanjut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

- a. Bagaimana kandungan *PGPR* dan kompos *Azolla pinnata* berdasarkan standar mutu kelayakan pupuk?
- b. Bagaimana pengaruh pemberian *PGPR* akar bambu terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Gingseng Jawa (*T. triangulare*)?
- c. Bagaimana pengaruh pemberian kompos *A. pinnata* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Gingseng Jawa (*T. triangulare*)?
- d. Bagaimana pengaruh interaksi *PGPR* akar bambu dan kompos *A. pinnata* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Gingseng Jawa (*T. triangulare*)?
- e. Manakah perlakuan terbaik dari pemberian *PGPR* akar bambu dan kompos *A. pinnata* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Gingseng Jawa (*T. triangulare*)?

1.3 Tujuan

Dari rumusan masalah, maka tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Mengetahui kandungan *PGPR* dan Kompos *Azolla pinnata* yang memenuhi standar mutu kelayakan pupuk.
- b. Mengetahui pengaruh pemberian *PGPR* akar bambu terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Ginseng Jawa (*T. triangulare*).
- c. Mengetahui pengaruh pemberian kompos *Azolla pinnata* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Ginseng Jawa (*T. triangulare*).
- d. Mengetahui pengaruh interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Ginseng Jawa (*T. triangulare*).
- e. Mengetahui perlakuan terbaik dari pemberian *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang Ginseng Jawa (*T. triangulare*).

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- a. Memberi informasi terkait pembuatan dan kandungan *PGPR* akar bambu dan kompos *Azolla* beserta pengaruhnya untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil stek batang *T. triangulare*.
- b. Hasil penelitian *PGPR* akar bambu dan kompos *Azolla pinnata* terhadap *T. triangulare* ini dapat dipublikasikan dan menjadi sumber data terkait pemupukan yang berpotensi menjadi metode tepat guna.

1.5 Batasan Penelitian

Batasan dalam penelitian ini adalah:

- a. Jenis pupuk yang digunakan diproduksi sendiri dengan bahan baku utama, yakni *PGPR* dari akar bambu apus dan kompos *Azolla* dari *A. pinnata*.
- b. Metode pengujian *PGPR* menggunakan uji TPC untuk mengetahui populasi bakteri dan membandingkannya dengan Keputusan Menteri No. 261/KPTS/SR/310/M/4/2019.
- c. Pengujian kandungan kimiawi kompos *A. pinnata* dilakukan oleh Balai Penelitian dan Konsultasi Industri Surabaya, kemudian membandingkannya dengan SNI 19-7030-2004.
- c. Parameter yang diukur untuk mengetahui pengaruh *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap pertumbuhan dan hasil stek batang *T. triangulare* adalah persentase stek hidup, diameter batang (mm), tinggi tanaman (cm), panjang akar (cm), luas daun (cm²), jumlah daun, jumlah pucuk, jumlah umbi, bobot basah dan kering tanaman (gram).

1.6 Hipotesis

Penelitian ini memiliki hipotesis sebagai berikut:

- a. Terdapat pengaruh pemberian *PGPR* akar bambu terhadap pertumbuhan dan hasil stek Gingseng Jawa (*T. triangulare*).
- b. Terdapat pengaruh pemberian kompos *Azolla* terhadap pertumbuhan dan hasil stek Gingseng Jawa (*T. triangulare*).
- c. Terdapat pengaruh interaksi *PGPR* akar bambu dan kompos *Azolla* terhadap pertumbuhan dan hasil stek Gingseng Jawa (*T. triangulare*).

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Ginseng Jawa (*T. triangulare*)

Ginseng Jawa (*T. triangulare*) merupakan tumbuhan obat yang berasal dari Amerika tropis dan termasuk famili Portulacaceae. Pada tahun 1915, tanaman ini diimpor ke daerah Jawa melalui Suriname. Tanaman dengan nama lokal *Vergeet-mij-well* di Belanda tersebut tersebar di daerah tropis, terutama di Pulau Jawa pada dataran rendah hingga. Permintaan Ginseng Jawa meningkat karena memiliki harganya yang relatif lebih murah daripada ginseng Korea, serta telah terbukti mampu menjadi alternatif pengganti Ginseng Korea (Seswita, 2010, Wulandari *et al.*, 2021). Klasifikasinya menurut Hutapea (1994) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Division : Spermatophyta
Subdivision : Angiospermae
Class : Dicotyledonae
Order : Caryophyllales
Family : Portulacaceae
Genus : *Talinum*
Spesies : *T. triangulare*

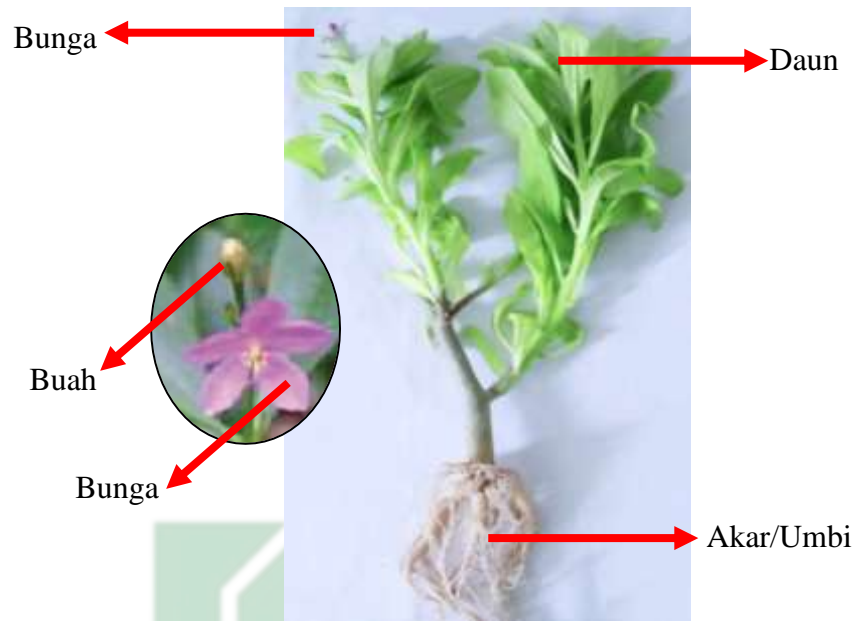
T. triangulare dengan sinonim *Talinum racemosum* Rohrbach tersebar luas di daerah tropis. Selain, mengandung kalsium oksalat dan kelenjar minyak atsiri di parenkim daun, tanaman ini memiliki banyak manfaat yang layak dikembangkan sebagai tanaman obat atau sayuran yang sangat prospektif. Oleh karena itu,

pengetahuan dan praktik budidaya yang tepat dibutuhkan untuk tanaman ini (Santa dan Prajogo, 1999; Tarigan *et al.*, 2019).

Pada perbanyakan Ginseng Jawa terdapat beberapa kendala, antara lain masalah dormansi dari biji, sehingga memberikan kendala pada waktu panen. Hal yang sama terkait pertumbuhan tanaman yang lambat dan tidak efisien pada perbanyakan melalui umbi. Stek batang dapat dilakukan sebagai alternatif untuk memperbanyak tanaman Ginseng Jawa, tetapi ketersediaan unsur hara tetap harus tercukupi agar dapat menghasilkan tanaman dengan persentase perakaran yang tinggi, selain itu mengoptimalkan pertumbuhan dan meningkatkan kualitas hasil stek (Pratiwi, 2013; Natasha dan Restiani, 2019).

2.1.1 Karakter Morfologi *T. triangulare*

T. triangulare merupakan tumbuhan terna tahunan yang tegak dengan tinggi 30-60 cm, batang bercabang di bagian bawah dan pangkalnya mengeras. Bentuk dan tinggi *T. triangulare* lebih besar dari *T. paniculatum*. Secara morfologi bentuk *T. triangulare* dapat dilihat pada gambar 2.1. Daunnya berbentuk bundar telur sungsang, terletak berhadapan, memiliki tangkai pendek, dana tepi yang rata dengan ujung dan pangkal runcing. Panjang daun 3-10 cm dan lebarnya berkisar 1,5-5 cm. Bunganya bertipe majemuk terangkai pada ujung tangkai, keluar dari ketiak-ketiak daun. Warna bunganya merah muda dengan diameter sebesar $\pm 2-2.5$ cm, berbentuk anak payung menggarpu yang mekar di sore hari. Buahnya bulat lonjong berdiameter 3 mm dan panjang 4-7 mm, serta bertangkai pendek (Santa dan Prajogo 1999; Andarwulan *et al.*, 2012).



Gambar 2.1. Bagian-bagian *T. triangulare* (Dokumen Pribadi, 2022)

Akar primernya (Gambar 2.1) mengembung seperti Ginseng Korea hanya saja lebih ramping. Secara morfologi, bagian tersebut dapat dibedakan menjadi bagian akar dan umbi (Santa dan Prajogo 1999; Aziz, 2011; Yachya dan Manuhara, 2015). Ginseng Jawa dapat menghasilkan ratusan biji yang termasuk angiospermae (Gambar 2.2) berukuran kecil, berbentuk bulat pipih, dan berwarna hitam dengan diameter ± 1 mm (Santa dan Prajogo 1999; Andarwulan *et al.*, 2012; Pratiwi, 2013).



Gambar 2.2. Biji *T. triangulare* (Brasileiro *et al.*, 2010)

2.1.2 Kandungan dan Manfaat *T. triangulare*

T. triangulare biasanya dikenal sebagai tanaman liar tapi berpotensi menjadi tanaman obat dan dapat dibudidayakan sebagai sayuran fungsional (Mualim *et al.*, 2012). Efek samping dari *T. triangulare* lebih rendah dibandingkan obat kimia, sehingga aman untuk dikonsumsi baik batang, daun,

akar atau umbinya. Secara umum, *T. triangulare* mengandung protein dan serat pangan yang cukup tinggi, alkaloid, saponin, flavonoid, serta tanin sehingga dapat dijadikan sebagai obat bisul, anti radang, meningkatkan nafsu makan, dan melancarkan ASI (Andarwulan *et al.*, 2012; Tarigan *et al.*, 2019).

Masyarakat di Kalimantan Selatan sering menggunakan daunnya sebagai bahan campuran bedak dingin, sedangkan pucuknya dikonsumsi sebagai lalap pengganti krokot (*Portulaca oleracea* L.) pada masakan etnis sunda masyarakat di Jawa Barat (Tarigan *et al.*, 2019; Ingesti *et al.*, 2021; Wulandari *et al.*, 2021). Sayuran daun merupakan salah satu sumber vitamin, serat, serta mineral esensial yang penting bagi manusia (Manullang *et al.*, 2014). Selain dikonsumsi langsung sebagai lalap, daun *T. triangulare* dapat dikonsumsi dalam bentuk teh, keripik, dan dapat dijadikan salep atau aromaterapi karena mengandung flavonoid, asam fenolat, dan antosianin (Andarwulan *et al.*, 2012; Wulandari *et al.*, 2021). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstrak *T. triangulare* memiliki aktivitas antioksidan dan dapat digunakan dalam makanan kesehatan yang berpotensi sebagai imunomodulator (Liao, 2015).

Ekstrak daun, batang dan akar *T. triangulare* dapat menghambat pertumbuhan bakteri baik *Staphylococcus aureus* maupun *Escherichia coli* (Wahyuningsih, 2017). Selain itu, memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan *Candida albicans* (Suharsanti dan Wibowo, 2011). Ekstrak metanol *T. triangulare* juga mempunyai aktifitas anti-hiperglikemik, hal ini dibuktikan dengan adanya pengaruh yang signifikan terhadap tikus diabetes yang diinduksi streptozotocin, sehingga dapat dijadikan sebagai obat alternatif

atau pendamping dalam pengobatan Diabetes (Babu *et al.*, 2012). Pada penelitian Xu *et al.*, (2015) juga menunjukkan bahwa ekstrak daun ginseng jawa mampu menurunkan total kolesterol dan konsentrasi trigliserida, sehingga dapat dijadikan sebagai Hipoglikemik dan Hypolipidaemi dan produk pengendalian obesitas.

Akar atau umbinya mengandung saponin dan dapat mengatasi debilitas setelah sembuh dari sakit kronis, neurasthenia, obat lemah syahwat, obat batuk, penguat paru, obat penyakit tonikum, keputihan, haid tidak teratur, diare, dan afrodisiak setara dengan ginseng Korea. Secara umum, *T. triangulare* mengandung alkaloid, saponin, flavonoid, dan tanin (Pratiwi, 2013; Yachya dan Manuhara, 2015; Badrunasar dan Santoso, 2016; Natasha dan Restiani, 2019; Ingesti *et al.*, 2021).

2.1.3 Syarat Tumbuh *T. triangulare*

Budidaya *T. triangulare* dapat dilakukan dengan menanam langsung pada lahan maupun di *polybag*, di mana ketinggian lahan yang cocok yaitu antara 0-1000 meter dari permukaan laut. Tanaman ini dapat tumbuh baik pada tanah dengan ketebalan 18-22 cm dan memiliki pH antara 4-7. Ginseng jawa memerlukan kondisi lingkungan dengan curah hujan 1500-2000 mm/tahun dengan penyebaran rata-rata 200 mm/bulan atau lebih yang terdistribusikan selama 4 bulan. Pertumbuhan dapat terjadi pada tempat bersuhu 23°C (Ingesti *et al.*, 2021). *T. triangulare* masih mampu tumbuh dengan baik pada lahan ternaungi atau diberi paranet, dan memiliki suhu 27,8-29,9°C; kelembaban udara antara 64,8-71,0%; dan pada intensitas cahaya 73,96-82,51% (Aziz, 2011). Pada penelitian yang dilakukan Tando *et al.*,

(2020), penggunaan naungan pada intensitas cahaya 90,23 - 272.85 Watt m² dapat menghasilkan peningkatan bobot basah total per tanaman. Pertumbuhan *T. triangulare* pada lahan terbuka akan lebih tinggi atau cepat dibandingkan dengan *T. triangulare* yang dibudidayakan pada lahan ternaungi. Pertumbuhan optimal pada intensitas cahaya $\geq 75\%$.

T. triangulare dapat diperbanyak secara vegetatif dan generatif (benih), tetapi lebih mudah melalui stek batang atau cabang dengan panjang 12 cm. Jenis tanah yang cocok untuk kehidupan tanaman ginseng Jawa adalah tanah liat berpasir, tanah berpasir, gembur, dan memiliki banyak kandungan humus atau bahan organik (Seswita, 2010). Produksi pucuk dipengaruhi beberapa faktor, salah satunya lingkungan, meliputi ketersediaan unsur hara atau air dalam tanah. Nitrogen adalah salah satu unsur hara makro terpenting karena dapat menstimulasi pertumbuhan berbagai organ yang berkaitan dengan fotosintesis yaitu daun. Jika suplai N suatu tanaman baik, maka pembentukan helaian daun juga serta menghasilkan kandungan klorofil yang tinggi. Dengan demikian produksi asimilat dan karbohidrat oleh tumbuhan mengalami peningkatan untuk mencukupi atau menopang pertumbuhan vegetatif. Pemenuhan nutrisi atau unsur hara melalui pemupukan, dianjurkan menggunakan pupuk organik (Tarigan *et al.*, 2019).

2.2 Metode Stek Tanaman

Stek merupakan salah satu teknik memperbanyak tanaman secara vegetatif buatan dengan memanfaatkan potongan bagian akar, batang, daun, ataupun tunas untuk menjadi tanaman baru yang utuh dan berkualitas baik dalam waktu singkat, serta mempunyai sifat seperti induknya (Kusdiyanto, 2012). Kelebihan stek adalah

mudah, ekonomis, dan lebih cepat daripada teknik perbanyak vegetatif buatan lainnya. Namun, teknik ini kurang dapat menghasilkan tanaman yang sukar berakar atau akar yang mudah stres lingkungan, lebih lemah dibandingkan dari biji. Keberhasilan dari metode ini ditandai dengan terjadinya regenerasi akar dan pucuk pada bahan stek menjadi tanaman baru. Faktor internal yang mempengaruhinya yakni adalah kandungan fitohormon (ZPT) dan faktor genetik (Rai, 2018).

Metode stek dipilih untuk memperbanyak tanaman dalam waktu yang cepat sehingga mendukung dalam pemenuhan tingginya tingkat kebutuhan bahan tanaman (Aziz, 2012). Bahan stek yang dianjurkan adalah bibit dari tanaman induk bereproduksi tinggi dan terhindar dari organisme pengganggu tanaman (Aziz, 2011). Beberapa metode stek antara lain:

- a. Stek akar: biasanya dilakukan terhadap tanaman semak, tanaman merambat, tanaman tahunan, hingga tanaman dataran tinggi, seperti talas dan sukun (Aziz, 2012). Bibit dapat diperoleh dalam jumlah besar karena bahan yang digunakan bisa didapatkan dalam jumlah banyak. Stek akar mudah dilakukan dan biayanya relatif murah. Penggunaan akar dari pohon induk usia ± 20 tahun biasanya lebih berhasil dibanding pohon yang muda. Bahan stek adalah akar lateral, yakni akar yang tumbuh ke arah samping sejajar dengan permukaan tanah. Akar tersebut dipotong sepanjang 0,5–1 meter (Duaja *et al.*, 2020).
- b. Stek daun: dapat dilakukan untuk memperbanyak tanaman hias berbatang sukulen, berdaun tebal, dan mengandung banyak air. Bahan stek dapat berupa potongan daun atau daun utuh, tergantung jenis tanaman dan sebaiknya berwarna hijau segar dan berumur cukup tua karena mengandung nitrogen dan

karbohidrat cukup tinggi untuk menumbuhkan akar. Stek daun sering dilakukan terhadap tanaman cocor bebek (Aziz, 2012).

- c. Stek mata tunas: teknik ini adalah stek batang yang hanya memiliki satu mata, sehingga ukuran stek akan lebih pendek dibandingkan dengan stek batang. Stek mata tunas dapat digunakan untuk memperbanyak tanaman anggur, nanas, *diffenbachia*, dan *aglaonema* (Aziz, 2012).
- d. Stek pucuk : Teknik stek dengan bahan yang diambil dari pucuk-pucuk batang muda dan masih dalam masa tumbuh. Misalnya terhadap tanaman kembang sepatu, soka, stevia, tebu, teh, dan ubi jalar. Stek ubi jalar dapat langsung ditanam di lapangan, sedangkan yang lainnya perlu disemaikan terlebih dahulu selama 3-4 bulan, saat tingginya minimal 20 cm, dan cukup rimbun dengan 4-5 cabang (Aziz, 2012).
- e. Stek batang: teknik stek yang sering digunakan yaitu stek batang keras, tunas, herba, dan semi keras. Bibit dapat diperoleh secara singkat dan memiliki kemampuan bereproduksi lebih cepat daripada tanaman yang ditanam dari biji. Stek batang dapat dilakukan terhadap kemuning dan mawar (Aziz, 2012). Stek batang menggunakan bahan tanam yang diambil dari batang atau cabang pohon induk. Umumnya, tanaman hasil stek batang akan berakar setelah 2-3 bulan disemai. Stek dapat dipindah ke *polybag* untuk dibesarkan setelah akarnya terlihat berwarna coklat dan cukup banyak (Aziz, 2012).

2.3 Pertumbuhan Tanaman

Pertumbuhan merupakan pembelahan atau pembesaran sel-sel pada suatu organisme sehingga jumlah, berat, atau ukurannya meningkat dan bersifat *irreversible* dan berpengaruh terhadap potensi hasil tanaman. Diketahui bahwa

berbagai sel-sel di dalam jaringan meristem adalah yang paling aktif melakukan pembelahan dan pembesaran sel (Arafah *et al.*, 2017). Pertumbuhan juga bersifat kuantitatif karena dapat diketahui melalui pengukuran terhadap besar dan tinggi batang, penimbangan massa sel berupa berat kering maupun berat basah, penghitungan jumlah daun, buah, bunga, dan sebagainya. Proses pertumbuhan dan perkembangan meliputi pembelahan sel (*cellular division*), pembesaran sel (*enlargement*), dan diferensiasi (*differentiation*). Pembesaran sel umumnya diawali oleh pembelahan sel meristematis. Dinding sel yang kaku (*rigid*) akan menjadi longgar (*loosening*) akibat terdapat berbagai asam organik hasil sekresi yang dipicu oleh hormon auksin, kemudian air masuk melalui proses osmosis sehingga sel membesar. Selanjutnya terjadi diferensiasi yakni sel meristematis mengalami perkembangan menjadi dua atau lebih (Rai, 2018). Berbagai organ tanaman akan terbentuk selama fase-fase pertumbuhan, antara lain batang, tunas, akar, dan daun sebagai organ vegetatif, serta buah, biji, dan bunga sebagai organ generative. Berikut faktor-faktor eksternal yang memengaruhi pertumbuhan tanaman:

a. Iklim atau Cuaca

Iklim meliputi temperatur, cahaya matahari, udara, dan kelembaban udara suatu daerah. Sedangkan cuaca merupakan dampak kombinasi dari interaksi antara curah hujan, suhu, cahaya, angin, dan kelembaban relatif terhadap suatu wilayah spesifik lokal tertentu yang bersifat sangat dinamis, dapat mengalami perubahan setiap saat (Rai, 2018). Iklim memberikan pengaruh terhadap keberlangsungan kehidupan tumbuhan. Iklim ekstrim dapat memberikan dampak cukup besar terhadap tanaman semusim, khususnya tanaman pangan. Salah satu unsur yang menjadi indikator dalam kaitannya

terhadap tanaman yakni curah hujan, yang mana memiliki tingkat fluktuasi tinggi dan berpengaruh cukup signifikan terhadap produksi tanaman. Jumlah curah hujan berperan dalam penentuan hasil, terlebih jika ditambah dengan tingginya peningkatan suhu yang berpotensi menurunkan hasil. Curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan banjir, sedangkan jika mengalami penurunan dari kondisi normal akan mengakibatkan kekeringan. Keduanya mampu memberikan pengaruh buruk terhadap metabolisme tanaman dan berpotensi menurunkan produksi, hingga gagal panen (Suciantini, 2015).

b. Ketersediaan Air

Air diperlukan agar tanaman dapat tumbuh secara optimal dan mampu bertahan hidup. Jika tumbuhan kekurangan air, maka proses metabolismenya akan terganggu, sehingga dapat menyebabkan kematian pada tumbuhan (Rossiday, 2014). Menurut kitab Mu'jam al-Mufahras li Alfazil Quranil Karim, kata 'air' dalam al-Qur'an berbentuk kata tunggal (mufrad), yaitu ماء pada 41 surah dan diulang sebanyak 63 kali. Air hujan akan diserap dan diam dalam tanah untuk menjaga kelembabannya sehingga tanah menjadi subur. Sebagian air juga terus mengalir hingga melewati bebatuan dalam perut bumi. Pada hakikatnya, air yang ada dalam dasar bumi bersumber dari hujan (Sunarsa, 2018). Allah swt. berfirman dalam QS. Az-Zumar ayat 21 sebagai berikut:

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنَابِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا
أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَهَيِّجُ فَتَرَاهُ مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطَامًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ

“Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tumbuhan yang beranekaragam warnanya, lalu menjadi kering, lalu kamu melihatnya kekuningan, lalu dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang berakal.”

Menurut Tafsir al-Mishbah oleh M. Quraish Shihab, ayat tersebut juga menjelaskan keadaan air hujan yang turun ke bumi, kemudian memberikan banyak manfaat. Terdapat tiga kategori terkait prosesnya (Sunarsa, 2018):

1. Kenaikan air ke langit akibat pemanasan atau melalui penguapan;
2. Air hujan mengalir di permukaan bumi melalui banyak saluran seperti sungai, atau menuju ke tempat yang rendah akibat gravitasi bumi;
3. Air hujan ada yang terserap dan mengendap dalam tanah, dan ada yang masih dapat dialirkan melalui permukaan atau dalam tanah.

c. Cahaya dan Klorofil

Tumbuhan dapat bertahan hidup tentunya juga melalui proses fotosintesis. Proses fotosintesis yang memerlukan cahaya matahari secara langsung dikenal sebagai reaksi terang yang terjadi di grana. Dalam prosesnya terjadi konversi cahaya matahari menjadi berbagai molekul energi untuk digunakan dalam bentuk energi kimia. Pigmen daun (klorofil) juga penting dalam aktifitas tersebut, yaitu sebagai media. Proses fotosintesis lainnya yakni tanpa memerlukan cahaya, dikenal sebagai reaksi gelap yang terjadi di stroma kloroplas dan pada prosesnya memanfaatkan produk reaksi terang (Maghfiroh, 2017). Semakin besar energi yang tersedia maka semakin banyak hasil fotosintesis. Tumbuhan juga membutuhkan intensitas cahaya penuh untuk memaksimalkan perolehan berat kering. Intensitas cahaya yang terlalu rendah dapat membuat pertumbuhan tanaman terhambat atau mengalami etiolasi (Tanaman tinggi kurus dengan daun kekuningan) (Rai, 2018).

d. Suhu

Suhu dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Suhu optimum dapat membantu pertumbuhan dan perkembangan tanaman karena proses penyerapan air, transpirasi, fotosintesis, respirasi, pembelahan, perpanjangan, dan perubahan fungsi sel berlangsung dengan baik sehingga hasil produksi tanaman juga akan mengalami peningkatan. Setiap tanaman memiliki batas suhu optimum yang berbeda (Rai, 2018). Kerusakan tanaman akibat suhu ekstrem masih jarang terjadi di Indonesia, hal tersebut dipengaruhi karena letaknya yang ada di wilayah tropis dengan variasi suhu yang tidak terlalu besar. Kerusakan sering terjadi pada wilayah beriklim sedang akibat suhu terlalu rendah, maupun pada gurun pasir akibat suhu tinggi yang dapat menyebabkan kanker batang, kerusakan protoplasma atau kematian sel, serta peningkatan respirasi secara cepat sehingga mempercepat habisnya cadangan makanan hasil fotosintesis (Rai, 2018).

e. Kondisi Media Tanam

Media tanam yang biasanya digunakan untuk menanam adalah tanah. Tanah memiliki fungsi-fungsi utama, antara lain menyediakan nutrisi atau unsur hara, memberikan air dan reservoir, serta sebagai penunjang agar tanaman tetap tegak. Struktur tanah yang baik dapat ditandai dengan beberapa sifat fisiknya, yakni lembab, gembur, remah, berpori, dan baik *drainase*-nya. Kondisi tersebut disebabkan oleh terdapatnya kandungan organik dalam tanah yang mampu mengoptimalkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Kandungan organik tersebut akan mencukupi unsur hara yang dibutuhkan tanaman

(Manurung *et al.*, 2023). Komponen tersebut meliputi mineral, air, udara, serta derajat keasaman yang sesuai dan seimbang (Yulistyani, 2014).

Tanah yang baik adalah yang mempunyai tingkat keasaman kisaran 6-8 atau. Tanah dengan pH netral memungkinkan tersedianya berbagai unsur kimiawi tanah yang seimbang dan memudahkan tanaman dalam menyerap ion-ion unsur hara, serta menjaga mikroorganisme tanah agar tetap berkembang (Sagala, 2010). Biasanya dapat digunakan jenis tanah *Top Soil*, tanah ini merupakan lapisan tanah teratas atau permukaan yang subur karena mengandung banyak bahan organik hasil pembusukan (Saputra *et al.*, 2017).

2.4 Pertanian Organik dan Pemupukan

Pada sebuah Hadis Riwayat Muslim no. 1552 diketahui bahwa menanam adalah salah satu bentuk sedekah, arti dari hadis tersebut adalah "Tidaklah seorang muslim menanam tanaman melainkan apa yang dimakan dari tanaman tersebut akan menjadi sedekah baginya. Apa yang dicuri dari tanaman tersebut merupakan sedekahnya. Apa yang dimakan oleh binatang buas dari tanaman tersebut merupakan sedekahnya. Apa yang dimakan oleh seekor burung dari tanaman tersebut merupakan sedekahnya. Tidaklah dikurangi atau diambil oleh seseorang dari tanaman tersebut kecuali merupakan sedekahnya". Menurut Imam Nawawi dalam Syarh Shahih Muslim, 10 (195) menyebutkan keutamaan menanam dan mengolah tanah akan mendapat pahala selama tanaman tersebut memberikan manfaat bahkan sampai hari kiamat. Begitu juga dengan kegiatan pertanian yang dapat bernilai pahala.

Pertanian organik merupakan metode pertanian ramah lingkungan tanpa bahan kimia dalam penerapannya. Peranannya sangat dibutuhkan bagi kesehatan

manusia dengan prinsip 3K yaitu Kualitas, Kuantitas, dan Kelestarian Lingkungan, dengan kata lain bertujuan menciptakan pola hidup sehat, lingkungan sehat, dan memberdayakan petani agar mencapai kesejahteraan. Beberapa aspek yang diterapkan dalam pengembangan pertanian organik yaitu peningkatan kesadaran masyarakat tentang perlunya pertanian organik; Penggalakan penggunaan pupuk organik dan pupuk hayati; Pengendalian hama dan penyakit secara hayati; Penggunaan dan pemanfaatan biota tanah dengan baik untuk mendukung pertanian organik; Prospek pemasaran dan daya dukungnya (Syafuruddin dan Sulaiman, 2019).

Pemupukan merupakan salah satu tahap terpenting untuk meningkatkan kesuburan tanah, sehingga pertumbuhan, produksi, dan kualitas budidaya tanaman dapat mengalami peningkatan. Pupuk adalah bahan organik maupun anorganik yang ditambahkan pada media tanam atau tanaman untuk mencukupi kebutuhan unsur hara atau nutrisi yang dibutuhkan tanaman untuk memaksimalkan pertumbuhan dan produktivitas (Rai, 2018).

2.4.1 Standar Mutu Pupuk Hayati

Pupuk hayati didefinisikan sebagai inokulan berbahan aktif organisme hidup yang memiliki kemampuan sebagai penambat hara tertentu atau memfasilitasi tersedianya hara bagi kesuburan tanah dengan meningkatkan akses tanaman terhadap hara, misalnya oleh cendawan mikoriza arbuskuler, pelarutan maupun perombakan fosfat oleh aktinomiset, fungi, atau cacing tanah yang berlangsung melalui simbiotis atau nonsimbiotis. Mikroba yang berpotensi digunakan sebagai pupuk hayati disebut sebagai rhizobakteri dan hidup di daerah sekitar perakaran tanaman antara lain bakteri *Actinoplanes*, *Alcaligenes*, *Agrobacterium*, *Arthrobacter*, *Amorphosporangium*,

Azospirillum, Azotobacter, Bacillus, Burkholderia, Cellulomonas, Erwinia, Enterobacter, Flavobacterium, Gluconacetobacter, Microbacterium, Micromonospora, Pseudomonas, Rhizobia, Streptomyces, Serratia, Xanthomonas (Sriwahyuni dan Parmila, 2019).

