

Bakteri Endofitik Penambat Nitrogen dan Teknik Aplikasinya untuk Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada Tanah Inceptisols Asal Jatinangor

Mieke Rochimi Setiawati¹⁾, Shafwah Zylvi Azkiannissa²⁾, Diyan Herdiyantoro¹⁾, Reginawanti Hidersah¹⁾, Betty Natalie Fitriatin¹⁾, Andina Chotimah³⁾, Fasa Aditya⁴⁾

¹⁾ Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Soekarno Km. 21, Sumedang 45363, Indonesia, m.setiawati@unpad.ac.id,
d.herdiyantoro@unpad.ac.id, reginawanti@unpad.ac.id, betty.natalie@unpad.ac.id

²⁾ Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Soekarno Km. 21, Sumedang 45363, Indonesia, zylviannisa@gmail.com

³⁾ PT Pupuk Kujang Cikampek, Jl. Jend. A. Yani No. 39 Cikampek 41373
Kabupaten Karawang, andina@pupuk-kujang.co.id

⁴⁾ PT Pupuk Indonesia, Jl. Taman Angrek No. 2, Kemanggisan 11480
Jakarta Barat, fasa.aditya@pupuk-indonesia.com
E-mail korespondensi: zylviannisa@gmail.com

ABSTRAK

Inceptisols merupakan ordo tanah yang tersebar luas di Indonesia. Lahan Inceptisols menjadi pilihan yang potensial untuk kegiatan pertanian karena luasan totalnya yang cukup besar. Salah satu kendala dalam pemanfaatan tanah Inceptisols ialah sifatnya yang kurang subur dengan kandungan nitrogen (N) yang rendah. Solusi dari permasalahan tersebut salah satunya ialah pengaplikasian bakteri endofitik penambat N. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk menganalisis pengaruh inokulasi tiga jenis bakteri endofitik penambat nitrogen (*Gluconacetobacter diazotrophicus* corrig (GD1), *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 (GD2), dan *Paraburkholderia*, sp.) dengan tiga teknik aplikasi yang berbeda (perendaman benih, penyiraman tanah, dan kombinasinya) terhadap pertumbuhan tanaman, populasi bakteri endofitik, dan bobot kering tanaman tomat pada tanah Inceptisols asal Jatinangor. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Percobaan Bale Tatanen dan Laboratorium Biologi Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat pada bulan Oktober s.d. Desember 2023. Rancangan percobaan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri 10 kombinasi perlakuan dengan 3 ulangan dan 3 subsampel. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian bakteri endofitik penambat N dengan teknik aplikasinya berpengaruh nyata pada tinggi tanaman 1 MST dan bakteri endofitik bagian akar, tetapi tidak berpengaruh nyata pada pengamatan lainnya. Perlakuan *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 + Perendaman Benih + Penyiraman Tanah merupakan perlakuan yang lebih baik dalam meningkatkan tinggi tanaman 1 MST. Perlakuan *G. diazotrophicus* corrig + Penyiraman Tanah merupakan perlakuan yang lebih baik dalam meningkatkan populasi bakteri endofitik pada bagian akar tanaman tomat. Perlakuan *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 + Penyiraman Tanah merupakan perlakuan terbaik dalam peningkatan indeks klorofil daun tanaman tomat.

Kata Kunci: Bobot kering, populasi bakteri endofitik, pertumbuhan vegetatif

The Nitrogen-fixing Endophytic Bacteria and The Application Techniques for the Growth of Tomato Plants (*Solanum lycopersicum* L.) in Inceptisols from Jatinangor

ABSTRACT

Inceptisols, a widespread soil order in Indonesia, are particularly suitable due to their extensive distribution across the country. However, they are known for their low fertility and nitrogen (N) content. The study aimed to analyze the effects of nitrogen-fixing endophytic bacterial inoculation (*Gluconacetobacter diazotrophicus* corrig (GD1), *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 (GD2), dan *Paraburkholderia*, sp.) using specific application techniques (seed treatment, soil treatment, and their combination) on plant growth, endophytic bacterial population, and dry weight of tomato plants in Jatinangor's Inceptisols. The research was conducted at the Bale Tatanen Experimental Greenhouse and Soil Biology Laboratory, Department of Soil Science and Land Resources, Faculty of Agriculture, Universitas

Padjadjaran, Jatinangor, Sumedang Regency, West Java in October to December 2023. A Randomized Complete Block Design (RCBD) was employed with 10 treatment combinations, each replicated thrice. Results indicated that inoculating nitrogen-fixing endophytic bacteria significantly influenced plant height at 1 week after transplanting (WAT) and the population of endophytic bacteria in the root zone. However, no significant effects were observed in other parameters. The treatment of *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 + seed treatment + soil treatment is a better treatment in increasing plant height at 1 WAP. The treatment of *G. diazotrophicus* corrig + soil treatment is a better treatment in increasing the population of endophytic bacteria in the roots of tomato plants. The treatment of *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 + Soil Treatment is the best treatment for increasing the chlorophyll index of tomato plant leaves.

