

Formula Bakteri Endofit untuk Meningkatkan Pertumbuhan Bibit Jagung pada Tanah Masam Podsolik Merah-Kuning

Endophytic Bacterial Formula to Promote the Growth of Corn Seedling in Red-Yellow Podsollic Acid Soil

Ankardiansyah Pandu Pradana^{*1}, Mardhiana², Suriana³, Muh Adiwena², Ahmed Ibrahim Alrashid Yousif⁴

¹Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jember

²Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan

³Dinas Pertanian dan Ketahanan Pangan Provinsi Kalimantan Utara, Indonesia

⁴Department of Integrated Plant Protection, Plant Protection Institute, Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, H-2103 Gödöllő, Hungaria

**pandu@unej.ac.id*

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas formula cair bakteri endofit terhadap pertumbuhan tanaman jagung di tanah masam podsolik merah-kuning, dan menguji daya simpannya pada formula tersebut. Isolat bakteri yang digunakan adalah *Pseudomonas* sp. strain A175, *Pseudomonas* sp. strain F23, dan *Micrococcus* sp. strain S54. Ketiga isolat tersebut diformulasi dalam bahan pembawa ekstrak tauge, air kelapa, air beras, dan ekstrak ayam yang difortifikasi menggunakan 5 g glukosa, 1 g urea, dan 10 g terasi. Pengujian di rumah kaca dilakukan menggunakan benih jagung varietas Bonanza F1 menggunakan tanah podsolik merah-kuning dengan pH 4,2. Pengujian dilakukan di rumah kaca mengikuti pola rancangan acak lengkap (RAL) dengan 29 perlakuan, 3 ulangan, dan setiap ulangan terdiri atas 3 unit percobaan. Uji viabilitas sel dilakukan mengikuti standar SNI 01-2897-1992. Hasil penelitian menunjukkan Seluruh formula bakteri endofit mampu memacu pertumbuhan tanaman jagung pada tanah masam podsolik merah-kuning. Formula bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. yang konsisten dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung adalah formulasi bakteri endofit berbahan dasar ekstrak tauge dengan perlakuan ETA, ETBC dan ETAB. formula yang memiliki kemampuan daya simpan paling baik formula EKAC dengan total sel bakteri 5,7 Log CFU mL⁻¹ pada penyimpanan minggu ke-10.

Kata kunci — cair, formulasi, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, viabilitas

ABSTRACT

This study aimed to test the effectiveness of the liquid formula of endophytic bacteria on the growth of corn plants in red-yellow podzolic acid soil and test the formula's shelf life. The bacterial isolate used was *Pseudomonas* sp. strain A175, *Pseudomonas* sp. strain F23, and *Micrococcus* sp. strain S54. The three isolates were formulated as carriers of bean sprout extract, coconut water, rice water, and chicken extract which were fortified using 5 g glucose, 1 g urea, and 10 g shrimp paste. Greenhouse testing was carried out using corn seeds of Bonanza F1 variety using red-yellow podzolic soil with a pH of 4.2. The test was carried out in a greenhouse following a completely randomized design (CRD) pattern with 29 treatments, and 3 replications, and each replication consisted of 3 experimental units. The cell viability test was carried out according to SNI 01-2897-1992 standard. The results showed that all endophytic bacterial formulas were able to stimulate the growth of maize on red-yellow podzolic acid soils. The endophytic bacterial formula *Pseudomonas* sp. and *Micrococcus* sp. which is consistent in increasing the growth of corn plants is the formulation of endophytic bacteria based on bean sprout extract with ETA, ETBC, and ETAB treatments. the formula that had the best shelf-life was the EKAC formula with a total bacterial cell count of 5.7 Log CFU mL⁻¹ at the 10th week of storage.