Pupuk hayati dikenal sebagai pupuk hidup yang mengandung mikroorganisme positif untuk pertumbuhan tanaman, meliputi berbagai mikroba penambat nitrogen dari udara dan mikroba pelarut hara (terutama Fosfor dan Kalium). Mikroba penambat Nitrogen akan bersimbiosis dengan tanaman, contohnya *Rhizobium* sp yang bersimbiosis dengan kedelai atau tanaman kacang-kacangan, tetapi ada juga yang tidak perlu bersimbiosis yaitu *Azospirillum* sp., dan *Azotobacter* sp. (Suwandi *et al.*, 2015). Hormon atau ZPT Auksin dan Giberelin mampu dihasilkan oleh *Azospirillum* sp., *Azotobacter* sp., dan *Bacillus* sp. dalam jumlah yang banyak (Kalay *et al.*, 2020). Pupuk hayati (biofertilizer) merupakan salah satu jenis pupuk yang banyak digunakan masyarakat dalam mengembangkan usaha tani ramah lingkungan. Penggunaannya dapat mensubstitusi penggunaan pupuk buatan lebih dari 50% pada pertanian tanaman pangan atau hortikultura, juga efektif meningkatkan produktivitas tanaman (Suwandi *et al.*, 2015). Peran lainnya yaitu sebagai metabolit pengatur tumbuh, memacu perkembangan akar, pelindung dari hama penyakit, menstimulasi nutrisi jaringan meristem pada titik tumbuh pucuk, bunga kuncup, dan stolon (Nusantara *et al.*, 2019).

Terdapat Keputusan Menteri Pertanian tentang persyaratan teknis minimal pupuk hayati yang ditetapkan atas pelaksanaan ketentuan pasal 9 ayat 4 Peraturan Menteri Pertanian No. 1 tahun 2019 tentang pendaftaran pupuk

organik, pupuk hayati, dan pembenah tanah. Pada peraturan ini dijelaskan terkait persyaratan komposisi dan kandungan hara yang harus terpenuhi dari pupuk hayati. Syarat mutu pupuk hayati majemuk cair dijelaskan pada gambar 2.3 berikut.

No.	PARAMETER	SYARAT TEKNIS SESUAI BENTUK PUPUK HAYATI	
		PADAT**	CAIR**
1.	Jumlah sel hidup setiap genus: A. Konsorsium mikroba yang terdiri dari 2 genus, salah satu genus sesuai syarat teknis: 1. Bakteri* 2. Aktinomiset* 3. Fungi* genus kedua sesuai syarat teknis: 1. Bakteri* 2. Aktinomiset* 3. Fungi* B. Konsorsium mikroba yang terdiri atas lebih dari 2 genus, salah satu genus sesuai syarat teknis: 1. Bakteri* 2. Aktinomiset* 3. Fungi* genus lainnya sesuai syarat teknis: 1. Bakteri* 2. Aktinomiset* 3. Fungi*	$\geq 1 \times 10^7$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^6$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^5$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^6$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^5$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^4$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^6$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^5$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^5$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^5$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^4$ cfu/g bobot kering contoh $\geq 1 \times 10^4$ cfu/g bobot kering contoh	$\geq 1 \times 10^7$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^4$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^4$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^6$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^4$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^4$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^6$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^4$ cfu/ml $\geq 1 \times 10^3$ cfu/ml
2.	Uji Fungsional* (sesuai dengan klaim produk): a) Penambat N b) Pelarut P c) Pelarut unsur hara lain d) Perombak bahan organik e) Pembentuk bintil akar	Positif Positif Positif Positif Positif	Positif Positif Positif Positif Positif
3.	Patogenisitas pada tanaman	Negatif	
4.	<i>E.coli</i> <i>Salmonellasp.</i>	$< 1 \times 10^3$ cfu atau MPN/g atau ml $< 1 \times 10^3$ cfu atau MPN/g atau ml	
No.	PARAMETER	SYARAT TEKNIS SESUAI BENTUK PUPUK HAYATI	
		PADAT**	CAIR**
5.	Logam berat** (ppm): As Hg Pb Cd Cr Ni	maksimum 10 maksimum 1 maksimum 50 maksimum 2 maksimum 180 maksimum 50	maksimum 5,0 maksimum 0,2 maksimum 5,0 maksimum 1,0 maksimum 40 maksimum 10
*) Uji terhadap genus mikroba dan uji fungsional dilakukan sesuai dengan klaim yang terdapat pada Produk.			
**) Khusus untuk pupuk hayati dengan dosis ≥ 50 kg/ha atau ≥ 50 L/ha.			

Gambar 2.3. Standar Mutu Pupuk Hayati Majemuk (Keputusan Menteri 261/KPTS/SR/310/M/4/2019)

Pupuk hayati merupakan mikroba hidup seperti bakteri atau jamur yang dapat menyebabkan peningkatan nutrisi untuk tanaman, baik dengan memobilisasi atau melalui peningkatan ketersediaan nutrisi dalam tanah. Mekanismenya yakni dengan menjajah rizosfer, rhizoplane, atau interior akar. Walaupun sangat berpotensi meningkatkan kesuburan tanah, pupuk hayati

belum bisa menggantikan pupuk kimia konvensional, sehingga perlu didukung oleh pupuk lain seperti kompos. Penambahan mikroorganisme ke dalam tanah (inokulan) akan berperan menyediakan hara tertentu untuk tanaman. Pupuk hayati (biofertilizer) terbuat dari mikroba yang mampu menyediakan unsur hara seperti Cu, P, N, Zn, dan Mg. Pupuk tersebut dibagi menjadi tunggal (Terdiri dari 1 jenis mikroba) dan majemuk (Konsorsium mikroba). Fungsinya antara lain menghambat nitrogen, meluruhkan fosfat, melarutkan bahan organik, memacu pertumbuhan dan mengendalikan penyakit. Standar mutu inokulum mikroba sekitar 10^6 - 10^9 setiap gram. Mikroba pada suatu formulasi pupuk hayati sangat dipengaruhi temperatur ruang penyimpanan, kualitas pupuk akan menurun jika tidak sesuai karena mikroba akan mengalami penurunan fungsi dalam memproduksi bahan organik bagi tanaman (Purba *et al.*, 2021).

2.4.2 *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)*

PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) adalah rizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman yang mempunyai kandungan mikroorganisme baik, seperti bakteri yang biasanya hidup berkoloni di sekitar atau menyelimuti perakaran bambu, rumput gajah, putri malu, atau kacang-kacangan (Gusti *et al.*, 2012). *PGPR* akar bambu diketahui mampu merangsang pertumbuhan dan hasil produksi suatu tanaman dengan baik karena akar bambu mampu mengeluarkan eksudat lebih banyak dibandingkan akar tanaman lain. Eksudat tersebut berperan penting dalam kehidupan mikroba tanah sekitar perakaran (Kurniahu *et al.*, 2017; Yulistiana *et al.*, 2020). Bakteri aktif pada perakaran tersebut bertindak memicu dan

meningkatkan pertumbuhan. Bakteri berpotensi menjadi *PGPR* didominasi oleh gram negatif seperti *Pseudomonas* dan *Serratia* sebagai genus dengan jumlah strain terbanyak (Widyaningrum, 2017).

PGPR memiliki kemampuan memproduksi *siderophore*, β -1,3-*glukanase*, sianid, antibiotik, dan kitinase sebagai bioprotektan atau kemampuan melindungi tanaman dari patogen tanah. Perkembangan akar yang baik mendukung mekanisme tersebut karena mampu membuat penyerapan unsur hara menjadi lebih efisien, lalu meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan didukung oleh kondisi rizosfer. *PGPR* akan menambat nitrogen dari udara secara asimbiosis dan menjadi pelarut fosfor dalam tanah. *PGPR* dapat membuat tanaman toleran terhadap cekaman lingkungan, demikian dengan kadar mineral, dan fiksasi nitrogen. Bakteri yang terkandung dapat memproduksi giberelin, sitokinin, etilen, dan IAA (Sairina, 2021).

Fitohormon tidak hanya diproduksi dalam tumbuhan, tapi juga terdapat pada mikroba dalam tanah atau rhizosfer. Hormon dalam tumbuhan dapat dipicu menggunakan rhizobakteri yang berada di rhizosfer, yakni dinamakan *PGPR* (Yulistiana, *et al.*, 2020). Berdasarkan penelitian Yuliani dan Rahayu (2016), pada perakaran putri malu terdapat mikroba *Rhizobium* sp. dan *Pseudomonas fluorescens*. Sedangkan pada penelitian Cahyani *et al.*, (2017) pada perakaran Leguminosae terdapat bakteri *Rhizobium* sp. dan *Azotobacter* sp.. Sedangkan pada perakaran bambu terdapat *Pseudomonas fluorescens* yang mampu melarutkan unsur fosfor dalam tanah. Bakteri tersebut dapat memudahkan fosfor larut dalam tanah sehingga mudah terserap akar tanaman. Kondisi tersebut mendukung tanaman dalam memenuhi nutrisi

sehingga pertumbuhannya lebih baik (Rante, 2015; Yulistiana *et al.*, 2020). *Pseudomonas fluorescens* adalah bakteri antagonis yang sering menjadi agensia hayati terhadap patogen tanaman. Bakteri ini mampu mengendalikan patogen tanaman, terutama patogen tular tanah, baik *in vitro*, *in vivo*, ataupun *in planta* (Widyaningrum, 2017).

Rhizobium (*Root Nodulating Bacteria*) merupakan bakteri yang melakukan simbiosis dengan membentuk bintil akar pada *Leguminoceae*. Sedangkan *Azospirillum* dan *Azotobacter* termasuk bakteri non-simbiotik dan berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman. Semuanya mampu menambat nitrogen bebas dan menjadi pemantap agregat tanah. *Azospirillum* juga menjadi perombak bahan organik (amilosa, selulosa, dan bahan organik yang mengandung lemak dan protein) di dalam tanah. Bakteri perakaran tersebut akan masuk ke jaringan tanaman melalui rambut dan eksudat akar, kemudian menuju ke bintil akar, endodermis, xilem, dan floem (Widawati *et al.*, 2015).

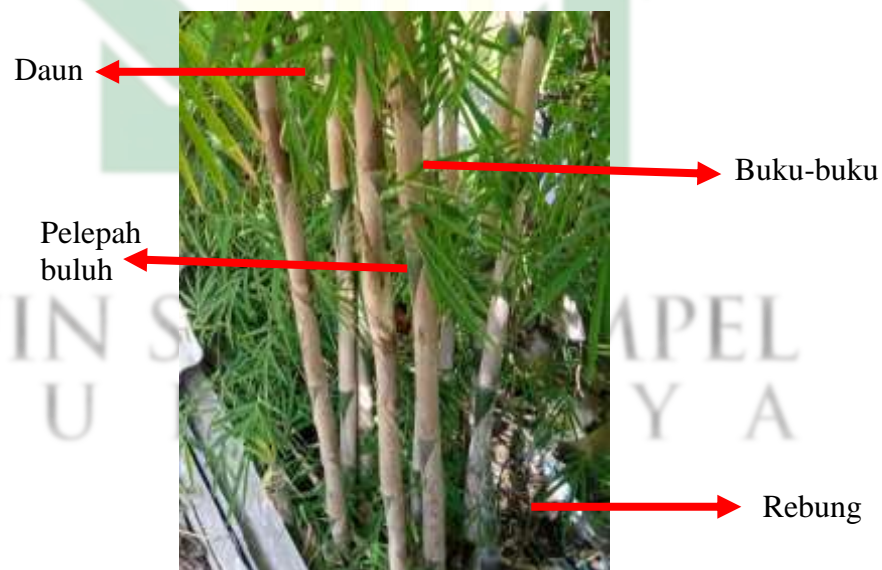
Pada penelitian ini digunakan akar dari tanaman bambu untuk membuat *PGPR*, akar tersebut akan difermentasikan hingga nantinya mengeluarkan gelembung dan aroma khas hasil fermentasi sebagai tanda pembuatan *PGPR* berhasil (Cahyani *et al.*, 2017). Bambu dapat dikategorikan sebagai hasil hutan nonkayu yang populasinya di wilayah tropis dan sub tropis Asia sangat banyak. Tanaman tersebut dapat tumbuh subur mulai dari dataran rendah hingga sampai ke dataran tinggi atau pegunungan di Indonesia, umumnya ada pada berbagai tempat terbuka, tapi ada juga pada keadaan cukup tertutup. Bambu tumbuh dalam kondisi merumpun, memiliki ruas dan buku-buku. Bambu terdapat di pekarangan, tepi jurang, dan tepi sungai. Biasanya, tanaman ini dimanfaatkan bagian rebung hingga batangnya (Yani, 2014). Menurut Murtodo dan Setyati (2015), klasifikasi bambu adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Sub-kingdom : Tracheobionta
Division : Magnoliophyta
Super Division : Spermatophyta
Class : Liliopsida
Sub-Class : Commelinidae
Order : Poales
Family : Poaceae, Graminae
Genus : *Gigantochloa*
Spesies : *Gigantochloa hasskarliana*

Bambu merupakan salah satu sumber daya alam yang banyak dimanfaatkan karena seluruh bagiannya dapat digunakan, terutama batangnya yang lurus, keras, rata, dan kuat (Hasibuan, 2020). Salah satu jenis bambu yaitu *Gigantochloa hasskarliana* atau Bambu Apus. Bambu apus tersebar di beberapa tempat di Jawa pada daerah lembab dan biasanya ada di daerah perkebunan karet (Rijaya dan Fitmawati, 2019).

Pada gambar 2.4, rebung bambu apus berbentuk mengerucut, pelepahnya berwarna hijau kekuningan tertutup bulu hitam lebat; kuping pelepah rebung menggaris; daun pelepah menyebar saat masih muda. Buluh bambu ini tegak, tertutup bulu cokelat yang menyebar dan luruh saat tua, buluh tua berwarna hijau pucat atau hijau abu-abu, berbuku-buku polos, tingginya 16–22 meter, diameter buluh 6–10 cm, tebal dinding 8–11 mm; panjang ruas 46–60 cm. Pelepah buluh tidak mudah luruh dengan panjang 20–

25 cm dan lebar 18–20 cm, berwarna coklat muda tertutup bulu hitam di permukaan abaksial; kuping pelepah buluh menggaris dengan ujung ada bekas appendix yang patah, tinggi 1–3 mm, dengan panjang bulu kejur 3–6 mm mudah luruh; ligula menggerigi, tinggi 2–3 mm dengan bulu kejur 1 mm; daun pelepah buluh menyadak hingga terkeluk balik, menyegitiga dengan pangkal menyempit, panjang 2–3 cm dan lebar 2 –2.5 cm. Bambu ini memiliki satu cabang lateral lebih besar daripada cabang lainnya terdiri atas 5–11 cabang, jarak berkisar 1–1.5 m di permukaan tanah. Daun 30–42 cm x 7–9 cm, permukaan atas gundul, bagian bawah daun agak berbulu; warna tangkai hijau kekuningan; pelepah daun tidak berbulu, kuping pelepah daun kecil dan membundar, tinggi 1–2 mm; ligula rata, panjang 1–3 mm (Dransfield dan Widjaja 1995; Rijaya dan Fitmawati, 2019).



Gambar 2.4. Bagian-bagian Tanaman Bambu Apus (Dokumen Pribadi, 2022)

Bambu memiliki akar (Gambar 2.5) yang dapat menyaring air menjadi lebih bersih (Rijaya dan Fitmawati, 2019), Pada akar bambu banyak terkolonisasi *Pseudomonas fluorescens* yang mampu meningkatkan kelarutan

fosfor dalam tanah, selain itu dapat mencegah patogen fungi karena memiliki kemampuan mengeluarkan antibiotik (anti jamur) (Yulistiana *et al.*, 2020).



Gambar 2.5. Akar Bambu Apus (Dokumen Pribadi, 2022)

Belum ada penelitian terkait pemberian *PGPR* akar bambu terhadap tanaman Ginseng Jawa, tetapi pada penelitian Widyaningrum (2017) terhadap stek kopi robusta, hasilnya *PGPR* akar bambu mampu meningkatkan panjang akar, jumlah akar dan daun, tinggi tanaman, berat kering total, rasio pucuk akar, kekokohan bibit, dan indeks mutu bibit. Penggunaan *PGPR* akar bambu dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Husnihuda *et al.*, 2017; Ningsih *et al.*, 2018; Lisa *et al.*, 2018), Pada hasil penelitian Kurniahu *et al.* (2017) pemberian *PGPR* Graminae 25% (125g/L) dengan perendaman selama 1 jam secara signifikan dapat memacu dan mempercepat pertumbuhan tunas pada rimpang jahe merah. Penelitian Susmita *et al.* (2022) juga memperoleh hasil pemberian *PGPR* akar bambu sebanyak 15 mL/tanaman dengan frekuensi 2 kali penyiraman mampu mengoptimalkan pertumbuhan bibit tebu *single bud chips*. Selain itu, *PGPR* akar bambu dengan konsentrasi 5 ml/l menjadi perlakuan terbaik bagi pertumbuhan dan produksi bunga kol (*Brassica oleraceae* var. botrytis L.), dan pada pemberian dua minggu sekali mampu meningkatkan bobot segar brangkasan dan bobot segar akar bunga kol (Anisa, 2019).

2.4.3 Standar Mutu Pupuk Organik (Kompos)

Pupuk organik adalah kombinasi dari berbagai bahan organik, baik dari limbah hewan atau tanaman yang diuraikan oleh mikroba untuk menyediakan unsur hara bagi tanaman. Pupuk organik (2-10% dari massa tanah) juga diketahui mampu meningkatkan efisiensi dan produktivitas lahan karena memiliki pengaruh pada sifat fisik, biologi dan kimia yang dimiliki (Supartha *et al.*, 2012). Pupuk organik mampu menyuburkan tanah dan meningkatkan produksi tanaman yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sehingga dapat menjadi alternatif dalam meminimalisir penggunaan pupuk anorganik. Bahan organik berfungsi dalam peningkatan kondisi fisik tanah; menjadi sumber nutrisi untuk jamur, bakteri, organisme lainnya, dan tanaman itu sendiri; sebagai pelarut atau penyedia mineral tanah; pemasok nutrisi terhadap tanah karena punya kapasitas maksimal dalam pertukaran kation; meningkatkan kapasitas sebagai penahanan air tanah, terutama yang berpasir; membuat aerasi dan infiltrasi di tanah yang berat mengalami peningkatan; menahan tanah dari erosi air dan angin; berperan dalam pengaturan suhu tanah; menjadi penyangga pada pengelolaan residu herbisida, pestisida, dan logam berat lainnya (Kaley *et al.*, 2020).

Pupuk organik atau dikenal sebagai pupuk majemuk lengkap mengandung lebih dari satu unsur hara atau unsur mikro. Ada dua jenis berdasarkan cara pembuatannya, yaitu pupuk organik alami dan buatan. Pupuk organik alami adalah pupuk yang terbuat dari bahan alami yang langsung diambil dari alam, misalnya sisa hewan, tumbuhan, tanah baik dengan atau tanpa sentuhan teknologi yang berarti. Pupuk yang termasuk jenis

ini meliputi pupuk kandang, pupuk hijau, kompos, humus dan pupuk burung. Sedangkan pupuk organik buatan adalah yang diproduksi sebagai pemenuhan kebutuhan pupuk tanaman dari bahan alami atau non-kimia, berkualitas baik, dengan ukuran, bentuk, dan kemasan yang praktis, terjangkau, dan mengandung unsur hara lengkap yang terukur (Maskur dan Firdaus, 2014).

No	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar Air	%	-	50
2	Temperatur	°C		suhu air tanah
3	Warna			kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10	-
13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur lain				
25	Kalsium	%	*	25.50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0.60
27	Besi (Fe)	%	*	2.00
28	Aluminium (Al)	%	*	2.20
29	Mangan (Mn)	%	*	0.10
Bakteri				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Keterangan : * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

Gambar 2.6. Standar Mutu Kompos (SNI 19-7030-2004)

Terdapat standar mutu kelayakan kompos berdasarkan SNI sebagaimana yang ditunjukkan pada gambar 2.6. Standar tersebut dibuat untuk mengatur tentang mutu produk kompos agar dapat melindungi konsumen dan mencegah pencemaran lingkungan. SNI ini dijadikan sebagai acuan dalam memproduksi kompos yang mengacu pada standar kualitas kompos

internasional seperti *British Columbia Class I Compost Regulation* dan *National Standard Of Canada (CAN/BNQ 0413 - 200)* terutama untuk kualitas unsur mikro berupa logam berat dengan nilai maksimal yang diperbolehkan, dan juga mengacu pada produk kompos yang dihasilkan dari berbagai produsen pengomposan di Indonesia. Kompos merupakan pupuk organik yang dihasilkan melalui proses dekomposisi biologi yang biayanya relatif murah (Gonawala *et al.*, 2018). Perombakan bahan organik dapat dipercepat salah satunya dengan kapur untuk membuat rasio kandungan C/N rendah. Suatu kompos harus memenuhi persyaratan mutu pupuk sesuai SNI 19-7030-2004 yakni kandungan unsur mikro, kandungan organik, kematangan kompos, kadar air, kandungan organisme patogen, kandungan bahan asing, kandungan pencemar organik, dan nilai agronomi (Purba *et al.*, 2021).

Unsur hara yang diberikan kompos mampu meningkatkan produksi biomassa, bobot kering daun, bobot kering umbi, produksi pucuk, serta memperbaiki sifat kimia, fisik, dan biologi tanah (Tando *et al.*, 2020). Bahan kompos bisa berupa sampah organik rumah tangga, kotoran ternak, limbah tanaman seperti daun kering, buah busuk, ranting, rumput, tanaman gulma (Syafuruddin dan Sulaiman, 2019). Beberapa hal yang harus diperhatikan ketika pengomposan (Syafuruddin dan Sulaiman, 2019):

- a. Penghalusan dan pencampuran bahan kompos, biasanya berukuran 5-10 cm. Jika terlalu kecil bahannya bisa padat. Pencampuran yang kurang baik akan menimbulkan genangan di tempat tertentu.
- b. Nisbah C/N dibutuhkan untuk memasok hara bagi mikroorganisme selama proses pengomposan. Karbon dibutuhkan untuk sumber energi dan

nitrogen sebagai pembentuk protein. Bahan kompos yang baik untuk pengomposan bernilai nisbah C/N 20:1 sampai 35:1.

- c. Bahan organik dengan pH 3-11 dapat dikomposkan. Nilai pH optimum pengomposan berkisar 5,5 dan 8. Bakteri dapat hidup pada pH netral. Pada awal pengomposan biasanya pH turun, lalu perlahan naik dan berkondisi netral, hal tersebut menjadi indikator kinerja mikrobia pada permulaan pengomposan yang berkembang dan mendekomposisi secara maksimal. Aktifitas fungi akan lebih dominan dan proses pengomposan dapat terhambat jika pH kurang dari 6,5. Oleh sebab itu konsentrasi oksigen harus dijaga agar tetap di atas 5%. Sedangkan apabila pH di atas 8 maka gas amonia akan terbentuk, kemudian banyaknya unsur N bisa menyebabkan penurunan populasi mikrobia.
- d. Umumnya suhu optimum yang baik bagi mikroorganismenya adalah 60-70°C. Suhu optimum pengomposan berkisar 55°C-65°C yang dapat dicapai dengan mengatur aliran udara melalui pembalikan dan ukuran tumpukan. Jika di atas 65°C akan membunuh patogen, fecal coliform, dan parasit. Suhu pada pengomposan terbuka mencapai 55°C selama 15 hari. Suhu timbunan material kompos dapat meningkat akibat kegiatan biologi. Metabolisme senyawa organik menghasilkan panas, akumulasi kalor dapat meningkatkan suhu.
- e. Pembalikan kompos dilakukan 1-2 kali/minggu untuk menjamin kecukupan udara dan mencegah kekeringan. Monitoring dilakukan untuk menjaga kelembaban dan dapat ditambahkan air.

- f. Waktu yang diperlukan dalam proses pengomposan dipengaruhi oleh jenis bahan baku yang digunakan, campuran lainnya, temperatur, kelembaban, dan frekuensi penghawaan. Durasi pengomposan paling singkat dapat dicapai dengan memperhatikan kecukupan air, nitrogen, dan udara.
- g. Pematangan kompos adalah proses aerobik pada suhu mesofilik selama 3-6 bulan, tergantung dari bahan yang dikomposkan. Pada fase ini tingkat konsumsi oksigen, penghasilan panas, dan evaporasi berlangsung melambat. Ukuran tumpukan kompos harus kecil atau kurang dari 1 meter dan kelembaban tidak boleh lebih dari 70% jika tanpa pemompaan. Pemompaan dilakukan terhadap tumpukan besar untuk menjaga suasana aerobik. Kematangan kompos dapat dilihat dari perubahan warna kompos, yaitu cenderung cokelat kehitaman.
- h. Pemanenan kompos dilakukan jika suhunya sudah hampir sama dengan suhu udara di sekitarnya, menjadi menghitam dan remah. Kompos dapat digunakan dengan cara dicampurkan pada media tanam atau dibungkus sementara dan disimpan sebelum digunakan (Haryanto *et al.*, 2017).

2.4.4 Kompos *Azolla*

Kompos *Azolla* adalah pupuk yang dapat digunakan untuk meningkatkan kandungan bahan organik dalam tanah dan mendorong pembiakan mikroorganisme menguntungkan sehingga tanah dapat lebih subur. Selain itu, dengan aplikasi kompos *Azolla* terhadap tanaman dapat mengurangi penggunaan pupuk anorganik atau pupuk sintetis. Unsur hara yang terkandung di dalamnya lebih tinggi daripada kompos lain karena kompos ini tidak tercemar logam berat yang merugikan tanaman maupun

terhadap Kesehatan manusia (Laksitarani *et al.*, 2020). Selain mampu memfiksasi unsur N dari udara, *Azolla* memiliki kelebihan lainnya dibandingkan bahan organik lain, yakni mudah tumbuh, sehingga dapat diproduksi dalam waktu cepat; mudah terkomposkan; mengandung lebih tinggi nutrisi dibandingkan kompos lain; biaya relatif murah; Meningkatkan kualitas mutu gabah; penggunaan jangka panjang dapat menguntungkan memperbaiki kondisi tanah pertanian berkelanjutan (Setiawati *et al.*, 2018).

Berdasarkan penelitian Kesmayanti (2021), pemberian *Azolla pinnata* disertai 50% pupuk N berhasil meningkatkan persentase pertambahan tinggi, volume akar, jumlah anakan per rumpun, bobot segar, dan bobot kering tanaman padi dibandingkan dengan tanaman yang diaplikasi 100% pupuk N, sehingga dapat dikatakan bahwa *Azolla pinnata* mampu mengurangi pemakaian pupuk N anorganik hingga 50%. Perlakuan pemupukan kompos *Azolla pinnata* 120 kg per hektar mampu mengoptimalkan panjang akar dan berat segar tanaman *Brassica juncea* L. paling optimal (Aksan, 2014).

Menurut Amir *et al.* (2012), pemberian kompos *Azolla* dengan dosis 247.5 gram/m² berpengaruh signifikan terhadap pertumbuhan *Amarantush tricolor* L. Hasil penelitian Widyaningrum (2017) menunjukkan bahwa dosis kompos *Azolla* sebesar 10 gram per *polybag* menjadi perlakuan terbaik dan berpengaruh terhadap jumlah daun, panjang akar, berat kering total, diameter batang, dan tinggi tanaman. Sedangkan interaksi pemberian kombinasi *PGPR* 10% dan kompos *Azolla* 20 gram per *polybag* memberikan pengaruh terhadap panjang akar tanaman stek kopi robusta. Penggunaan gula pada pembuatan kompos *Azolla* bermanfaat untuk mendukung proses pengomposan secara

aerob, yakni sebagai sumber energi yang diperlukan mikroorganisme untuk berkembang biak selama proses pembuatan kompos (Ali *et al.*, 2018). Sedangkan terasi berfungsi sebagai bioaktivator alami atau sumber mikroorganisme yang nantinya akan mempercepat penguraian bahan organik kompos (Wardani *et al.*, 2021).

Azolla berasal dari bahasa Yunani, dari kata ‘azo’ artinya kering dan ‘olloyo’ artinya mati. Jadi, *Azolla* tidak memiliki kemampuan bertahan pada lingkungan yang kering. *Azolla* merupakan salah satu genus dari tumbuhan paku air yang berukuran kecil. Sebagian besar hidup di wilayah beriklim tropis (Saunders dan Fowler, 1993). Biasanya, tanaman ini tumbuh mengapung di air, dengan 50% naungan, memiliki pH 3,5-10, suhu 20°C-30°C. Menurut Tjitrosoepomo (1989), klasifikasi *Azolla* sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Division : Pteridophyta
 Class : Filicinae
 Sub-Class : Hydropterides
 Order : Salviniiales
 Family : Salviniaceae
 Genus : *Azolla*
 Spesies : *Azolla pinnata*

A. pinnata (Gambar 2.6) sering dianggap gulma air, kini banyak dibudidayakan dan dijadikan sebagai pupuk organik. Tanaman air ini berwarna hijau tua, kecil, panjang 0,8-1 cm. Letak daunnya berseling dengan panjang 1 mm-1.5 mm, lebar 1 mm-1.5 mm. Permukaan daunnya memiliki

trikoma. Akar menyerupai benang (filiformis), berbulu, tidak bercabang (Sudjana, 2014; Mantang *et al.*, 2018). Pertumbuhannya sangat cepat dan mampu beradaptasi pada tanah terpolusi tinggi (Arimby *et al.*, 2014).



Gambar 2.7. Bagian-bagian *Azolla pinnata* (Dokumen Pribadi, 2022)

Menurut Batan (2011), *Azolla* mengandung beberapa unsur terutama nitrogen yang akan diubah menjadi ammonium di dalam tanah, sehingga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan secara optimum. Nitrogen juga digunakan tumbuhan dalam bentuk nitrat, walau tidak lebih efektif dibandingkan ammonium karena nitrat lebih mudah tercuci dan lebih mungkin membentuk N_2O melalui denitrifikasi (Amir *et al.*, 2012).

