

Respon Tanaman Jagung terhadap Cara Aplikasi dan Jenis Bakteri Endofitik Penambat Nitrogen

Mieke Rochimi Setiawati¹⁾, Nadhira Saniya Maharani²⁾, Pujawati Suryatmana¹⁾,
Reginawanti Hindersah¹⁾, Betty Natalie Fitriatin¹⁾, Andina Chotimah³⁾, Fasa Aditya⁴⁾

¹⁾ Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

²⁾ Alumni Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran
Jl. Ir. Soekarno Km 21, Jatinangor, Kab. Sumedang 45363 Indonesia

³⁾ PT. Pupuk Kujang Cikampek

Jl. Jend. A. Yani No. 39 Cikampek 41373 Kabupaten Karawang – Jawa Barat ·

⁴⁾ PT. Pupuk Indonesia Holding Company

Jl. Taman Anggrek No.2, Kemanggisan Jakarta Barat 11480, Indonesia

Korespondensi: m.setiawati@unpad.ac.id

ABSTRACT

*The increase in corn plant growth is greatly influenced by cultivation techniques including fertilization. However, the use of inorganic fertilizers for a long period of time can reduce soil quality. An alternative environmentally friendly technology that can substitute for the use of inorganic fertilizers is the biological fertilizer of nitrogen-fixing endotypic bacteria. These endophytic bacteria have benefits as growth stimulants for plants in increasing nitrogen supply through N₂ fixation through the air. This study aims to increase the growth of corn plants through the application method and type of nitrogen-fixing endophytic bacteria. This study used a Randomized Block Design (RBD). The treatment of types and application methods consisted of treatments without endophytic bacterial isolates, endophytic bacterial isolates *Gluconacetobacter diazotrophicus* Corrig, *G. diazotrophicus* strain 4L, and *Burkholderia gladioli* with three application methods, namely seed treatment, soil treatment, and their combinations. The results of the study showed that *G. diazotrophicus* 4L bacteria applied by seed and soil treatment gave the best effect on the growth of corn plants on the parameters of the endophytic bacterial population in leaf tissue, wet weight and dry weight of corn by 1 and 3 times compared to the control and there was also a tendency to increase the dry and wet weight of the corn plant crown.*

Keywords: Burkholderia gladioli, Endophytic bacteria, Gluconacetobacter diazotrophicus

1. PENDAHULUAN

Di Indonesia, jagung menempati urutan kedua sebagai makanan pokok setelah beras. Menurut data Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Tanaman Pangan (2022), produksi jagung pada tahun 2022 meningkat 9,29% dari tahun 2021. Namun, pada realisasi produksi masih belum mencapai target produksi jagung pada Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional (RPJMN) yaitu 33 juta ton. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mencapai target tersebut adalah dengan menerapkan teknik budidaya yang optimal, termasuk pemupukan karena diperlukan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman jagung selama pertumbuhannya. Pertumbuhan tanaman jagung yang baik akan memengaruhi hasil dari produksinya.

Nutrisi yang penting untuk pertumbuhan tanaman jagung meliputi nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) (Nindita dkk., 2024). Nutrisi tersebut adalah nutrisi utama didalam tanah. Tanah Inceptisol memiliki potensi yang cukup besar, tetapi tingkat kesuburannya kurang baik. Oleh karena itu, diperlukan pemupukan untuk mengoptimalkan pertumbuhan tanaman jagung. Penggunaan pupuk anorganik pada lahan pertanian dalam jangka panjang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem dan menurunkan jumlah mikroflora tanah (Herdiyantoro & Setiawan, 2015). Alternatif teknologi ramah lingkungan yang bisa mensubstitusi penggunaan pupuk anorganik yaitu melalui inokulasi bakteri endofitik sebagai pupuk hayati. Bakteri endofitik memiliki beberapa manfaat diantaranya, penambat

N₂ dari udara, menghasilkan fitohormon, dan pemacu pertumbuhan (Kandel *et al.*, 2017). Bakteri endofitik mengkolonisasi sistem jaringan tanaman dan berperan penting dalam penyerapan unsur hara dari ekosistem sekitar tanaman. Bakteri tersebut juga berperan sangat penting dalam mengatur dinamika berbagai proses seperti penguraian bahan organik, aksesibilitas berbagai unsur hara tanaman seperti besi (Fe), magnesium (Mg), N, P, K, dan mendorong pertumbuhan tanaman (Abdelaal *et al.*, 2021).