Keywords — liquid, formulation, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, viability

 OPEN ACCESS

© 2022. Ankardiansyah Pandu Pradana, Mardhiana, Suriana, Muh Adiwena, Ahmed Ibrahim A. Yousif



Creative Commons
Attribution 4.0 International License

1. Pendahuluan

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman pangan yang menjadi prioritas pengembangan nasional di Indonesia. Jagung dimanfaatkan sebagai sumber makanan pokok di beberapa daerah seperti di Madura dan Nusa Tenggara [1]. Selain bijinya, biomassa tanaman jagung juga diperlukan guna untuk pengembangan ternak sapi. Hampir seluruh bagian tanaman jagung dapat diolah menjadi berbagai produk, seperti kompos dan bahan pembuatan kertas. Selanjutnya jagung juga digunakan sebagai bahan dasar atau bahan dalam berbagai industri, seperti industri makanan, kosmetik, dan Kesehatan [2].

Tanaman jagung dapat tumbuh optimal pada tanah dengan pH antara 5,6 sampai dengan 6,2. Pada lahan dengan pH kurang dari atau lebih dari pH optimal tersebut, pertumbuhan tanaman jagung akan terhambat karena terganggunya penyerapan nutrisi dari tanah [3]. Salah satu jenis tanah yang memiliki pH rendah adalah tanah podsolik merah-kuning (PMK). Tanah PMK merupakan tanah mineral tua yang banyak ditemukan di Pulau Sumatra, Jawa Barat, dan sebagian di Kalimantan. Rendahnya pH pada tanah ini menyebabkan penyerapan unsur P oleh tanaman menjadi tidak optimal. Selain itu, pada tanah PMK juga umumnya kandungan Al terlarut cukup tinggi sehingga berpotensi meracuni tanaman. Selain kandungan Al yang tinggi, pada tanah masam umumnya kandungan Fe juga cukup tinggi. Keberadaan Al dan Fe juga dapat mengikat P menjadi tidak tersedia bagi tanaman [4].

Salah satu solusi untuk meningkatkan produksi jagung yaitu dengan aplikasi bakteri endofit. Bakteri endofit merupakan bakteri yang hidup di dalam jaringan tanaman selama periode tertentu dari siklus hidupnya. Bakteri endofit dapat membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya [5]. Menurut Firdous, et al. [6] fungsi bakteri endofit dalam bidang pertanian diantaranya sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan bioprotektan dari serangan hama dan penyakit tanaman. Sebagai pemacu pertumbuhan, bakteri endofit mampu menambat nitrogen bebas yang ada di udara, melarutkan fosfat, dan memproduksi fitohormon. Sebagai agens hayati bakteri endofit mampu

menginduksi penghambatan mikroba patogen pada tanaman.

Bakteri endofit diketahui memiliki sifat tidak spesifik inang sehingga pemanfaatan bakteri tidak terbatas pada inang tertentu. Yousif, et al. [7] melaporkan terdapat tiga jenis bakteri endofit hasil eksplorasi dari tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) yang dapat menghasilkan enzim kitinase dan protease serta mampu melarutkan fosfat dan mampu menambat nitrogen bebas di udara, yaitu *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. Bakteri tersebut telah diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman terung (*Solanum melongena*) di rumah kaca. Selanjutnya bakteri tersebut juga mampu menekan infeksi nematoda *M. incognita* pada tanaman terung dan meningkatkan panjang dan bobot akar tanaman terung yang terinfeksi nematoda tersebut [8].

Penelitian sebelumnya oleh Istiqomah dan Joko [9] menunjukkan inokulasi menggunakan bakteri endofit pada tanaman jagung secara *in vitro* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Isolat bakteri endofit terbaik adalah isolat DnAr4 yang diperlakukan dengan penuangan suspensi bakteri pada 1 hari setelah tanam dengan peningkatan tinggi tanaman sebesar 47,69%, berat basah tajuk 68,09%, berat basah akar 62,9%, berat kering tajuk 35,19% dan berat kering akar sebesar 52,93%.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka ada peluang untuk memanfaatkan bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. yang telah diisolasi oleh Yousif, et al. [7] untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). Aplikasi bakteri endofit akan lebih mudah apabila bakteri tersebut sudah melalui proses formulasi. Formulasi merupakan proses pencampuran bakteri dengan bahan pembawa baik dalam bentuk padat, cair, maupun pasta. Syarat bahan pembawa yang digunakan dalam formulasi adalah mampu menopang kehidupan bakteri dan membuat metabolisme bakteri menjadi serendah mungkin selama masa penyimpanan [10].