Azolla dapat bersimbiosis dengan ganggang hijau-biru untuk menangkap nitrogen dari udara bebas, lalu disimpan dalam sel daun. (Saunders dan Fowler, 1993). *Azolla* bersimbiosis dengan *Cyanobacteria* dan *Anabaena Azollae* untuk melakukan fiksasi dan asimilasi nitrogen dari atmosfer, lalu digunakan dalam membentuk protein. *Azolla* mampu menyediakan karbon bagi pertumbuhan dan perkembangan alga yang hidup di rongga sisi permukaan bawah daun. Hubungan simbiosis tersebut membuat *Azolla* mempunyai kualitas nutrisi yang baik. *Azolla* mampu mengikat nitrogen, sehingga kegiatan suplai unsur hara dalam tanah terutama nitrogen menjadi lebih mudah, dan dapat menjadi pupuk hijau untuk menghemat pembelian urea (Syafruddin dan Sulaiman, 2019).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Rancangan Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial yang terdiri atas dua faktor perlakuan. Faktor pertama adalah aplikasi *PGPR* (P) yang terdiri dari 4 taraf (Tanpa aplikasi *PGPR*, 5%, 10%, 15%) dan faktor kedua adalah dosis kompos *Azolla* (A), dengan 4 taraf (Tanpa aplikasi kompos *Azolla*, 5 gram, 10 gram, 15 gram per *polybag*). Penelitian ini terdiri dari 16 perlakuan yang dilakukan sebanyak 6 kali pengulangan. Jadi total secara keseluruhan terdapat 96 unit percobaan. Sehingga dibutuhkan 96 bibit asal stek. Jenis perlakuan dapat dilihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perlakuan Pemberian *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap *T. triangulare*

	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃
P ₀	P ₀ A ₀	P ₀ A ₁	P ₀ A ₂	P ₀ A ₃
P ₁	P ₁ A ₀	P ₁ A ₁	P ₁ A ₂	P ₁ A ₃
P ₂	P ₂ A ₀	P ₂ A ₁	P ₂ A ₂	P ₂ A ₃
P ₃	P ₃ A ₀	P ₃ A ₁	P ₃ A ₂	P ₃ A ₃

Keterangan:

P₀ = tanpa *PGPR*

P₁ = 5% *PGPR*

P₂ = 10% *PGPR*

P₃ = 15% *PGPR*

A₀ = tanpa kompos *Azolla*

A₁ = kompos *Azolla* sebanyak 5 gram per *polybag*

A₂ = kompos *Azolla* sebanyak 10 gram per *polybag*

A₃ = kompos *Azolla* sebanyak 15 gram per *polybag*

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian akan dilakukan di Laboratorium dan *Greenhouse* Kampus 2 UIN Sunan Ampel, berlokasi di Kelurahan Gunung Anyar, Kecamatan Gunung Anyar, Surabaya, Jawa Timur. Penelitian dilakukan dari Maret 2022-Mei 2023. Jadwal pelaksanaan penelitian dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.2. Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Kegiatan	Bulan ke-															
		1-5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17			
1.	Pembuatan proposal skripsi	■	■	■													
2.	Seminar proposal		■														
3.	Persiapan alat dan bahan			■	■	■											
4.	Pembuatan pupuk dan media tanam				■	■	■										
5.	Pengujian kandungan pupuk					■	■										
6.	Penanaman stek tanaman						■	■									
7.	Pengamatan							■	■	■							
8.	Pemanenan										■						
9.	Analisis data											■	■	■			
10.	Pembuatan Draf Skripsi												■	■	■	■	
11.	Sidang Skripsi															■	

3.3 Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *polybag* 20x30 cm, *oven*, label, pisau, gunting, gelas ukur, jangka sorong, jerigen, ember dan tutupnya, toples, panci, sendok, kompor gas, sekop, neraca digital, timbangan, penggaris, karung goni, botol, alat tulis, kamera, termometer ruangan, pengukur pH tanah, gelas ukur 100 ml, erlenmeyer 500 ml, gelas beaker 500 ml, rak tabung reaksi, pengaduk kaca, cawan petri 6, timbangan elektrik,

mikropipet 1, tip mikropipet, spatula, tabung reaksi, vortex, *Biosafety Cabinet*, autoklaf, inkubator, sarung tangan lateks, *colony counter*, *hot plate*, serbet, dan kain hitam.

3.3.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman induk Gingseng Jawa (*T. triangulare* (Jacq.) Wild), akar bambu, gula pasir, gula merah, kacang hijau terasi, dedak halus, kapur dolomit, air, sampel pupuk, media PCA, akuades, alkohol 70%, aluminium foil, kapas, plastik wrap, tissue, plastik tahan panas, spirtus, antijamur, HVS, dan kertas label.

3.4 Variabel Penelitian

- a. Variabel bebas: Pemberian *PGPR* akar bambu (tanpa *PGPR*, 5%, 10%, 15%), kompos *A. pinnata* (tanpa kompos *Azolla*, 5 gram, 10 gram, 15 gram), kombinasi *PGPR* akar bambu dan kompos *A. pinnata*.
- b. Variabel terikat: Persentase stek hidup, diameter batang (mm), tinggi tanaman (cm), panjang akar (cm), luas daun (cm²), jumlah daun, jumlah pucuk, jumlah umbi, bobot basah dan kering tanaman (gram).
- c. Variabel kontrol: Tanaman *T. triangulare*, jenis dan pH media tanam, ukuran *polybag*, suhu, naungan, serta waktu dan volume air saat penyiraman.

3.5 Prosedur Penelitian

3.5.1 Identifikasi Tanaman

Tanaman yang akan digunakan dalam penelitian ini diidentifikasi terlebih dahulu dengan membandingkan morfologinya sesuai dengan referensi. Referensi yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Tanaman Gingseng Jawa: Buku *Inventaris Tanaman Obat Indonesia III* karya Hutapea (1994); Buku *Panduan Budidaya Kolesom Organik (Talinum triangulare (Jacq.) Willd.) (Good Agricultural Practices) yang Baik* karya Aziz (2011); dan Artikel Studi Taksonomi *Talinum paniculatum (Jacq.) Gaertn* dan *Talinum triangulare (Jacq.) Willd* karya Santa dan Prajogo (1999).
- b. Tanaman Bambu: Buku *Plant Resources of Southeast Asia no. 7 Bamboo* karya Dransfield dan Wijaya (1995); Artikel Inventarisasi Bambu di Kelurahan Antirogo Kecamatan Subersari Kabupaten Jember karya Murtodo dan Setyati (2015); dan Artikel Jenis-Jenis Bambu (Bambusoideae) di Pulau Bengkalis, Provinsi Riau, Indonesia karya Rijaya & Fitmawati (2019).
- c. Tanaman *Azolla pinnata*: Buku *Taksonomi Tumbuhan (Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta, Pteridophyta)* karya Tjitrosoepomon(1989); Artikel *The Supraspecific Taxonomy And Evolution of The Fern Genus Azolla (Azollaceae)* karya Saunders dan Fowler (1993).

3.5.2 Pengondisian Laboratorium dan *Greenhouse*

Kondisi laboratorium dan lingkungan *greenhouse* meliputi kebersihan, pH, temperatur, dan intensitas cahaya diatur untuk mengoptimalkan ketika pembuatan *PGPR*, pembuatan kompos *Azolla*, dan penanaman Gingseng Jawa (*T. triangulare*).

3.5.3 Pembuatan *PGPR*

Pembuatan *PGPR* akar bambu ini berdasarkan pada penelitian Cahyani *et al.* (2017), yakni sebagai berikut:

a. Pembuatan Biang

Akar bambu dibersihkan dari gumpalan tanah, kemudian ditimbang sebanyak 200 gram. Selanjutnya ditumbuk atau dicacah hingga menjadi kecil. Akar dimasukkan ke dalam toples dan ditambahkan air matang sebanyak 1 liter, tutup rapat dan disimpan pada tempat yang terhindar dari sinar matahari langsung selama 3-4 hari hingga terlihat gelembung sebagai tanda berhasilnya fermentasi. Larutan tersebut akan dijadikan sebagai starter yang akan dikembangbiakkan sesudah penambahan nutrisi.

b. Pembuatan Nutrisi

Larutan nutrisi pertama dibuat dengan memasukkan gula pasir, terasi, dan dedak halus (2:1:5) ke dalam panci, lalu ditambahkan 1 liter air. Larutan kedua dibuat dengan memasukkan 1 liter air, kacang hijau dan gula merah (10:1) ke dalam panci. Rebus kedua larutan sampai mendidih. Setelah itu diamkan sampai dingin, disaring, dan simpan dalam jerigen.

c. Fermentasi *PGPR*

Kedua larutan nutrisi dan biang *PGPR* akar bambu dimasukkan ke dalam jerigen dengan perbandingan 1:1:1, diaduk hingga rata. Tutup rapat dan disimpan selama 3-4 hari. Setiap sehari sekali buka dan guncangkan jerigen. Jika *PGPR* berbau masam, terdapat gelembung, dan warna lebih gelap, maka siap digunakan. Namun, ditentukan terlebih dahulu konsentrasi *PGPR* sesuai masing-masing perlakuan dalam volume 100 ml dengan rumus pengenceran (Lampiran 2).

3.5.4 Pengujian *PGPR*

Pengujian *PGPR* dilakukan untuk mengetahui jumlah bakteri yang ada di dalamnya, yakni menggunakan metode TPC meliputi tahap berikut:

a. Pembuatan Media

Sebanyak 2.25 gram PCA dilarutkan dalam 100 ml aquades, kemudian dipanaskan dengan hot plate. Setelah mendidih diangkan dan ditutup kapas beserta alumunium foil, lalu dilapisi plastik wrap.

b. Sterilisasi Alat dan Media

Alat-alat dan media PCA yang sudah dibuat dimasukkan dalam autoklaf dan disterilisasi pada suhu 121°C selama 30-45 menit.

c. Pengenceran Sampel

Terlebih dahulu dibuat larutan NaCl 0.9% dengan cara melarutkan 0.9 gram serbuk NaCl ke dalam 100 ml aquades. kemudian digunakan dalam pengenceran sampel sampai didapatkan pengenceran 10^{-13} .

d. Penanaman dan Inkubasi

Dari masing-masing hasil pengenceran sampel diambil 1 ml dimasukkan ke dalam cawan petri kemudian dituangkan 20 ml media PCA yang telah diberi antijamur. Cawan petri diputar membentuk angka delapan, lalu ditutup dengan plastik wrap. Setelah penanaman, cawan tersebut diinkubasi pada suhu 37°C selama 24-48 jam.

e. Perhitungan Koloni

Perhitungan koloni dilakukan menggunakan *coloni counter*, kemudian dicatat dan didokumentasikan.

3.5.5 Pembuatan Kompos *Azolla*

Pembuatan kompos sesuai yang pernah dilakukan pada penelitian Amir *et al.* (2012). Tanaman *Azolla pinnata* dicuci hingga bersih, kemudian ditiriskan dan dikeringanginkan selama 24 jam sampai kadar airnya berkurang 50%. Pengomposan dilakukan menggunakan ember plastik berwarna hitam. *Azolla pinnata* ditimbang sebanyak 1401 gram, lalu dimasukkan ke dalam ember dan ditambah gula pasir dan air (1:10). Selanjutnya tambahkan terasi dan air (1:50). Semuanya diaduk rata, lalu ember ditutup dengan karung goni lembab. Kompos *Azolla* diaduk setiap terjadi peningkatan suhu. Pengomposan berlangsung selama 1 minggu. Kompos dapat dipanen dan diangin-anginkan terlebih dahulu, kemudian ditimbang dengan beberapa konsentrasi sesuai perlakuan dan jumlah pengulangan yang digunakan, lalu diletakkan dalam wadah. Sebelum digunakan, pupuk terlebih dahulu diujikan di Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri yang ada di Jl. Ketintang Baru 17 no.14, Surabaya. Hasilnya sebagaimana yang terlampir pada lampiran 4.

3.5.6 Persiapan Bahan Tanam

Bahan stek didapat dari bibit sehat yang sebelumnya ditanam pada *polybag* dengan media tanam campuran tanah *top soil* dan pasir (1:1) sedalam ± 5 cm. Penyiraman dilakukan untuk menjaga kelembaban selama pembibitan. Selain itu, pemeliharaan dilakukan agar terhindar dari hama. Bahan tanam yang digunakan berasal dari stek batang dengan panjang 10 cm. Bahan stek diambil dari tanaman induk dewasa, berdaun sehat, berbatang kuat, dan telah memiliki akar. Bagian tengah batang tua diambil dan dibuang

daunnya. Bahan tanam direndam ke dalam gelas air mineral berisi *PGPR* sebanyak 1/3 bagian, dengan *PGPR* sesuai perlakuan selama 15 menit.

3.5.7 Pembuatan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah *top soil* dan arang sekam dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya pH tanah diukur hingga mencapai nilai 6, jika terlalu asam dapat ditambahkan kapur dolomit hingga homogen, dimasukkan ke dalam *polybag* ukuran 20x30 hingga 2/3 bagian dan diberi label.

3.5.8 Penanaman dan Aplikasi Perlakuan *PGPR* dan Kompos *Azolla*

Selanjutnya, bahan stek ditanam dengan membenamkan ± 2 cm ke media tanam, berikan label keterangan dan disusun sesuai denah penelitian. Lubang dibuat di sekitar perakaran, kompos *Azolla* diberikan sesuai perlakuan dengan cara membenamkannya ke dalam media tanam.

3.5.9 Pemeliharaan

Pemeliharaan dilakukan dengan menjaga kelembaban media tanam dengan melakukan penyiraman sebanyak 1 kali setiap pagi hari dengan kuantitas air yang sama banyaknya (1/2 liter). Selain itu, dilakukan penyiangan gulma dengan mencabut gulma secara manual.

3.5.10 Pengamatan dan Pemanenan

Parameter yang diamati selama masa pertumbuhan stek selama 10 minggu, adapun variabel yang akan diamati adalah sebagai berikut:

- a. Persentase Stek Hidup (%)
- b. Jumlah Pucuk
- c. Luas Daun (cm²)

- d. Jumlah Daun
- e. Diameter batang (cm)
- f. Tinggi Tanaman (cm)
- g. Panjang Akar (cm)
- h. Jumlah Umbi
- i. Bobot Basah Tanaman (gram)
- j. Bobot Kering Tanaman (gram)

3.6 Analisis Data

Data disusun secara statistik dalam tabel dan grafik. Hasil pengamatan setiap parameter dianalisis menggunakan program SPSS 22, dengan uji *Two Way Analysis of Variance* pada taraf kepercayaan 95% dan dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) 5% jika berdistribusi normal dan homogen. Sedangkan data yang tidak memenuhi syarat normalitas dan homogenitas, dilanjutkan dengan uji *Friedman*. Data hasil pengamatan juga dianalisis secara kualitatif berdasarkan studi literatur.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kandungan Pupuk

Pupuk hayati dan pupuk organik yang digunakan dalam penelitian ini mempunyai interaksi untuk saling melengkapi dalam menyediakan unsur hara bagi tanaman, dengan adanya kombinasi tersebut maka unsur hara dapat terpenuhi dan semakin lengkap. Pengaplikasian pupuk tersebut dapat dilakukan dan menjadi salah satu upaya pengelolaan sumber daya alam yang baik. Menurut Abdul Mustaqim (2015) dalam pengoperasian tafsir ekologi, terdapat prinsip-prinsip yang menjadi acuan dalam pengelolaan sumber daya alam. Salah satunya adalah keseimbangan (*al-tawâzun wal i'tidâl*) dan kelestarian di segala bidang agar kehidupan dapat stabil dan harmonis. Berdasarkan Hadis Riwayat Muslim no. 4055 “Telah menceritakan kepadaku Yahya bin Yahya dan Qutaibah bin Sa’id dan Muhammad bin Ubaid al-Ghubari, dan lafad Yahya berkata: Yahya telah mengabarkan kepadaku dan berkata Ah-Roni, telah menceritakan kepadaku Abu Awanah dari Qotadah dari Anas berkata bahwa Rasulullah SAW bersabda: Tidaklah ada seorang muslim yang menanam satu pohon atau tumbuhan, kemudian ada burung, manusia, atau hewan ternak yang ikut memakan”. Menurut Ibnu Hajar As-Qalani (2013), hadis tersebut memberi pemahaman bahwa bercocok tanam merupakan salah satu pentuk pengelolaan tanah yang dimiliki agar lebih bermanfaat dan bernilai pahala, tidak hanya untuk kehidupan diri sendiri tetapi juga bagi makhluk yang lain.

Kesuburan tanah dapat mengalami penurunan sehingga perlu pemupukan berkala. Unsur hara harus mengandung unsur esensial seperti karbon, nitrogen, oksigen, hidrogen, fosfor, kalium, kalsium, belerang, magnesium, boron, mangan,

seng, tembaga, besi, dan molybdenum yang akan diserap tanaman agar dapat tumbuh dan berkembang (Rai, 2018). Allah berfirman dalam QS. al-A'raf Ayat 58:

وَالْبُلْدُ الطَّيِّبُ يَخْرُجُ نَبَاتُهُ بِإِذْنِ رَبِّهِ وَالَّذِي خَبثَ لَا يَخْرُجُ إِلَّا نَكِدًا ۚ كَذَلِكَ نُصَرِّفُ الْآيَاتِ
لِقَوْمٍ يَشْكُرُونَ

“Dan tanah yang baik, tumbuhannya tumbuh subur dengan seizin Allah; dan tanah yang tidak subur, tumbuhannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur.”

Ayat tersebut menjelaskan bahwa terdapat tanah yang subur dan tandus di bumi. Tanah yang baik jika disirami hujan akan mampu menumbuhkan berbagai tanaman. Sedangkan tanah yang tandus meskipun disirami hujan lebat, tidak akan menumbuhkan tumbuhan tanpa seizin Allah. Menurut Tafsir Al-Misbah, terdapat perbedaan dari setiap tanah. Tanah yang subur akan mampu menumbuhkan dan menghasilkan hal-hal terbaik lainnya. Begitupun dengan perbedaan sifat manusia, yang hatinya bersih akan mendapat izin dari Allah untuk menjadi yang terbaik (Shihab, 2013). Oleh sebab itu, manusia patut bersyukur dan memahami segala kebesaran Allah. Salah satunya dapat dilakukan dengan cara menganalisis kandungan pupuk yang akan digunakan untuk menanam.

4.1.1 Kandungan *PGPR*

Pada penelitian ini dilakukan uji kandungan *PGPR* dengan pengujian TPC untuk mengetahui jumlah mikroba yang terdapat di dalamnya. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa jumlah mikroba dalam *PGPR* yang digunakan dalam penelitian ini adalah $2,89 \times 10^{11}$ CFU/ml. Hasil tersebut menunjukkan bahwa *PGPR* telah memenuhi kelayakan berdasarkan Keputusan Menteri No. 261/KPTS/SR/310/M/4/2019, perbandingannya ditunjukkan pada 4.1. Hasil tersebut diperoleh karena *PGPR* terbuat dari akar bambu yang dapat mengeluarkan banyak eksudat sehingga juga mendukung

keberadaan bakteri-bakteri seperti *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* yang dapat memudahkan fosfor agar larut dalam tanah sehingga mudah terserap akar tanaman. Kondisi tersebutlah yang akan mendukung tanaman dalam memenuhi nutrisi untuk digunakan dalam proses pertumbuhan. Selain itu, bakteri tersebut juga mampu mengeluarkan antibiotik atau senyawa anti-jamur untuk mencegah patogen. *PGPR* juga mengandung bakteri *Azotobacter* sp. dan *Azospirillum* sp. sebagai penambat nitrogen, dengan demikian pemberian *PGPR* mampu meningkatkan populasi bakteri penambat nitrogen dalam tanah (Cahyani *et al.*, 2018; Putri *et al.*, 2019; Yulistiana *et al.*, 2020).

Tabel 4.1. Perbandingan *PGPR* dengan Standar Mutu Pupuk Hayati

Parameter	Hasil Uji	Standar Mutu
Bakteri	$2,89 \times 10^{11}$ CFU/ml	$\geq 10^6$ CFU/ml

Sumber energi bakteri penambat nitrogen diketahui berasal dari oksidasi senyawa organik, meliputi sukrosa, glukosa, mineral, atau air. Oleh sebab itu bakteri membutuhkan tanaman sebagai inang. Simbiosis mutualisme terjadi karena bakteri mampu menginfeksi tanaman lalu tanaman tersebut membentuk bintil (nodul) sebagai responnya. Bintil akar adalah pembengkakan jaringan tumbuhan yang mengandung bakteri. Bakteri tersebut memperoleh karbohidrat pada jaringan akar, sedangkan tumbuhan menggunakan sebagian bahan bernitrogen yang dibentuk bakteri dari nitrogen pada udara yang terdapat di atas partikel tanah. Bakteri akan masuk ke dalam akar melalui rambut akar atau langsung ke titik timbulnya akar lateral lalu menginfeksi dengan melepaskan polisakarida spesifik untuk meningkatkan aktivitas pektolitik oleh akar. Bakteri juga dapat masuk ke pecahan dinding rambut akar dan terperangkap hingga rambut akar telah

terbungkus lagi. Fiksasi nitrogen melibatkan ATP dan reduksi ekuivalen dari metabolisme primer yang reaksinya dikatalisis oleh nitrogenase. Enzim tersebut memiliki 2 molekul nutrient, yaitu protein besi dan protein molibden besi. Reaksi terjadi saat molekul N_2 terikat pada kompleks enzim nitrogenase. Protein Fe direduksi oleh elektron dari feredoksin, lalu Fe reduksi akan mengikat ATP dan protein molibden besi yang direduksi memberikan elektron pada N_2 hingga memproduksi $NH=NH$. $NH=NH$ akan direduksi menjadi H_2N-NH_2 kemudian direduksi kembali hingga menjadi NH_3 . Feredoksin reduksi pemasok elektron didapatkan dari proses fotosintesis, respirasi, atau fermentasi. Amoniak (NH_3) dan air merupakan produk akhir dari pengikatan nitrogen. Pengikatan nitrogen terjadi pada kondisi anaerob atau oksigen yang dinetralkan dengan bahan kimia seperti Leghemoglobin, sehingga enzim nitrogenase akan rusak ketika bersentuhan dengan oksigen (Sari dan Prayudyaningsih, 2015).

PGPR mengandung berbagai bakteri yang juga dapat disebut sebagai bakteri endofit. Menurut Tanjung *et al.*, (2015), bakteri tersebut berperan dalam membantu tanaman menyerap nutrisi untuk mendukung proses pertumbuhan. Mekanismenya meliputi pelarutan fosfat, pengikatan besi (Fe), fiksasi nitrogen, dan menghasilkan fitohormon seperti IAA. Bakteri endofit mampu bergabung dengan beberapa proses fisiologis tanaman dalam memenuhi kebutuhan akan hormon pertumbuhan, sedangkan bakteri akan mendapatkan makanan seperti karbohidrat atau glukosa yang disediakan oleh tumbuhan, kemudian oleh bakteri diubah menjadi berbagai produk hingga menjadi sumber energi. Adanya prekursor berupa triptofan menjadi

pendukung terjadinya produksi IAA. Bakteri masuk dalam jaringan tanaman akan mengubah triptofan yang ada dalam media pembiakan agar menjadi hormon IAA, lalu akan disintesis tanaman.

Setiap tanaman tingkat tinggi memiliki mikroba endofit penghasil metabolit sekunder akibat adanya koevolusi atau transfer genetik dari tanaman inangnya. Konsentrasi IAA tertinggi didapatkan pada masa inkubasi yakni di fase stasioner. Perbedaan konsentrasi IAA dipengaruhi oleh kemampuan metabolisme masing-masing bakteri dalam memanfaatkan triptofan. Terdapat 2 jalur biosintesis IAA, yakni *trp-independent* dan *trp-dependent*. Pada jalur *trp-independent*, bakteri tidak menggunakan triptofan sebagai precursor, melainkan dengan *indole-3-gliserol fosfat* (IGP) tetapi jalur perantara dan gen yang terlibat masih belum ditentukan. Sedangkan pada jalur *trp-dependent*, ada lima jalur biosintesis pada bakteri yakni *indole-3-acetamide* (IAM), *indole-3-pyruvic acid* (IPA), *tryptamine* (TRA), *tryptophan side-chain oxidase*, dan *indole-3-acetonitrile* (IAN), dengan IAM, IPA, dan IAN menjadi jalur utama (Fatimah *et al.*, 2022).

Tanaman memang dapat mensintesis hormon endogen, misalnya sitokinin untuk pertumbuhan normalnya. Namun, diperlukan juga hormon eksogen (hormon dari luar) untuk mempercepat atau meningkatkan produktivitas tanaman. Hormon tersebut bisa didapatkan dari pupuk hayati seperti *PGPR* yang memiliki kandungan mikroorganisme penghasil fitohormon. Salah satunya adalah *Pseudomonas*, bakteri ini mampu menghasilkan sitokinin karena memiliki gen *ipt* yang berfungsi dalam biosintesis sitokinin. Gen *ipt* akan menyandikan enzim *isopentenyl*

transferase untuk mengkatalisa sintesis sitokinin (Wijiastuti *et al.*, 2013). Selain menghasilkan hormon, bakteri pada *PGPR* juga dapat menghasilkan antibiotik, HCN, enzim, toksin, maupun siderofor yang merupakan senyawa yang kuat untuk mengikat ion Fe. Kondisi tersebut dapat terjadi pada kondisi terbatas unsur besi sehingga pertumbuhan pathogen pesaing perlu ditekan. Mekanisme penambatan terjadi karena adanya kompetisi terhadap unsur Fe^{3+} (Sriyanti *et al.*, 2015).

Pada penelitian Cahyani *et al.* (2018), *PGPR* 20 ml/L yang ditambahkan pada media tanam tanah dan arang sekam mampu memiliki jumlah populasi bakteri penambat nitrogen tertinggi, yakni sebesar $77,25 \times 10^8$ CFU/ml dibandingkan perlakuan tanpa *PGPR*. Sedangkan perlakuan *PGPR* 10 ml/L per petak menghasilkan populasi bakteri penambat nitrogen sebesar $63,07 \times 10^5$ CFU ml/l. Pada penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa pemberian *PGPR* berpengaruh terhadap populasi bakteri pelarut fosfat, yakni dengan konsentrasi 10 ml/L per petak menghasilkan $31,04 \times 10^5$ CFU/ml, sedangkan konsentrasi 20 ml/L per petak menghasilkan $36,30 \times 10^5$ CFU/ml.

Pada penelitian Kurniasih dan Soedrajad (2019), menunjukkan bahwa kombinasi pemberian *PGPR* sebesar 200 mL dan kompos sebesar 300 gram per tanaman menghasilkan populasi mikroorganisme terutama bakteri dengan persentase tertinggi yakni 200×10^4 CFU/ml. Pada penelitian Sulistyoningtyas *et al.* (2017), pertumbuhan tanaman bud chip tebu juga dapat dipercepat menggunakan *PGPR* dengan komposisi bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* sebesar 10^9 CFU/ml. Keberadaan bakteri

pada *PGPR* tersebut juga didukung oleh bahan lainnya, seperti gula pasir, gula merah, terasi, kacang hijau yang digunakan dalam larutan nutrisi. Penggunaan gula pada proses pembuatan *PGPR* akar bambu berfungsi sebagai sumber energi bagi mikroorganisme. Terasi juga digunakan pada proses pembuatan *PGPR* karena termasuk bioaktivator alami untuk mendapatkan mikroba. Sedangkan dedak berfungsi sumber serat alami yang mengandung zat gizi yang sangat baik bagi mikroorganisme (Ali *et al.*, 2018; Wardani *et al.*, 2021). Sumber untuk nutrisi *PGPR* lainnya adalah tauge kacang hijau karena di dalamnya terkandung vitamin dan beberapa mineral seperti besi, fosfor, kalsium, magnesium, mangan, potasium, selenium, sodium, tembaga, dan zinc (Dianita *et al.*, 2010).

4.1.2 Kandungan Kompos *Azolla*

Pada penelitian ini dilakukan uji kandungan kompos *Azolla pinnata* di Laboratorium Penelitian dan Konsultasi Industri, Surabaya. Berdasarkan hasil pengujian yang ditunjukkan pada tabel 4.2, diketahui bahwa kompos *Azolla* yang digunakan dalam penelitian mengandung unsur-unsur yang telah memenuhi syarat kelayakan pupuk sesuai standard SNI 19-7030-2004, kecuali pada parameter pH. Sedangkan pada penelitian Setiawati *et al.* (2017), kandungan kompos *Azolla pinnata* yang telah dianalisis di Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman Fakultas Pertanian UNPAD pada 2014 menghasilkan 4.13% unsur N-total, 0.53% P₂O₅, 1.50% K₂O, 39.52% C-organik, dan rasio C/N sebesar 9.57 dengan pH 7.62.

Tabel 4.2. Perbandingan Kompos *Azolla* Dengan Standar Mutu

Parameter	Hasil Uji	Satuan	Standar Mutu
pH	6.2	%	6.8 – 7.49
N	1.17	%	> 0.4
P ₂ O ₅	1.05	%	> 0.1
K ₂ O	1.08	%	> 0.2
C	16.80	%	9.80 – 32
C/N ratio	14.42		10-20

Unsur hara dapat dihasilkan dari bahan organik, yakni *Azolla pinnata* yang telah mengalami pembusukan atau pengomposan. *Azolla* segar diketahui telah mengandung nitrogen sebesar 1,96-5,30 %; 0,16-1,59% fosfor; 0,31-5,97% kalium; 0,45-1,70% kalsium; 0,22-0,66% magnesium; 0,22-0,73% sulfur; Silikon sebesar 0,16-3,53%; 0,16-1,31% Natrium; klorin sebesar 0,62-0,90%; dan 0,04-0,59% Aluminium (BATAN, 2011). Bahan organik mudah terdekomposisi jika memiliki nisbah C/N yang rendah atau tidak lebih besar dari 15, dan dikatakan rendah jika kurang dari 10. Tentunya pada aplikasinya ke tanah juga dipengaruhi oleh sumber dan jumlah bahan organik. Apabila jumlah unsur hara telah cukup memenuhi kebutuhan tanaman, maka pertumbuhan dan perkembangan tanaman yang bersangkutan akan meningkat (Mahmudah *et al.* 2017).

Proses dekomposisi atau penguraian tidak lepas dari peran bioaktivator. Pada penelitian ini digunakan terasi yang mengandung bakteri asam laktat. Bakteri asam laktat antara lain *Pediococcus*, *Leuconostoc*, *Streptococcus*, dan *Lactobacillus*. Mikroorganisme tersebut dapat mengubah gula pada bahan organik menjadi asam laktat, namun juga dapat menghasilkan bakteriosin dan menurunkan pH sehingga menjadi penghambat pertumbuhan bakteri patogen dan pembusuk (Kamarullah *et al.*, 2021). Aktivitas mikroorganisme pada proses dekomposisi untuk meningkatkan asam-asam

humat, ion-ion hidroksil, dan fenol. Selama proses fermentasi, jumlah asam laktat akan memengaruhi pH, semakin banyak jumlah BAL maka semakin menurun pH tersebut. Penurunan pH juga dapat disebabkan karena karbohidrat yang tersedia telah mencukupi untuk mendukung aktivitas BAL dalam memproduksi berbagai asam organik yang digunakan untuk menurunkan pH pada kondisi anaerob. Penggunaan terasi memungkinkan dapat menurunkan pH kompos menjadi lebih rendah sehingga belum memenuhi baku mutu yang disyaratkan untuk kompos (Prasetio dan Widyastuti, 2020).

4.2 Pengaruh Pemberian *PGPR* terhadap Pertumbuhan *T. triangulare*

Pemberian berbagai konsentrasi *PGPR* mempunyai pengaruh berbeda-beda sesuai dengan parameter yang diamati. Hasil pengaruh pemberian *PGPR* dapat dilihat pada saat panen (10 MST). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada beberapa parameter yang diamati lebih besar dari 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai > 0.05 artinya data homogen. Terdapat 3 parameter yang dapat dilanjutkan pengujian menggunakan *Two Way Anova*, yakni parameter luas daun, diameter batang, bobot kering tanaman. Apabila berpengaruh signifikan maka dilanjutkan dengan Uji DMRT 5% (Lampiran 11) untuk mengetahui konsentrasi terbaik berdasarkan notasinya. Sedangkan yang tidak memenuhi persyaratan uji *Two Way Anova* dapat dilanjutkan menggunakan uji *Friedman*, jika ada pengaruh dapat dilihat perbedaannya berdasarkan rank pada lampiran 12 untuk mengetahui manakah yang menjadi perlakuan terbaik. Parameter yang dianalisis dengan uji *Friedman* adalah jumlah pucuk, jumlah daun, tinggi, panjang akar, jumlah umbi,

bobot basah tanaman. Berikut adalah Tabel 4.3 yang menunjukkan hasil analisis data menggunakan *Two Way Anova* dan *Friedman*.