Keywords : Dry weight, endophytic bacterial population, vegetative growth

PENDAHULUAN

Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) merupakan salah satu komoditas hortikultura yang banyak dibudidayakan dan permintaannya tinggi di Indonesia. Menurut Badan Pusat Statistik (BPS), produksi tomat nasional terus meningkat sejak tahun 2018 sampai tahun 2022. Kenaikan produksi tomat menandakan bahwa kebutuhan masyarakat akan tomat terus meningkat tiap tahunnya, sehingga kegiatan budi daya harus terus diekstensifikasi.

Untuk meningkatkan produksi tomat, perlu dilakukan budi daya tanaman tomat secara lebih intensif dengan memanfaatkan lahan yang berpotensi untuk budi daya pertanian. Inceptisols merupakan ordo tanah dengan luasan 897,845 Ha di Jawa Barat, Indonesia sehingga berpotensi untuk digunakan sebagai lahan pertanian. Namun, terdapat beberapa permasalahan dalam pengembangan lahan Inceptisols, antara lain kandungan nitrogen total (N-total) dan bahan organik yang sangat rendah dengan rasio C/N di tingkat sedang. Maka dari itu, untuk meningkatkan produktivitas tanaman tomat pada tanah Inceptisols perlu dilakukan upaya pemberdayaan secara optimum.

Pertumbuhan tanaman tomat dipengaruhi oleh kandungan unsur N yang berfungsi untuk pembentukan organ vegetatif seperti akar, batang, dan daun tanaman [1][2]. Nitrogen yang dapat diserap oleh tanaman berbentuk amonium (NH_4^+) dan nitrat (NO_3^-). Oleh karena itu, N bebas perlu difiksasi terlebih dahulu agar dapat diserap tanaman. Di dalam tanah, proses fiksasi N

dibantu oleh bakteri penambat N yang pada umumnya ditemukan di daerah perakaran tanaman (*rhizobacteria*). Selain itu, juga ditemukan bakteri endofitik, yaitu bakteri yang menginfeksi bagian dalam jaringan tanaman (akar, batang, daun, dan bunga) [3]. Bakteri endofitik penambat N diketahui dapat memfiksasi N_2 dan berpengaruh pada hasil serapan N oleh tanaman [4]. Menurut Setiawati dan Suryatmana [5], pupuk hayati penambat N dapat meningkatkan populasi bakteri pada akar dan daun tanaman, bobot basah tanaman, bobot kering akar dan daun tanaman, tinggi tanaman dan diameter batang, serta serapan N dan kandungan N tanaman.

Aplikasi suspensi bakteri endofitik tentunya perlu dilakukan dengan metode yang telah diuji para ahli sebelumnya. Menurut Musson *et al.* [6], inokulasi bakteri endofitik ke dalam jaringan tanaman dapat dilakukan melalui beberapa teknik, yaitu pencelupan benih dalam suspensi bakteri endofitik, menyuntikkan suspensi bakteri endofitik pada batang tanaman, menyemprotkan suspensi bakteri endofitik pada tajuk tanaman, dan mengaplikasikan suspensi bakteri endofitik pada tanah sekitar benih yang ditanam.

Isolat unggul bakteri endofitik *G. diazotrophicus* yang telah tersertifikasi (*Certified Reference Material* (CRM)) dan diketahui potensinya dalam penambatan unsur N dapat digunakan sebagai pembanding terhadap isolat bakteri endofitik introduksi. Sementara itu, Laboratorium Biologi Tanah Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran telah berhasil mengisolasi dua jenis isolat bakteri endofitik yang telah diuji sebagai bakteri endofitik