Rosas-García [11] melaporkan salah satu bahan pembawa yang cukup baik bagi bakteri adalah ekstrak tanaman dan kaldu hewan. Selanjutnya proses formulasi bakteri juga harus memperhatikan ketersediaan nutrisi bagi bakteri seperti glukosa, nitrogen, protein, dan nutrisi-



nutrisi lainnya. Putri, et al. [12] melaporkan bakteri endofit yang diformulasi pada talek dengan tambahan nutrisi mampu bertahan hingga 4 bulan dan masih memiliki aktivitas pemacu pertumbuhan yang baik setelah disimpan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui respon pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) pada tanah masam podsolik merah-kuning yang diberi perlakuan menggunakan formulasi cair bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. dan untuk mengetahui daya simpan dari formulasi bakteri tersebut.

2. Bahan dan Metode

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan pada Bulan Maret sampai dengan Mei 2018 di Laboratorium Perlindungan Tanaman dan di rumah kaca Fakultas Pertanian, Universitas Borneo Tarakan, Indonesia.

2.2. Isolat Bakteri Endofit

Isolat bakteri yang digunakan adalah bakteri *Pseudomonas* sp. strain A175, *Pseudomonas* sp. strain F23, dan *Micrococcus* sp. strain S54. Ketiga bakteri tersebut diisolasi dari tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) [7]. Berdasarkan penelitian yang dilakukan sebelumnya, ketiga isolat ini mampu memacu pertumbuhan tanaman terung dan juga mampu mengendalikan *Meloidogyne incognita* pada tanaman terung [8]. Ketiga isolat bakteri yang telah ada kemudian ditumbuhkan pada media Nutrient Agar (NA) (HiMedia, India).

2.3. Uji Kompatibilitas

Uji kompatibilitas dilakukan menggunakan metode *paper disk diffusion*. Bakteri endofit ditumbuhkan pada media cair Nutrient Broth (NB) (HiMedia, India). Penyiapan suspensi dilakukan dengan menumbuhkan koloni tunggal isolat bakteri berumur 24-48 jam pada 1,5 mL NB dan diinkubasi selama 24 jam. Uji kompatibilitas dilakukan dengan meneteskan 0,3 mL suspensi bakteri A pada cawan petri yang telah diberi media NA, kemudian diratakan menggunakan *microbiology glass bead*. Selanjutnya 0,05 ml suspensi bakteri B diteteskan di atas kertas saring steril berdiameter

5 mm. Pengujian dilakukan secara *vice versa* terhadap 3 isolat yang ada. Pasangan isolat bakteri bersifat kompatibel apabila tidak terbentuk zona bening [13].

2.4. Produksi Formula Bakteri Endofit

Terdapat 4 jenis formula bakteri endofit. Masing-masing formula dibedakan berdasarkan bahan pembawa yang digunakan. Keempat jenis bahan pembawa yang digunakan adalah ekstrak tauge, air kelapa, air cucian beras, dan ekstrak daging ayam.

Bahan pembawa ekstrak tauge dibuat dengan cara merebus 200 g tauge dengan 1000 mL air hingga mendidih. Setelah mendidih ekstrak tauge disaring dan diambil suspensinya lalu ditambahkan dengan 5 g glukosa, 1 g urea, dan 10 g terasi kemudian diaduk hingga homogen. Bahan pembawa air kelapa dibuat dengan mencampurkan 1000 mL air kelapa tua dengan 5 g glukosa, 1 g urea dan 10 g terasi kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya, pembuatan bahan pembawa air beras dilakukan dengan cara merebus 250 g beras dengan 1000 mL air hingga mendidih kemudian ekstrak beras tersebut diambil dan ditambahkan dengan 5 g glukosa, 1 g urea dan 10 g terasi kemudian diaduk hingga homogen. Pembuatan bahan pembawa berbahan daging ayam dilakukan dengan cara merebus 250 g daging ayam dengan 1000 mL air hingga mendidih kemudian diambil ekstraknya dan ditambahkan dengan 5 g glukosa, 1 g urea dan 10 g terasi kemudian diaduk hingga homogen. Seluruh bahan pembawa yang telah dibuat kemudian dimasukkan ke dalam botol kaca dan distrilisasi dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 121 °C dan tekanan 1 atm selama 20 menit.