Tabel 4.3. Pengaruh *PGPR* terhadap Pertumbuhan dan Hasil *T. Triangulare*

Parameter	Jenis Pengujian	Signifikansi
Persentase Stek Hidup	Manual	-
Jumlah Pucuk	<i>Friedman</i>	0.127
Luas Daun	<i>Two Way Anova</i>	0.001*
Jumlah Daun	<i>Friedman</i>	0.058
Diameter Batang	<i>Two Way Anova</i>	0.003*
Tinggi Tanaman	<i>Friedman</i>	0.044*
Panjang Akar	<i>Friedman</i>	0.044*
Jumlah Umbi	<i>Friedman</i>	0.086
Bobot Basah Tanaman	<i>Friedman</i>	0.000*
Bobot Kering Tanaman	<i>Two Way Anova</i>	0.000*

Ket: tanda bintang (*) artinya berpengaruh nyata

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh pemberian kompos *Azolla pinnata* mampu menghasilkan 100% persentase stek hidup. Beberapa di antaranya memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun, diameter batang, tinggi tanaman, panjang akar, bobot basah dan bobot kering tanaman. Pengaruh nyata ditunjukkan dengan nilai signifikansi $< 0,05$. *PGPR* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah pucuk, jumlah daun, dan jumlah umbi *T. triangulare* pada 10 MST. Setiap parameter yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjutan untuk melihat perbedaan nyata di antara setiap perlakuan dan menentukan konsentrasi paling baik untuk diaplikasikan lebih lanjut. Pemberian *PGPR* 10% menjadi perlakuan terbaik karena berpengaruh nyata dan menghasilkan rata-rata tertinggi pada 5 parameter, yakni luas daun, diameter batang, tinggi tanaman, bobot basah dan bobot kering tanaman. Sedangkan pemberian *PGPR* 15% hanya pada parameter panjang akar. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut terkait pengaruh *PGPR* terhadap berbagai parameter.

4.2.1 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Persentase Stek Hidup *T. triangulare*

Perhitungan persentase stek hidup dilakukan pada saat panen (10 MST) terhadap total jumlah stek yang tumbuh dari seluruh jumlah stek yang

ditanam, lalu dikali 100%. Pengaruh pemberian *PGPR* terhadap pertumbuhan *T. triangulare* dapat dilihat pada diagram 4.1. Berdasarkan tabel tersebut, pemberian berbagai konsentrasi *PGPR* menghasilkan 100% stek hidup *T. Triangulare* hingga 10 MST.

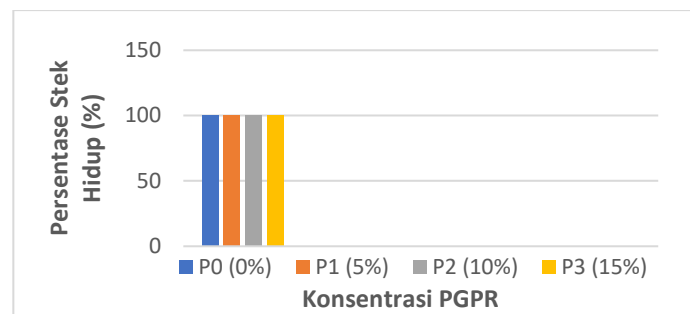


Diagram 4.1. Pengaruh *PGPR* Terhadap Persentase Stek Hidup *T. triangulare*

Berdasarkan diagram 4.1 dapat diketahui bahwa pemberian *PGPR* mampu mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga stek hidup tanaman *T. triangulare* dapat mencapai persentase sebesar 100%. Sebagaimana pada penelitian yang dilakukan Sofyan *et al.*, (2022) bahwa penggunaan *PGPR* menghasilkan 100% pertumbuhan terhadap stek batang tanaman cincau hijau. Hasil yang sama juga dibuktikan pada penelitian Saepudin *et al.* (2020) tentang pemberian *PGPR* terhadap stek vanilli dan penelitian Manurung *et al.*, (2023) terhadap stek lada. Hal tersebut terjadi karena *PGPR* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan beberapa mekanisme, antara lain menghasilkan siderofor untuk menghelat zat besi (Fe) bagi akar tanaman dan membantu mencegah serangan hama penyakit, fiksasi nitrogen bebas, melarutkan mineral dan sintesis fitohormon. *Paenibacillus alvei* merupakan salah satu bakteri dalam *PGPR* yang dapat menghasilkan senyawa indol seperti auksin, sitokinin, dan giberelin untuk mengatur fisiologis tanaman, terutama dalam meningkatkan luas permukaan akar-akar

halus dan nutrisi dalam tanah. *PGPR* akan menyediakan unsur melalui proses dekomposisi bahan organik untuk pertumbuhan vegetatif tanaman dengan pembentukan akar baru. Hormon IAA berperan dalam peningkatan perkembangan sel, memacu pembentukan akar, merangsang pertumbuhan dan pembungaan, serta meningkatkan aktivitas enzim. Sedangkan hormon sitokinin berfungsi dalam induksi peningkatan aliran hara tanaman melalui jaringan vesikuler ke jaringan daun, dan mencegah pengangkutan zat dari daun (Manurung *et al.*, 2023; Saepudin *et al.*, 2020; Sofyan *et al.*, 2022). Bakteri pelarut fosfat dalam *PGPR* juga dapat melarutkan unsur P yang terikat sehingga menjadi tersedia ($H_2PO_4^-$) bagi tanaman. Unsur tersebut berperan dalam pertumbuhan tanaman, seperti pembungaan, pembuahan dan pembentukan biji sehingga dapat menghasilkan 100% stek hidup (Cahyani *et al.*, 2018).

4.2.2 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Jumlah Pucuk *T. triangulare*

Pucuk merupakan bagian *T. triangulare* yang sering dihasilkan sebagai bentuk adanya pertumbuhan, jumlahnya dapat dipengaruhi oleh pembentukan cabang yang baik (Pratiwi, 2013). Perhitungan jumlah pucuk dilakukan pada saat panen (10 MST) terhadap daun muda dengan panjang ± 10 cm di setiap ujung cabang tanaman. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter jumlah pucuk < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap rata-rata peningkatan jumlah pucuk di akhir pengamatan. Meskipun tidak ada perbedaan yang signifikan, pemberian *PGPR* menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah pucuk *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian *PGPR*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10%. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.4.

Tabel 4.4. Rata-rata Jumlah Pucuk Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	5.65±1.73877
<i>PGPR</i> 5%	6.25±1.70783
<i>PGPR</i> 10%	8.35±0.64031
<i>PGPR</i> 15%	6.70±2.00333

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah pucuk *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan jumlah pucuk, yakni pada pemberian *PGPR* 15%. Pada penelitian Kasmaei *et al.*, (2019), pemberian *PGPR* mampu menghasilkan bobot segar pucuk sebesar 22,2% karena adanya perbaikan kondisi nutrisi tanah dan aktifitas mikroba dalam tanah. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah pucuk *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR*, tetapi jika terlalu tinggi akan menyebabkan pertumbuhan terhambat atau menurun. Hal itu terjadi karena seiring pertambahan konsentrasi *PGPR* akan meningkatkan kandungan mikroorganisme aktif pada tanah sehingga berimplikasi pada pertumbuhan tanaman, seperti jumlah daun atau pucuk, tinggi, dan bobot panen tanaman. Menurut Kurniasih dan Soedradjad

(2019), pemberian *PGPR* yang terlalu tinggi, yakni konsentrasi 300 ml/tanaman dapat berpotensi meningkatkan jumlah mikroorganisme patogen, sehingga dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dibandingkan dengan pemberian *PGPR* sebanyak 200 mL/tanaman.

Pada penelitian Budiasih *et al.*, (2018) semakin meningkatnya konsentrasi *PGPR* akar bambu yang diaplikasikan, maka dapat meningkatkan unsur hara dan mikroorganisme yang terkandung dalam tanah untuk diserap oleh tanaman. Bakteri dalam *PGPR* yang mampu untuk menambat N antara lain yaitu bakteri *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. (Utami *et al.*, 2017). Peningkatan konsentrasi *PGPR* mampu meningkatkan serta memperbaiki kandungan N tanah. Bakteri penambat nitrogen akan mengefisienkan penggunaan N-tersedia dalam tanah dengan cara memanfaatkan nitrogen bebas untuk sintesis sel protein (Permatasari dan Nurhidayati, 2014). Adanya hormon sitokinin hasil pemberian *PGPR* juga berperan dalam pembelahan sel yang terjadi di meristem apeks (pucuk) dan sel primordial daun (Coffiana dan Haratati, 2021). Namun, jika unsur hara maupun hormon yang tersedia ada dalam jumlah berlebihan juga akan berpengaruh pada pertumbuhan. Sebagaimana menurut Nuryani *et al.* (2019), menyatakan bahwa ketidaktepatan konsentrasi atau interval waktu pemberian pupuk akan menyebabkan hasil pertumbuhan yang tidak optimal. Hormon giberelin yang dihasilkan *PGPR* juga dapat menjadi alasan pertumbuhan daun atau pucuk terhambat karena pemberian yang berlebihan (Sudewi, 2020). Setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu

untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan tentunya dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti, *et al.*, 2013).

4.2.3 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Luas Daun *T. triangulare*

Daun adalah salah satu organ tanaman berperan penting pada tanaman, seperti menjadi tempat berlangsungnya transpirasi dan fotosintesis untuk proses pertumbuhan tanaman, sehingga luasnya menjadi salah satu parameter penting untuk diukur dalam analisis pertumbuhan tanaman (Pratiwi, 2013). Perhitungan luas daun dilakukan pada saat panen dengan metode gravimetri. Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau terdapat pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata luas daun di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.5, hasil uji *Duncan* menunjukkan bahwa perlakuan tanpa *PGPR* berbeda nyata dengan pemberian *PGPR* 5%, 10%, dan 15%. Perlakuan terbaik adalah pada *PGPR* 10% yang menghasilkan rata-rata luas daun tertinggi pada 10 MST, yakni 1182.28 cm^2 .

Tabel 4.5. Rata-rata Luas Daun Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	927.16 ± 253.76^a
<i>PGPR</i> 5%	1160.30 ± 244.13^b
<i>PGPR</i> 10%	1182.28 ± 194.38^b
<i>PGPR</i> 15%	1172.83 ± 258.70^b

Ket: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa luas daun *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan luas daun, yakni pada pemberian *PGPR* 15%. Pada penelitian Candra dan Subagiono (2020), menunjukkan peningkatan rata-rata luas daun seiring dengan penambahan konsentrasi *PGPR* (0,375%, 0,75%, 1,125%, dan 1,5%) karena

pada pemberiannya dapat meningkatkan luas perakaran sehingga serapan hara dan air untuk tanaman juga meningkat. Pada penelitian Ningsih *et al.* (2018), pemberian *PGPR* 15 ml/L menjadi dosis terbaik untuk menghasilkan luas daun buncis.

Menurut Shofiah dan Tyasmoro (2018), aplikasi *PGPR* 30% juga berpengaruh pada peningkatan luas daun, hal ini karena adanya bakteri penambat nitrogen dari *PGPR* sehingga suplai N turut meningkat dan merangsang pembentukan helai daun yang luas dengan klorofil yang tinggi. Penelitian Sofyan *et al.*, (2022) juga menunjukkan adanya pengaruh pemberian *PGPR* akar bambu terhadap luas daun karena *PGPR* mampu menyediakan unsur N bagi tanaman. Sebagaimana penelitian Utami *et al.*, (2017), *PGPR* 5 ml/l dan 10 ml/l per aplikasi telah mampu meningkatkan kandungan N tanah, yakni sebesar 0% dan 4,34%. Pemberian *PGPR* juga mampu meningkatkan pertumbuhan luas daun pada tanaman tomat dan kentang karena bakteri dalam *PGPR* akan meningkatkan unsur N dan P dalam tanah dengan cara menambat nitrogen di udara menjadi N tersedia (NH_4^+ dan NO_3^-) dan melarutkan unsur hara P yang terikat menjadi terlarut dan tersedia (H_2PO_4^-), sehingga unsur hara tersebut dapat diserap oleh tanaman dan meningkatkan luas daun (Astuti *et al.* 2013; Cahyani *et al.*, 2018; Shofiah *et al.*, 2018). Penurunan rata-rata luas daun pada konsentrasi terlalu tinggi dapat disebabkan karena penyerapan unsur hara maupun air yang berlebihan yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Coffiana dan Hartatik, 2021). Selain itu, menurut Suryaningrum *et al.*, (2016) dan

Sofyan *et al.*, (2022), penurunan luas daun juga dapat disebabkan oleh cekaman yang semakin meningkat atau penambahan umur tanaman.

4.2.4 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Jumlah Daun *T. triangulare*

Perhitungan dilakukan saat masa panen (10 MST) terhadap daun yang mekar penuh. Daun adalah organ tanaman yang menjadi tempat mesintesis makanan bagi kebutuhan langsung ataupun cadangan makanannya. Semakin banyak daun salah satunya berfungsi untuk meningkatkan penyerapan cahaya yang akan digunakan bagi proses fotosintesis (Pratiwi, 2013). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata jumlah daun di akhir pengamatan. Meskipun tidak ada perbedaan signifikan, pemberian *PGPR* menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah daun *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian *PGPR*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10%. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.6.

Tabel 4.6. Rata-rata Jumlah Daun Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	65.55±23.06
<i>PGPR</i> 5%	83.05±15.05
<i>PGPR</i> 10%	86.00±21.03
<i>PGPR</i> 15%	85.50±14.39

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah daun *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan luas daun, yakni pada pemberian *PGPR* 15%. Sebagaimana penelitian Budiasih *et al.* (2018), pemberian *PGPR* akar bambu sebanyak 5 ml/L telah mampu menghasilkan jumlah daun tertinggi yakni 10.48 helai.

Pada penelitian Coffiana dan Hartatik (2021), bahwa seiring penambahan dosis *PGPR* (100 ml, 200 ml, 300 ml) akan semakin meningkatkan jumlah daun pada tanaman selada. Hal tersebut terjadi karena semakin tinggi konsentrasi *PGPR* maka akan semakin mampu memperbanyak jumlah daun karena *PGPR* dapat menghasilkan auksin untuk memicu pertumbuhan daun. *PGPR* akan mendukung tanaman terutama daun dalam memproduksi asimilat melalui proses fotosintesis, sehingga semakin banyak hasilnya akan dapat meningkatkan jumlah daun dan memicu pembentukan organ lainnya dengan baik. Namun, apabila terlalu tinggi dapat menyebabkan mempercepat penguguran daun atau absisi bahkan menghambat pertumbuhan. Sebagaimana yang ditunjukkan pada penelitian Ardiansyah dan Agustina (2021), bahwa pemberian *PGPR* dengan konsentrasi 5 ml menghasilkan daun *Mucuna Bracteata* lebih banyak (39,67 helai) dibandingkan pada konsentrasi 10 ml (34,89 helai).

4.2.5 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Diameter Batang *T. triangulare*

Perhitungan diameter batang dilakukan saat panen (2 MST) menggunakan jangka sorong, diukur 5 cm dari pangkal batang. Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H1

diterima atau terdapat pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata diameter batang di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.7, hasil uji *Duncan* menunjukkan bahwa perlakuan tanpa *PGPR* berbeda nyata dengan perlakuan pemberian *PGPR* dengan konsentrasi 5%, 10%, maupun 15%. Perlakuan terbaik adalah pada pemberian *PGPR* 10% yang menghasilkan rata-rata diameter batang tertinggi pada 10 MST, yakni 0.82 cm. Sedangkan yang terendah adalah tanpa *PGPR*, yakni 0.63 cm.

Tabel 4.7. Rata-rata Diameter Batang Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	0.63±0.10 ^a
<i>PGPR</i> 5%	0.73±0.15 ^b
<i>PGPR</i> 10%	0.82±0.23 ^b
<i>PGPR</i> 15%	0.73±0.09 ^b

Ket: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa diameter batang *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan diameter batang, yakni pada pemberian *PGPR* 15%. Sebagaimana penelitian Utami *et al.* (2017), *PGPR* 5 ml/l dan 10 ml/l per aplikasi telah mampu meningkatkan kandungan N tanah, yakni sebesar 0% dan 4,34% sehingga mendukung pertumbuhan Krisan Potong (*Chrysanthemum* sp.), pemberian *PGPR* 5 ml/L mampu menghasilkan diameter tangkai sebesar 5,08 mm dan meningkat menjadi 5,09 mm pada konsentrasi 10 ml/L, sedangkan tanpa *PGPR* diameter tanaman hanya sebesar 4,96 mm. Hal tersebut menjelaskan bahwa pada konsentrasi 10% *PGPR* telah mencukupi kebutuhan tanaman, misalnya unsur N yang telah diperoleh dari bakteri penambat nitrogen. Kemudian, *PGPR* akan mendukung pertumbuhan tanaman, terutama pada pembentukan daun

sebagai proses fotosintesis untuk memproduksi asimilat melalui proses fotosintesis, semakin banyak asimilat dapat meningkatkan luas diameter batang tanaman. Luas dan jumlah daun berbanding lurus dengan diameter batang tanaman, karena semakin baik laju fotosintesis akan meningkatkan asimilat sehingga juga dapat meningkatkan luas diameter batang (Shofiah *et al.*, 2018). Namun, pada kondisi yang terlalu tinggi dapat menghambat pertumbuhan karena bersifat toksisitas (Coffiana dan Hartatik, 2021). Sebagaimana pernyataan Oviyanti (2016) bahwa kelebihan atau kekurangan nitrogen secara berlebihan dapat menghambat pertumbuhan batang karena pembelahan dan pembesaran sel terhambat, sehingga tanaman menjadi kerdil. Setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

4.2.6 Pengaruh Pemberian PGPR Terhadap Tinggi *T. triangulare*

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan salah satu bentuk adanya peningkatan dalam pembelahan meristem apikal sehingga dapat mendorong terjadinya pertumbuhan primer (Wijiyanti *et al.*, 2019). Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tanaman dari permukaan media tanam sampai titik tumbuh tanaman pada umur 10 MST. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05

sehingga H1 diterima atau terdapat pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata tinggi tanaman di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.8, hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan tanpa *PGPR* berbeda nyata dengan pemberian *PGPR* 10% yang juga menjadi perlakuan terbaik, yakni menghasilkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi pada 10 MST sebesar 44.71 cm.

Tabel 4.8. Rata-rata Tinggi Tanaman Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	37.27±7.92290 ^d
<i>PGPR</i> 5%	40.29±2.78876 ^c
<i>PGPR</i> 10%	44.71±2.23502 ^a
<i>PGPR</i> 15%	44.61±5.28125 ^b

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan diameter batang, yakni pada pemberian *PGPR* 15%. Sebagaimana pada penelitian Utami *et al.* (2017), pemberian *PGPR* 5 ml/L mampu menghasilkan tinggi tangkai tanaman Krisan Potong (*Chrysanthemum* sp.) sebesar 71,98 cm dan meningkat menjadi 72,85 cm pada konsentrasi 10 ml/L, sedangkan tanpa *PGPR* tinggi tanaman hanya sebesar 69,50 cm pada usia 92 HST. Hal tersebut terjadi karena seiring peningkatan *PGPR* yang diberikan akan mendukung peningkatan kandungan N, P, K dalam tanah. Namun, pada kondisi yang terlalu tinggi menghambat pertumbuhan karena bersifat toksisitas (Coffiana dan Hartatik, 2021). Sebagaimana juga pada pernyataan Oviyanti (2016) bahwa kelebihan atau kekurangan nitrogen secara berlebihan dapat menghambat pertumbuhan batang karena pembelahan dan pembesaran sel terhambat, sehingga tanaman menjadi kerdil. Setiap

tanaman juga mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, jika berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

Pada penelitian Ningsih *et al.* (2018), pemberian *PGPR* 15 ml/L menjadi dosis terbaik untuk menghasilkan tinggi tanaman buncis. Bakteri penambat nitrogen seperti *Azotobacter* sp., dan *Azospirillum* sp. dan bakteri pelarut fosfat seperti *Aspergillus* sp., *Pseudomonas* sp., dan *Bacillus* sp., yang terkandung dalam *PGPR* mampu meningkatkan unsur hara N dan P di dalam tanah. Pada mekanismenya nitrogen di udara akan dijadikan sebagai N tersedia (NH_4^+ dan NO_3^-) dan unsur hara P yang terikat dilalutkan sehingga menjadi P yang tersedia (H_2PO_4^-), sehingga keduanya dapat diserap tanaman. Peningkatan unsur fosfor terjadi karena mikroba menghasilkan berbagai asam organik seperti asam sitrat, suksinat, glutamate, dan glioksalat yang mengkhelat Fe, Al, Ca dan Mg sehingga fosfor terikat dan larut (Nasrulloh *et al.*, 2016).

Penelitian Ichwan *et al.*, (2021) juga menunjukkan bahwa *PGPR* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil cabai merah dalam bentuk tinggi tanaman (2,12%-9,69%), hal ini terjadi karena di dalam *PGPR* tersebut terdapat bakteri yang dapat menghasilkan hormon tumbuhan, menyediakan unsur P dalam tanah, maupun mengikat N bebas dari udara, seperti *Azotobacter* sp., *Azospirillum* sp., *Bacillus*, *Trichoderma*, *Pseudomonas* sp., dan *Rhizobium* sp., dengan demikian seiring penambahan konsentrasi juga dapat meningkatkan populasi bakteri tersebut.

4.2.7 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Panjang Akar *T. triangulare*

Pengukuran terhadap akar primer menggunakan penggaris pada akhir pengamatan. Perhitungan terhadap jumlah akar yang memiliki ukuran minimal 1 cm pada akhir pengamatan. Panjang akar adalah salah satu indikator pengamatan akar tanaman yang berkaitan dengan keefektifan penyerapan unsur hara (Hamdayanty *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter panjang akar > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_1 diterima atau terdapat pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata panjang akar di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.9, hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan tanpa *PGPR* berbeda nyata dengan perlakuan pemberian *PGPR* dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15%. *PGPR* 10% dan 15% sama-sama menjadi perlakuan terbaik, yakni menghasilkan rata-rata panjang akar tanaman tertinggi pada 10 MST sebesar 19.13 cm dan 19.35 cm.

Tabel 4.9. Rata-rata Panjang Akar Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	15.00±1.75 ^c
<i>PGPR</i> 5%	17.14±2.22 ^b
<i>PGPR</i> 10%	19.13±1.09 ^a
<i>PGPR</i> 15%	19.35±0.55 ^a

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa panjang akar *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan. Sebagaimana penelitian Saepudin *et al.*, (2020), bahwa *PGPR* 10 ml/L

meningkatkan panjang akar stek vanili hingga 17.65 cm, lalu pada pemberian *PGPR* 15 ml/L meningkatkan panjang akar hingga 18.50 cm, sedangkan tanpa *PGPR* hanya 14.08 cm. Pada penelitian Husnihuda *et al.* (2017) juga membuktikan bahwa pemberian *PGPR* akar bambu sebanyak 17.24 ml/L menghasilkan panjang akar bunga kubis tertinggi. Penelitian tersebut juga selaras dengan Kasmaei *et al.*, (2019), bahwa pemberian *PGPR* mampu meningkatkan panjang akar hingga 5% karena *PGPR* berpengaruh terhadap aktivitas mikroba pada tanah pasca panen, yakni ditunjukkan pada pengukuran *Soil Microbial Respiration* (SMR) dan *Soil Microbial Biomass C* (MBC) yang mengalami peningkatan dibanding kontrol, hal ini akibat *PGPR* mensintesis metabolit, misalnya senyawa yang merangsang pembentukan IAA atau dengan meningkatkan penangkapan hara tanaman, seperti unsur N. Dengan demikian *PGPR* berpengaruh terhadap konsentrasi unsur hara pasca panen serta konsentrasi nutrisi dalam tanaman.

Pada penelitian Budiasih *et al.*, (2018) semakin meningkatnya konsentrasi *PGPR* akar bambu yang diaplikasikan, semakin meningkatkan unsur hara dan mikroorganisme dalam tanah. Bakteri yang terkandung pada *PGPR* dapat mengalami proses biofertilizer menghasilkan respon seperti produksi giberellin untuk meningkatkan pertumbuhan meristem samping dalam daun dan antar buku, auksin untuk memicu pemanjangan sel dan dominasi ujung, sitokinin untuk memicu pembelahan sel (Coffiana dan Hartatik, 2021). Bakteri *PGPR* juga dapat mensintesis asam amino jenis *L-tryptophan* yang biasanya diproduksi oleh eksudat akar. *L-tryptophan* menjadi prekursor hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) untuk meningkatkan

serapan hara dan nutrisi sehingga mendukung pertumbuhan tanaman. Hormon tersebut akan memicu pertumbuhan akar sehingga peningkatan luas permukaan atau panjang akar terjadi untuk mengoptimalkan penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih banyak. Hormon IAA juga dapat menyebabkan pembentukan akar sehingga dapat meningkatkan bobot kering akar (Hamdayanty *et al.*, 2022).

4.2.8 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Jumlah Umbi *T. triangulare*

Perhitungan jumlah umbi dilakukan terhadap jumlah akar yang memiliki ukuran minimal 1 cm pada akhir pengamatan. Perhitungan akar adalah salah satu indikator pengamatan akar tanaman yang berkaitan dengan keefektifan penyerapan unsur hara (Hamdayanty *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter jumlah umbi > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata jumlah umbi di akhir pengamatan. Meskipun tidak ada perbedaan signifikan, pemberian *PGPR* menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah umbi *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian *PGPR*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10%. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.10.

Tabel 4.10. Rata-rata Jumlah Umbi Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	3.45±1.21
<i>PGPR</i> 5%	4.60±0.74
<i>PGPR</i> 10%	5.55±1.06
<i>PGPR</i> 15%	5.30±1.03

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah umbi *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diberikan. Sebagaimana pada penelitian Saepudin *et al.*, (2020), bahwa pemberian *PGPR* 10 ml/L meningkatkan jumlah akar stek vanili hingga 10.35, lalu pada pemberian *PGPR* 15 ml/L meningkatkan jumlah akar hingga 11.55, sedangkan tanpa *PGPR* hanya 8.30. Hal tersebut karena *PGPR* menghasilkan auksin yang bekerja pada jaringan meristem akar sehingga berperan dalam pembentukan sistem perakaran baru. Adanya hormon IAA dapat menyebabkan peningkatan perkembangan sel, memicu pembentukan akar baru, merangsang pertumbuhan dan pembungaan, serta meningkatkan aktivitas enzim untuk keberlangsungan hidup tanaman. Namun, jika konsentrasinya berlebihan dapat menghambat pertumbuhan karena pada dasarnya tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu (Wijiastuti *et al.*, 2013).

Pemberian *PGPR* akar bambu dapat mencukupi ketersediaan unsur hara yang memungkinkan fotosintesis bekerja optimal dan asimilat yang dihasilkan dapat digunakan sebagai makanan cadangan bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena cadangan makanan dalam jaringan yang lebih banyak akan memungkinkan juga untuk membentuk banyak daun. Laju fotosintesis yang tinggi dengan keadaan lingkungan yang

mendukung akan menghasilkan karbohidrat untuk membentuk suatu organ tanaman, misalnya umbi (Budiasih *et al.*, 2018).

Menurut penelitian Cahyani, *et al.* (2018), pemberian *PGPR* sebanyak 20 ml/l telah dapat menghasilkan jumlah umbi kentang tertinggi yaitu 16 umbi. Pemberian *PGPR* dan media tanam dapat meningkatkan populasi bakteri pelarut fosfat sebesar 215.34 % dan bakteri penambat nitrogen sebesar 79.6 % sehingga meningkatkan pertumbuhan dan produksi kentang, terutama pada parameter tinggi tanaman dan berat kering tanaman dengan nilai 12.99 cm dan 3.61 gram. Pada perlakuan P2M2 menghasilkan nilai tertinggi terhadap parameter jumlah umbi, yakni 20 umbi per tanaman. Semakin banyak *PGPR* yang diberikan, jumlah umbi tanaman kentang akan mengalami peningkatan. Pertumbuhan yang baik tersebut juga didukung ketersediaan unsur hara dari penggunaan media tanam. Perlakuan P2M2 (20 ml/l *PGPR* + tanah + arang sekam) menghasilkan nilai tertinggi pada parameter P-Total dan N-Total yaitu 0,35 % dan 1,02 %. Pemberian tanah, arang sekam dan *PGPR* dapat meningkatkan unsur hara N dan P dalam tanah. Kandungan unsur fosfor pada tanah menjadi sebesar 0,12 % dan pada arang sekam sebesar 585 ppm Selain itu, porositas tanah meningkat sehingga tanah menjadi gembur dan baik untuk pertumbuhan umbi (Soemeinaboedhy dan Tejowulan, 2007).

4.2.9 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Bobot Basah *T. triangulare*

Bobot basah tanaman menunjukkan besarnya kandungan air dan bahan organik yang terkandung dalam jaringan atau organ tanaman (Cahyani *et al.*, 2018). Pengukuran dilakukan saat panen, sesudah bagian-

bagian tanaman dibersihkan. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter bobot basah tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen. Jika data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_1 diterima atau terdapat pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata bobot basah tanaman di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.11, hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan tanpa *PGPR* berbeda nyata dengan pemberian *PGPR* 5%, 10%, dan 15%. Perlakuan terbaik adalah pemberian *PGPR* 10% dengan rata-rata bobot basah tanaman tertinggi pada 10 MST, yakni sebesar 45.03 gram.

Tabel 4.11. Rata-rata Bobot Basah Tanaman Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	28.29±9.46 ^d
<i>PGPR</i> 5%	37.98±10.936 ^c
<i>PGPR</i> 10%	45.03±12.84 ^a
<i>PGPR</i> 15%	42.51±9.60 ^b

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot basah *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk yang diberikan, tetapi jika terlalu tinggi juga dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan. Sebagaimana pada penelitian Saepudin *et al.*, (2020), pemberian *PGPR* berpengaruh nyata terhadap bobot basah stek vanili, yakni menghasilkan rata-rata bobot basah tanaman sebesar 58.88 gram pada pemberian *PGPR* 5 ml/L dan 54.33 gram pada pemberian *PGPR* 10 ml/L, lebih tinggi dibanding tanpa pemberian *PGPR* dengan rata-rata 41.68 gram. Hal tersebut disebabkan karena *PGPR* mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman

dengan cara memproduksi siderofor, fiksasi nitrogen, dan melarutkan fosfor dan sintesis hormon tumbuhan.

Bobot basah dipengaruhi oleh kadar air yang ada pada organ atau jaringan tanaman, unsur hara, dan bahan organik dalam suatu tanaman. Hasil rata-rata bobot basah penelitian ini berbanding lurus dengan luas atau jumlah daun, diameter batang, tinggi tanaman, panjang akar, dan jumlah umbi. Peningkatan bobot basah tanaman dapat terjadi seiring bertambahnya organ vegetatif tanaman, seperti daun. Apalagi daun-daun tersebut mampu menerima dan menyerap cahaya matahari untuk meningkatkan hasil akumulasi fotosintat untuk pembentukan organ lainnya (Oktafia dan Maghfoer, 2018). Menurut Pratiwi (2013) peningkatan jumlah pucuk *T. triangulare* dapat dipengaruhi karena suhu atau jumlah radiasi yang sesuai di sekitar tanaman. Semakin besar faktor tersebut dapat mempercepat pembentukan cabang-cabang baru, sehingga hasil pucuk juga dapat meningkat dan juga mempengaruhi bobotnya. Adanya hormon sitokinin dari *PGPR* turut berperan dalam pembelahan sel. Pembelahan sel tersebut terjadi di meristem apeks (pucuk) dan sel primordial daun. Pertambahan jumlah sel tersebut juga akan diikuti pertambahan bobot basah suatu organ tanaman (Coffiana dan Haratati, 2021).