penambat N. Kedua isolat bakteri endofitik tersebut teridentifikasi sebagai *G. diazotrophicus* dan *Paraburkholderia* sp. yang perlu diketahui potensinya dalam menambat N. Oleh karena itu, perlu dilakukan percobaan untuk membandingkan kemampuan dua jenis isolat bakteri endofitik penambat N koleksi Lab. Biotan Faperta Unpad dengan isolat bakteri endofitik CRM menggunakan tiga teknik aplikasi yaitu perendaman benih, penyiraman pada tanah, dan kombinasi keduanya dalam mendukung pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.) pada tanah Inceptisols asal Jatinangor.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Oktober hingga Desember 2023 yang berlokasi di Rumah Kaca Percobaan Bale Tatanen Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat pada ketinggian 723 m dpl. Analisis populasi bakteri endofitik dan bobot kering tanaman pada bagian tanaman dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Kecamatan Jatinangor, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu benih tomat varietas Berlian, tanah Inceptisols asal Jatinangor, kompos, dua jenis isolat bakteri endofitik koleksi Lab. Biologi Tanah Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Unpad (*G. diazotrophicus* strain VTH Ai-80 dan *Paraburkholderia* sp.), isolat bakteri endofitik *Certified Reference Material* (CRM) *G. diazotrophicus* corrig., media *Sabouraud Dextrose Broth* dan *Agar*, gom arab, alkohol 70%, NaClO, akuades steril, pupuk Urea, pupuk SP-36, pupuk KCl, dan fumigan (dazomet 98%). Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain *polybag*, sekop, timbangan, label, penggaris, gelas ukur, *Chlorophyll Content Meter* CCM-200, baki semai, jangka sorong, ember, oven tanah, cawan petri, tabung Erlenmeyer, *laminar air flow*, *shaker*, *vortex*, mortar, spirtus, pinset, pipet, amplop kertas, dan *plastic wrap*.

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Percobaan terdiri dari 10 perlakuan (Tabel 1) dengan 3 ulangan dan 3 subsampel, sehingga didapatkan 90 unit percobaan. Variabel respons yang diamati dalam percobaan antara lain tinggi tanaman (cm), diameter batang (mm), populasi bakteri pada bagian akar dan daun (CFU mL), bobot kering akar dan tajuk (g/tanaman), dan klorofil (CCI).

Tabel 1. Kode Perlakuan Bakteri Endofitik dan Teknik Aplikasinya

Kode	Perlakuan	
	Bakteri Endofitik	Teknik Aplikasi
A	Tanpa endofitik (Kontrol Negatif)	-
B	GD1	Perendaman Benih
C	GD1	Penyiraman Tanah
D	GD1	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah
E	GD2	Perendaman Benih
F	GD2	Penyiraman Tanah
G	GD2	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah
H	PB	Perendaman Benih
I	PB	Penyiraman Tanah
J	PB	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah

Keterangan: GD 1 = *G. diazotrophicus* corrig. (CRM), GD2 = *G. diazotrophicus* VTH-Ai80, PB = *Paraburkholderia* sp.

Percobaan ini menggunakan campuran tanah Inceptisols dan kompos sebagai media pertumbuhan tanaman tomat. Perbandingan jumlah tanah dan kompos sebesar 1:1. Media tanam berupa campuran tanah dan kompos sebanyak 1 kg dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 15 x 10 cm. Media tanam dalam *polybag* disterilisasi terlebih dahulu dengan cara fumigasi menggunakan bahan aktif dazomet 98%. Fumigan sebanyak 1 g dicampurkan dengan media tanam dalam *polybag*, kemudian diinkubasikan selama 7 hari dengan kondisi tertutup oleh terpal.

Benih tanaman tomat yang sudah disterilisasi sebelum disemai dalam *pot tray* dengan media semai campuran tanah dan kompos 1:1. Untuk perlakuan aplikasi bakteri endofitik dengan perendaman benih, sebanyak 20 benih tomat direndam dalam masing-masing jenis suspensi bakteri 10 ml dengan kepadatan 10^7 CFU/mL selama 30 menit sebelum disemai. Persemaian benih tomat berlangsung selama 14 hari. Setelah 14 hari, bibit tomat dipindahtanamkan ke dalam *polybag*. Dalam satu *polybag* ditanami satu bibit tanaman tomat dan dibuat tiga ulangan dan tiga subsampel untuk setiap perlakuannya. Pengaplikasian bakteri endofitik dengan penyiraman tanah dan kombinasi (perendaman benih + penyiraman tanah) dilakukan pada saat bibit baru dipindah tanamkan pada *polybag*. Dosis aplikasi penyiraman tanah yaitu 10 mL suspensi bakteri endofitik dengan kepadatan 10^7 CFU/mL. Suspensi bakteri disiramkan ke permukaan tanah di area perakaran tanaman.

Penyiraman dilakukan setiap hari sebanyak 100 ml air menggunakan gelas ukur. Pemupukan N, P, dan K dilakukan pada saat tanaman berumur 2 MST. Pengamatan pertumbuhan vegetatif dilakukan selama 4 minggu. Variabel pengamatan yang diamati di lapangan meliputi tinggi tanaman, jumlah, luas, dan indeks klorofil daun, serta diameter batang. Pengamatan tersebut dilakukan satu kali setiap minggunya, terkecuali pengamatan klorofil daun dan diameter batang, dilakukan hanya satu kali di akhir pengamatan (4 MST).

Data mentah perlakuan yang diperoleh merupakan rata-rata nilai dari tiga ulangan, sedangkan data ulangan merupakan rata-rata nilai dari tiga subsampel.