Mekanisme interaksi bakteri endofitik dengan tanaman inangnya terjadi melalui pergerakan bakteri. Peningkatan keberhasilan mengintroduksi bakteri endofitik dilakukan dengan inokulasi di tahap awal pertumbuhan tanaman atau pada fase vegetatif (Ahadiyat, 2020). Beberapa contoh bakteri endofitik penambat N pemacu pertumbuhan yaitu *Gluconacetobacter diazotrophicus* dan *Burkholderia gladioli*. *G. diazotrophicus* memiliki kemampuan mengikat N pada tanaman seperti jagung, gandum, dan padi, selain kemampuannya dalam mengikat N, bakteri tersebut dapat menghasilkan hormon pertumbuhan seperti auksin dan giberelin (Eskin *et al.*, 2014; Reis & Teixeira, 2015). Spesies endofitik *Burkholderia* mempunyai potensi besar dalam meningkatkan produktivitas pertanian melalui beberapa mekanisme yang terlibat dalam peningkatan pertumbuhan tanaman. Mekanisme tersebut melibatkan produksi fitohormon termasuk indole-3-asetat (IAA), sitokinin, dan giberelin (Pal *et al.*, 2022).

Penggunaan bakteri endofitik isolat tunggal yang tepat pada tanaman dapat meningkatkan berat kering tanaman, penyerapan N, dan klorofil tanaman pada kondisi tanah yang marginal seperti tanah salin (Setiawati *et al.*, 2021). Efektivitas bakteri endofitik dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman dipengaruhi oleh kualitas isolat, komposisi bahan pembawa (*carrier*), ketersediaan bahan organik, dosis, dan teknik aplikasi (Santos *et al.*, 2019). Teknik aplikasi bakteri endofitik dapat dilakukan dengan perendaman

benih (*seed treatment*), diaplikasikan di sekitar benih yang ditanam (*soil treatment*), dan kombinasi keduanya. Menurut hasil penelitian Setiawati & Suryatmana (2022) teknik aplikasi seed dan soil treatment di dalam lubang tanam dapat meningkatkan bobot kering tanaman jagung. Berdasarkan hal tersebut maka dipandang perlu dilakukan penelitian untuk menguji jenis bakteri endofitik penambat nitrogen yang berbeda dan tiga cara aplikasi sehingga akan didapatkan perlakuan terbaik dalam mendukung pertumbuhan tanaman jagung.

2. BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober-Desember 2023. Lokasi penelitian di Rumah Kaca Bale Tatanen Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Tanah ordo Inceptisol sebagai media tanaman jagung diambil di Desa Ciparanje, Kecamatan Jatinangor pada kedalaman 5-30 cm dan diaduk agar homogen sebelum di masukan ke dalam *polybag*. Sifat kimia tanah Inceptisols Jatinagor memiliki ketersediaan unsur hara yang rendah. Hal ini diperlihatkan dari hasil analisis N total tanah 0,06% (sangat rendah), P tersedia 17,91 mg. kg⁻¹ (rendah), pH 6,1 (agak masam), C/N 12 (rendah), KTK yaitu 10,77 cmol kg⁻¹ (rendah) dan kejenuhan basa 44% (sedang).

Benih jagung hibrida Pertiwi 3 dengan daya kecambah 93% digunakan sebagai tanaman indikator. Dua jenis isolat bakteri endofitik penambat N₂ yaitu *G. diazotrophicus* strain 4L (GD 4L), *B. gladioli* (BG) yang diisolasi dari tanaman tebu koleksi Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran dan satu biakan murni bakteri endofitik Certified Reference Material (CRM) *G. diazotrophicus* Corrig (GD Corrig) digunakan sebagai inokulan pupuk hayati tunggal yang diaplikasikan dengan metode *soil treatment*, *seed treatment* dan kombinasinya. Pupuk organik kohe sapi, pupuk urea, pupuk SP-36, dan pupuk KCl digunakan sebagai pupuk dasar.

Penelitian ini terdiri dari 10 kombinasi perlakuan, setiap perlakuan dilakukan

pengulangan sebanyak tiga kali dan dibuat tiga unit pengamatan, sehingga diperoleh 90 kombinasi perlakuan dengan berat media tanam masing-masing 1 kg. Kombinasi jenis perlakuan dan metode penerapan isolat bakteri endofitik sebagai berikut

- A. Kontrol Negatif (tanpa pemberian bakteri endofitik)
- B. Kontrol Positif (GD Corrig + Seed treatment)
- C. Kontrol Positif (GD Corrig + Soil treatment)
- D. Kontrol Positif (GD Corrig + kombinasi soil dan seed treatment)
- E. GD 4L + Seed treatment
- F. GD 4L + Soil treatment
- G. GD 4L + kombinasi
- H. BG + Seed treatment
- I. BG + Soil treatment
- J. BG + kombinasi.