Pada penelitian Lisa *et al.* (2018), penggunaan *PGPR* akar bambu 6 ml/L juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman cabai rawit dan bobot buah per tanaman. Pada penelitian Husnihuda *et al.* (2017) juga membuktikan bahwa pemberian *PGPR* akar bambu sebanyak 14.74 ml/L menghasilkan berat bunga kubis tertinggi, pada konsentrasi 14.03 ml/L

menghasilkan diameter bunga kubis tertinggi, dan pada konsentrasi 18.59 ml/L menghasilkan berat segar brangkasan tertinggi. Bakteri pada *PGPR* juga dapat mensintesis asam amino jenis *L-tryptophan* yang biasanya diproduksi oleh eksudat akar. *L-tryptophan* menjadi prekursor hormon *Indole Acetic Acid* (IAA) untuk meningkatkan serapan hara dan nutrisi sehingga mendukung pertumbuhan tanaman. Hormon tersebut akan memicu pertumbuhan akar sehingga peningkatan luas permukaan atau panjang akar terjadi untuk mengoptimalkan penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih banyak. Hormon IAA juga dapat menyebabkan pembentukan akar sehingga dapat meningkatkan bobot akar (Hamdayanty *et al.*, 2022).

Menurut Utami *et al.* (2017), pemberian *PGPR* sebanyak 10 ml/liter setiap aplikasi telah dapat memberikan pengaruh nyata dalam meningkatkan bobot akar. *PGPR* yang digunakan akan menghasilkan hormon seperti auksin dan sitokinin yang berperan penting dalam proses pembentukan akar maupun perkembangannya (Coffiana dan Hartatik, 2021). Menurut Driyani (2015), auksin akan meningkatkan aktivitas pembelahan sel pada jaringan meristem dan pengembangan sel di belakang meristem. Auksin dapat mengurangi perkembangan atau tekanan dinding sel terhadap protoplas, sehingga protoplas dapat menyerap air dari sel-sel terdekat pada titik tumbuh yang memiliki nilai osmosis tinggi. Kemudian, sel akan memanjang dan memiliki vakuola yang besar di belakang titik tumbuh, dengan demikian akan meningkatkan bobot basah tanaman.

4.2.10 Pengaruh Pemberian *PGPR* Terhadap Bobot Kering *T. triangulare*

Bobot kering tanaman merupakan akibat efisiensi penyerapan dan pemanfaatan radiasi matahari yang tersedia sepanjang masa tanam oleh tanaman (Cahyani *et al.*, 2018). Pengukuran bobot kering tanaman dilakukan saat panen, yakni pada 10 MST. Sesudah bagian tanaman dibersihkan, lalu dikeringkan menggunakan oven hingga menghasilkan berat konstan pada suhu 80°C selama 24 jam. Berdasarkan tabel 4.3, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_1 diterima atau terdapat pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata bobot kering tanaman di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.12, hasil analisis menunjukkan bahwa perlakuan tanpa *PGPR* berbeda nyata dengan perlakuan pemberian *PGPR* dengan konsentrasi 5%, 10%, dan 15%. Perlakuan terbaik adalah pada pemberian *PGPR* 10% yang menghasilkan rata-rata bobot kering tanaman pada 10 MST, yakni 20.62 gram.

Tabel 4.12. Rata-rata Bobot Kering Tanaman Pada Pemberian *PGPR*

Perlakuan	Rata-rata
<i>PGPR</i> 0%	12.93± 5.85 ^a
<i>PGPR</i> 5%	16.42± 6.62 ^b
<i>PGPR</i> 10%	20.62± 5.62 ^c
<i>PGPR</i> 15%	19.04± 4.15 ^{bc}

Ket: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot kering *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk yang diberikan, tetapi jika terlalu tinggi juga dapat menyebabkan penurunan bobot kering tanaman. Hal ini juga berbanding lurus dengan bobot basah tanaman yang memperoleh hasil terbaik pada penggunaan *PGPR* 10%. Peningkatan bobot kering tanaman dapat terjadi seiring bertambahnya organ vegetatif tanaman, seperti daun. Apalagi daun-daun tersebut mampu menerima dan menyerap

cahaya matahari untuk meningkatkan akumulasi fotosintat untuk pembentukan organ lainnya (Oktafia dan Maghfoer, 2018).

Pada penelitian Saepudin *et al.*, (2020), pemberian *PGPR* berpengaruh nyata terhadap bobot kering stek vanili, yakni menghasilkan rata-rata bobot kering tanaman sebesar 3.74 gram pada pemberian *PGPR* 5 ml/L, 4.51 gram pada pemberian *PGPR* 10 ml/L, 4.58 gram pada pemberian *PGPR* 15 ml/L, lebih tinggi dibanding tanpa pemberian *PGPR* dengan rata-rata 3.06 gram. Selain itu, pada penelitian Husnihuda *et al.* (2017) juga membuktikan bahwa pemberian *PGPR* akar bambu sebanyak 18.41 ml/L menghasilkan berat kering brangkasan tertinggi. Kondisi tersebut terjadi karena *PGPR* mampu memfiksasi nitrogen untuk diserap oleh tanaman, ini menyebabkan daun tumbuh lebih luas sehingga fotosintesis berjalan lancar dan bobot total tanaman menjadi lebih berat. Unsur N dalam tanah mampu meningkatkan klorofil daun. Kandungan klorofil dapat berperan untuk proses fotosintesis dengan mengubah energi cahaya menjadi glukosa, lalu disimpan sebagai cadangan makanan untuk menunjang pertumbuhan tanaman.

Pada penelitian Utami *et al.* (2017), pemberian *PGPR* sebanyak 10 ml/liter setiap aplikasi telah dapat memberikan pengaruh nyata dalam meningkatkan bobot akar dan bobot total tanaman, kandungan nutrisi pada daun dan tanah juga meningkat seiring peningkatan konsentrasi *PGPR*. Bakteri yang terkandung pada *PGPR* dapat memproduksi hormon untuk meningkatkan pembelahan sel maupun perkembangan sel, meskipun juga dapat menjadi penghambat pertumbuhan (inhibitor) dan mempercepat penguguran daun atau absisi jika digunakan pada dosis yang berlebihan (Coffiana dan Hartatik, 2021).

4.3 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Pertumbuhan *T. triangulare*

Pemberian berbagai dosis kompos *Azolla pinnata* mempunyai pengaruh berbeda-beda sesuai dengan parameter yang diamati. Hasil pengaruh pemberian kompos *Azolla pinnata* dapat dilihat pada 10 MST. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada beberapa parameter yang diamati lebih besar dari 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai > 0.05 artinya data homogen.

Terdapat 3 parameter yang dapat dilanjutkan pengujian menggunakan *Two Way Anova*, yakni parameter luas daun, diameter batang, bobot kering tanaman. Apabila berpengaruh signifikan maka dilanjutkan dengan Uji DMRT 5% (Lampiran 11) untuk mengetahui konsentrasi paling berdasarkan notasinya. Sedangkan yang tidak memenuhi persyaratan uji *Two Way Anova* dapat dilanjutkan menggunakan uji *Friedman*, jika ada pengaruh dapat dilihat perbedaannya berdasarkan rank pada lampiran 12 untuk mengetahui manakah yang menjadi perlakuan terbaik. Parameter yang dianalisis dengan uji *Friedman* adalah jumlah pucuk, jumlah daun, tinggi, panjang akar, jumlah umbi, bobot basah tanaman. Berikut adalah Tabel 4.13 yang menunjukkan hasil analisis data menggunakan *Two Way Anova* dan *Friedman*.

Tabel 4.13 Pengaruh Kompos *Azolla* terhadap Pertumbuhan dan Hasil *T. Triangulare*

Parameter	Jenis Pengujian	Signifikansi
Persentase Stek Hidup	Manual	-
Jumlah Pucuk	<i>Friedman</i>	0.589
Luas Daun	<i>Two Way Anova</i>	0.004*
Jumlah Daun	<i>Friedman</i>	0.038*
Diameter Batang	<i>Two Way Anova</i>	0.196
Tinggi Tanaman	<i>Friedman</i>	0.127
Panjang Akar	<i>Friedman</i>	0.050*
Jumlah Umbi	<i>Friedman</i>	0.038*
Bobot Basah Tanaman	<i>Friedman</i>	0.002*
Bobot Kering Tanaman	<i>Two Way Anova</i>	0.003*

Ket: tanda bintang (*) artinya berpengaruh nyata

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh pemberian *PGPR* mampu menghasilkan 100% persentase stek hidup. Beberapa di antaranya memberikan pengaruh nyata terhadap luas daun, jumlah daun, panjang akar, jumlah umbi, bobot basah dan kering tanaman. Pengaruh nyata ditunjukkan dengan nilai signifikansi < 0,05. Kompos *Azolla* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah pucuk, diameter batang, dan tinggi *T. triangulare* pada 10 MST. Setiap parameter yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjutan untuk melihat perbedaan nyata di antara setiap perlakuan dan menentukan konsentrasi paling baik untuk diaplikasikan lebih lanjut. Pemberian kompos *Azolla* 5 gram/*polybag* menjadi perlakuan terbaik karena berpengaruh nyata dan menghasilkan rata-rata tertinggi pada 3 parameter, yakni jumlah umbi, bobot basah dan bobot kering tanaman. Sedangkan pemberian kompos *Azolla* 10 gram/*polybag* hanya pada parameter panjang akar dan pemberian kompos *Azolla* 15 gram/*polybag* pada parameter luas dan jumlah daun. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut terkait pengaruh kompos *Azolla* terhadap berbagai parameter.

4.3.1 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Persentase Stek Hidup *T. triangulare*

Perhitungan persentase stek hidup dilakukan pada saat panen (10 MST) terhadap total jumlah stek yang tumbuh dari seluruh jumlah stek yang ditanam, lalu dikali 100%. Pengaruh pemberian kompos *Azolla pinnata* terhadap pertumbuhan *T. triangulare* dapat dilihat pada diagram 4.2. Berdasarkan tabel tersebut, pemberian berbagai konsentrasi *A. pinnata* menghasilkan 100% stek hidup hingga 10 MST.

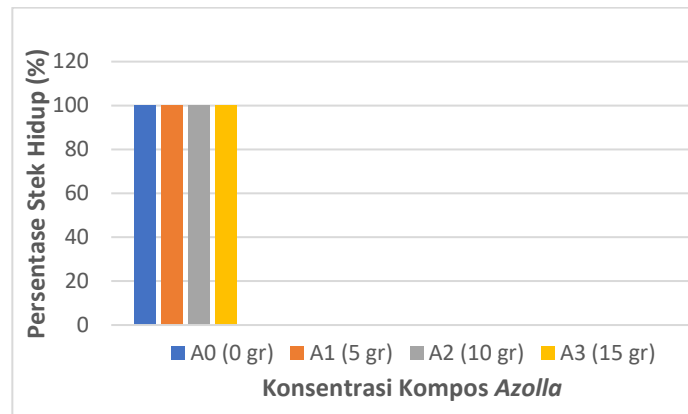


Diagram 4.2. Pengaruh Kompos *Azolla* Terhadap Persentase Stek Hidup *T. triangulare*

Berdasarkan diagram 4.2 dapat diketahui bahwa kompos *Azolla pinnata* mampu mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga stek hidup *T. triangulare* dapat mencapai persentase sebesar 100%. Sebagaimana pada penelitian yang dilakukan Afriansyah (2018) bahwa pemberian kompos *Azolla* sebanyak 30 gram, 60 gram, dan 90 gram per *polybag* berpengaruh pada pertumbuhan stek mawar umur 14 MST. Hal ini karena kompos *Azolla* memiliki kandungan K dan N. Unsur hara tersebut diketahui memiliki peran dalam pertumbuhan stek mawar, misalnya pada pertumbuhan tunas dan memperpanjang akar. Nitrogen dibutuhkan sebagai bahan dasar pembentukan asam amino dan protein untuk proses metabolisme tanaman, sehingga dapat mempengaruhi pertumbuhan organ daun, batang, dan akar.

Pada penelitian Yuniati (2013), pemberian kompos *Azolla* 25%, 50%, 75%, dan 100% juga mampu menghasilkan 100% stek hidup pada tanaman rumput gajah, dibuktikan dengan kemampuan kompos yang meningkatkan jumlah anakan, produksi berat kering, kandungan bahan organik, protein kasar daun, batang, dan total (daun dan batang) karena adanya unsur N yang disediakan kompos *Azolla*. Sedangkan pada penelitian Fadly (2019), pemberian kompos *Azolla* sebanyak 6 dan 12 kg/tanaman mampu

menghasilkan 100% stek hidup pada tanaman ubi jalar karena kandungan unsur hara yang disediakan kompos *Azolla* dapat diserap tanaman untuk mempercepat pertumbuhan fisiologisnya dan mampu meningkatkan pembelahan sel-sel jaringan agar pertumbuhan tanaman lebih cepat. Misalnya fosfor, unsur ini berperan dalam menyusun lemak dan protein. Unsur P dapat membentuk inti sel dan mempercepat proses fisiologis sehingga meningkatkan pertumbuhan akar, bunga, jumlah dan pemasakan buah atau biji-bijian, serta meningkatkan kekuatan batang.

4.3.2 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Jumlah Pucuk *T. triangulare*

Pucuk merupakan bagian tanaman Ginseng Jawa yang sering dihasilkan sebagai bentuk adanya pertumbuhan, jumlahnya dapat dipengaruhi oleh pembentukan cabang yang baik (Pratiwi, 2013). Perhitungan jumlah pucuk dilakukan pada saat panen (10 MST) terhadap daun muda dengan panjang ± 10 cm di setiap ujung cabang tanaman. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter jumlah pucuk < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata jumlah pucuk di akhir pengamatan. Meskipun tidak ada perbedaan signifikan, pemberian kompos *Azolla* yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah pucuk *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan pemberian kompos

Azolla 10 gram/*polybag*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian kompos *Azolla* 5 gram/*polybag*. Sebagaimana yang ditunjukkan tabel 4.14.

Tabel 4.14. Rata-rata Jumlah Pucuk Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	6.90±2.4468
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	7.45±1.56950
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	6.00±1.33666
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	6.60±2.00666

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah pucuk *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi kompos *Azolla* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan jumlah pucuk, yakni pada pemberian kompos *Azolla* 10 gram/*polybag*. Kompos *Azolla* merupakan salah satu pupuk organik yang berpotensi mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan memperbaiki sifat fisik, kimia, serta biologi tanah sehingga sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman (Mahmudah *et al.*, 2017). Pada penelitian Sakalena (2015), jenis kompos *Azolla* mampu memberi pengaruh paling baik terhadap pertumbuhan dan produksi sawi jika dibandingkan perlakuan pemberian jenis kompos lainnya (kompos Jerami padi, eceng gondok, abu janjang, sampah pasar, dan campuran limbah tanaman dengan limbah ternak). Demikian pula pada penelitian yang dilakukan oleh Nadeem *et al.* (2017) dan Kasmaei *et al.* (2019) di mana penggunaan kompos *Azolla* dapat menyebabkan peningkatan biomassa pucuk secara signifikan.

Pada penelitian Nur (2018) tentang pemberian kompos *Azolla* terhadap tanaman cabai besar (*Capsicum annum* L.), bahwa jumlah unsur hara yang seimbang bagi pertumbuhan tanaman mampu meningkatkan proses pembelahan, pemanjangan, dan pembesaran sel sehingga beberapa organ

tanaman dapat tumbuh cepat. Sehingga dapat memicu pertumbuhan pucuk atau daun juga. Pertumbuhan juga dapat terhambat ketika tanaman kelebihan unsur N. Hal tersebut terjadi karena peningkatan jumlah unsur hara sehingga tekanan osmosis di sekitar perakaran menjadi lebih tinggi, kondisi ini mengakibatkan kekeringan fisiologis dan menurunkan penyerapan unsur hara. Pada penelitian Tudu *et al.*, (2021), pemberian pupuk yang mengandung nitrogen, fosfat, kalium, dapat berpengaruh nyata terhadap jumlah pucuk nilam. Unsur tersebut diperlukan dalam menunjang pertumbuhan vegetatif dan generatif. Nitrogen memiliki peran penting dalam pertumbuhan vegetatif tanaman, sedangkan fosfor berperan bagi pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman muda dan mencegah kekerdilan tanaman. Menurut Oviyanti (2016) kelebihan atau kekurangan nitrogen secara berlebihan dapat menghambat pertumbuhan daun dan batang karena pembelahan dan pembesaran sel terhambat, sehingga tanaman menjadi kerdil dan kekurangan klorofil. Pertumbuhan tanaman yang terhambat, ditandai juga dengan berubahnya warna daun menjadi kuning atau kering.

Pertumbuhan pucuk juga dapat disebabkan karena adanya unsur hara dari media tanam, sehingga meskipun tanpa diberikan kompos akan tetap dapat menghasilkan jumlah pucuk. Diketahui bahwa kandungan nitrogen pada arang sekam adalah 0.18 %, sedangkan pada tanah sebesar 0.17 %. Selain itu, media arang sekam mengandung C-Organik sebesar 31%, sedangkan pada tanah sebanyak 4.53 %. Kandungan tersebut menjadi sumber energi bagi bakteri. Tanah dan arang sekam juga bisa meningkatkan P-Total dalam tanah untuk digunakan bakteri pelarut fosfat untuk pertumbuhannya. Arang sekam

mengandung hara P sebanyak 585 ppm, sedangkan pada tanah sebanyak 0.12 % (Soemeinaboedhy dan Tejowulan, 2007; Rahni, 2012; Sukarman, 2012; Cahyani *et al.*, 2018). Kurang optimalnya pertumbuhan pucuk pada penelitian ini dapat disebabkan faktor lingkungan, sebagaimana menurut Pratiwi (2013) bahwa jumlah pucuk *T. triangulare* juga dapat dipengaruhi karena suhu atau jumlah radiasi di sekitar tanaman. Semakin besar faktor tersebut dapat mempercepat pembentukan cabang-cabang baru, sehingga hasil pucuk juga dapat meningkat dan juga mempengaruhi bobotnya.

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak adanya perbedaan yang signifikan yang dapat disebabkan oleh tanaman yang kurang baik dalam menyerap beberapa unsur hara pada bahan organik, karena proses dekomposisi dengan waktu lama. Energi dari karbohidrat untuk pembelahan dan pembesaran, serta diferensiasi sel yang merangsang pembentukan organ tanaman, seperti anakan berupa tunas-tunas baru juga dapat kurang optimal dalam memenuhi kebutuhan tanaman saat tumbuh dan berkembang. Selain itu, setiap tanaman dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

4.3.3 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Luas Daun *T. triangulare*

Daun adalah salah satu organ tanaman berperan penting pada tanaman, seperti menjadi tempat berlangsungnya transpirasi dan fotosintesis untuk proses pertumbuhan tanaman, sehingga luasnya menjadi salah satu parameter penting untuk diukur dalam analisis pertumbuhan tanaman (Pratiwi, 2013). Penentuan luas daun dilakukan pada saat panen dengan metode gravimetri.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H1 diterima atau ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata luas daun di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.15, hasil uji *Duncan* menunjukkan bahwa perlakuan tanpa kompos *Azolla pinnata* berbeda nyata dengan perlakuan pemberian kompos *Azolla pinnata* dengan 5 gram, 10 gram, dan 15 gram per *polybag*. Perlakuan terbaik adalah pada pemberian *Azolla pinnata* 15 gram/*polybag* yang menghasilkan rata-rata luas daun tertinggi pada 10 MST, yakni 1196.95 cm².

Tabel 4.15. Rata-rata Luas Daun Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	951.09±244.54 ^a
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	1168.35±203.77 ^b
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	1126.15±284.61 ^b
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	1196.95±257.74 ^b

Ket: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa luas daun *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi kompos *Azolla* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan luas daun, yakni pada pemberian kompos *Azolla* 10 gram/*polybag*. Pada penelitian Hadiyah *et al.*, (2023) membuktikan bahwa pemberian kompos *Azolla* (10, 15, dan 20 ton/ha) mampu berpengaruh signifikan terhadap luas daun tanaman selada organik, dan pada komposisi 20 ton/ha menjadi perlakuan terbaik dengan luas daun mencapai 407.48 cm². Hal ini disebabkan kandungan hara kompos *Azolla*, seperti N, P, dan K baik bagi tanaman. Seiring penambahan *Azolla* mampu meningkatkan agregasi atau kemampuan tanah menahan air, di mana air adalah komponen penting agar tanaman menghasilkan fotonsintat.

Kompos *Azolla* mengandung nitrogen, fosfor, dan kalium. Menurut Fadlilla *et al.*, (2023), unsur tersebut berpengaruh terhadap penambahan jumlah maupun luas daun tanaman. Unsur hara tersebut akan mengatur proses

fisiologi tanaman seperti pertumbuhan sel, fotosintesis, transportasi karbohidrat, membuka dan menutupnya stomata, maupun mendistribusikan air dalam jaringan dan sel. Kalium dapat menjadi katalisator enzim pada metabolisme tanaman dan meningkatkan sintesis protein maupun translokasi karbondioksida. Ketidaktepatan konsentrasi atau interval waktu pemupukan akan menghambat pertumbuhan. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar maupun media tanam yang digunakan. Naungan yang cukup juga turut mendukung pertumbuhan luas daun (Pratiwi, 2013; Nuryani *et al.*, 2019; Saepudin *et al.*, 2020; Manurung *et al.*, 2023). Gejala defisiensi nitrogen dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Daun akan berwarna hijau pucat, terutama daun tua, lalu menguning, bahkan mengering karena jaringan yang mati (Fadlilla *et al.*, 2023).

4.3.4 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Jumlah Daun *T. triangulare*

Daun adalah organ tanaman yang menjadi tempat mesintesis makanan bagi kebutuhan langsung ataupun cadangan makanannya. Semakin banyak daun salah satunya berfungsi untuk meningkatkan penyerapan cahaya yang akan digunakan bagi proses fotosintesis (Pratiwi, 2013). Perhitungan jumlah daun dilakukan pada saat panen (10 MST) terhadap daun yang mekar penuh. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter jumlah pucuk < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan

terhadap peningkatan rata-rata jumlah di akhir pengamatan. Pemberian kompos *Azolla* yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah daun *T. triangulare* pada 10 MST, rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian kompos *Azolla*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian kompos *Azolla* 15 gram/*polybag*. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16. Rata-rata Jumlah Daun Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	53.90±15.69 ^d
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	88.40±9.36 ^b
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	88.20±11.61 ^c
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	89.60±10.19 ^a

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah daun *T. triangulare* meningkat seiring dengan penambahan kompos *Azolla pinnata* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang kurang tepat dapat menurunkan jumlah daun, yakni pada konsentrasi 10 gram/*polybag*. Pada penelitian yang dilakukan Mahmudah *et al.* (2017), pemberian kompos *Azolla* sebanyak 6 ton/ha telah memberikan pengaruh signifikan terhadap jumlah daun hingga 28 HST dan telah mampu menjadi perlakuan terbaik dibandingkan dengan dosis 3 ton/ha dan 9 ton/ha. Pada penelitian Hadiyah *et al.*, (2023) membuktikan bahwa pemberian kompos *Azolla* (10, 15, dan 20 ton/ha) juga mampu berpengaruh signifikan terhadap jumlah daun tanaman selada organik, dan pada komposisi 20 ton/ha menjadi perlakuan terbaik dengan jumlah daun mencapai 20,88 cm². Kondisi tersebut terjadi karena kompos *Azolla* mengandung nitrogen yang berguna bagi tanaman. Nitrogen diperlukan klorofil untuk fotosintesis yang hasilnya dimanfaatkan dalam pembelahan sel di jaringan meristem meningkatkan jumlah daun.

Pada penelitian Sakalena (2015), pemberian kompos *Azolla* mampu menghasilkan jumlah daun sawi terbanyak, yakni 12.06 helai dibandingkan perlakuan pemberian jenis kompos lainnya (kompos Jerami padi, eceng gondok, abu janjang, sampah pasar, dan campuran limbah tanaman dengan limbah ternak). Namun, pada penelitian ini menunjukkan bahwa semakin banyak pemberian kompos *Azolla* juga dapat menurunkan jumlah daun. Terhambatnya pertumbuhan juga dapat terjadi karena kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik walau masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020). Penurunan pertumbuhan jumlah daun tanaman dapat terjadi jika unsur hara tidak terpenuhi atau kurang, misalnya kurang optimal diserap akar. Penurunan juga dapat dipengaruhi faktor eksternal lain, seperti suhu dan radiasi di sekitar tanaman (Pratiwi, 2013).

4.3.5 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Diameter Batang *T. triangulare*

Perhitungan diameter batang dilakukan saat panen (10 MST) menggunakan jangka sorong, diukur 5 cm dari pangkal batang. Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata diameter batang di akhir pengamatan. Meskipun tidak ada perbedaan yang signifikan, pemberian kompos *Azolla* yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata diameter batang pada 10 MST. Rata-rata tertinggi dihasilkan oleh pemberian kompos *Azolla pinnata* 15 gram/polybag yakni 0.79 cm. Sedangkan yang terendah pada perlakuan tanpa pemberian kompos *Azolla pinnata*.

Tabel 4.17. Rata-rata Diameter Batang Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	0.69±0.14
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	0.71±0.21
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	0.72±0.16
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	0.79±0.11

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa diameter batang *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya dosis kompos *Azolla pinnata*. Sebagaimana pada penelitian Jumadin (2017) bahwa pemberian kompos *Azolla* (100 dan 200 gram/polybag) mampu meningkatkan rata-rata diameter tanaman kelapa sawit usia 12 MST, masing-masing 0,74 dan 0,76 cm dibanding tanpa pemberian kompos *Azolla* yakni 0,73 cm. Hal tersebut disebabkan oleh kompos *Azolla* dengan konsentrasi yang tepat akan mampu menyediakan unsur hara, salah satunya N yang penting dalam perkembangan organ vegetatif tanaman. Rasio C/N yang dimiliki kompos juga mendukung

proses mineralisasi unsur hara, sehingga unsur N pun akan tersedia dengan baik bagi tanaman (Khairat, 2021).

Semakin banyak kandungan nitrogen akan meningkatkan multiplikasi mikroorganisme perombak forfor, sehingga kandungan fosfor juga akan meningkat. Selama dekomposisi kompos terjadi, senyawa P-organik pada bahan organik akan diubah dan dimineralisasikan menjadi senyawa organik yang bisa diserap tanaman. Fosfor berperan dalam fotosintesis, pembelahan sel, dan pengembangan jaringan tanaman. Fosfor juga mampu meningkatkan unsur hara dan kesuburan tanah. Kalium pada kompos juga berfungsi dalam proses fotosintesis yakni membentuk protein dan selulosa untuk memperkuat batang tanaman. Semakin tinggi kadarnya, semakin baik pertumbuhan batang tanaman (Friyani *et al.*, 2022)

4.3.6 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Tinggi *T. triangulare*

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan salah satu bentuk adanya peningkatan dalam pembelahan meristem apikal sehingga dapat mendorong terjadinya pertumbuhan primer (Wijiyanti *et al.*, 2019). Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tanaman dari permukaan media tanam sampai titik tumbuh tanaman. Pengamatan dilakukan pada umur 10 MST. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata tinggi tanaman di akhir pengamatan. Meskipun tidak ada perbedaan yang signifikan, pemberian kompos *Azolla* yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata tinggi *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian kompos *Azolla*. Rata-rata tertinggi adalah pada pemberian kompos *Azolla* 10 gram/polybag. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.18.

Tabel 4.18. Rata-rata Tinggi Tanaman Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	35.77±6.88
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	42.72±3.68
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	44.59±2.92
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	43.80±4.56

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya dosis kompos *Azolla pinnata* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan tinggi tanaman. Hal ini dapat terjadi karena kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu

asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Pada penelitian yang dilakukan Mahmudah *et al.* (2017), pemberian kompos *Azolla* sebanyak 6 ton/ha telah memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman hingga 28 HST dan telah mampu menjadi perlakuan terbaik dibandingkan dengan dosis 3 ton/ha dan 9 ton/ha. Hal itu terjadi karena takaran kompos *Azolla* tersebut telah mencukupi kebutuhan unsur hara bagi tanaman, jika unsur hara yang diperlukan kurang tersedia dengan seimbang atau tidak optimum maka dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Selain itu, pertumbuhan tanaman juga dipengaruhi oleh faktor lingkungannya. Pada penelitian Sakalena (2015), pemberian kompos *Azolla* dapat meningkatkan tinggi tanaman sawi sebesar 31.51 cm dibandingkan perlakuan pemberian jenis kompos lainnya (kompos Jerami padi, eceng gondok, abu janjang, sampah pasar, dan campuran limbah tanaman dengan limbah ternak). Pada penelitian Amir *et al.* (2012) pemberian pupuk kompos *Azolla* sebanyak 247.5 gram/m² terbukti menghasilkan rata-rata tinggi tanaman bayam tertinggi pada minggu terakhir pengamatan, yakni 12.25 cm dibandingkan kompos *Azolla* konsentrasi 82.5 gram/m² dan 165 gram/m².

4.3.7 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Panjang Akar *T. triangulare*

Pengukuran terhadap akar primer menggunakan penggaris pada akhir pengamatan. Perhitungan terhadap jumlah akar yang memiliki ukuran minimal 1 cm pada akhir pengamatan. Panjang akar adalah salah satu indikator pengamatan akar tanaman yang berkaitan dengan keefektifan penyerapan unsur

hara (Hamdayanty *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter panjang akar < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H1 diterima atau ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata panjang akar di akhir pengamatan. Rata-rata panjang akar paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian kompos *Azolla*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian kompos *Azolla* 10 gram/*polybag*. Sebagaimana yang ditunjukkan tabel 4.19.

Tabel 4.19. Rata-rata Panjang Akar Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	16.41±2.63 ^d
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	17.57±2.56 ^c
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	19.25±1.27 ^a
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	17.39±2.30 ^b

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa panjang akar *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya dosis kompos *Azolla pinnata* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan panjang akar. Hal ini dapat terjadi karena kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap

media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Pada penelitian Afriansyah (2018) bahwa pemberian kompos *Azolla* berpengaruh nyata pada panjang akar stek mawar. Pada konsentrasi 30 g/polybag menghasilkan rata-rata panjang akar 9.59, konsentrasi 60 g/polybag menghasilkan 10.04, dan konsentrasi 90 g/polybag menghasilkan 10.58 cm dibanding tanpa kompos *Azolla* yakni 8.80 cm. Penelitian tersebut menunjukkan bahwa semakin banyak kompos yang diberikan dapat semakin meningkatkan panjang akar stek mawar akibat adanya peningkatan unsur hara seperti nitrogen dan kalium yang dapat mencukupi kebutuhan hara tanaman sehingga akar tumbuh dengan lebih baik.