Sebanyak 450 mL bahan pembawa yang telah steril di dalam botol kaca kemudian dicampur dengan 50 mL suspensi bakteri endofit dengan kerapatan sel 10^9 CFU mL⁻¹. Setelah dicampur, formula diinkubasi pada suhu 38 °C selama 7 hari agar siap digunakan untuk pengujian selanjutnya.

2.5. Percobaan di Rumah Kaca

Benih jagung varietas Bonanza F1 ditanam pada pot plastik dengan diameter 5 cm. Tanah yang digunakan pada pengujian ini adalah tanah



podsolik merah-kuning dengan pH 4,2. Pengujian dilakukan di rumah kaca mengikuti pola rancangan acak lengkap (RAL) dengan 29

perlakuan, 3 ulangan, dan setiap ulangan terdiri atas 3 unit percobaan. Perlakuan yang digunakan pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan yang digunakan pada penelitian

Kode Perlakuan	Keterangan
KA	Kontrol air
KEA	Ekstrak taube tanpa bakteri
KEB	Ekstrak taube + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175
KET	Ekstrak taube + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
KEK	Ekstrak taube + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EAB	Ekstrak taube + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
EAC	Ekstrak taube + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EAAC	Ekstrak taube + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
ETAB	Air kelapa tanpa bakteri
EBB	Air kelapa + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175
EBC	Air kelapa + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
EBAB	Air kelapa + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
ETA	Air kelapa + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
ETB	Air kelapa + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EKA	Air kelapa + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EKC	Air beras tanpa bakteri
ETBC	Air beras + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175
EKBC	Air beras + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
EKAB	Air beras + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EBBC	Air beras + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
EBA	Air beras + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
ETC	Air beras + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EBAC	Ekstrak ayam tanpa bakteri
EAAB	Ekstrak ayam + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175
EKB	Ekstrak ayam + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
ETAC	Ekstrak ayam + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EAA	Ekstrak ayam + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23
EKAC	Ekstrak ayam + <i>Pseudomonas</i> sp. strain A175 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54
EABC	Ekstrak ayam + <i>Pseudomonas</i> sp. strain F23 + <i>Micrococcus</i> sp. strain S54

Aplikasi formula bakteri endofit dilakukan dengan cara menyiram tanaman uji dengan formula bakteri endofit yang telah dibuat

sebelumnya. Penyiraman dilakukan dengan dosis sebesar 20 mL per tanaman. Aplikasi dilakukan satu minggu sekali metode *soil drenching*.



Peubah pengamatan pada penelitian ini adalah tinggi tanaman, jumlah daun, panjang daun, panjang akar, berat segar tanaman, berat segar akar, berat kering tanaman, berat kering akar. Pengamatan dilakukan setelah tanaman dipelihara selama 5 minggu.

Data dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA) dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95% menggunakan program DSAASTAT versi 1.101 [13].

2.6. Uji Viabilitas Sel Bakteri Endofit pada Formula

Sebanyak 1 mL formula diambil kemudian dilakukan pengenceran berseri sampai dengan konsentrasi 10^{-5} . Hasil pengenceran diambil 0,1 mL, kemudian diratakan pada media NA dan diinkubasi pada suhu ruang. Jumlah koloni yang tumbuh kemudian dihitung untuk mengetahui jumlah bakteri yang bertahan dalam formulasi tersebut. Kepadatan bakteri dihitung berdasar metode *total plate count* megikuti aturan SNI 01-2897-1992 [14].