Pengambilan sampel tanaman tomat dilakukan pada saat 4 MST. Tanaman tomat secara keseluruhan dipisahkan terlebih dahulu dari media tanam, kemudian bagian akar dan tajuk dipisahkan serta ditimbang untuk mengetahui bobot basahanya. Isolasi bakteri endofitik diambil sekitar 0,1–1 g masing-masing dari akar dan daun tanaman. Sampel daun dan akar disterilisasi terlebih dahulu menggunakan larutan NaClO, alkohol 70%, dan dibilas menggunakan akuades sebanyak 3 kali. Untuk mengekstraksi bakteri endofitik, dilakukan maserasi dan pengenceran hingga 10^5 CFU/mL. Sebanyak 1 ml isolat bakteri endofitik hasil pengenceran dituangkan ke cawan petri berisi *Sabouraud Dextrose Agar* (SDA). Inkubasi dilakukan pada suhu ruangan (26–27 C) selama 48 jam. Pengamatan jumlah koloni bakteri dihitung dari koloni yang tumbuh. Bobot kering yang diamati dibagi menjadi dua bagian, yaitu bobot kering akar dan bobot kering tajuk. Untuk mendapatkan bobot kering, sampel akar dan tajuk dikeringkan menggunakan oven 70 C selama 4 hari

Data mentah yang diperoleh dilakukan uji normalitas untuk mengetahui sebaran data mengikuti sebaran normal. Jika data tidak menyebar normal, maka dilakukan transformasi data. Data yang menyebar normal dilakukan analisis ragam pada taraf nyata 5% untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diujikan. Jika hasil analisis ragam berpengaruh nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji lanjut jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5% untuk mengetahui perbedaan nilai rata-rata antar perlakuan. Analisis- analisis statistik tersebut menggunakan perangkat lunak SPSS versi 27.0.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tinggi Tanaman

Berdasarkan hasil analisis ragam, pemberian bakteri endofitik penambat

nitrogen dengan teknik aplikasinya berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman tomat pada 1 MST (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh Bakteri Endofitik Penambat N dan Teknik Aplikasinya terhadap Tinggi Tanaman Tomat

Kode	Kombinasi Perlakuan		Tinggi Tanaman (cm)			
	Bakteri Endofitik	Teknik Aplikasi	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
A	Kontrol Negatif	-	7,75 a	15,33	24,04	36,48
B	GD1	Perendaman Benih	8,54 ab	19,67	32,44	42,61
C	GD1	Penyiraman Tanah	7,30 a	17,78	25,22	42,46
D	GD1	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	10,50 b	21,83	34,37	43,95
E	GD2	Perendaman Benih	8,57 ab	21,78	33,83	40,47
F	GD2	Penyiraman Tanah	8,39 ab	18,64	31,61	40,73
G	GD2	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	10,80 b	20,31	30,75	36,25
H	PB	Perendaman Benih	6,39 a	20,00	27,47	34,66
I	PB	Penyiraman Tanah	8,42 ab	21,06	34,92	42,33
J	PB	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	9,05 ab	22,44	35,34	42,06
		5%	*	tn	tn	tn

Keterangan : Huruf yang sama mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%; * = Hasil analisis ragam berpengaruh nyata, tn = analisis ragam tidak berpengaruh nyata. GD1 = *G. diazotrophicus* corrig. (CRM), GD2 = *G. diazotrophicus* VTH-Ai80, PB = *Paraburkholderia* sp

Pada Tabel 2 terlihat bahwa perlakuan G (GD2 + Perendaman Benih + Penyiraman Tanah) dapat meningkatkan tinggi tanaman tomat pada 1 MST hingga 28,2% dibandingkan dengan perlakuan A (Kontrol Negatif). Hal tersebut diduga karena pada 1 MST belum dilakukan pemupukan anorganik, sehingga tanaman yang diberi perlakuan bakteri endofitik mendapatkan suplai N yang lebih banyak dibandingkan tanaman yang tidak diberi perlakuan bakteri endofitik. Selain itu, perlakuan G dan D juga berbeda nyata dengan perlakuan C (GD1 + Penyiraman Tanah) dan H (PB + Perendaman Benih). Hal ini dikarenakan aplikasi bakteri endofitik dengan kombinasi 2 metode dapat memaksimalkan kinerja bakteri tersebut dalam penambatan N sehingga menghasilkan perbedaan tinggi tanaman yang signifikan.