Pada penelitian Pamungkas *et al.* (2020) juga membuktikan pemberian kompos *Azolla* menghasilkan diameter umbi bawang merah, yakni 2.1891 cm, lebih tinggi dibanding tanpa penggunaan pupuk, yakni 1.9856 cm. Hal tersebut dikarenakan tersedianya unsur P yang berperan penting dalam pembentukan sel-sel baru atau mampu meningkatkan pembelahan sel pada umbi sehingga terjadi peningkatan ukuran diameter umbi. Unsur P akan melakukan transfer fotosintat dari ke seluruh organ tumbuhan, terutama umbi. Unsur P tersebut juga mengalami peningkatan

energi, yakni berupa ATP dan ADP sehingga turut menyebabkan peningkatan translokasi fotosintat ke umbi.

4.3.8 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Jumlah Umbi *T. triangulare*

Perhitungan jumlah umbi dilakukan terhadap jumlah akar yang memiliki ukuran minimal 1 cm pada akhir pengamatan. Perhitungan akar adalah salah satu indikator pengamatan akar tanaman yang berkaitan dengan keefektifan penyerapan unsur hara (Hamdayanty *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter jumlah umbi < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata jumlah umbi di akhir pengamatan. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian kompos *Azolla*. Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian kompos *Azolla* 5 gram/*polybag*. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.20.

Tabel 4.20. Rata-rata Jumlah Umbi Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	3.65±0.86 ^d
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	5.55±0.61 ^a
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	4.80±1.57 ^c
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	4.90±1.29 ^b

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah umbi *T. triangulare* meningkat seiring dengan penambahan kompos *Azolla pinnata* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang kurang tepat dapat menurunkan jumlah umbi, yakni pada konsentrasi 10 gram/*polybag*. Hal ini dapat terjadi

karena kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Pada penelitian Fadly *et al.* (2019) membuktikan pemberian kompos *Azolla* menghasilkan peningkatan jumlah umbi ubi jalar. Pemberian kompos *Azolla* sebanyak 6 g/tanaman menghasilkan rata-rata jumlah umbi per tanaman sebesar 2.06 buah sedangkan pemberian kompos *Azolla* sebanyak 12 g/tanaman menghasilkan rata-rata jumlah umbi per tanaman sebesar 1.78 buah. Begitu juga dengan hasil pemberian kompos *Azolla* sebanyak 6 g/tanaman terhadap rata-rata jumlah umbi per plot memperoleh sebanyak 7.22 buah, sedangkan pada pemberian kompos *Azolla* sebanyak 12 g/tanaman menghasilkan rata-rata jumlah umbi per plot sebesar 6.00 buah. Pada penelitian Pamungkas *et al.* (2020) juga membuktikan pemberian kompos *Azolla* menghasilkan jumlah umbi bawang merah, yakni 6.46 buah, lebih tinggi dibanding tanpa

penggunaan pupuk, yakni 6.2 buah. Hal tersebut dikarenakan kandungan *Azolla* sebagai bahan organik yang menyebabkan tanah lebih gembur atau lebih mudah ditembus akar sehingga umbi akan lebih banyak dan besar.

4.3.9 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Bobot Basah *T. triangulare*

Pertumbuhan tanaman seperti pembentukan organ-organnya akan memengaruhi bobot akar maupun tanaman secara keseluruhan. Penimbangan bobot basah tanaman dilakukan saat panen dengan neraca setelah bagian tanaman telah dibersihkan. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter bobot basah tanaman < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, lalu dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata bobot basah tanaman di akhir pengamatan. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian kompos *Azolla*. Rata-rata tertinggi adalah pada pemberian kompos *Azolla* 5 gram/*polybag*. Sebagaimana pada tabel 4.21.

Tabel 4.21. Rata-rata Bobot Basah Tanaman Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	30.32±11.26 ^c
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	44.18±11.68 ^a
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	41.33±10.54 ^a
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	37.98±12.27 ^b

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot basah *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya dosis kompos *Azolla pinnata* yang diberikan, tetapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi juga dapat menurunkan

bobot basah tanaman. Hal ini dapat terjadi karena kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Pada penelitian Hadiyah *et al.* (2023), membuktikan bahwa pemberian kompos *Azolla* (10, 15, dan 20 ton/ha) mampu berpengaruh signifikan terhadap bobot basah brangkasan selada organik, meningkatkan bobotnya seiring penambahan konsentrasi, dan pada komposisi 20 ton/ha menjadi perlakuan terbaik dengan berat mencapai 71.94 gram. Sedangkan pada penelitian Guntoro *et al.* (2019), pemberian kompos *Azolla* sebanyak 5 gram menghasilkan bobot basah brangkasan tanaman ubi jalar sebesar 1265 gram, pada konsentrasi 10 gram menghasilkan bobot basah brangkasan tanaman ubi jalar sebesar 1915.33 gram, lalu pada konsentrasi 10 gram menurunkan bobot basah brangkasan tanaman ubi jalar sebesar 797.33 gram dibandingkan tanpa pemberian pupuk sebesar 1689.33 gram.

Hal ini disebabkan kompos *Azolla* mampu memperbaiki sifat fisik tanah dengan cara memperbaiki pori tanah agar tanah tidak padat supaya memperbaiki akselerasi akar dan memungkinkannya tumbuh lebih banyak, sehingga bobotnya mengalami peningkatan. kompos *Azolla* mampu mencukupi unsur hara bagi tanaman untuk meningkatkan aktivitas fotosintesis. Nitrogen, fosfor, dan kalium yang optimal mampu meningkatkan klorofil untuk fotosintesis sehingga dapat meningkatkan asimilat untuk pembentukan organ tanaman lainnya (Jumadin, 2017).

Pemberian kompos *Azolla* dapat menghasilkan rata-rata berat berangkasan basah tanaman sawi tertinggi, yakni 159.67 gram. Hal ini disebabkan kompos *Azolla* yang mampu memberi suplai hara lebih baik, cukup dan berimbang dibandingkan perlakuan pemberian jenis kompos lainnya (kompos Jerami padi, eceng gondok, abu janjang, sampah pasar, dan campuran limbah tanaman dengan limbah ternak), sehingga unsur hara tersebut dapat tersedia dan dimanfaatkan dengan baik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Sakalena, 2015). Nasrulloh *et al.* (2016), bahwa unsur hara N berperan untuk pertumbuhan terutama dalam peningkatan berat basah tanaman. Unsur fosfor yang terkandung pada kompos *Azolla* diketahui mampu mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa. Fosfor akan membentuk serat pada batang dan menjadi sumber energi bagi diferensiasi atau pembelahan dan pemanjangan sel sehingga tanaman menjadi lebih tinggi. Peningkatan diferensiasi sel tersebut dapat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tajuk dan akar. Akar akan menyerap nutrisi dari tanah

dan membawanya ke tajuk tanaman, lalu diproses menjadi senyawa pertumbuhan dan dikirim kembali ke akar (Akbari *et al.*, 2022).

4.3.10 Pengaruh Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Bobot Kering *T. triangulare*

Perhitungan bobot kering dibutuhkan untuk mengetahui akumulasi senyawa organik yang disintesis tanaman dari senyawa anorganik (Prihaningtyas *et al.*, 2021). Penimbangan bobot kering tanaman dilakukan saat panen dengan neraca setelah bagian tanaman telah bersih lalu dikeringkan menggunakan oven hingga menghasilkan berat konstan pada suhu 80°C selama 24 jam. Berdasarkan tabel 4.13, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata bobot kering tanaman di akhir pengamatan. Berdasarkan tabel 4.22, hasil uji *Duncan* menunjukkan bahwa perlakuan tanpa pemberian kompos *A. pinnata* berbeda nyata terhadap pemberian kompos *Azolla* 5, 10, dan 15 gram per *polybag*. Perlakuan terbaik adalah pada pemberian kompos *Azolla pinnata* 5 gram/*polybag* yang menghasilkan rata-rata bobot kering tanaman tertinggi pada 10 MST, yakni 19.61 gram. Sedangkan rata-rata terendah pada perlakuan tanpa kompos *Azolla pinnata*.

Tabel 4.22. Rata-rata Bobot Kering Tanaman Pada Pemberian Kompos *Azolla*

Perlakuan	Rata-rata
Tanpa Kompos <i>Azolla</i>	13.49±6.07 ^a
Kompos <i>Azolla</i> 5 gram	19.61± 5.44 ^b
Kompos <i>Azolla</i> 10 gram	17.98± 4.84 ^b
Kompos <i>Azolla</i> 15 gram	17.93± 7.14 ^b

Ket: Perlakuan dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot kering *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya dosis kompos *Azolla pinnata*, tetapi jika terlalu tinggi juga dapat menurunkan bobot kering tanaman.

Sebagaimana penelitian Arafah *et al.*, (2017), yang membuktikan bahwa pemberian *A. pinnata* terhadap padi pada tanah bersalinitas tinggi dapat meningkatkan serapan nitrogen dan berpengaruh terhadap bobot kering tanaman, penelitian Jumadin (2017) juga menunjukkan bahwa pemberian kompos *Azolla* 200 gram/polybag menghasilkan bobot kering tertinggi, yakni 5.99 gram. Hal tersebut disebabkan oleh kompos *Azolla* yang mampu mencukupi unsur hara bagi tanaman sehingga aktivitas fotosintesis meningkat. Unsur N, P, dan K yang optimal mampu meningkatkan klorofil untuk fotosintesis sehingga dapat meningkatkan asimilat untuk pembentukan organ tanaman lainnya.

Pada penelitian Rosiana *et al.* (2013), menunjukkan bahwa pemberian kompos *Azolla* 5 ton/ha mampu meningkatkan produksi tanaman padi yang meliputi bobot kering gabah mencapai 23.38% karena telah memberikan tambahan unsur hara untuk diserap tanaman. Salah satu unsur hara dari kompos *Azolla* adalah fosfor yang dapat mempercepat serta memperkuat pertumbuhan tanaman muda menjadi tanaman dewasa. Unsur ini akan membentuk serat pada batang dan menjadi sumber energi bagi diferensiasi atau pembelahan dan pemanjangan sel sehingga tanaman menjadi lebih tinggi. Peningkatan diferensiasi sel tersebut dapat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tajuk dan akar. Akar akan menyerap nutrisi dari tanah dan membawanya ke tajuk tanaman, kemudian diproses menjadi senyawa pertumbuhan dan dikirim kembali ke akar (Akbari *et al.*, 2022). Unsur fosfor berperan dalam transfer fotosintat pada tanaman. Peningkatan energi (ATP dan ADP) akan meningkatkan

translokasi fotosintat ke organ tanaman (Pamungkas *et al.*, 2020). Pemberian kompos *Azolla* terhadap tanaman sawi juga dapat meningkatkan rata-rata berat berangkasan kering tertinggi, yakni 14.45gram dan indeks panen terbanyak sebesar 94.07%. Hal ini disebabkan kompos *Azolla* yang mampu memberi suplai hara lebih baik, cukup dan berimbang dibandingkan perlakuan pemberian jenis kompos lainnya (kompos Jerami padi, eceng gondok, abu janjang, sampah pasar, dan campuran limbah tanaman dengan limbah ternak), sehingga unsur hara tersebut dapat tersedia dan dimanfaatkan dengan baik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Sakalena, 2015).

Pada hasil penelitian Widyaningrum (2017) yang menunjukkan bahwa dosis kompos *Azolla* sebesar 10 gram per *polybag* dapat menjadi perlakuan terbaik dan berpengaruh terhadap jumlah daun, panjang akar, berat kering total, diameter batang, dan tinggi tanaman. Pemberian kompos *Azolla* tersebut dapat meningkatkan berat berangkasan kering terberat sebesar 14.45 gram dan indeks panen terbanyak sebesar 94.07%. Hal ini disebabkan kompos *Azolla* yang mampu memberi suplai hara lebih baik, cukup dan berimbang daripada jenis kompos yang lainnya terhadap tanaman sawi, sehingga unsur hara tersebut dapat tersedia dan dimanfaatkan dengan baik untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Sakalena, 2015). Pada penelitian Arafah *et al.* (2017), menunjukkan bahwa pemberian *Azolla* pada budidaya padi pada tanah dengan salinitas tinggi mampu menyebabkan peningkatan penyerapan unsur N dan meningkatkan bobot kering padi. Pada penelitian kompos *Azolla* rata-rata indeks panen

sebanyak 2.4861, lebih rendah dari perlakuan tanpa penggunaan pupuk yakni 2.6371. Indeks panen menunjukkan distribusi bahan kering atau bobot bahan kering tanaman saat panen. Hasil tersebut dapat dipengaruhi oleh genetik dari setiap varietas. Salah satunya karena setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013; Pamungkas *et al.*, 2020).

4.4 Pengaruh Interaksi PGPR dengan Kompos *Azolla* Terhadap Pertumbuhan *T. triangulare*

Pemberian PGPR bersamaan dengan kompos *Azolla pinnata* mempunyai pengaruh berbeda-beda sesuai dengan parameter yang diamati. Hasil interaksi penggunaan kedua pupuk dengan konsentrasi berbeda dapat dilihat pada minggu ke-10 setelah tanam (10 MST). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada beberapa parameter yang diamati lebih besar dari 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai > 0.05 artinya data homogen. Terdapat 3 parameter yang dapat dilanjutkan pengujian menggunakan *Two Way Anova*, yakni parameter luas daun, diameter batang, bobot kering tanaman. Apabila berpengaruh signifikan maka dilanjutkan dengan Uji DMRT 5% (Lampiran 11) untuk mengetahui konsentrasi paling berdasarkan notasinya. Sedangkan yang tidak memenuhi persyaratan uji *Two Way Anova* dapat dilanjutkan uji *Friedman*, jika ada pengaruh dapat dilihat perbedaannya berdasarkan rank pada lampiran 12 untuk mengetahui manakah yang menjadi perlakuan terbaik. Parameter yang dianalisis dengan uji *Friedman* adalah

jumlah pucuk, jumlah daun, tinggi, panjang akar, jumlah umbi, bobot basah tanaman. Tabel 4.23 menunjukkan hasil uji *Two Way Anova* dan *Friedman*.

Tabel 4.23. Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* terhadap Pertumbuhan dan Hasil *T. Triangulare*

Parameter	Jenis Pengujian	Signifikansi
Persentase Stek Hidup	<i>Manual</i>	-
Jumlah Pucuk	<i>Friedman</i>	0.325
Luas Daun	<i>Two Way Anova</i>	0.499
Jumlah Daun	<i>Friedman</i>	0.000*
Diameter Batang	<i>Two Way Anova</i>	0.341
Tinggi Tanaman	<i>Friedman</i>	0.006*
Panjang Akar	<i>Friedman</i>	0.021*
Jumlah Umbi	<i>Friedman</i>	0.085
Bobot Basah Tanaman	<i>Friedman</i>	0.000*
Bobot Kering Tanaman	<i>Two Way Anova</i>	0.308

Ket: tanda bintang (*) artinya berpengaruh nyata

Hasil analisis menunjukkan bahwa seluruh interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla pinnata* mampu menghasilkan 100% persentase stek hidup. Beberapa di antaranya memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah daun, panjang akar, tinggi tanaman, dan bobot basah tanaman. Pengaruh nyata ditunjukkan dengan nilai signifikansi $< 0,05$. Interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* tidak memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah pucuk, luas daun, diameter batang, dan jumlah umbi, dan bobot kering *T. triangulare* pada 10 MST. Setiap parameter yang berpengaruh nyata dilakukan uji lanjutan untuk melihat perbedaan nyata di antara setiap perlakuan dan menentukan konsentrasi paling baik untuk diaplikasikan lebih lanjut. Interaksi *PGPR* 10% dan kompos *Azolla* 15 gram/polybag (P2A3) berpengaruh nyata dan menghasilkan rata-rata tertinggi pada parameter jumlah daun; interaksi *PGPR* 15% dan kompos *Azolla* 10 gram/polybag (P3A2) berpengaruh nyata dan menghasilkan rata-rata tertinggi pada parameter tinggi tanaman; interaksi *PGPR* 5% dan kompos *Azolla* 10 gram/polybag (P1A2) berpengaruh nyata dan menghasilkan rata-rata tertinggi pada parameter panjang akar; interaksi *PGPR* 10% dan kompos *Azolla* 10 gram/polybag (P2A2) berpengaruh nyata dan menghasilkan rata-rata tertinggi pada

parameter bobot basah tanaman. Berdasarkan hasil tersebut diketahui bahwa interaksi interaksi *PGPR* 10% dan kompos *Azolla* 10 gram/*polybag* dapat menjadi yang paling direkomendasikan untuk diaplikasikan lebih lanjut karena pengaruhnya terhadap bobot basah tanaman karena bobot basah dapat terjadi peningkatan seiring bertambahnya organ vegetatif tanaman. Berikut adalah penjelasan lebih lanjut terkait pengaruh interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap berbagai parameter.

4.4.1 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Persentase Stek

Hidup *T. triangulare*

Perhitungan persentase stek hidup dilakukan saat panen (10 MST) terhadap total jumlah stek yang tumbuh dari seluruh jumlah stek yang ditanam, lalu dikali 100%. Pengaruh berbagai perlakuan terhadap pertumbuhan *T. triangulare* dapat dilihat pada tabel 4.24. Berdasarkan tabel tersebut, berbagai perlakuan menghasilkan 100% stek hidup *T. triangulare* hingga pemanenan. Pemberian *PGPR* dan kompos *Azolla* diketahui mampu mendukung pertumbuhan tanaman, sehingga tanaman stek hidup tanaman *T. triangulare* dapat mencapai persentase sebesar 100%. Sebagaimana pada penelitian yang dilakukan Widyaningrum (2017), bahwa pemberian kombinasi *PGPR* dengan kompos *Azolla* mampu menghasilkan 100% stek hidup dari tanaman kopi robusta.

Tabel 4.24. Pengaruh Interaksi Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Persentase Stek Hidup *T. triangulare*

<i>PGPR</i>	Konsentrasi <i>PGPR</i> (%)			
	A0 (0 g)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0%)	100%	100%	100%	100%
P1 (5%)	100%	100%	100%	100%
P2 (10%)	100%	100%	100%	100%
P3 (15%)	100%	100%	100%	100%

Pada penelitian Rosiana *et al.*, (2013) membuktikan bahwa pemberian kombinasi pupuk hayati dan kompos *Azolla* mampu meningkatkan pertumbuhan maupun produksi tanaman padi. Pemberian kombinasi kompos *Azolla* 0.5 ton/ha dan pupuk hayati dengan konsentrasi 400 g/ha berpengaruh terhadap populasi *Azotobacter* sp., yakni menghasilkan populasi tertinggi sebanyak 4.24×10^{10} CFU/ml. Hal tersebut disebabkan karena kompos *Azolla* menyediakan unsur hara seperti N, P, K, Fe, Mn, Ca, dan Mg, di mana unsur tersebut juga digunakan oleh *Azotobacter* sp. agar tetap hidup dan tumbuh.

Pertumbuhan *T. triangulare* juga didukung oleh kondisi lingkungan maupun media tanam yang digunakan (Saepudin *et al.*, 2020; Manurung *et al.*, 2023). Media tanam berupa campuran tanah dan arang sekam mendukung populasi atau viabilitas pertumbuhan mikroba di sekitar tanaman, terutama mikroba dari *PGPR*. Selain itu, turut menambahkan ketersediaan unsur hara seperti nitrogen yang baik bagi tanaman, sehingga tanaman dapat tetap hidup dan mendukung pertumbuhan bakteri, terutama untuk bakteri menguntungkan yang aktif mengkolonisasi rizosfer. Media tanam seperti ini dapat membuat tanaman mendapatkan sumber hara agar tetap hidup meskipun tanpa diberikan pupuk (Manurung *et al.*, 2023).

PGPR dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan menghasilkan siderofor, fiksasi nitrogen bebas, melarutkan mineral, dan sintesis fitohormon. Hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin akan berperan dalam mengatur fisiologis tanaman, terutama dalam meningkatkan luas permukaan akar-akar halus dan penyerapan nutrisi dalam tanah. *PGPR*

akan menyediakan unsur melalui proses dekomposisi bahan organik untuk pertumbuhan vegetatif tanaman dengan pembentukan akar baru sehingga mendukung pembentukan organ lainnya pada tanaman, dengan demikian perentase stek hidup juga akan meningkat (Manurung *et al.*, 2023; Cahyani *et al.*, 2018; Saepudin *et al.* 2020; Sofyan *et al.*, 2022).

Kompos *Azolla* turut meningkatkan kandungan N-Total tanah, diketahui bahwa nitrogen pada arang sekam adalah 0.18%, sedangkan pada tanah sebesar 0.17 %. Selain itu, arang sekam mengandung C-Organik sebesar 31%, sedangkan pada tanah 4.53%. Kandungan tersebut menjadi sumber energi bagi bakteri. Tanah dan arang sekam juga bisa meningkatkan P-Total dalam tanah untuk digunakan bakteri pelarut fosfat untuk pertumbuhannya. Arang sekam mengandung hara P sebanyak 585 ppm, sedangkan pada tanah sebanyak 0.12 % (Soemeinaboedhy dan Tejowulan, 2007; Rahni, 2012; Sukarman, 2012; Cahyani *et al.*, 2018). Pada penelitian Cahyani *et al.* (2018), pertumbuhan tanaman kentang meningkat karena media tanah dan arang sekam dapat mendukung pertumbuhan tanaman dengan cara mengemburkan atau memperbaiki porositas tanah. Hal tersebut menyebabkan penyerapan N dan P oleh akar menjadi lebih banyak.

4.4.2 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Jumlah Pucuk *T. triangulare*

Pucuk merupakan bagian tanaman *T. triangulare* yang sering dihasilkan sebagai bentuk adanya pertumbuhan, jumlahnya dapat dipengaruhi oleh pembentukan cabang yang baik (Pratiwi, 2013). Perhitungan jumlah pucuk dilakukan pada minggu pertama dan saat panen

(10 MST) terhadap daun muda dengan panjang ± 10 cm di setiap ujung cabang tanaman. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter jumlah pucuk < 0.05 artinya data tidak berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap peningkatan rata-rata jumlah pucuk di akhir pengamatan. Meskipun tidak berpengaruh signifikan, perlakuan kombinasi kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah pucuk *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 15% tanpa kompos *Azolla* (P3A0) sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.29. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa jumlah pucuk *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi *PGPR* meskipun tanpa pemberian kompos *Azolla*. Kondisi tersebut dapat disebabkan karena *PGPR* yang digunakan berbentuk cair. Menurut Febrianna *et al.* (2018), unsur hara pada pupuk berbentuk cair dapat diserap tanaman lebih cepat karena sudah terlarut, pada penelitiannya penggunaan pupuk cair dilakukan agar meningkatkan serapan nitrogen untuk meningkatkan dan produksi sawi (*Brassica juncea* L.).

Tabel 4.25. Rata-rata Jumlah Pucuk Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (gram)	3.80±4.49	6.20±3.63	4.80±6.61	7.80±1.30
P1 (5%)	6.40±3.58	8.60±1.52	5.20±4.82	4.80±4.76
P2 (10%)	7.80±4.49	9.00±1.00	7.80±4.60	8.80±1.79
P3 (15%)	9.60±1.34	6.00±3.74	6.20±3.56	5.00±3.78

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Pada penelitian ini, pemberian *PGPR* bersamaan dengan kompos *Azolla* malah dapat menurunkan rata-rata jumlah pucuk, hal ini berbanding terbalik dengan penelitian yang dilakukan oleh Nadeem *et al.* (2017), di mana penggunaan kompos dan *PGPR* secara sinergis menyebabkan peningkatan biomassa pucuk tanaman mentimun secara signifikan. Pada kapasitas lapang 100% (D0) menghasilkan bobot basah pucuk 29.17 gram, 23.20 gram pada kapasitas lapang 75% (D1), dan 21.03 gram pada kapasitas lapang 50% (D2). Hasil tersebut lebih besar dari bobot basah pucuk perlakuan kontrol, yakni 21.53 gram pada D1, 17.51 gram pada D2, dan 13.5 gram pada D3. Selain itu, pada penelitian Kasmaei *et al.* (2019) juga menunjukkan bahwa aplikasi *PGPR* (*P. fluorescens*) dan kompos *Azolla* mampu menghasilkan bobot segar pucuk sebesar 34,5% karena keduanya berperan memberikan manfaat bagi tanaman, *PGPR* mampu mensintesis metabolit pemicu pembentukan fitohormon dan meningkatkan unsur hara, sedangkan kompos *Azolla* dapat menjadi nutrisi bagi bakteri dalam *PGPR*.

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman, seperti bagian pucuk tanaman pada penelitian ini dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk dengan derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan menghambat aktivitas mikroba tanah. Jika pH terlalu

tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020). Selain karena penggunaan pupuk yang kurang optimal, pembentukan pucuk juga dapat dipengaruhi faktor lingkungan, sebagaimana menurut Pratiwi (2013) bahwa jumlah pucuk *T. triangulare* juga dapat dipengaruhi karena suhu atau jumlah radiasi di sekitar tanaman. Semakin besar faktor tersebut dapat mempercepat pembentukan cabang-cabang baru, sehingga hasil pucuk juga dapat meningkat dan juga mempengaruhi bobotnya.

Perlakuan tanpa pemberian pemberian pupuk kurang mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman *T. triangulare*, unsur hara yang kurang atau berlebihan, misalnya N terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman. Menurut Oviyanti (2016), kelebihan atau kekurangan nitrogen secara berlebihan dapat menghambat pertumbuhan daun dan batang karena pembelahan dan pembesaran sel terhambat, sehingga tanaman menjadi kerdil dan kekurangan klorofil. Pertumbuhan tanaman yang terhambat, ditandai juga dengan berubahnya warna daun menjadi kuning atau kering. Sebagaimana penelitian yang dilakukan Nur (2018) terhadap tanaman cabai, pertumbuhan cenderung terhambat ketika tanaman kelebihan unsur N. Hal

tersebut terjadi karena peningkatan jumlah unsur hara sehingga tekanan osmosis di sekitar perakaran menjadi lebih tinggi, kondisi ini mengakibatkan kekeringan fisiologis dan menurunkan penyerapan unsur hara. Rata-rata pertumbuhan yang beragam dapat terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

4.4.3 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Luas Daun *T. triangulare*

Penentuan luas daun dilakukan pada minggu pertama dan saat panen dengan metode gravimetri. Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh signifikan dari berbagai perlakuan terhadap rata-rata peningkatan rata-rata luas daun di akhir pengamatan. Meskipun tidak berpengaruh signifikan, perlakuan kombinasi kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata luas daun *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* 15 gram/polybag (P2A3) sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.26.

Tabel 4.26. Rata-rata Luas Daun Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	757.06 ± 409.71	1102.88± 128.70	859.99± 157.31	988.72± 107.64
P1 (5%)	1021.79± 168.02	1147.75± 218.21	1147.40±306.62	1324.22±235.13
P2 (10%)	1065.40± 42.34	1142.91± 203.14	1185.60±230.18	1335.18±187.57
P3 (15%)	960.12± 128.21	1279.90± 263.72	1311.63±276.56	1139.70±243.12

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa luas daun *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk yang diberikan.

Kenaikan atau penurunan rata-rata luas daun yang beragam dapat diakibatkan oleh dosis pupuk yang diberikan kurang tepat. Sebagaimana menurut Nuryani *et al.* (2019), menyatakan bahwa ketidaktepatan konsentrasi atau interval waktu pemberian pupuk akan menyebabkan hasil pertumbuhan yang tidak optimal. Selain itu juga dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan sekitar maupun media tanam yang digunakan (Saepudin *et al.*, 2020; Manurung *et al.*, 2023).

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman, seperti bagian daun tanaman pada penelitian ini dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Pada penelitian ini, penanaman dilakukan saat kemarau dan hujan yang ekstrim. Musim kemarau menyebabkan perubahan peningkatan suhu yang tinggi. Kondisi tersebut mengakibatkan peningkatan pelepasan CO₂

ketika respirasi, sehingga menghambat proses fotosintesis. Menurut Rosiana *et al.*, (2013), tanaman dapat kehilangan 20% karbon dalam siklus Calvin yang menyebabkan fotosintat berkurang karena lingkungan menjadi sangat panas dan kering hingga tanaman cenderung menutup stomata. Pada penelitian Rosawanti (2015), menunjukkan adanya cekaman kekeringan membuat luas daun menurun. Hal tersebut terjadi untuk mendukung tanaman dalam mengurangi area transpirasi agar tidak banyak kehilangan air. Ketersediaan air yang kurang cukup sebagai pelarut hara dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Selain cekaman kekeringan juga terjadi cekaman genangan air ketika musim hujan tiba. Kondisi tersebut membuat pengairan media menjadi buruk karena pori tanah terisi oleh air berlebihan dan menyebabkan udara keluar sehingga pertumbuhan akar terhambat, lalu menghambat pengangkutan unsur hara bagi tanaman (Sukajat, 2020). Pertumbuhan yang beragam terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu, jika berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijastuti *et al.*, 2013).

4.4.4 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Jumlah Daun *T. triangulare*

Perhitungan dilakukan saat masa panen (10 MST) terhadap daun yang mekar penuh. Daun adalah organ tanaman yang menjadi tempat mensintesis makanan bagi kebutuhan langsung ataupun cadangan makanannya (Pratiwi, 2013). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data

berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada perbedaan peningkatan rata-rata jumlah daun di akhir pengamatan. Kombinasi kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah daun *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata dan rank tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* 15 gram/polybag (P2A3) yang juga mampu memberikan lebih dari tiga kali lipat hasil yang lebih baik dibanding perlakuan kontrol. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.27. Hal ini selaras dengan penelitian Kasmaei *et al.* (2019) bahwa aplikasi *PGPR* (*P. fluorescens*) dan kompos *Azolla* telah mampu meningkatkan jumlah daun *rosemary* hingga sebesar 34% karena adanya perbaikan kondisi nutrisi tanah dan aktivitas mikroba di tanah berkapur.

Tabel 4.27. Rata-rata Jumlah Daun Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	31.20±17.24	78.00±10.46	73.20±9.73	79.80±13.50
P1 (5%)	61.00±3.16	90.40±16.20	86.40±21.55	94.40±19.41
P2 (10%)	56.60±5.27	85.00±15.72	100.80±29.28	101.60±20.08
P3 (15%)	66.80±13.48	100.20±13.54	92.40±24.03	82.60±15.76

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Semakin luas permukaan daun akan meningkatkan laju fotosintesis sehingga dapat memberikan pengaruh yang baik terhadap hasil pertumbuhan tanaman. Semakin luas daun, semakin banyak daun untuk meningkatkan penyerapan cahaya untuk proses fotosintesis. Semakin

banyak jumlah daun dapat meningkatkan laju fotosintesis sehingga hasilnya juga akan meningkat (Pratiwi, 2013).