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Kompatibilitas Isolat Bakteri Endofit

Berdasarkan hasil uji kompatibilitas diketahui bahwa ketiga isolat bakteri endofit saling kompatibel. Isolat *Pseudomonas* sp. strain A175 dapat digabung bersama dengan *Pseudomonas* sp. strain F23 dan *Micrococcus* sp. strain S54. Begitu pula isolat *Pseudomonas* sp. strain F23 kompatibel dengan *Micrococcus* sp. strain S54. Lebih lanjut, data hasil uji kompatibilitas bakteri disajikan pada Tabel 2.

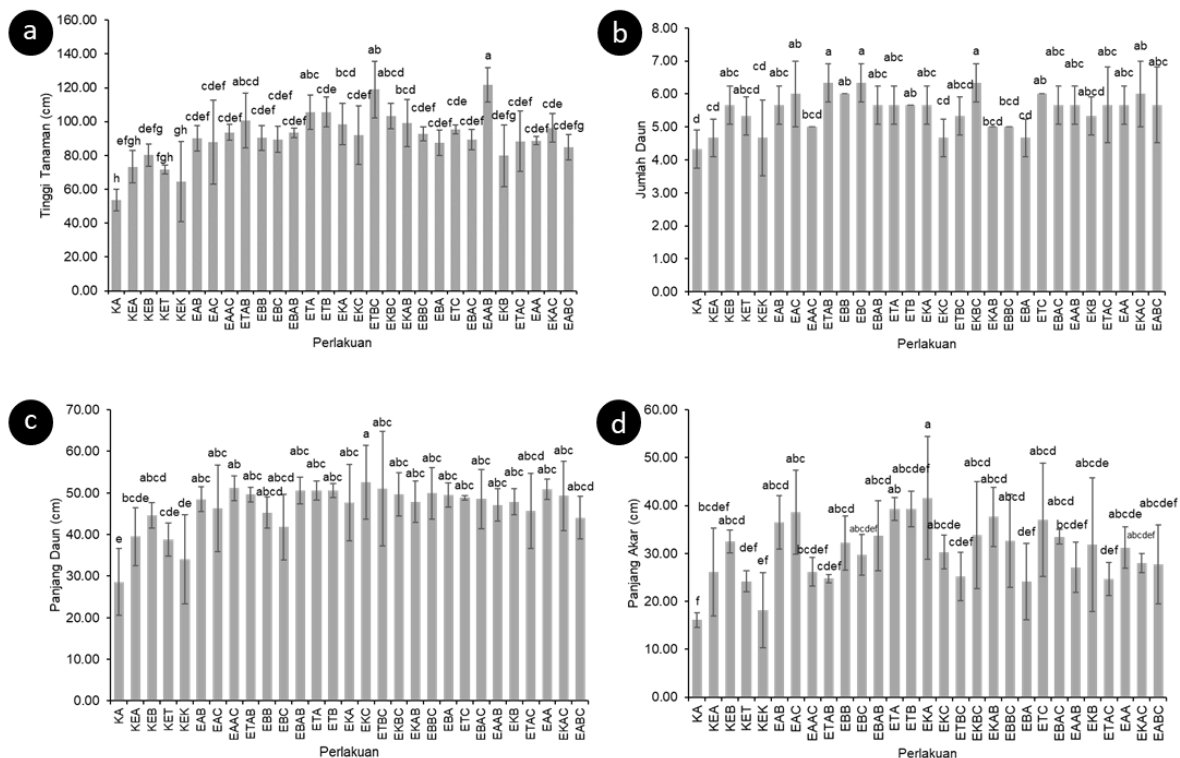
Tabel 2. Kompatibilitas isolat bakteri endofit

Isolat Bakteri	Kompatibilitas		
	<i>Pseudomonas</i> sp. A175	<i>Pseudomonas</i> sp. F23	<i>Micrococcus</i> sp. S54
A175	√		
F23	√	√	
S54	√	√	√

Kompatibilitas bakteri penting untuk dilakukan sebelum menggabungkan beberapa isolat dalam satu media tumbuh. Bakteri yang kompatibel dapat hidup bersama, sedangkan bakteri yang tidak kompatibel akan menekan pertumbuhan bakteri lainnya yang tumbuh dalam satu media yang sama. Penekanan tersebut terjadi akibat aktivitas antibiosis atau antagonis. Kompatibilitas antar bakteri dipengaruhi oleh genotipe dan senyawa metabolit sekunder yang diproduksi oleh bakteri tersebut [15].