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan bakteri endofitik dengan teknik aplikasinya tidak berbeda nyata terhadap tinggi tanaman pada saat 2 s.d 4 MST. Hal tersebut menunjukkan bahwa setelah pemberian pupuk anorganik pada 1 MST perlakuan tanpa bakteri endofitik penambat N telah memenuhi kebutuhan unsur hara N untuk pertumbuhan tinggi tanaman tomat sehingga tidak berbeda dengan yang diinokulasi bakteri endofitik. Unsur N yang dibutuhkan tanaman dapat dibantu ketersediaannya oleh bakteri endofitik pada saat tanaman kekurangan unsur N dari dalam tanah. Bakteri endofitik penambat N mampu melakukan penambatan N yang disebabkan oleh aktivitas nitrogenase. Nitrogenase merupakan enzim kompleks yang berfungsi mengubah N bebas dari udara menjadi ammonia (NH₃) [7].

Diameter Batang

Berdasarkan hasil analisis statistik, semua perlakuan tidak berpengaruh nyata

terhadap diameter batang tanaman tomat (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh Bakteri Endofitik dan Teknik Aplikasinya terhadap Diameter Batang Tomat 4 MST

Kode	Kombinasi Perlakuan		Diameter (mm)
	Bakteri Endofitik	Teknik Aplikasi	
A	Kontrol Negatif	-	6,59
B	GD1	Perendaman Benih	7,03
C	GD1	Penyiraman Tanah	7,66
D	GD1	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	7,78
E	GD2	Perendaman Benih	7,67
F	GD2	Penyiraman Tanah	7,63
G	GD2	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	7,27
H	PB	Perendaman Benih	6,85
I	PB	Penyiraman Tanah	7,00
J	PB	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	7,58
5%			tn

Keterangan: tn = analisis ragam tidak berpengaruh nyata. GD1 = *G. diazotrophicus* corrig. (CRM), GD2 = *G. diazotrophicus* VTH-Ai80, PB = *Paraburkholderia* sp.

Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan bakteri endofitik penambat N dan teknik aplikasinya belum mampu meningkatkan diameter batang tanaman tomat. Meskipun demikian terlihat adanya peningkatan diameter batang tanaman tomat walaupun tidak signifikan. Beberapa bakteri endofitik diketahui mampu menghasilkan hormon pertumbuhan tanaman tomat yang berpengaruh terhadap besar diameter batang. Wattimena^[8] menyatakan bahwa hormon auksin dan giberelin mampu menstimulasi pertumbuhan jaringan pembuluh dan mempercepat pembelahan sel pada kambium pembuluh sehingga dapat mendukung pertumbuhan diameter batang.

Populasi Bakteri Endofitik

Berdasarkan hasil analisis statistik, pemberian suspensi bakteri endofitik dengan teknik aplikasinya memberikan pengaruh nyata terhadap populasi bakteri endofitik pada akar. Berdasarkan Tabel 4, perlakuan C

(GD1+ Penyiraman Tanah) merupakan perlakuan terbaik dan berpengaruh nyata dengan semua perlakuan. Hal tersebut diduga karena kemampuan bakteri endofitik dalam multiplikasi diri yang sangat cepat^[9].

Bakteri endofitik yang diaplikasikan pada daerah perakaran mendapatkan karbon dan sumber energi yang berasal dari lingkungan, lalu menginfeksi akar tanaman dan masuk ke jaringan internal^{[10][11]}. Tanaman yang telah terinfeksi bakteri penambat N tersebut kemudian memperoleh nitrogen dari bakteri untuk membantu proses metabolisme^[10]. Bakteri endofitik juga mampu menghasilkan metabolit sekunder yaitu zat bioaktif yang sama dengan tanaman inangnya karena dapat membentuk koloni dalam jaringan tanaman^{[12][9]}.

Berdasarkan hasil analisis statistik, inokulasi bakteri endofitik dengan teknik aplikasinya tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan populasi bakteri endofitik pada

bagian daun tanaman tomat. Pemberian bakteri endofitik penambat N dengan teknik aplikasinya menunjukkan kemampuan

berkolonisasi yang sama dalam jaringan daun tanaman karena kepadatan, waktu, dan frekuensi aplikasinya yang sama.

Tabel 4. Pengaruh Bakteri Endofitik dan Teknik Aplikasinya terhadap Populasi Bakteri Endofitik pada Bagian Daun

Kode	Kombinasi Perlakuan		Populasi Akar ($\times 10^5$ CFU/mL)	Populasi Daun ($\times 10^5$ CFU/mL)
	Bakteri Endofitik	Teknik Aplikasi		
A	Kontrol Negatif	-	55,66 a	17,83
B	GD1	Perendaman Benih	56,50 a	87,83
C	GD1	Penyiraman Tanah	119,14 b	41,33
D	GD1	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	24,50 a	34,83
E	GD2	Perendaman Benih	58,00 a	37,33
F	GD2	Penyiraman Tanah	24,66 a	15,50
G	GD2	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	36,33 a	109,33
H	PB	Perendaman Benih	33,50 a	76,00
I	PB	Penyiraman Tanah	61,66 a	48,5
J	PB	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	33,83 a	34,00
5%			*	

Keterangan : Huruf yang sama mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%; * = Hasil analisis ragam berpengaruh nyata, tn = analisis ragam tidak berpengaruh nyata. GD1 = *G. diazotrophicus* corrig. (CRM), GD2 = *G. diazotrophicus* VTH-Ai80, PB = *Paraburkholderia* sp.