Perlakuan tanpa pemberian pupuk masih dapat menghasilkan daun dikarenakan penggunaan media tanam berupa tanah dan arang sekam yang masih memenuhi unsur hara N dan P. Unsur hara N sangat berpengaruh pada fase pertumbuhan vegetatif, seperti pada penambahan tinggi tanaman dan jumlah daun. Selain unsur hara, genetik dari *T. triangulare* itu sendiri berpengaruh dalam pertumbuhannya. Semakin tinggi pertumbuhan maka akan semakin meningkat jumlah daunnya. Sebagaimana pada penelitian Gustia (2013) bahwa kebutuhan unsur hara suatu tanaman terpenuhi, maka pertumbuhan daun baru juga dapat terangsang dengan baik. Menurut Nasrulloh, Mutiarawati dan Sutari (2016), faktor genetik dan lingkungan berperan pada kecepatan pertumbuhan tanaman, seperti terhadap pembentukan daun. Peran genetik yang dominan akan berpengaruh terhadap jumlah daun tanaman. Rata-rata pertumbuhan yang beragam dapat terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran

dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

4.4.5 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Diameter Batang *T. triangulare*

Perhitungan diameter batang dilakukan 2 minggu sekali hingga panen menggunakan jangka sorong, diukur 5 cm dari pangkal batang. Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh dari interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap diameter batang di akhir pengamatan. Namun, kombinasi kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata diameter batang *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* sebanyak 5 gram/*polybag* (P2A1), sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.28.

Tabel 4.28 Rata-rata Diameter Batang Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/ <i>polybag</i>)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	0.60±0.09	0.67±0.130	0.63±0.10	0.64±0.10
P1 (5%)	0.80±0.13	0.73±0.22	0.67±0.12	0.75±0.13
P2 (10%)	0.72±0.17	1.00±0.28	0.81±0.28	0.75±0.13
P3 (15%)	0.64±0.11	0.79±0.06	0.78±0.08	0.73±0.09

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Perbedaan yang tidak signifikan atau tidak terdapat interaksi pada parameter diameter batang diduga karena parameter tersebut lebih dipengaruhi faktor lain. Faktor genetik setiap bahan tanam stek dapat berperan pada kecepatan pertumbuhan tanaman. Peran genetik yang dominan akan berpengaruh terhadap parameter pertumbuhan *T. triangulare*. Rata-rata pertumbuhan yang beragam dapat terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman umumnya berkaitan dengan proses fisiologi. Sedangkan faktor eksternal dapat meliputi air, suhu, radiasi matahari, dan suplai unsur hara. Jika salah satu faktor tidak tersedia atau tidak seimbang, maka dapat menghambat proses pertumbuhan tanaman (Rai, 2018). Sebagaimana pernyataan Oviyanti (2016) bahwa kelebihan atau kekurangan nitrogen secara berlebihan dapat menghambat pertumbuhan batang karena pembelahan dan pembesaran sel terhambat, sehingga tanaman menjadi kerdil. Selain itu, pemberian kompos *Azolla* pada penelitian ini tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap diameter batang *T. triangulare*. Menurut Pratiwi (2013), radiasi dan suhu di sekitar tanaman turut memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan *T. triangulare*.

4.4.6 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Tinggi *T. triangulare*

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan salah satu bentuk adanya peningkatan dalam pembelahan meristem apikal sehingga dapat mendorong terjadinya pertumbuhan primer (Wijiyanti *et al.*, 2019). Pengamatan tinggi tanaman dilakukan dengan cara mengukur tanaman dari permukaan media tanam sampai titik tumbuh tanaman. Pengamatan dilakukan setiap minggu mulai umur 2 MST hingga umur 10 MST. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi $<$

0.05 sehingga H_0 ditolak atau ada pengaruh dari interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap tinggi tanaman di akhir pengamatan. Kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata tinggi *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata dan rank tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 15% dengan kompos *Azolla* sebanyak 10 gram/polybag (P3A2) yang juga mampu memberikan hampir dua kali lipat hasil yang lebih baik dibanding perlakuan kontrol, sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.29. Hal ini selaras dengan penelitian Kasmaei *et al.* (2019) bahwa perlakuan kombinasi *PGPR* (*P. fluorescens*) dan kompos *Azolla* mampu menghasilkan tinggi tanaman *rosemary* sebesar 16% karena adanya perbaikan kondisi nutrisi tanah dan aktivitas mikroba di tanah berkapur.

Tabel 4.29. Pengaruh Interaksi Perlakuan Terhadap Rata-rata Tinggi Tanaman (10 MST)

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	25.96±10.13 ^p	37.62±10.50 ⁿ	42.42±9.84 ^f	43.08±5.92 ^k
P1 (5%)	38.16±6.31 ^m	42.42±10.93 ^h	42.96±2.58 ⁱ	37.62±2.84 ^o
P2 (10%)	42.00±4.71 ^j	45.36±1.72 ^c	44.16±4.60 ^s	47.34±1.55 ^c
P3 (15%)	36.96±12.23 ^l	45.48±4.93 ^d	48.84±7.05 ^a	47.16±6.87 ^b

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Adanya unsur hara N, P, dan K yang tersedia akibat pemberian kombinasi *PGPR* dan kompos *Azolla* menyebabkan pemberian konsentrasi pupuk yang digunakan tersebut sudah sesuai dengan kebutuhan *T. triangulare*. Jika pemupukan telah sesuai, maka unsur hara akan tersedia dalam keadaan yang seimbang sehingga proses penyerapan unsur hara berjalan optimal dan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk yang diberikan.

Kenaikan atau penurunan rata-rata tinggi tanaman yang beragam dapat diakibatkan oleh dosis pupuk yang diberikan kurang tepat. Pada penelitian ini penggunaan kompos *Azolla* juga belum berpengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, kondisi inilah yang dapat mempengaruhi hasil tinggi tanaman pada perlakuan kombinasi. Sebagaimana penelitian yang dilakukan Mahmudah *et al.* (2017), pemberian kompos *Azolla* sebanyak 6 ton/ha telah memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman hingga 28 HST dan telah mampu menjadi perlakuan terbaik dibandingkan dengan dosis 3 ton/ha dan 9 ton/ha. Pada penelitian Budiasih *et al.* (2018) semakin meningkatnya konsentrasi *PGPR* yang diaplikasikan, semakin meningkatkan unsur hara dan mikroorganisme dalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman. Namun, jika terlalu tinggi menghambat pertumbuhan tanaman (Coffiana dan Hartatik, 2021).

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah.

Pada kondisi terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020). Rata-rata pertumbuhan yang beragam dapat terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

4.4.7 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Panjang Akar *T. triangulare*

Pengukuran terhadap akar primer menggunakan penggaris pada akhir pengamatan. Panjang akar adalah salah satu indikator pengamatan akar tanaman yang berkaitan dengan keefektifan penyerapan unsur hara (Hamdayanty *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan dengan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada perbedaan rata-rata peningkatan panjang akar di akhir pengamatan. Rata-rata paling rendah adalah tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 5% dengan kompos *Azolla* 10 gram/*polybag* (P1A2), tetapi berdasarkan rank tertinggi adalah P3A3 yang juga mampu memberikan hampir dua kali lipat hasil yang lebih baik dibanding perlakuan kontrol. sebagaimana yang

ditunjukkan pada tabel 4.30. Hal ini selaras dengan penelitian Kasmaei *et al.* (2019) bahwa bahwa aplikasi *PGPR* (*P. fluorescens*) dan kompos *Azolla* mampu menghasilkan panjang akar *rosemary* sebesar 28% karena adanya perbaikan kondisi nutrisi tanah dan aktivitas mikroba di tanah berkapur.

Tabel 4.30. Rata-rata Panjang Akar Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	13.42±8.04 ^l	14.04±3.47 ^p	17.40±2.87 ^j	15.16±4.66 ⁿ
P1 (5%)	15.12±2.25 ^o	17.54±3.34 ^g	20.12±1.98 ^b	15.80±3.22 ^m
P2 (10%)	17.86±1.40 ^k	20.02±3.39 ^e	20.06±4.89 ^f	18.58±1.16 ^h
P3 (15%)	19.26±3.07 ^d	18.70±1.94 ⁱ	19.42±2.25 ^c	20.04±1.72 ^a

Sebagaimana pada penelitian yang dilakukan oleh Nadeem *et al.* (2017), penggunaan kompos dan *PGPR* secara sinergis juga telah mampu menyebabkan peningkatan panjang akar tanaman mentimun secara signifikan. Pada kapasitas lapang 100% (D0) menghasilkan panjang akar 29 cm, pada kapasitas lapang 75% (D1) menghasilkan panjang akar 25.3 cm, dan pada kapasitas lapang 50% (D2) menghasilkan panjang akar 26 cm. Hasil tersebut lebih besar dari panjang akar perlakuan kontrol, yakni 22.7 pada D1, 18.6 pada D2, dan 15.3 pada D3. Hal ini terjadi karena kompos dan *PGPR* berinteraksi, kompos mengandung unsur hara yang penyerapannya dapat terbantu oleh bakteri-bakteri yang diberikan *PGPR*. Kombinasi tersebut mampu mengurangi dampak negative dari stress defisit air tanaman mentimun, meningkatkan kandungan relatif air dari daun, dan mengurangi kebocoran elektrolit. Kompos mampu meningkatkan kualitas tanah seperti meningkatkan kesuburan dan daya ikat air sehingga kondusif bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta memperbanyak populasi bakteri. *PGPR* mampu mendukung peningkatan pertumbuhan pucuk dan

akar tanaman di bawah cekaman kekeringan karena bakteri di dalamnya, seperti *P. fluorescens* bertindak mengurangi etilen yang diinduksi stress melalui enzim *ACC-deaminase* dan kemampuannya dalam melindungi tanaman terhadap kekeringan melalui produksi EPS (Eksopolisakarida), yakni metabolit sekunder hasil eksresi bakteri asam laktat saat kondisi lingkungan kurang menguntungkan (Nadeem *et al.*, 2017).

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020). Rata-rata pertumbuhan beragam dapat terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman juga mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, jika berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

4.4.8 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Jumlah Umbi *T. triangulare*

Perhitungan terhadap jumlah akar yang memiliki ukuran minimal 1 cm pada akhir pengamatan. Jumlah akar adalah salah satu indikator pengamatan akar tanaman yang berkaitan dengan keefektifan penyerapan unsur hara (Hamdayanty *et al.*, 2022). Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh dari interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap jumlah umbi di akhir pengamatan. Namun, kombinasi kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata jumlah umbi *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* sebanyak 10 gram/*polybag* (P2A2) yang juga mampu memberikan lebih dari dua kali lipat hasil yang lebih baik dibanding kontrol, sebagaimana pada tabel 4.31.

Tabel 4.31. Rata-rata Jumlah Umbi Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/ <i>polybag</i>)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	2.40±1.67	5.20±1.79	3.00±2.12	3.20±1.48
P1 (5%)	3.80±0.84	5.60±3.91	4.40±1.52	4.60±2.61
P2 (10%)	4.40±1.67	5.00±2.35	6.80±2.59	6.00±2.12
P3 (15%)	4.00±1.73	6.40±3.05	5.00±1.00	5.80±1.48

Dari hasil pengamatan, diketahui bahwa semakin konsentrasi *PGPR* maka dapat memperbanyak jumlah umbi karena *PGPR* mencukupi unsur hara yang dibutuhkan tanaman, tetapi pada penggunaan yang berlebihan dapat menjadi penghambat pertumbuhan (Coffiana dan Hartatik, 2021). Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020).

Perbedaan yang tidak signifikan atau tidak terdapat interaksi pada parameter jumlah umbi diduga karena parameter tersebut lebih dipengaruhi faktor lain. Faktor genetik setiap bahan tanam dapat berperan pada kecepatan pertumbuhan tanaman. Peran genetik yang dominan akan berpengaruh terhadap parameter pertumbuhan *T. triangulare*. Salah satunya karena setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam

konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, jika berlebihan menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013). Faktor internal yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman berkaitan dengan proses fisiologi. Sedangkan faktor eksternal meliputi air, suhu, radiasi matahari, dan suplai unsur hara. Jika salah satu faktor tidak tersedia atau tidak seimbang, maka dapat menghambat pertumbuhan tanaman (Pratiwi, 2013; Rai, 2018).

4.4.9 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Bobot Basah *T. triangulare*

Pertumbuhan tanaman seperti pembentukan organ-organnya akan memengaruhi bobot akar maupun tanaman secara keseluruhan. Penimbangan bobot basah tanaman dilakukan saat panen dengan neraca setelah bagian tanaman telah dibersihkan. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjutkan dengan uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi < 0.05 sehingga H_1 diterima atau ada pengaruh dari interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap bobot basah tanaman di akhir pengamatan. Kombinasi pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata bobot basah *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata sekaligus rank tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* sebanyak 10 gram/polybag (P2A2) yang juga mampu memberikan dua kali

lipat hasil yang lebih baik dibanding perlakuan kontrol. Sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.32. Hasil tersebut selaras dengan Kasmaei *et al.* (2019) bahwa pemberian kombinasi *PGPR* (*P. fluorescens*) dan kompos *Azolla* mampu menghasilkan bobot segar akar *rosemary* sebesar 26%.

Tabel 4.32. Rata-rata Bobot Basah Tanaman Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	23.88±18.34 ^o	31.11±4.63 ^k	26.73±3.22 ^p	31.44±2.67 ^j
P1 (5%)	29.48±2.65 ⁿ	50.44±8.51 ^c	41.12±3.15 ^s	30.89±10.91 ^l
P2 (10%)	29.88±3.98 ^m	49.79±8.94 ^b	51.75±6.68 ^a	48.73±15.94 ^d
P3 (15%)	38.05±10.72 ⁱ	45.36±13.05 ^f	45.74±6.06 ^e	40.87±8.00 ^h

Ket: Perlakuan dengan rank terbesar ke terkecil sesuai urutan huruf

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot basah *T. triangulare* meningkat seiring dengan meningkatnya konsentrasi pupuk yang diberikan, tetapi jika terlalu tinggi juga dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan. Pemberian kombinasi *PGPR* dan kompos *Azolla* mampu meningkatkan bobot basah tanaman dibandingkan perlakuan kontrol. Pada penelitian yang dilakukan oleh Nadeem *et al.* (2017), penggunaan kompos dan *PGPR* secara sinergis menyebabkan peningkatan bobot basah pucuk dan akar mentimun secara signifikan. Pada pada kapasitas lapang 100% (D0) menghasilkan bobot basah akar 4.23 gram, 3.27 gram pada kapasitas lapang 75% (D1), dan 3 gram pada kapasitas lapang 50% (D2). Hasil tersebut lebih besar dari bobot basah akar perlakuan kontrol, yakni 4.10 gram pada D1, 2.53 gram pada D2, dan 1.9 gram pada D3. Hal ini terjadi karena kompos dan *PGPR* berinteraksi, kompos mengandung unsur hara yang penyerapannya dapat terbantu oleh bakteri-bakteri yang diberikan *PGPR*. Kombinasi tersebut mampu mengurangi dampak negatif dari stress defisit air tanaman mentimun, meningkatkan kandungan relatif air dari daun, dan mengurangi

kebocoran elektrolit. Kompos mampu meningkatkan kualitas tanah seperti meningkatkan kesuburan dan daya ikat air sehingga kondusif bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, serta memperbanyak populasi bakteri. *PGPR* mampu mendukung peningkatan pertumbuhan pucuk dan akar tanaman di bawah cekaman kekeringan karena bakteri di dalamnya, seperti *P. fluorescens* bertindak mengurangi etilen yang diinduksi stress melalui enzim *ACC-deaminase* dan kemampuannya dalam melindungi tanaman terhadap kekeringan melalui produksi EPS (Eksopolisakarida), yakni metabolit sekunder hasil eksresi bakteri asam laktat saat kondisi lingkungan kurang menguntungkan (Nadeem *et al.*, 2017).

Peningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman juga disebabkan oleh penggunaan media tanam berupa tanah dan arang sekam yang mampu memperbaiki porositas tanah sehingga akar mudah menembusnya karena gembur, umbi pun akan menjadi lebih besar dan semakin banyak sehingga berat umbi akan meningkat. Sebagaimana yang dilakukan oleh Cahyani *et al.* (2018) terhadap tanaman kentang. Selain jumlah umbi, diameter umbi juga mempengaruhi beratnya. Semakin besar umbi yang dihasilkan maka berat umbi tanaman kentang akan mengalami peningkatan. Pada penelitian Suryani *et al.* (2017), penambahan tanah dan arang sekam mampu menghasilkan jumlah umbi berukuran besar dan banyak secara cepat karena air menjadi lebih melimpah dan mudah terserap akar.

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki

pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020). Rata-rata pertumbuhan yang beragam dapat terjadi karena faktor genetik, salah satunya karena setiap tanaman dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu, jika berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

4.4.10 Pengaruh Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla* Terhadap Bobot Kering *T. triangulare*

Pertumbuhan tanaman seperti pembentukan organ-organnya akan memengaruhi bobot akar maupun tanaman secara keseluruhan. Penimbangan bobot kering tanaman dilakukan saat panen dengan neraca setelah bagian tanaman telah bersih dikeringkan menggunakan oven hingga menghasilkan berat konstan pada suhu 80°C selama 24 jam. Berdasarkan hasil uji statistik menunjukkan nilai normalitas pada parameter tinggi tanaman > 0.05 artinya data berdistribusi normal, kemudian dilanjut dengan

uji homogenitas dan didapatkan nilai < 0.05 artinya data tidak homogen, karena data tidak memenuhi syarat maka dilanjutkan uji *Friedman*.

Berdasarkan tabel 4.23, menunjukkan bahwa nilai signifikansi > 0.05 sehingga H_0 diterima atau tidak ada pengaruh dari interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* terhadap bobot kering akar di akhir pengamatan. Namun, kombinasi kedua pupuk yang digunakan menghasilkan perbedaan rata-rata bobot kering akar *T. triangulare* pada 10 MST. Rata-rata paling rendah adalah perlakuan tanpa pemberian pupuk (P0A0). Sedangkan rata-rata tertinggi adalah pada pemberian *PGPR* 10% dengan kompos *Azolla* sebanyak 15 gram/polybag (P2A3) yang juga mampu memberikan dua kali lipat hasil yang lebih baik dibanding perlakuan kontrol. Hal ini berbanding lurus dengan hasil analisis terhadap rata-rata bobot segar akar, sebagaimana yang ditunjukkan pada tabel 4.33.

Tabel 4.33. Rata-rata Bobot Kering Tanaman Pada Interaksi *PGPR* dan Kompos *Azolla*

<i>PGPR</i>	Kompos <i>Azolla</i> (gram/polybag)			
	A0 (0 gram)	A1 (5 g)	A2 (10 g)	A3 (15 g)
P0 (0 %)	10.62±9.66	15.76±5.47	13.16±2.60	12.17±3.89
P1 (5%)	11.44±3.47	22.28±6.88	16.97±4.05	14.98±7.46
P2 (10%)	14.67±3.84	19.94±2.88	23.03±3.25	24.84±6.49
P3 (15%)	17.21±4.50	20.47±5.15	18.77±3.82	19.74±3.60

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa bobot kering *T. triangulare* dapat meningkat ketika diberikan kombinasi *PGPR* dan kompos *Azolla*, tapi pada konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menurunkan pertumbuhan. Interaksi pemberian *PGPR* dan kompos *Azolla* pada penelitian ini juga tidak memberikan pengaruh signifikan terhadap parameter jumlah pucuk, luas daun, diameter batang, dan jumlah umbi *T. triangulare*. Dengan demikian, hasil tersebut memengaruhi bobot dari tanaman sehingga tidak

menunjukkan perbedaan yang tidak signifikan atau tidak terdapat interaksi pada parameter tersebut.

Kurang optimalnya pertumbuhan tanaman pada penelitian ini juga dapat disebabkan oleh penggunaan kompos *Azolla* yang belum memenuhi standar kelayakan pupuk berdasarkan SNI 19-7030-2004, yakni memiliki pH 6.2, lebih rendah dari standar mutu sebesar 6,8-7,49. Pupuk yang memiliki derajat keasaman terlalu rendah (asam) akan merusak perakaran dan membuat aktivitas mikroba tanah terhambat dan jika terlalu tinggi (basa) akan menyulitkan tanaman untuk menyerap nutrisi (Umami dan Suprijanto, 2013). Kompos yang asam akan berpengaruh terhadap media tanam. Keasaman media tanam sangat mempengaruhi kualitas hidup tumbuhan. Bila derajat keasaman terlalu rendah atau tinggi maka pertumbuhan tanaman akan kurang baik meskipun masih bisa tumbuh dan berbuah. Pada kondisi yang terlalu asam, ketersediaan unsur hara makro akan lebih sedikit, sedangkan unsur besi dan aluminium relatif tinggi, sehingga tanaman dapat kekurangan hara atau keracunan (Jummi *et al.*, 2020). Selain itu, pertumbuhan yang beragam dapat terjadi karena faktor genetik, setiap tanaman juga dapat mensintesis hormon endogen dalam konsentrasi tertentu untuk pertumbuhannya, apabila berlebihan dapat menghambat pertumbuhan (Wijiastuti *et al.*, 2013).

BAB V

PENUTUP

5.1 Simpulan

1. Kandungan *PGPR* telah memenuhi standar mutu sesuai Keputusan Menteri No. 261/KPTS/SR/310/M/4/2019 pada parameter populasi bakteri. Begitupun kompos *A. pinnata* yang parameter kiwiawinya telah sesuai SNI 19-7030-2004, kecuali pada parameter pH.
2. Seluruh perlakuan *PGPR* menghasilkan 100% persentase stek hidup tanaman. *PGPR* berpengaruh terhadap luas daun, diameter batang, tinggi tanaman, panjang akar, bobot basah dan kering *T. triangulare*.
3. Seluruh perlakuan kompos *Azolla* menghasilkan 100% persentase stek hidup tanaman. Kompos *Azolla* berpengaruh terhadap luas daun, jumlah daun, panjang akar, jumlah umbi, bobot basah dan kering *T. triangulare*.
4. Seluruh perlakuan interaksi *PGPR* dan kompos *Azolla* menghasilkan 100% persentase stek hidup tanaman. Interaksi tersebut berpengaruh terhadap jumlah daun, tinggi tanaman, panjang akar, dan bobot basah *T. triangulare*.
5. Perlakuan terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil *T. triangulare* adalah pemberian *PGPR* akar bambu 10%, kompos *A. pinnata* 5 gram/polybag, serta interaksi *PGPR* akar bambu 10% dan kompos *Azolla* 10 gram/polybag.

5.2 Saran

1. Pengujian kelayakan pupuk terhadap *PGPR* dan kompos *Azolla* dapat dilakukan lebih lengkap agar selanjutnya dapat dikembangkan menjadi produk pupuk komersial.

2. Penggunaan terasi pada pembuatan kompos *Azolla* dapat dikurangi agar tidak menghasilkan pH kompos yang terlalu rendah.
3. Konsentrasi terbaik *PGPR* dan kompos *Azolla* yang didapatkan pada penelitian ini dapat diujikan kembali terhadap tanaman lainnya.



UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A

DAFTAR PUSTAKA

- Afriansyah, R. 2018. Pengaruh Perendaman Ekstrak Bawang Merah dan Pemberian Kompos *Azolla* Terhadap Pertumbuhan Setek Mawar (*Rosa damascena* Mill.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara. Medan.
- Akbari, T., Khadijah, A., Nisa, N.A., dan Pangesti, F. S. P. 2022. Peran Kombinasi Sampah Organik Rumah Tangga Dalam Meningkatkan Kadar Fosfor, Kalium dan Kalsium Pada Kompos. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*, 9(3): 82-90.
- Aksan, M., 2014. Kajian Pemanfaatan Kompos *Azolla pinnata* Guna Mereduksi Dosis Pupuk Nitrogen Anorganik Pada Budidaya Sawi (*Brassica Juncea* L.). *Skripsi*. Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
- Ali, F., Utami, D.P. and Komala, N.A., 2018. Pengaruh penambahan EM4 dan Larutan Gula Pada Pembuatan Pupuk Kompos Dari Limbah Industri Crumb Rubber. *Jurnal Teknik Kimia*, 24(2): 47-55.
- Amir, L., Arlinda, P.S., Siti, F.H., dan Junaidi, O. 2012. Ketersediaan Nitrogen Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Bayam (*Amarantush tricolor* L.) yang Diperlakukan Dengan Pemberian Pupuk Kompos *Azolla*. *Sainsmat*, 1(2):167-180.
- Andarwulan N., Haryati, E., dan Chroriatul R. 2012. *Hidangan dari Daun Kolesom*. Seafast Center IPB: Bogor.
- Andarwulan, N., Kurniasih, D., dan R.A. Apriady. 2012. Polyphenols, Carotenoids, and Ascorbic Acid in Underutilized Medicinal Vegetables. *Journal of Functional Foods* 4: 339-347.
- Arafah, M.S. , Setiawati, M.R., dan A. Nurbaity. 2017. Pengaruh Pupuk Organik (*Azolla pinnata*) Terhadap C-Organik Tanah, Serapan N Dan Bobot Kering Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.) Pada Tanah Dengan Tingkat Salinitas Tinggi. *Jurnal Untirta*: 1-12.
- Ardiansyah, I., dan Agustina, N.A. 2021. Respon Pemberian *PGPR* (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Dengan Dosis Dan Lama Perendaman Terhadap Pertumbuhan *Mucuna Bracteata*. *Jurnal Insitusi Politeknik Ganesha Medan*, 4(1):227-235.
- Arfandi. 2019. Pengaruh Beberapa *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (*PGPR*) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai (*Glycine Max* L. Merill). *Jurnal Envisoil*, 1(1): 10-16.
- Arimby, C., Lestari, W., & Azis, Y. 2014. Pemanfaatan *Azolla pinnata* R. Br Dalam Penyerapan Zn Dari Limbah Cair Pabrik Karet Sebagai Fitoremediator. *JOM FMIPA*, 1(2): 1-8.
- Asmeri, M., Indrawanis E., dan C. Ezward. 2021. Pengaruh Berbagai Jarak Tanam dan Pemberian Pupuk KCL Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jagung

- Pulut (*Zea Mays Ceratina* Kulesh). *Green Swarnadwipa: Jurnal Pengembangan Ilmu Pertanian*, 10(1): 125-132.
- As Qalani, I.H. 2013. *Fath Al-Bari, Syarah Shahih Al-Bukhari*. Pustaka Azzam, Jakarta
- Astuti, S. 2020. Pengaruh Kompos *Azolla microphylla* dan NPK Organik Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tanaman Seledri (*Apium graveolens* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Riau. Pekanbaru
- Astuti, Y. W., Widodo, L.U., dan I. Budisantoso. 2013. Pengaruh Bakteri Pelarut Fosfat dan Bakteri Penambat Nitrogen Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat pada Tanah Masam. *Biosfera*, 30(3): 134-142.
- Aziz, S. A. 2011. *Panduan Budidaya Kolesom Organik (Talinum triangulare (Jacq.) Willd.) (Good Agricultural Practices) yang Baik*. Departemen Agronomi dan Hortikultura-SEAFast Center IPB: Bogor.
- Aziz, S.A. 2012. *Pelatihan Pembibitan Tanaman Obat Tahan I: Pemiakkan dengan Setek*. Research and Community Service Institution Bogor Agricultural University-SEAFast Center: Bogor.
- Babu, P.R, Rao. D.R., Rao. M.P, Kanth, J.V.K., Srinivasulu, M., and V. Hareesh. 2012. Hypoglycemic Activity of Methanolic Extract of *Talinum triangulare* Leaves in Normal and Streptozotocin Induced Diabetic Rats. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*, 2(5): 197-201.
- Badrunasar. A, dan Santoso. H.B. 2016. *Berkhasiat Obat Tumbuhan Liar*. Forda Press: Nusa Tenggara Barat.
- Baeg, I.H., and So, S.H., 2013. The World Ginseng Market and The Ginseng (Korea). *Journal Of Ginseng Research*, 37(1): 1.
- BALITBANG KEMENDAGRI. 2018. *Anggaran Riset Kemenristekdikti Terserap 40%*. Dikutip dari website Litbang.kemendagri.go.id/website/anggaran-riset-kemenristekdikti-terserap-40/ pada 5 Juli 2022 Pukul 17.51 WIB.
- BATAN. 2011. *Azolla* Sebagai Pabrik Mini Nitrogen. *Atomos*, 15 (2): 1-6.
- Brasileiro, B.G., Dias, D.C.F.S., Casali, V.W.D., Bhering, M.C., dan P.R. Cecon. 2010. Effects Of Temperature And Pre-Germinative Treatments On Seed Germination Of *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd (Portulacaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, 32(4): 151 – 157.
- Budiasih, R., Amalia, L., & Nurfatwa, Y. (2018). The Effect of Bamboo's Root PGPR Concentration and Row Spacing on Growth and Yield of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris*). *Jurnal Sains Dasar*, 7(2), 103-110.
- Cahyani, A., Putrayani M.I., Hasrullah., Ersyan M., Aulia, T., dan Jaya, A.M. 2017. Teknologi Formulasi Rhizobakteria Berbasis Bahan Lokal dalam Menunjang Bioindustri Pertanian Berkelanjutan. *Journal Hasanuddin Student*, 1(1): 16-21.

- Cahyani, C.N., Nuraini, Y., dan A. G. Pratomo. 2018. *Potensi Pemanfaatan Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Dan Berbagai Media Tanam Terhadap Populasi Mikroba Tanah Serta Pertumbuhan dan Produksi Kentang. Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 5(2): 887-899.
- Candra A., dan Subagiono. 2020. Pengaruh Konsentrasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* Terhadap Pertumbuhan Bibit Kayu Manis (*Cinnamomum burmannii*) di Polybag. *Jurnal Sains Agro*, 5(1): 1-8.
- Chairiyah, N., Murtilaksono, A., Adiwena, M. and Fratama, R., 2022. Pengaruh Dosis Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) di Tanah Marginal. *Jurnal Ilmiah Respati*, 13(1):1-8.
- Coffiana, C. D., dan Hartatik, S. 2021. Pengaruh Komposisi Media Tanam Dan *PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)* Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Selada (*Lactuca sativa*) Dalam Pot. *Jurnal Penelitian Ipteks*, 6(2), 138-145.
- Dianita, I., Hasibuan, S., dan Syafriadiman. 2020. Pengaruh Pupuk Tauge Kacang Hijau (*Phaseolus Radiatus*) Terhadap Kepadatan dan Kandungan Karotenoid Dunaliella Salina. *Jurnal Perikanan dan Kelautan*, 25(1):18-26.
- Dransfield, J. and E.A. Wijaya. 1995. *Plant Resources of Southeast Asia no. 7. Bamboo*. Prosea Foundation, Bogor.
- Driyani, L.W. 2015. Pengaruh Pemberian ZPT Sintetik Auksin, Sitokinin, dan Giberelin terhadap Kecepatan Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica chinensis*). *Skripsi*. Universitas Sanata Dharma, Yogyakarta.
- Ezekwe, C.I., Uzomba, C.R. and Ugwu, O.P.C., 2013. The Effect of Methanol Extract of *Talinum triangulare* (Water Leaf) on The Hematology and Some Liver Parameters Of Experimental Rats. *Global Journal of Biotechnology and Biochemistry*, 8(2): 51-60.
- Fadlilla, T., Budiastuti, M. T. S., dan Rosariastuti, R. 2023. Potensi Limbah Organik Sayuran Sebagai Pupuk Eco-Enzyme Mendukung Pertumbuhan Dan Produksi Pakcoy (*Brassica rapa* L). *Prosiding Seminar Nasional Sinergi Riset dan Inovasi*, 1(1): 1-12.
- Fadly, A. 2019. Pengaruh Pemberian Abu Boiler dan Kompos *Azolla* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Ubi Jalar (*Ipomea batata* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammdiyah Sumatera Utara. Medan.
- Fatimah, F., Fadilah, R. L. A., Millah, A. I., Nurhariyati, T., Irawan, B., Affandi, M., dan Ramly, Z. A. 2022. Ability Test of IAA (Indole-3-Acetic Acid) Hormone-Producing Endophytic Bacteria from Lamongan Mangrove. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*, 4(1), 42-50.
- Febrianna, M., Priyono, S., dan N. Kusumarini. 2018. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair untuk Meningkatkan Serapan Nitrogen serta Pertumbuhan dan Produksi Sawi (*Brassica juncea* L.) pada Tanah Berpasir. *Jurnal Tanad dan Sumberdaya Lahan*, 5(2): 1009-1018.