3.2. Performa Formula Bakteri Endofit Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman pada Tanah Masam

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui tanaman jagung yang diberi perlakuan menggunakan formula EAAB menunjukkan tinggi tanaman tertinggi dengan tinggi tanaman 121,83 cm. Diikuti oleh formula ETBC setinggi 118,9 cm, formula ETA setinggi 105,5 cm, dan formula EKBC setinggi 103,2 cm. Sementara tanaman yang memiliki tinggi paling rendah adalah tanaman yang tanpa diberikan perlakuan dalam atau kontrol (KA). Lebih lanjut data tinggi tanaman jagung pada berbagai perlakuan disajikan pada gambar 1a.



Gambar 1. Pengaruh perlakuan formula bakteri endofit terhadap (a) tinggi tanaman, (b) jumlah daun, (c) panjang daun, dan (d) panjang akar tanaman jagung

Pengamatan terhadap jumlah daun memberikan hasil yang beragam. Tanaman jagung yang diberi perlakuan menggunakan formula EKBC, ETAB, dan EBC memiliki 7 daun terbanyak, diikuti oleh tanaman yang diberi perlakuan menggunakan formula EAC, EBC, ETB, ETC dan EKAC dengan jumlah daun 6. Sementara tanaman yang memiliki jumlah daun paling rendah adalah tanaman kontrol. Lebih lanjut data jumlah daun jagung pada berbagai perlakuan disajikan pada gambar 1b.

Pada variabel panjang daun jagung, diketahui tanaman jagung yang diberi perlakuan menggunakan formula EKC memiliki panjang daun yang terpanjang, yaitu 52,54 cm. Tanaman jagung dengan panjang daun terpanjang berikutnya adalah tanaman yang diberi perlakuan menggunakan formula EAAC, dengan panjang daun 51,15 cm. Sementara tanaman yang memiliki panjang daun paling rendah adalah tanaman kontrol dengan panjang daun 28,6 cm. Data lengkap panjang daun pada setiap perlakuan disajikan pada gambar 1c.

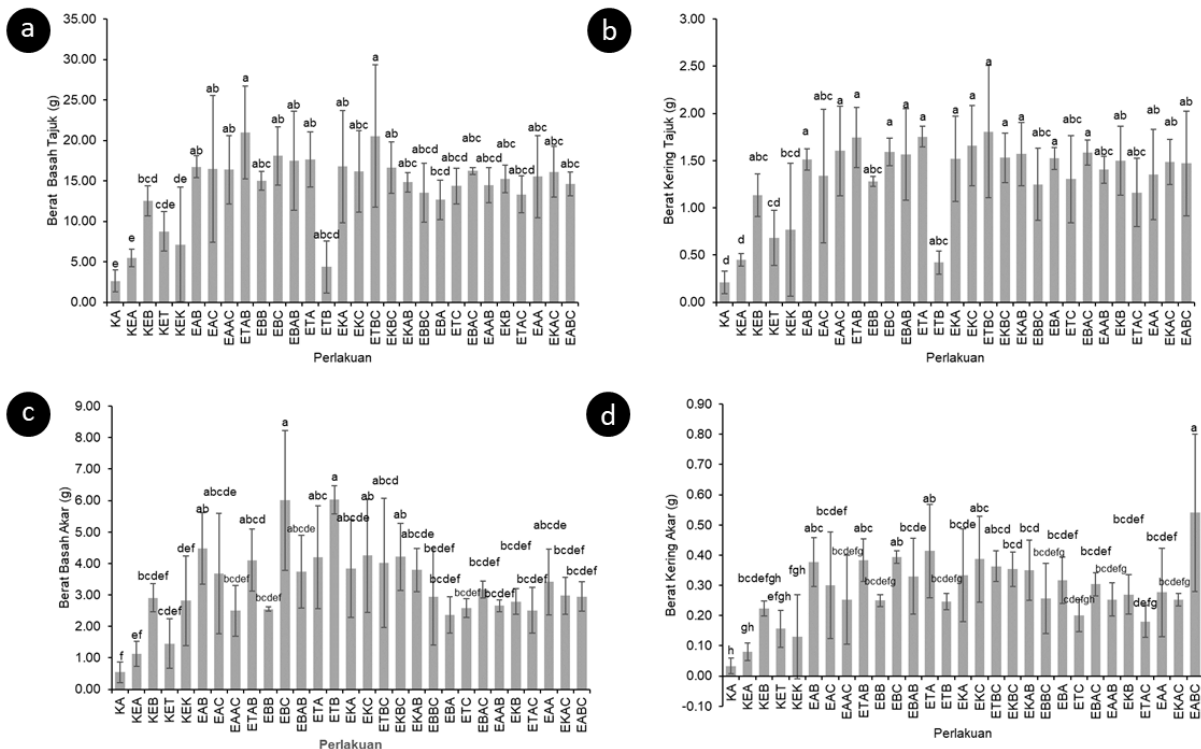
Berdasarkan hasil pengamatan diketahui tanaman jagung yang diberi perlakuan