Perlakuan A (kontrol negatif) menunjukkan adanya populasi bakteri endofitik, baik pada bagian akar maupun bagian daun. Hal tersebut disebabkan oleh adanya bakteri endofitik indigenus yang tahan terhadap sterilisasi media menggunakan fumigan dan dapat masuk ke dalam jaringan tanaman. Hal tersebut menyebabkan perlakuan bakteri endofitik introduksi menjadi kurang efektif. Bakteri endofitik indigenus dapat mempengaruhi masuknya bakteri endofitik introduksi ke jaringan tanaman. Menurut Dong^[13], bakteri endofitik indigenus dapat menghambat peningkatan jumlah bakteri endofitik introduksi yang dapat masuk dan memberikan pengaruh bagi tanaman. Adanya bakteri lain yang belum teridentifikasi tersebut diduga karena media tanam dan lingkungan yang kurang tidak steril. Bakteri endofitik yang berasal dari daerah aerial yang menempel pada permukaan tanaman dapat pula melakukan penetrasi ke dalam jaringan tanaman melalui luka^[14].

Bobot Kering Tanaman

Berdasarkan hasil analisis statistik rerata bobot kering akar dan tajuk tidak menunjukkan adanya pengaruh nyata pada semua perlakuan (Tabel 5). Hal tersebut diduga karena tingginya suhu dalam rumah kaca yang diiringi tingginya penguapan sehingga kadar air dalam tanah berkurang. Menurut Sumarsono dan Fuskah^[15], besar bobot kering akar dipengaruhi oleh ketersediaan air di dalam tanah. Selain itu, bobot kering akar juga sangat dipengaruhi oleh volume dan jumlah akar tanaman itu sendiri, sehingga hal tersebut berkaitan dengan besar bobot kering akarnya^[16]. Semakin besar perakaran yang dimiliki tanaman, maka toleransi terhadap kekeringannya pun semakin tinggi^[15].

Menurut Sumarsono dan Fuskah^[15], bobot kering tajuk berkaitan dengan kemampuan penyerapan hara oleh tanaman yang akan berpengaruh pada pertumbuhan

dan perkembangan vegetatif tanaman. Purnamawati^[17] menyatakan bahwa besar bobot kering merupakan indikator banyaknya fotosintat yang dihasilkan atau hasil akhir dari akumulasi fotosintat pada suatu organ tanaman. Sebagian fotosintat digunakan pada saat respirasi dan asimilasi, selebihnya fotosintat disimpan pada bagian tertentu, terutama batang dan akar pada tanaman^[16].

Larcher^[18] menjelaskan bahwa bobot kering tanaman merupakan penimbunan dari hasil asimilasi CO₂ yang dilakukan selama pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dengan demikian, semakin besar bobot kering tanaman artinya semakin baik pertumbuhan dan perkembangan tanaman tersebut.

Tabel 5. Pengaruh Bakteri Endofitik dan Teknik Aplikasinya terhadap Bobot Kering Akar dan Tajuk Tanaman Tomat

Kode	Kombinasi Perlakuan		Bobot Kering Akar (g/tanaman)	Bobot Kering Tajuk (g/tanaman)
	Bakteri Endofitik	Teknik Aplikasi		
A	Kontrol Negatif	-	6,62	5,80
B	GD1	Perendaman Benih	6,53	9,24
C	GD1	Penyiraman Tanah	5,54	5,79
D	GD1	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	3,21	5,29
E	GD2	Perendaman Benih	5,70	6,51
F	GD2	Penyiraman Tanah	5,83	5,29
G	GD2	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	9,43	10,36
H	PB	Perendaman Benih	3,63	5,99
I	PB	Penyiraman Tanah	4,99	6,85
J	PB	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	6,05	8,97
5%			tn	tn

Keterangan: tn = analisis ragam tidak berpengaruh nyata. GD1 = *G. diazotrophicus* corrig. (CRM), GD2 = *G. diazotrophicus* VTH-Ai80, PB = *Paraburkholderia* sp.