- Friyani, D.W., Pakasi, S. E., dan Kumolontang, W. J. 2022. Teknologi Pengomposan Berbahan Baku Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Danau Tondano. *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*, 3(1), 1-7.
- Guntoro, A., Priyono, dan S. Bahri. 2019. Pengaruh Pemangkasan Pucuk dan Pemberian Dosis Pupuk *Azolla pinnata* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Ubi Jalar Ungu (*Ipomoea batatas* blackie). *Innofarm*, 21(1): 28-35.
- Gusti, I. N., Khalimi, K., Dewa, I. N. Ketut., dan Dani. S. 2012. Aplikasi *Rhizobacteria Pantoea agglomerans* untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Jagung Varietas Hibrida BISI-2. *Agrotrop*, 2(1):1-9.
- Gustia, H. 2013. Pengaruh Penambahan Sekam Bakar Pada Media Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi. *E-Journal Widya Kesehatan dan Lingkungan* 1(1): 12-17.
- Gonawala, S.S. and Jardosh, H., 2018. Organic Waste in Composting: A brief review. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 8(1): 36-38.
- Hasibuan, M.R.A. 2020. Identifikasi dan Karakteristik Beberapa Jenis Bambu Di Kabupaten Batu Bara dan Kabupaten Simalungun. *Skripsi*. Fakultas Kehutanan Universitas Sumatera Utara Medan.
- Hamdayanty, Asman, Sari, K.W., dan S.S. Attahira. 2022. Pengaruh Pemberian Plant Growth Promoting Rhizobacteria (*PGPR*) Asal Akar Tanaman Bambu Terhadap Pertumbuhan Kecambah Padi. *Jurnal Ecosolum*, 11(1): 29-37).
- Hidayat dan Hardiansyah, G. 2012. Studi Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Obat di Kawasan IUPHHK PT. Sari Bumi Kusuma Camp Tontang Kabupaten Sintang. *Jurnal Vokasi*. 8(2): 61-68.
- Hodiyah, I., Zumani, D., Juhaeni, A.H., dan D. Iskandar. 2023. Aplikasi Kompos *Azolla* (*Azolla* sp.) dan Pupuk Hayati Pada Budidaya Selada (*Lactuca sativa* L.) Organik. *Paspalum*, 11(1): 17-23.
- Hong, Z., Wang, H., and Yu, Y. 2018. Green Product Pricing With Non-Green Product Reference. *Transportation Research Part E*, 115: 1-15.
- Husnihuda, M.I., Sarwitri, R. and Susilowati, Y.E., 2017. Respon pertumbuhan dan hasil kubis bunga (*Brassica oleracea* Var. Botrytis, L.) pada pemberian *PGPR* akar bambu dan komposisi media tanam. *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 2(1), pp.13-16.
- Hutapea, J.R. 1994. *Inventaris Tanaman Obat Indonesia III*. Badan Penelitian dan Pengembangan Kesehatan, Departemen Kesehatan RI: Jakarta.
- Huzaeni, D.S., 2022. Pengaruh Pemberian Macam *PGPR* (*Plant Growth Promoting Rhizobakter*) Pada Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Galur Hibrida Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. UPN "Veteran" Jawa Timur.
- Ichwan, B., Novita, T., Eliyanti, dan E. Masita. 2021. Aplikasi Berbagai Jenis *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (*PGPR*) dalam Meningkatkan

- Pertumbuhan dan Hasil Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal Media Pertanian*, 6(1):1-7.
- Ingesti, P.S.V.R., Kusumawati, A., Ekawati, R., dan L.H. Saputri. 2021. Budidaya Tanaman Kolesom (*Talinum Triangulare* (Jacq.) Willd) Dalam Polibag Sebagai Alternatif Pemanfaatan Lahan Sempit. *Abdimas Dewantara*, 4, (1): 34-45.
- Istianah. 2015. Upaya Pelestarian Lingkungan Hidup Dalam Perspektif Hadis. *Riwayah*, 1(2): 249-270.
- Julianto, T.S., 2019. Fitokimia Tinjauan Metabolit Sekunder dan Skrining Fitokimia. *Yogyakarta: Universitas Islam Indonesia*.
- Jumadin. 2017. Pengaruh Pemberian Abu Boiler dan Kompos Azolla Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq). Di PRE-NURSERY. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Jummi, C. V. R., Ruliani, R., dan Utami, A. R. 2020. Analisis Keasaman Tanah Di Gampong Lamkeuneung Kabupaten Aceh Besar. *Jurnal Pendidikan Geosfer*, 5(1): 6-9.
- Kamarullah, N., Purwaningsih, D.W., Haikun, H., Laudo, K., Bano, E.H., dan Z.A. Derlen. 2021. Perbandingan Berbagai Mikroorganisme Lokal (MOL) Pada Proses Pengomposan Secara Anaerobik. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan Terpadu*, 1(2): 53-58.
- Kaley, A.M., Hindersah, R., Ngabalin, I.A., dan M. Jamlean. 2020. Pemanfaatan Pupuk Hayati dan Bahan Organik Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *AGRIC*, 32(2): 129-138.
- Kasmaei, S., L., Yasrebi, J., Zarei, M., Ronaghi, A., Ghasemi, R., Saharkhiz, M. J., Ahmadabadi, Z, and Schnug, E. (2019). Influence of Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Compost, And Biochar of *Azolla* on Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) Growth and Some Soil Quality Indicators in a Calcareous Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(2), 119-131.
- Kesmayanti, N., 2021. Analisis Peran *Azolla Pinnata* Pada Pertumbuhan Vegetatif Beberapa Varietas Padi (*Oryza sativa* L.). *Prosiding Penelitian Pendidikan dan Pengabdian 2021*, 1(1): 560-566.
- Khairat, M. 2021. Pengaruh Pemberian Kompos Azolla Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*. Mill). *Artikel Ilmiah*, Fakultas Pertanian, Universitas Jambi.
- Kurniahu, H., Sriwulan., Riska, A. 2017. Proses Pembibitan Jahe Merah (*Zingiber Officinale* Var. Rubra) Menggunakan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Graminae Sebagai Agen Substitusi Zat Pengatur Tumbuh dan Fungisida. *Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat II*, 2(1): 34-35.

- Kurniasih, F.P. and Soedradjad, R., 2019. Pengaruh Kompos dan *PGPR* (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) Pada Lahan Kering Terhadap Produksi Sawi (*Brassica rapa* L.). *Berkala Ilmiah Pertanian*, 2(4): 159-163.
- Kusdiyanto, W.B. 2012. Efektivitas Konsentrasi IBA (*Indole Butyric Acid*) dan Lama Perendaman terhadap Pertumbuhan Stek Jeruk Nipis (*Citrus aurantifolia* Swingle). *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret, Surakarta.
- Laksitarani, S.D., Dewanto, E., dan E. Rokhminarsi. 2020. Efektivitas Pupuk Kandang Berbasis Kompos *Azolla microphylla* dan Pemakaian Pupuk NPK Terhadap Pertumbuhan Serta Hasil Tomat Cherry. *Jurnal Wiralodra*, 3(1): 1-7.
- Lestari, S.U., Mutryarny, E., dan N. Susi. 2019. Uji Komposisi Kimia Kompos *Azolla Mycrophylla* dan Pupuk Organik Cair (POC) *Azolla Mycrophylla*. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 15(2): 121-127.
- Liao, D.Y., Chai, Y.C., Wang, S.H., Chen, C.W. and Tsai, M.S., 2015. Antioxidant Activities and Contents of Flavonoids and Phenolic Acids of *Talinum triangulare* Extracts and Their Immunomodulatory Effects. *Journal of Food and Drug Analysis*, 23(2): 294-302.
- Lisa, B. R. Widiati, dan Muhanniah. 2018. Serapan Unsur Hara Fosfor (P) Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) Pada Aplikasi *PGPR* (*Plant Growth Promoting Rhizobacter*) dan Trichokompos. *Jurnal Agrotan*. 4(1): 57-73.
- Maghfiroh, K. 2017. Identifikasi Kandungan Klorofil Genus *Piper* (Sirih) Sebagai Kandidat *Food Supplement*. *Jurnal Teknologi Pangan*, 8 (1): 93-98
- Mahmudah, L.H., Koesriharti, dan M. Nawawi. 2017. Pengaruh Waktu Aplikasi dan Pemberian Berbagai Dosis Kompos *Azolla* (*Azolla pinnata*) Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Pakchoy (*Brassica rapa* var. *chinensis*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(3): 390-396.
- Mantang, W., Mantiri, F.R. and Kolondam, B.J., 2018. Identifikasi Tumbuhan Paku Air (*Azolla* sp.) Secara Morfologi dan Molekuler dengan Menggunakan Gen *rbcL* (Identification of Water Ferns (*Azolla* sp.) Based on Morphological Traits and Molecular Marker Using *rbcL* Gene). *Jurnal Bios Logos*, 8(2), 38-44.
- Manullang, G., Rahmi, A., dan Astuti, P. 2014. Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Sawi (*Brassica juncea* L.) Varietas Tosakan. *Jurnal Agifor*, 13(1): 33-40.
- Manurung, L., Asnawati, dan Purwaningsih. 2023. Pengaruh Pemberian *PGPR* Pada Beberapa Komposisi Media Tanam Terhadap Pertumbuhan Setek Lada. *Jurnal Sains Pertanian Equator*, 229-236.
- Marnoto, T., Haryono, G., Gustinah, D. dan F.A. Putra. 2012. Ekstraksi Tannin Sebagai Bahan Pewarna Alami Dari Tanaman Putrimalu (*Mimosa pudica*) Menggunakan Pelarut Organik. *Reaktor*, 14(1); 39-45.

- Mensah, J. K., Okoli, R. I., Ohaju-Obodo, J. O., and Eifediyi, K. 2008. Phytochemical, Nutritional and Medical Properties of Some Leafy Vegetables Consumed by Edo People of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, 7(14), 2304–2309.
- Mualim, L., Aziz, S. A., Susanto, S., dan Melati, M. 2012. Aplikasi Pupuk Inorganik Meningkatkan Produksi dan Kualitas Pucuk Kolesom Pada Musim Hujan. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 40(2): 160-166.
- Munawarah, Mahfuzh, T.W., Rofi'i. 2020. Tafsir Ekologis Al-Qur'an Surah Al-Mu'minun Ayat 1. Syams: *Jurnal Studi Keislaman*, 1(2): 68-79.
- Murtodo A, Setyati D. 2015. Inventarisasi Bambu di Kelurahan Antirogo Kecamatan Subersari Kabupaten Jember. *Jurnal Ilmu Dasar*, 15(2): 115-121.
- Mustaqim, A. 2015. *Model Penelitian Al-Qur'an dan Tafsir*. Yogyakarta, Idea Press.
- Nadeem, S.M., M. Imran, M. Naveed, M.Y. Khan, M. Ahmad, Z.A. Zahir, D.E. Crowley. 2017. Synergistic Use Of Biochar, Compost And Plant Growth-Promoting Rhizobacteria For Enhancing Cucumber Growth Under Water Deficit Conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97 (15): 5139-5145.
- Nasrulloh, A., Mutiarawati, T. dan Sutari, W. 2016. Pengaruh penambahan arang sekam dan jumlah cabang produksi terhadap pertumbuhan tanaman, hasil dan kualitas buah tomat kultivar doufu hasil sambung batang pada Inceptisol Jatinangor. *Jurnal Kultivasi* 15(1): 26-36.
- Natasha, K., dan Restiani, R. 2019. Optimasi Sterilisasi Eksplan Pada Kultur In Vitro Ginseng Jawa (*Talium paniculatum*). *Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education) FKIP Universitas Ahmad Dahlan*: 87-95.
- Ningsih, Y. F., D. Armita, dan M. D.S. Maghfoer. 2018. Pengaruh Konsentrasi dan Interval Pemberian *PGPR* Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Buncis Tegak (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Produksi Tanaman*, 6 (7): 1603-1612.
- Nur, A. 2018. Pemanfaatan Tumbuhan *Azolla (Azolla pinnata)* Sebagai Pupuk Organik Cair Dan Kompos Pada Pertumbuhan Tanaman CABAI BESAR (*Capsicum annum* L.). *Skripsi*. Fakultas Sains Dan Teknologi Uin Alauddin Makassar.
- Nuryani, E., Gembong H., dan Historiawati. 2019. Pengaruh Dosis dan Saat Pemberian Pupuk P terhadap Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.) Tipe Tegak. *Vigor: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 4(1): 14-17.
- Nusantara, A.D., Yudhi, H.B., Ahmad, J., Hesti, P., Hartal. 2019. Pemanfaatan Mikroba untuk Meningkatkan Pertumbuhan dan Hasil Kedelai di Tanah Pesisir. *JUPI*, 21(1): 37-43.

- Oktafia, T. J dan Maghfoer M. D. 2018. Respon Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Pakcoy (*Brassica Rapa L.*) terhadap Aplikasi EM dan *PGPR*. *Produksi Tanaman*, 6(8): 1974-1981.
- Oviyanti, F. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Organic Cair Daun (*Gliricidia sepium* (jacq) kunth ex walp) Terhadap Pertambahan Tanaman Sawi (*Brassica juncea L.*). *Skripsi*. UIN Raden Fatah. Palembang.
- Pamungkas, P. B., Purwaningsih, O., dan Susetyo, H. B. 2020. Pengaruh Kompos Rumput Laut dan Azolla terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah. *Vegetalika*, 9(3): 500-511.
- Permatasari, A.D. dan Nurhidayati, T. 2014. Pengaruh inokulan bakteri penambat nitrogen, bakteri pelarut fosfat dan mikoriza asal Desa Condo, Lumajang, Jawa Timur terhadap Pertumbuhan Tanaman Cabai Rawit. *Jurnal Sains dan Seni Pomits* 3(2): 44-48.
- Prasetio, J., dan Widyastuti, S. 2020. Pupuk Organik Cair Dari Limbah Industri Tempe. *Jurnal Teknik Waktu*, 18(2): 22-32.
- Pratiwi, C. 2013. Pengaruh Naungan Paranet Terhadap Iklim Mikro dan Produktivitas Pucuk Tanaman Kolesom. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Purba, T., Situmeang, R., Mahyati, H. F. R., Arsi, Firgiyanto, R., Junaedi, A. S., Saadah, T. T., Herawati, J. J., dan A. A. Suhastyo. 2021. Pupuk dan Teknologi Pemupukan. Yayasan Kita Menulis: Medan.
- Putri, E.W., Alibasyah, L.M., Mawaddah, H. and Paudi, R.I., 2019. Efek *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* Dari Akar Bambu, Akar Kacang Hijau, Dan Akar Putri Malu Terhadap Pertumbuhan Kacang Hijau (*Vigna radiata L.*) serta pemanfaatannya sebagai bahan ajar. *Journal of Biology Science and Education*, 7(2), pp.475-481.
- Putri, F.P., Husni T.S., dan T. Sumarni. 2012. Pengaruh Pupuk N, P, K, Azolla (*Azolla Pinnata*) dan Kayu Apu (*Pistia strariotes*) Pada Pertumbuhan Dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa*). *Jurnal produksi Tanaman*, 1(3) 10-20.
- Rahni, N.M. 2012. Efek fitohormon *PGPR* terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*. CEFARS: Jurnal Agribisnis dan Pengembangan wilayah 3(2): 27-35.
- Rai, I.N. 2018. *Dasar-Dasar Agronomi*. Percetakan Pelawa Sari: Bali.
- Rante, C. S. 2015. Penggunaan *Trichoderma* sp. dan *PGPR* untuk Mengendalikan Penyakit pada Tanaman Strawberry di Rurukan (Mahawu). *Jurnal Eugenia*, 21(1), 14-19
- Rijaya, I., dan Fitmawati. 2019. Jenis-jenis Bambu (*Bambusoideae*) di Pulau Bengkalis, Provinsi Riau, Indonesia. *Floribunda*, 6(2): 41-52.
- Rosawanti, P. 2015. Karakter Morfo-Fisiologi Daun Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.) Pada Cekaman Kekeringan. *Jurnal Daun*, 2(2): 94-100.

- Rosiana, F., Turmuktini, T., Yuwariah, Y., Arifin, M., dan T. Simarmata. 2013. Aplikasi Kombinasi Kompos Jerami, Kompos Azolla dan Pupuk Hayati untuk Meningkatkan Jumlah Populasi Bakteri Penambat Nitrogen dan Produktivitas Tanaman Padi Berrbasis IPAT-BO. *AGROVIGOR*, 6(1): 16-22.
- Rossiday, I. 2014. *Fenomena Flora dan Fauna dalam Al-Qur'an*. UIN Malang Press: Malang.
- Rusli, J. dan Hafsan, H., 2015. Potensi Cendawan Rhizosfer dalam Menginduksi Ketahanan Tanaman. *Jurnal Biotek*, 3(1): 91-95.
- Soemeinaboedhy, IN dan Tejowulan. 2007. Pemanfaatan berbagai macam arang sekam sebagai sumber unsur hara P dan K serta sebagai pembenah tanah. *Jurnal Agroteksos*. 17(2): 114- 122.
- Saepudin, Nurdiana, D., dan H. H. Nafi'ah. 2020. Pengaruh Berbagai Konsentrasi Zat Pengatur Tumbuh Akar dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* Terhadap Pertumbuhan Setek Vanili (*Vanilla planifolia* Andrews). *Jurnal Agroteknologi*, 5(1): 292- 303.
- Sagala, D., 2010. Peningkatan pH tanah masam di lahan rawa pasang surut pada berbagai dosis kapur untuk budidaya kedelai. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*, 8(2): 1-5.
- Sairina. 2021. Pengaruh Jarak Tanam dan *PGPR (Plant Growth Promoting Rizhobacteria)* Akar Bambu Petung Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian, Universitas Cokroaminoto, Palopo.
- Sakalena, F. 2015. Pengaruh Pemberian Jenis Kompos Limbah Pertanian dan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Sawi (*Brasica Juncea* L.) di Polibag. *Klorofil*, 10(2): 82-89.
- Santa I.G.P, Prajogo S.B. 1999. Studi taksonomi *Talinum paniculatum* (Jacq.) Gaertn dan *Talinum triangulare* (Jacq.) Willd. *Warta Tumbuhan Obat Indonesia*, 5(4):9-10.
- Saputra, E., Subiantoro, R. and Gusta, A.R., 2019. Pengaruh Kombinasi Media Lapisan Tanah dan Takaran Cocopeat pada Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agro Industri Perkebunan*: 31-39.
- Saraswati, R.D., 2012. Kajian Potensi Penggunaan Bioreaktor terhadap Senyawa Ajmalisin Suatu Contoh Produksi Metabolit Sekunder Tanaman Obat. *Jurnal Kefarmasian Indonesia*, 2(1): 28-34.
- Sari, R., dan Prayudyaningsih, R. 2015. Rhizobium: Pemanfaatannya Sebagai Bakteri Penambat Nitrogen. *Info Teknis EBONI*, 12(1): 51-64.
- Saunders, R.M. and Fowler, K., 1993. The Supraspecific Taxonomy And Evolution Of The Fern Genus *Azolla* (Azollaceae). *Plant Systematics and Evolution*, 184(3):175-193.

- Sary, N. and Yani, A., 2018. Jenis bambu di hutan tembawang Desa Suka Maju Kecamatan Sungai Betung Kabupaten Bengkayang. *Jurnal Hutan Lestari*, 6(3): 637-646.
- Seswita, D. 2010. Som Jawa (*Talinum paniculatum*) Ginseng Indonesia Penyembuh Berbagai Penyakit. *Warta Penelitian dan Pengembangan Tanaman*, 16(2): 21-23.
- Setiawati, M.R., Herdiyantoro, D., Damayani, M. and Suryatmana, P., 2018. Analisis C, N, C/N Ratio Tanah dan Hasil Padi yang Diberi Pupuk Organik dan Pupuk Hayati Berbasis *Azolla* Pada Lahan Sawah Organik. *Soilrens*, 16(2): 30-35.
- Setiawati, M.R., Suryatmana, P., dan A. Chusnul. 2017. Karakteristik *Azolla pinnata* sebagai Pengganti Bahan Pembawa Pupuk Hayati Padat Bakteri Penambat N₂ dan Bakteri Pelarut P. *Soilrens*, 15(1): 46-52.
- Shihab, M.Q. 2002. *Tafsir al-Misbah; Pesan Kesan dan keserasian al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shihab, M. Q. 2013. *Membumikan Al-Qur'an, Fungsi dan Peran Wahyu dalam Kehidupan Masyarakat*. PT Mizan Pustaka: Bandung.
- Shofiah D. K. R., dan S. Y. Tyasmoro. (2018). Aplikasi *PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)* dan Pupuk Kotoran Kambing pada Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah Varietas Manjung. *Produksi Tanaman*. 6(1), 76-82.
- Simanjuntak, A., Lahay, R. R., dan E. Purba. 2013. Respon Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) Terhadap Pemberian Pupuk NPK dan Kompos Kulit Buah Kopi. *Jurnal Online Agroteknologi*, 1(3): 362-372.
- Siregar, H.M., Jamilah, J. dan Hanum, H. 2015. Aplikasi Pupuk Kandang dan Pupuk SP-36 untuk Meningkatkan Unsur Hara P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) di Tanah Inceptisol Kwala Bekala. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 3(2): 710-716.
- Sofyan, A., Murdiati, dan R. Mulyawan. 2022. Pengaruh Perendaman *PGPR* terhadap Pertumbuhan Stek Batang Cincau Hijau (*Premna serratifolia* L.). *Agro Bali*, 5(2): 256-262.
- Subba R.N.S. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. UI-Press: Jakarta.
- Suciantini. 2015. Interaksi Iklim (Curah Hujan) Terhadap Produksi Tanaman Pangan di Kabupaten Pacitan. *Prosiding Seminar Nasional Masy. Biodiv. Indonesia*, 1(2): 358-365.
- Sudewi, S. 2020. *PGPR (Plant Growth Promotion Rhizobacteria)* Asal Padi Lokal Aromatik Sulawesi Tengah: Karakterisasi dan Potensinya untuk Memacu Pertumbuhan dan Produktivitas Padi. *Disertasi*. Fakultas Pertanian. Universitas Hasanuddin Makassar.

- Sudjana, B. 2014. Penggunaan *Azolla* untuk pertanian berkelanjutan. *Majalah Ilmiah Solusi*, 1(02): 72-81.
- Suharsanti, R. and Wibowo, F.S., 2016. Uji Aktivitas Antijamur Ekstrak Etanol Daun Som Jawa Terhadap Pertumbuhan *Candida Albicans* Untuk Menjamin Mutu Penggunaan Sebagai Obat Herbal Antikeputihan. *Media Farmasi Indonesia*, 11(2): 1067-1074.
- Sukajat, N.O. 2020. Pengaruh Kombinasi Serbuk Sabut Kelapa dan Arang Sekam Terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Pakcoy (*Brassica rapa* subsp. *chinensis*) Pada Sistem Hidroponik DFT (Deep Flow Technique). *Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel-Surabaya*.
- Sukarman, Kainde, R., Rombang, J. dan Thomas, A. 2012. Pertumbuhan bibit sengon pada berbagai media tumbuh. *Eugenia* 18(3): 215-220
- Sulistiyoningtyas, M.E., Roviq, M., dan T. Wardiyati. 2017. Pengaruh Pemberian *PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)* Pada Pertumbuhan *Bud Chip* Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*, 5(3): 396-403.
- Sunarsa, S. 2018. Isyarat Sains Tentang Air Dalam Al-Qur'an. *Jurnal NARATAS* 2(1): 9-1.
- Supartha, I. N. Y., Gede, W., dan M. A. Gede. 2012. Aplikasi Jenis Pupuk Organik Pada Tanaman Padi Sistem Pertanian Organik. *E-Jurnal Agroteknologi Tropika*, 1(2): 98-106.
- Suryani, L., Putra, E.T.S. dan Dianawati, M. 2017. Pengaruh komposisi media tanam hidroponik agregat terhadap produksi benih G0 tiga kultivar kentang (*Solanum tuberosum* L. *Vegetalika* 6(2): 1- 13.
- Suryaningrum, R., Purwanto, E., dan Sumiyati (2016). Analisis Pertumbuhan Beberapa Varietas Kedelai Pad Perbedaan Intensitas Cekaman Kekeringan. *Agrosains*, 18(2): 33-37.
- Susmita, Y. and Setiawan, B., 2022. Volume dan Frekuensi Aplikasi *PGPR* Akar Bambu Terhadap Pertumbuhan Bibit Tebu (*Saccharum officinarum* L.) Single Bud Chips. *Journal of Agro Plantation*, 1(1): 17-26.
- Suwandi., Sopha, G. A., Lukman, L., dan Yufdy, M. P. 2017. Efektifitas Pupuk Hayati Unggulan Nasional Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Bawang Merah. *Jurnal Hort.*, 27(1): 23-34.
- Sriwahyuni, P., dan Parmila, P. 2019. Peran Bioteknologi Dalam Pembuatan Pupuk Hayati. *Agro Bali (Agricultural Journal)*, 2(1): 46-57.
- Sriyanti, N.L.G., Suprpta, D.N., dan I.K. Suada. 2015. Uji Keefektifan Rizobakteri dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum* spp. Penyebab Antraknosa pada Cabai Merah (*Capsicum annum* L.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 4(1): 53-65.

- Syafi'ah, L. 2014. Pemberian Pupuk Kompos Azolla sp Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Sawi Daging (*Brassica Juncea* L.). *Skripsi*. Fakultas Saintek UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Syafruddin dan Sulaiman. 2019. *Pertanian Organik Pertanian Andalan Masa Depan*. Syiah Kuala University Press: Banda Aceh.
- Tando, E., Sarjoni, Abid, M., dan W.S. Murni. 2020. Inovasi Teknologi dalam Upaya Peningkatan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kolesom (*Talinum triangulare* (Jacq.) Willd) Sebagai Tanaman Berkhasiat Obat. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8*: 245-252.
- Tanjung, S.R., Hasanah, U., dan Idramsa. 2015. Karakterisasi Bakteri Endofit Penghasil Fitohormon IAA (*Indole Acetic Acid*) Dari Kulit Batang Tumbuhan Raru (*Cotylelobium melanoxyton*). *Jurnal Biosains*, 1(1): 49-55.
- Tarigan, H.S., Kartika, J.G., dan A.D. Susila. 2019. Penentuan Dosis Optimum Pemupukan Nitrogen pada Tanaman Kolesom (*Talinum triangulare* (Jacq.) Wild.). *Bulletin Agrohorti*, 7(1): 108-114.
- Tjitrosoepomo, G. 1989. *Taksonomi Tumbuhan (Schizophyta, Thallophyta, Bryophyta, Pteridophyta)*. Gadjah Mada University Press: Yogyakarta.
- Umami, A, dan Suprijanto, J. 2013. Pemanfaatan Limbah Rumput Laut dan Cangkang Kerang Sebagai Pupuk Organik Cair. Seminar Nasional Tahunan X Hasil Penelitian Kelautan dan Perikanan, 2-7.
- Utami, C.D., Sitawati, dan E. Nihayati. 2017. Aplikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* sebagai Sebuah Upaya Pengurangan Pupuk Anorganik pada Tanaman Krisan Potong (*Chrysanthemum* sp.). *Jurnal Biotropika*, 5(3): 68-72.
- Wahyuningsih, N., 2017. Analisis Antibakteri *Talinum triangulare* Terhadap *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli*. *Skripsi*. Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Wardani, O.K., Broto, R.T.W. and Arifan, F., 2021. Pembuatan Mikroorganisme Lokal Berbasis Limbah Organik Sebagai Aktivator Kompos Di Desa Sikunang, Kecamatan Kejajar, Kabupaten Wonosobo. *Inisiatif: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 1(1): 63-66.
- Widawati, S., Suliasih, dan Saefudin. 2015. Isolasi dan Uji Efektivitas *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* di Lahan Marginal Pada Pertumbuhan Tanaman Kedelai (*Glycine max* L. Merr.) var. Wilis. Bidang Mikrobiologi, Pusat Penelitian Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI). *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*, 1(1): 59-65.
- Widyaningrum, A. 2017. Pengaruh Aplikasi *PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria)* dan Kompos Azolla Terhadap Mutu Bibit Asal Stek Kopi Robusta. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Jember.
- Wijiastuti, T., Suprihadi, A., Raharjo, B., dan B. Rupaedah. 2013. Uji Kemampuan Produksi Sitokinin Oleh Rhizobakteri. *Jurnal Biologi*, 2(2): 57-65.

- Wulandari, D.A.R., Hartatik, S., dan K. Hariyono. 2021. Upaya Awal Meningkatkan Nilai Ekonomi Kolesom Jawa Melalui Teknik Budidaya Stek Batang. *CARADDE: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 4(1): 96-103.
- Xu, W., Zhou, Q., Yin, J.J., Yao, Y. and Zhang, J.L., 2015. Anti-Diabetic Effects of Polysaccharides From *Talinum triangulare* in Streptozotocin (STZ)-Induced Type 2 Diabetic Male Mice. *International Journal of Biological Macromolecules*, 72: 575-579.
- Yachya A., dan Manuhara, Y.S.W. 2015. Perbandingan Kandungan Saponin Antara Akar Rambut Dengan Umbi Tanaman Ginseng Jawa (*Talinum paniculatum* Gaertn.). *Stigma Journal of science* 8(2): 12-16.
- Yani AP. 2014. Keanekaragaman Bambu dan Manfaatnya di Desa Tabalagan Bengkulu Tengah. *Jurnal Gradien*, 2(10): 987-991.
- Yuliani dan Rahayu, D. 2016. Pemanfaatan RPTT (Rhizobakteri Pemacu Tumbuh Tanaman) Akar Putri Malu dan Giberelin untuk Peningkatan Pertumbuhan Tanaman Cabai (*Capsicum annum* L.). *Journal of Agrosience*, 6(2), 49-54.
- Yulistiana, E., Widowati, H. and Sutanto, A., 2020. *Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)* Dari Akar Bambu Apus (*Gigantochola apus*) Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman. *BIOLOVA*, 1(1): 1-6.
- Yulistyani, W. 2014. Pengaruh Jenis Stek Batang dan Komposisi Media Tanam terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Ara (*Ficus carica* L.). *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran. Jatinangor.
- Yuniati, E. 2013. Pengaruh pemberian *Azolla* (*Azolla microphyla*, Kaulfuss) dan mikroorganisme efektif terhadap produksi rumput raja (*Pennisetum purpureum*, Schumacher & Thonn) cv King. *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 23(3), 1-10.

UIN SUNAN AMPEL
S U R A B A Y A