Rancangan perlakuan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Analisis ragam menggunakan data yang telah tersebar normal dilanjutkan dengan analisis ANOVA. Jika pada analisis ANOVA terdapat perbedaan

nyata, maka dilanjutkan dengan uji lanjut jarak berganda Duncan pada nyata taraf 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Populasi Bakteri Endofitik

Pemberian fumigan balsamid pada media tanam jagung tidak menyebabkan tanah sebagai media tanam terbebas dari mikrob. Pada perlakuan kontrol negatif masih terdapat bakteri endofitik pada jaringan akar maupun daun tanaman jagung (Tabel 1) karena tidak semua mikrob mati pada proses sterilisasi media tanam menggunakan fumigan. Dalam media tanam terdapat berbagai jenis bakteri, beberapa di antaranya diduga memiliki struktur atau karakteristik yang membuatnya lebih tahan terhadap efek fumigan. Distribusi gas fumigan dalam media tanam diduga tidak merata. Kelembapan tanah, tekstur tanah, bahan organik, dan suhu mempengaruhi pergerakan fumigan, serapan ke partikel tanah, juga degradasi kimia dan biologi (Prider & Williams, 2014).

Tabel 1 Pengaruh perlakuan jenis dan cara aplikasi bakteri endofitik penambat N terhadap populasi bakteri endofitik pada akar dan daun tanaman jagung

Perlakuan	Populasi Bakteri (10 ⁵ CFU. mL ⁻¹)	
	Akar	Daun
A. Kontrol Negatif (tanpa bakteri endofitik)	94,00	6,10 a
B. GD Corrig + <i>Seed treatment</i>	100,00	18,00 bc
C. GD Corrig + <i>Soil treatment</i>	98,16	12,00 ab
D. GD Corrig + Kombinasi (<i>Seed + Soil treatment</i>)	101,33	11,17 ab
E. GD 4L + <i>Seed treatment</i>	109,50	19,17 bc
F. GD 4L + <i>Soil treatment</i>	101,33	5,50 a
G. GD 4L + Kombinasi (<i>Seed + Soil treatment</i>)	138,83	24,67 c
H. BG + <i>Seed + Soil treatment</i>	94,33	18,17 bc
I. BG + <i>Soil + Soil treatment</i>	97,00	12,33 ab
J. BG + Kombinasi (<i>Seed + Soil treatment</i>)	72,83	10,67 ab

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut *Duncan Multiple Range Test* taraf nyata 5%.

Akar merupakan pintu masuk utama bagi bakteri endofitik sebelum masuk ke jaringan batang dan daun tanaman jagung. Oleh karena itu populasi bakteri endofitik di dalam akar umumnya lebih tinggi dibandingkan jaringan tanaman lainnya. Aplikasi maupun jenis bakteri endofitik tidak mempengaruhi populasi di

jaringan akar tanaman jagung karena di akar tempat masuknya nutrisi dan fotosintat dari tajuk tanaman.

Pada perlakuan aplikasi kombinasi bakteri endofitik jenis GD 4L pada jaringan daun jagung menghasilkan populasi bakteri endofitik yang lebih tinggi dibandingkan dengan

perlakuan kontrol dan kombinasi lainnya. Pada perlakuan tersebut bakteri GD 4L mampu berkolonisasi dalam jaringan tanaman jagung sehingga menghasilkan populasi bakteri yang tinggi. Hasil tersebut selaras pernyataan Wulandari dkk (2012) bahwa faktor-faktor yang dapat memperngaruhi kolonisasi bakteri adalah cara aplikasi, keadaan lingkungan, dan jenis tanaman.

Bakteri GD 4L dengan cara aplikasi kombinasi dapat meningkatkan populasi bakteri pada jaringan daun jagung. Kesesuaian bakteri endofitik dengan tanaman merupakan faktor yang harus diperhatikan dalam setiap aplikasi bakteri endofitik. Menurut Byregowda *et al.* (2022) bakteri endofitik yang sesuai dengan tanaman dapat meningkatkan partumbuhan, produktivitas, dan toleransi terhadap stres lingkungan, yang menjelaskan mengapa mikrob tersebut merupakan agen yang menjanjikan pada pertanian modern, karena

kolonisasi bakteri endofitik merupakan proses aktif yang melibatkan kontrol dari bakteri dengan tanaman.

3.2. Tinggi Tanaman Jagung

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pada 1 MST dan 2 MST rata-rata tinggi tanaman jagung tidak berbeda antar perlakuan. Hal ini dapat terjadi karena penyebaran bakteri dalam jaringan tanaman umumnya memerlukan waktu 7-10 hari setelah aplikasi (Reiss *et al.*, 1994; Velichko *et al.*, 2022). Sehingga hasil yang signifikan akibat aplikasi dan jenis bakteri penambat N baru dapat terlihat pada 3 MST dan 4 MST (Tabel 2). Tinggi tanaman berfungsi sebagai indikator yang mencerminkan aspek pertumbuhan. Menurut penelitian Yang *et al* (2024) tinggi tanaman dipengaruhi oleh ketersediaan N. Aplikasi N yang optimal dapat meningkatkan tinggi tanaman dan berkontribusi pada peningkatan produktivitas tanaman.