Indeks Klorofil Daun Tanaman Tomat

Berdasarkan analisis statistik, pemberian suspensi bakteri endofitik dengan teknik aplikasinya memberikan pengaruh nyata terhadap indeks klorofil daun tanaman tomat. Pada Tabel 6 dapat dilihat bahwa perlakuan F (GD2 + Penyiraman Tanah) memberikan hasil tertinggi dan berbeda nyata dengan perlakuan A (Kontrol Negatif) dan G (GD2 + Perendaman Benih + Penyiraman Tanah). Hal tersebut membuktikan bahwa aplikasi bakteri endofitik baik dengan metode Perendaman Benih, Penyiraman Tanah,

maupun kombinasinya memiliki indeks klorofil yang lebih tinggi daripada tanaman yang tidak diberikan suspensi bakteri endofitik.

Penambatan nitrogen oleh bakteri endofitik mampu meningkatkan pembentukan klorofil. Menurut Soepriyanto dkk.^[19], tersedianya unsur N sangat krusial bagi tanaman, terutama untuk pembentukan klorofil daun. Klorofil berperan sebagai alat tumbuh karena mampu mensintesis karbohidrat yang akan dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman^[20].

Tabel 6. Pengaruh Bakteri Endofitik dan Teknik Aplikasinya terhadap Indeks Klorofil Daun Tanaman Tomat

Kode	Kombinasi Perlakuan		Klorofil (CCI)
	Bakteri Endofitik	Teknik Aplikasi	
A	Kontrol Negatif	-	28,31 a
B	GD1	Perendaman Benih	33,73 ab
C	GD1	Penyiraman Tanah	32,58 ab
D	GD1	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	35,10 abc
E	GD2	Perendaman Benih	31,81 ab
F	GD2	Penyiraman Tanah	42,76 c
G	GD2	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	29,5 a
H	PB	Perendaman Benih	38,79 bc
I	PB	Penyiraman Tanah	32,35 ab
J	PB	Perendaman Benih + Penyiraman Tanah	33,71 ab
Duncan 5%			*

Keterangan: Huruf yang sama mendampingi angka rerata pada kolom yang sama menunjukkan perlakuan tidak berbeda nyata pada uji lanjut Duncan 5%; * = Hasil analisis ragam berpengaruh nyata, tn = analisis ragam tidak berpengaruh nyata. GD1 = *G. diazotrophicus* corrig. (CRM), GD2 = *G. diazotrophicus* VTH-Ai80, PB = *Paraburkholderia* sp.

Penambahan nitrogen oleh bakteri endofitik mampu meningkatkan pembentukan klorofil. Menurut Soepriyanto dkk.^[19], tersedianya unsur N sangat krusial bagi tanaman, terutama untuk pembentukan klorofil daun. Klorofil berperan sebagai alat tumbuh karena mampu mensintesis karbohidrat yang akan dibutuhkan dalam proses pertumbuhan tanaman^[20].

KESIMPULAN

1. Pemberian bakteri endofitik penambat N dengan teknik aplikasinya berpengaruh nyata pada tinggi tanaman 1 MST, populasi bakteri endofitik bagian akar, dan klorofil tetapi tidak berpengaruh nyata pada variabel pengamatan lainnya.
2. Perlakuan *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 (GD2) + Perendaman Benih + Penyiraman Tanah merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan tinggi tanaman 1 MST. Perlakuan bakteri *G. diazotrophicus* corrig (GD1) + Penyiraman Tanah merupakan perlakuan terbaik dalam meningkatkan populasi bakteri endofitik pada bagian akar tanaman tomat. Perlakuan *G. diazotrophicus* VTH-Ai80 + Penyiraman

Tanah merupakan perlakuan terbaik dalam peningkatan indeks klorofil daun tanaman tomat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada PT Pupuk Kujang yang mendanai penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian kerjasama antara Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran dengan PT Pupuk Kujang Cikampek.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] S.G. Zakiah, D.Armita, dan T. Islami, "Pengaruh Pemberian Pupuk Nitrogen terhadap Pertumbuhan Dua Varietas Lokal Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)", *Jurnal Produksi Tanaman*, vol. 6, no. 11, 2018.
- [2] D. Napitupulu, dan L. Winarto, "Pengaruh Pemberian Pupuk N dan K terhadap Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah". *Jurnal Hortikultura*, vol. 20, no. 1, pp. 27–35, 2010.
- [3] G. W. S. Sianipar, S. Sartini, dan R. Riyanto, "Isolasi dan Karakteristik Bakteri Endofitik pada Akar Pepaya