Tabel 2 Pengaruh perlakuan jenis dan cara aplikasi bakteri endofitik penambat N terhadap tinggi tanaman jagung

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)			
	1 MST	2 MST	3 MST	4 MST
A. Kontrol Negatif (tanpa bakteri endofitik)	10,98	28,69	43,35 a	62,63 a
B. GD Corrig + <i>Seed treatment</i>	7,24	25,81	37,28 a	59,30 a
C. GD Corrig + <i>Soil treatment</i>	10,71	22,09	37,51 a	58,68 a
D. GD Corrig + Kombinasi (<i>Seed</i> + <i>Soil treatment</i>)	7,96	24,26	49,50 a	66,93 a
E. GD 4L + <i>Seed treatment</i>	8,73	23,87	50,17 a	82,92 ab
F. GD 4L + <i>Soil treatment</i>	10,38	30,76	49,80 a	71,72 ab
G. GD 4L + Kombinasi (<i>Seed</i> + <i>Soil treatment</i>)	10,98	35,01	65,99 b	93,65 b
H. BG + <i>Seed</i> + <i>Soil treatment</i>	8,69	23,71	42,57 a	66,59 a
I. BG + <i>Soil</i> + <i>Soil treatment</i>	12,39	31,83	50,86 a	83,38 ab
J. BG + Kombinasi (<i>Seed</i> + <i>Soil treatment</i>)	11,63	29,92	48,25 a	79,63 ab

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut *Duncan Multiple Range Test* taraf nyata 5%.

Pada 3 MST perlakuan aplikasi kombinasi bakteri endofitik jenis GD 4L terhadap tinggi tanaman berbeda nyata dibandingkan perlakuan lainnya. Perlakuan tersebut menghasilkan tanaman jagung tertinggi dengan rata-rata 65,99 cm. Menurut Dwivedi (2020) peningkatan biomassa dan tinggi tanaman yang diinokulasi adalah hasil dari kolonisasi genus *Gluconabacter*.

Pada 4 MST jenis bakteri GD 4L dengan aplikasi *seed*, *soil*, dan kombinasi keduanya berbeda nyata dari perlakuan kontrol positif (GD Corrig) dan kontrol negatif (tanpa bakteri endofitik). Dilain pihak pada 4 MST bakteri endofitik BG yang diaplikasikan secara *soil treatment* dan kombinasinya dengan *seed treatment* telah menyamai tinggi tanaman GD 4L. Hal tersebut menunjukkan efek setiap jenis

bakteri endofitik dan cara aplikasinya mempengaruhi aktivitasnya dalam menyumbangkan N pada tanaman inangnya sehingga berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Menurut Saranraj *et al.* (2021), *G. diazotrophicus* dapat memfiksasi N molekuler dan terbukti signifikan terhadap kebutuhan N tanaman inang. Disamping itu bakteri endofitik dapat mempengaruhi pertumbuhan tanaman melalui produksi hormon-hormon pertumbuhan seperti auksin, giberelin, dan sitokinin.

Perbedaan dalam kapasitas produksi hormon antara kedua bakteri tersebut dapat menjelaskan perbedaan pengaruh terhadap tinggi tanaman jagung (Bhattacharjee *et al.*, 2008). Disamping itu aktivitas utama bakteri tersebut adalah memfiksasi nitrogen di atmosfer, mengikat N_2 dan mengubahnya menjadi NH_3 sehingga nutrisi lebih mudah

diserap oleh tanaman (Hardoim *et al.*, 2015). Unsur N merupakan salah satu unsur hara yang sangat berperan penting dalam mendukung pertumbuhan vegetatif tanaman (Su'ud & Lestari, 2018).

3.3 Diameter Batang Tanaman Jagung

Pada perlakuan aplikasi kombinasi bakteri endofitik jenis GD 4L menghasilkan diameter batang jagung terbesar yaitu sebesar 12,82 mm. Diameter batang berfungsi sebagai indikator respons tanaman mendapatkan cukup nutrisi pada proses pertumbuhan. Menurut Dent (2018) *G. diazotrophicus* ketika mengkolonisasi jaringan intraseluler memiliki kemampuan untuk mengikat N pada tanaman pangan. Bakteri endofitik penambat N dengan cara aplikasi kombinasi menunjukkan hasil terbaik terhadap diameter batang jagung.

Tabel 3 Pengaruh perlakuan jenis dan cara aplikasi bakteri endofitik penambat N terhadap diameter batang tanaman jagung

Perlakuan	Diameter (mm)
A. Kontrol Negatif (tanpa bakteri endofitik)	6,88 ab
B. GD Corrig + Seed treatment	6,75 a
C. GD Corrig + Soil treatment	7,04 a
D. GD Corrig + Kombinasi (Seed + Soil treatment)	7,38 ab
E. GD 4L + Seed treatment	8,99 ab
F. GD 4L + Soil treatment	7,93 ab
G. GD 4L + Kombinasi (Seed + Soil treatment)	12,82 c
H. BG + Seed + Soil treatment	7,25 ab
I. BG + Soil + Soil treatment	9,59 b
J. BG + Kombinasi (Seed + Soil treatment)	9,15 ab

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut *Duncan Multiple Range Test* taraf nyata 5%

Besarnya diameter batang pada perlakuan bakteri endofitik GD 4L yang diaplikasikan secara kombinasi seed dan soil treatment didukung oleh tingginya populasi bakteri endofitik tersebut pada jaringan akar dan daun tanaman jagung (Tabel 1). Menurut Owens & Tezcan (2018) Bakteri *G. diazotrophicus* membentuk simbiosis dengan tanaman inangnya mengkolonisasi ruang antar sel dan mendorong pertumbuhan tanaman termasuk diameter batang tanaman. Pertumbuhan diameter batang dapat mempengaruhi regulasi

pertumbuhan tanaman secara keseluruhan karena ukuran diameter batang akan mempengaruhi pengangkutan hara tanaman, semakin besar diameter batang maka penampang jaringan pengangkut hara semakin luas sehingga laju pengangkutan hara semakin baik (Sofyan dkk., 2019).

3.4 Kandungan Klorofil

Seluruh perlakuan yang diaplikasikan pada tanaman jagung tidak berpengaruh signifikan terhadap kandungan klorofil. Akan

tetapi aplikasi kombinasi bakteri endofitik GD 4L dengan *Seed + Soil treatment* memiliki kecenderungan menghasilkan kandungan klorofil tertinggi yaitu 29,36 CCI sedangkan

perlakuan aplikasi soil treatment bakteri endofitik CRM menghasilkan kandungan klorofil dengan kecenderungan terendah yaitu sebesar 19,76 CCI (Tabel 4).

Tabel 4 Pengaruh perlakuan jenis dan cara aplikasi bakteri endofitik penambat N terhadap kandungan klorofil

Perlakuan	Kandungan Klorofil (CCI)
A. Kontrol Negatif (tanpa bakteri endofitik)	22,52
B. GD Corrig + Seed treatment	25,27
C. GD Corrig + Soil treatment	19,76
D. GD Corrig + Kombinasi (Seed + Soil treatment)	23,91
E. GD 4L + Seed treatment	26,22
F. GD 4L + Soil treatment	28,46
G. GD 4L + Kombinasi (Seed + Soil treatment)	29,36
H. BG + Seed + Soil treatment	23,97
I. BG + Soil + Soil treatment	24,90
J. BG + Kombinasi (Seed + Soil treatment)	26,14

Klorofil adalah pigmen hijau yang terdapat dalam daun tanaman dan sangat penting dalam proses fotosintesis. Tanaman jagung memerlukan klorofil untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan melalui fotosintesis. Proses fotosintesis ini merupakan sumber utama makanan bagi tanaman jagung untuk mendukung pertumbuhannya. Chlorofil Content Index (CCI) daun tanaman berkorelasi linier dengan kandungan klorofil daun.

Pengukuran CCI dengan klorofil meter dapat digunakan untuk memperkirakan status hara N daun tanaman (Ardiansyah dkk., 2022). *G. diazotrophicus* telah terbukti meningkatkan kemampuan fotosintesis dan nitrogen pada daun sorgum (Meenakshisundaram, 2011). Perbedaan kandungan klorofil ini dapat disebabkan oleh adanya perbedaan cahaya yang diterima oleh tanaman jagung. Intensitas cahaya berperan penting dalam pembentukan energi pada tanaman melalui proses fotosintesa. Setiap daun pada setiap tanaman memiliki kandungan klorofil yang berbeda-beda (Zakiah dkk., 2018).

3.5 Bobot Akar dan Tajuk Tanaman Jagung

Bakteri endofitik GD 4L yang dikombinasikan dengan *seed* dan *soil treatment* menghasil-

kan pengaruh yang tertinggi terhadap bobot basah dan bobot kering tanaman jagung. Bakteri tersebut dengan kemampuannya untuk mengubah dari N dari atmosfer N₂ menjadi bentuk yang dapat diserap tanaman seperti amonium. Dengan cara itu, asosiasi tanaman dengan bakteri dapat meningkatkan bobot basah dan bobot kering (Martinez-Hidalgo & Hirsch, 2017).

Pemberian bakteri endofitik tertentu seperti GD 4L melalui *seed treatment* dikombinasikan dengan *soil treatment* merupakan cara yang efektif untuk meningkatkan bobot akar. Menurut hasil penelitian Algam *et al.* (2005) perlakuan kombinasi *seed* dan *soil treatment* bakteri endofitik merupakan perlakuan paling efisien dalam menghantarkan bakteri endofitik ke dalam tanaman.