- (*Carica papaya* L)". *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, vol. 2, no. 2, pp. 83–92, 2020.
- [4] L.N. Tamba, D. Gustomo, dan Y. Nuraini, "Pengaruh Aplikasi Bakteri Endofitik Penambat Nitrogen dan Pupuk Nitrogen Terhadap Serapan Nitrogen serta Pertumbuhan Tanaman Tebu". *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, vol. 3, no. 2, pp. 339–344, 2016
- [5] M.R. Setiawati, dan P. Suryatmana, "Aplikasi Pupuk Hayati Bakteri Endofitik Penambat N₂ dan Pupuk N untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Pada Ultisols Kentrong". *Soilrens*, vol. 20, no. 1, pp. 41–50, 2022.
- [6] G. Musson, J.A. McInroy, and J.W. Kloepper, "Development of Delivery Systems For Introducing Endophytic Bacteria Into Cotton". *Biocontrol Science and Technology* vol. 5, no. 4, pp. 407–416, 1995.
- [7] C.E. Fretes, "Isolasi dan Karakterisasi Kemampuan Bakteri Endofit Sorgum Manis FS501 Sebagai Pendukung Pertumbuhan Tanaman". *Jurnal Penelitian Biologi, Botani, Zoologi, dan Mikrobiologi* 5(2), 49–52, 2020.
- [8] G.A. Wattimena, "Zat Pengatur Tumbuh Tanaman. Bogor". Laboratorium Kultur Jaringan Tanaman, PAU Bioteknologi IPB & Ditjen Dikti Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1987.
- [9] Melani, D.S. Saribun, dan M.R. Setiawati, "Pengaruh Bakteri Endofitik dan *Azolla pinnata* terhadap Populasi Bakteri Endofitik, Kandungan N, dan Bobot Kering P Padi (*Oryza sativa* L.) pada Tanah Bersalinitas". *Jurnal Agroekotnologi* vol. 9, no. 1, pp. 1–8, 2017.
- [10] F. Sapalina, E. Noviandi Ginting, dan F. Hidayat, "Bakteri Penambat Nitrogen Sebagai Agen Biofertilizer". *Warta Pusat Penelitian Kelapa Sawit* vol.27, no. 1, pp. 41–50, 2022.
- [11] A. Munif, dan M.Y. Nurjayadi, "Potensi Beberapa Isolat Bakteri Endofit untuk Pengendalian Biologi *Meloidogyne graminicola* pada Tanaman Padi". *Jurnal Fitopatologi* vol.17, no. 1, pp. 28–34, 2021.
- [12] L. Zulkifli, D.S.D. Jekti, N. Lestari, dan Rasmi, "Isolasi Bakteri Endofit dari Sea Grass yang Tumbuh di Kawasan Pantai Pulau Lombok dan Potensinya Sebagai Sumber Antimikroba terhadap Bakteri Patogen". *Jurnal Biologi Tropis* vol. 16, no. 2, pp. 80-93, 2016.
- [13] Z. Dong, "Nitrogen Fixing Endophyte of Sugarcane Stems. New Role For The Apoplast". *Plant Physiology* vol. 105, no. 4, pp. 1139–1147, 1994.
- [14] S. Compant, B. Reiter, A. Sessitch, J. Nowak, C. Clement, and E. A. Barka, "Endophytic Colonization of *Vitis vinifera* L. by Plant Growth-promoting Bacterium *Burkholderia* sp. strain PsJN". *Applied and Environmental Microbiology* vol. 71, pp. 1685–1693, 2005.
- [15] D.R.S. Sumarsono, dan E. Fuskhah, "Pengaruh Pembena Tanah terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tiga Varietas Padi Pada Tanah Asal Karanganyar Berbasis Pupuk Organik Bio-Slurry". *Jurnal Buana Sains* vol. 21, no. 1, pp. 65–76, 2021.
- [16] J. Anugrah, "Pengaruh Pemberian Kompos Daun Lada terhadap Pertumbuhan Setek Lada Satu Ruas Berdaun Tunggal pada Tanah Aluvial". *Jurnal Sains Pertanian Equator* vol. 10, no. 1, pp. 1–10, 2014.
- [17] H. Purnamawati, R.M. Kurniawan, dan Yudiwanti, "Respon Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) terhadap Sistem Tanam Alur dan Pemberian Jenis Pupuk". *Buletin Agrohorti* vol. 5, no. 3, pp. 342-350, 2017
- [18] W. Larcher, "Physiological Plant Ecology: Echophysiology and Stress Physiology of Funcional Groups",

- Third Edition. New York: Springer, 1975.
- [19] S. Soepriyanto, Sulistyawati, dan R.T. Purnamasari, “Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Pupuk Nitrogen terhadap Jumlah Klorofil Daun Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.)”, *Jurnal Agroteknologi Merdeka Pasuruan* vol. 5, no. 1, pp. 23–3, 2021.
- [20] Suharno, W. Imam, Setiabudi, L. Nelly, dan T. Soekisman, “Efisiensi Penggunaan Nitrogen pada Tipe Vegetasi yang Berbeda di Stasiun Penelitian Cikaniki, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, Jawa Barat”, *Jurnal Biodiversitas* vol. 8, no. 4, pp. 287–294., 2007.