Chai *et al.* (2022) menyatakan metode aplikasi bakteri endofitik yang tepat penting diketahui untuk menguji berbagai jenis bakteri guna mengetahui potensinya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Bobot basah dan kering akar tanaman yang diberi bakteri endofitik GD 4L dengan aplikasi kombinasi meningkat sebesar 1 dan 3 kali lipat dibandingkan dengan perlakuan kontrol negatif tanpa pemberian bakteri endofitik. Sementara

bakteri endofitik BG yang diaplikasikan dengan soil treatment dapat pula meningkatkan bobot basah akar tanaman walaupun tidak berbeda dengan kontrol negatif.

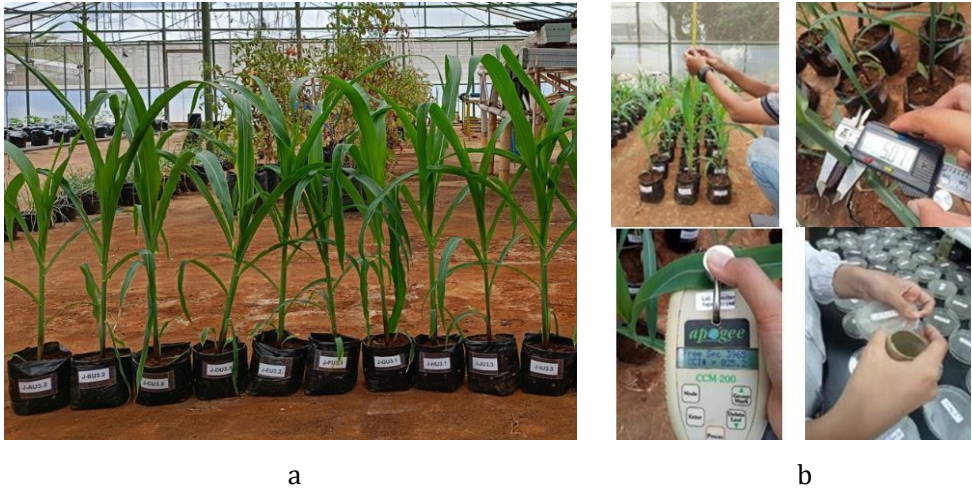
Tabel 5 Pengaruh perlakuan jenis dan cara aplikasi bakteri endofitik penambat N terhadap bobot kering dan basah tanaman jagung

Perlakuan	Bobot Kering (g)		Bobot Basah (g)	
	Akar	Tajuk	Akar	Tajuk
A. Kontrol Negatif (tanpa bakteri endofitik)	0,57 a	2,75	11,06 a	21,80
B. GD Corrig + <i>Seed treatment</i>	0,47 a	2,93	9,64 a	21,93
C. GD Corrig + <i>Soil treatment</i>	0,58 a	2,48	9,83 a	20,44
D. GDCorrig+Kombinasi (<i>Seed+Soil treatment</i>)	0,68 a	3,41	11,36 a	25,08
E. GD 4L + <i>Seed treatment</i>	0,82 a	3,13	16,62 a	28,57
F. GD 4L + <i>Soil treatment</i>	0,70 a	3,06	13,67 a	27,47
G. GD 4L + Kombinasi (<i>Seed + Soil treatment</i>)	2,34 b	7,86	24,46 b	47,24
H. BG + <i>Seed + Soil treatment</i>	0,71 a	2,57	11,22 a	25,16
I. BG + <i>Soil + Soil treatment</i>	1,07 a	3,81	17,40 ab	41,29
J. BG + Kombinasi (<i>Seed + Soil treatment</i>)	0,93 a	3,61	15,55 a	36,91

Keterangan: Nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama tidak menunjukkan perbedaan yang nyata menurut *Duncan Multiple Range Test* taraf nyata 5%.

Pemberian bakteri endofitik dengan cara aplikasi yang berbeda cenderung meningkatkan bobot akar tanaman jagung. Menurut penelitian Luna *et al.* (2010) inokulasi *G. diazotrophicus* pada tanaman sorgum terbukti dapat meningkatkan berat kering akar sorgum.

Bahan tajuk tanaman jagung yang didestruksi dan digunakan untuk analisis bobot tanaman basah dan kering tanaman dan seluruh kegiatan analisis di rumah kaca dan laboratorium (analisis populasi bakteri endofitik) ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Tanaman jagung umur 4 MST yang diberi perlakuan jenis dan aplikasi bakteri endofitik (a); Pengukuran tinggi tanaman, diameter batang dan klorofil daun di rumah kaca, serta analisis populasi bakteri endofitik di laboratorium Biologi Tanah (b)

Bobot kering dan basah tajuk tanaman jagung tampaknya tidak dipengaruhi oleh jenis dan cara aplikasi bakteri endofitik meskipun perlakuan GD 4L *seed treatment* dikombinasikan dengan *soil treatment* cenderung menghasilkan bobot basah dan kering tajuk yang lebih tinggi dari perlakuan lainnya. Beberapa faktor yang dapat menyebabkan tidak berpengaruhnya perlakuan terhadap bobot tajuk tanaman jagung diantaranya kecocokan jenis

bakteri endofitik dengan tanaman inangnya. Hal tersebut didukung oleh Bashan *et al.* (2014) yang menyatakan tidak semua strain bakteri endofitik memiliki interaksi yang efektif dengan tanaman jagung.

Beberapa bakteri mungkin tidak mampu berkolonisasi dengan baik di jaringan tanaman atau tidak menghasilkan senyawa yang signifikan untuk pertumbuhan tanaman. Menurut Paramadaty dkk. (2017) hasil bobot kering merupakan keseimbangan antara fotosintesis dan respirasi. Fotosintesis dapat meningkatkan bobot kering tanaman karena pengambilan CO₂ sedangkan respirasi dapat menurunkan bobot kering tanaman karena melepas CO₂.

4. KESIMPULAN

Bakteri endofitik jenis *G. diazotrophicus* strain 4L yang dikombinasikan antara seed dan soil treatment merupakan perlakuan terbaik yang dapat meningkatkan populasi bakteri pada daun, bobot basah dan bobot kering pada akar, tinggi tanaman pada 3 MST dan 4 MST, serta diameter batang. Perlakuan tersebut dapat meningkatkan bobot kering dan bobot basah akar jagung sebesar 1 dan 3 kali lipat dibandingkan kontrol dan ada kecenderungan meningkatkan bobot tajuk kering dan basah tanaman jagung.

UCAPAN TERIMA KASIH

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

DAFTAR PUSTAKA

Abdelaal, K., M. AlKahtani, K. Attia, Y. Hafez, L. Király, and A. Künstler, 2021. The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants, 11: 1–6

Algam, S.A., X.G. Xie GuanLin, and J. Coosemans. 2005. Delivery methods for

introducing endophytic *Bacillus* into tomato and their effect on growth promotion and suppression of tomato wilt. *Plant Pathology Journal*, 4: 69–74

Anwar, K., H. Alpandari, N. Arini, T. Prakoso, and F. Pertanian. 2023. Pengaruh konsentrasi plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) Dalam meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan jagung manis (*Zea mays* L.) di tanah Inceptisol, 2

Ardiansyah, M., B. Nugroho, and K. Sa'diyah, 2022. Estimasi kadar klorofil dan N daun jagung menggunakan Chlorophyll Content Index. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 24: 53–61

Bashan, Y., L.E. de-Bashan, S.R. Prabhu, and JP Hernandez, 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant and Soil*, 378: 1–33

Byregowda, R., S.R. Prasad, R. Oelmüller, K.N. Nataraja, and MK Prasanna Kumar, 2022. is endophytic colonization of host plants a method of alleviating drought stress? Conceptualizing the Hidden World of Endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 23

Chai, Y.N., S Futrell, and D.P. Schachtman, 2022. Assessment of Bacterial inoculant delivery methods for cereal crop.s. *Frontiers in Microbiology*, 13

Dent, D., 2018. Non-nodular Endophytic Bacterial Symbiosis and The Nitrogen Fixation of *Gluconacetobacter diazotrophicus*. *Symbiosis*, 4: 53–81

Dwivedi, M., 2020. *Gluconacetobacter* In Beneficial Microbes in Agro-Ecology. Academic Press: 521–544

Eskin, N., K. Vessey, and L. Tian, 2014. *Gluconacetobacter diazotrophicus*, in monocot plants. *International Journal of Agronomy, Research progress and*

- perspectives of nitrogen fixing bacterium,
- Grzyb, A., A. Wolna-Maruwka, and A. Niewiadomska, 2021. The significance of microbial transformation of nitrogen compounds in the light of integrated crop management. *Agronomy*, 11
- Herdiantoro, D., and A. Setiawan, 2015. Upaya peningkatan kualitas tanah di desa Sukamanah Dan desa Nanggerang Kecamatan Cigalontang Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat melalui sosialisasi pupuk hayati, pupuk organik dan olah tanah konservasi. *Dharmakarya*, 4: 47–53
- Kandel, S.L., P.M. Joubert, and S.L. Doty, 2017. Bacterial endophyte colonization and distribution within plants. *Microorganisms*, 5: 9–11
- Kementerian Pertanian, DJTP, 2022. Laporan Kinerja Kementerian Pertanian Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. Page Laporan Kinerja Ditjen MIGAS
- Luna, M.F., M.L. Galar, J. Aprea, M.L. Molinari, and J.L. Boiardi, 2010. Colonization of sorghum and wheat by seed inoculation with *Gluconacetobacter diazotrophicus*. *Biotechnology letters*, 32: 1071–1076
- Martínez-Hidalgo, P., and A.M. Hirsch, 2017. The nodule microbiome: N₂ fixing rhizobia do not live alone. *Phytobiomes Journal*, 1: 70–82
- Meenakshisundaram, M., 2011. Studies on association of arbuscular mycorrhizal fungi with *Gluconacetobacter diazotrophicus* and its effect on improvement of *Sorghum bicolor* (L.). *International Journal of Current Scientific Research (IJCSR)*, 1: 23–30
- Nindita, A., L.H. Ikhsan, and Suwanto, 2024. Pertumbuhan dan produksi tanaman jagung manis (*Zea mays* var. *Saccharata* Sturt.) pada berbagai dosis pupuk majemuk NPK+Mg (8-9-39+3). *Agrohorti*, 12: 236–245
- Owens, C.P., and F.A. Tezchan, 2018. Conformationally gated electron transfer in nitrogenase. isolation, purification, and characterization of nitrogenase from *Gluconacetobacter diazotrophicus*. In *Methods in enzymology*, 599: 355–386
- Pal, G., S. Saxena, K. Kumar, A. Verma, P.K. Sahu, A. Pandey, J.F. White, and S.K. Verma, 2022. Endophytic *Burkholderia*: Multifunctional roles in plant growth promotion and stress tolerance. *Microbiological Research*, 265: 127201. Elsevier GmbH
- Prakoso, T., H. Alpandari, and H.H. H. Sridjono, 2022. Respon pemberian unsur hara makro esensial terhadap pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays*). *Muria Jurnal Agroteknologi (MJ-Agroteknologi)*, 1: 8–13
- Reis, V.M, and KRDS Teixeira, 2015. Nitrogen fixing bacteria in the family *Acetobacteraceae* and their role in agriculture. *Journal of basic microbiology*, 55: 931–949
- Santos, MS, MA Nogueira, and M Hungria, 2019. Microbial inoculants: reviewing the past, discussing the present and previewing an outstanding future for the use of beneficial bacteria in agriculture. *AMB Express*, 9. Springer Berlin Heidelberg
- Saranraj, P, A Jayaprakash, VD Devi, ARM Al-Tawaha, and AR Al-Tawaha, 2021. Isolation and nitrogen fixing efficiency of *Gluconacetobacter diazotrophicus* associated with sugarcane: A review. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 788
- Setiawati, M.R., L. Sugiyono, N.N. Kamaluddin, and T. Simarmata, 2021. The use of endophytic growth-promoting bacteria to alleviate salinity impact and enhance the chlorophyll, N uptake, and growth of rice seedling. *Open Agriculture*, 6: 798–806

- Setiawati, M.R., and P. Suryatmana. 2022. Aplikasi pupuk hayati bakteri endofitik penambat N₂ dan pupuk N untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* l.) pada Ultisols Kentrong. *Soilrens*, 20: 41
- Sofyan, E.T., Y. Machfud, H. Yeni, and G. Herdiansyah. 2019. Penyerapan unsur hara N, P Dan K tanaman jagung manis (*Zea mays* *Saccharata* Sturt) akibat aplikasi pupuk urea, SP-36, KCL dan pupuk hayati pada Fluventic Eutrudepts asal Jatinangor. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 4: 1–7
- Velichko, N.S., A.R. Bagavova, G.L. Burygin, A.K. Baymiev, T.E. Pylaev, and Y.P. Fedonenko, 2022. In situ localization and penetration route of an endophytic bacteria into roots of wheat and the common bean. *Rhizosphere*, 23: 100567. Elsevier B.V.
- Wulandari, H., Zakiatulyaqin, and Supriyanto, 2017. isolasi dan pengujian bakteri endofit dari tanaman lada (*Piper nigrum* L.) sebagai antagonis terhadap patogen hawar beludru (*Septobasidium* sp.). *Perkebunan & Lahan Tropika*, 4: 52–58
- Yang, T., J. Zhao, and Q. Fu, 2024. Quantitative relationship of plant height and leaf area index of spring maize under different water and nitrogen treatments based on effective accumulated temperature. *Agronomy*, 14
- Yoedhistira, AR, and AA Darmawan, 2022. Pengaruh pemberian arang sekam dan pupuk kotoran ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman sawi hijau (*Brassica juncea* L.). *Savana Cendana*, 7: 16–20
- Zakiyah, M, TF Manurung, and RS Wulandari, 2018. Kandungan klorofil daun pada empat jenis pohon di Arboretum Sylva Indonesia Pc. Universitas Tanjungpura. *Jurnal Hutan Lestari*, 6: 48–55
- Zhang, D., L. Ren, W. Li, Q. Wang, S. Liu, X. Jin, W. Fang, D. Yan, Y. Li, Q. Wang, Q. Han, L. He, and A. Cao, 2022. The Appropriate Particle Size of Dazomet Can Ensure the Soil Fumigation Effect from the Source. *Agriculture (Switzerland)*, 12