menggunakan formula EKA menunjukkan rata-rata panjang akar 41,57 cm, diikuti oleh perlakuan dengan formula ETA dengan panjang akar 39,27 cm. Sementara tanaman yang memiliki rata-rata panjang akar paling rendah adalah tanaman yang tanpa diberikan perlakuan dalam hal ini kontrol (KA). Lebih lanjut pengaruh perlakuan terhadap pengamatan Panjang akar tanaman jagung selengkapnya disajikan pada 1d.

Berdasarkan hasil pengamatan diketahui tanaman jagung yang diberi perlakuan menggunakan formula ETAB memiliki bobot basah tajuk 20,98 g diikuti oleh perlakuan formula ETBC dengan bobot basat tajuk 20,52 g. Sementara tanaman yang memiliki bobot basah tajuk paling rendah adalah tanaman kontrol (KA). Lebih lanjut pengaruh perlakuan terhadap bobot basah tajuk disajikan pada Gambar 2a. Pada pengamatan terhadap bobot kering tajuk diketahui tanaman dengan perlakuan formula ETBC menunjukkan bobot kering tajuk 1,81 g diikuti oleh perlakuan formula ETAB sebesar 1,75 g, formula ETA 1,74 g, formula EKC 1,66 g, formula EAAC 1,60 g, formula EBC 1,59 g,

formula EBAC 1,58 g, formula EKAB 1,57 g, formula EBAB 1,56 g, formula EKBC 1,53 g, formula EKA 1,52 g, formula EBA 1,5 g, dan formula EAB 1,51 g. Sementara tanaman yang

memiliki bobot kering tajuk paling rendah adalah tanaman kontrol (KA) dengan bobot kering tajuk 0,21 g. Lebih lanjut pengaruh perlakuan terhadap bobot kering tajuk disajikan pada Gambar 2b.



Gambar 2. Pengaruh perlakuan formula bakteri endofit terhadap (a) berat basah tajuk, (b) berat kering tajuk, (c) berat basah akar, dan (d) berat kering akar tanaman jagung.

Hasil pengamatan terhadap bobot segar akar menunjukkan tanaman jagung yang diberi perlakuan menggunakan formula ETB menunjukkan bobot basah akar 6,02 g, diikuti oleh perlakuan menggunakan formula EBC dengan bobot basah akar 6,01 g. Sementara tanaman yang memiliki bobot basah akar paling rendah adalah tanaman kontrol (KA) dengan bobot basah akar 0,54 g. Lebih lanjut pengaruh perlakuan terhadap bobot segar akar disajikan pada Gambar 2c. Berdasarkan hasil pengamatan diketahui tanaman jagung yang diberi perlakuan menggunakan formula EABC menunjukkan bobot kering akar 0,54 g, diikuti oleh perlakuan menggunakan formula ETA sebesar 0,41 g, dan formula EBC sebesar 0,39 g. Sementara tanaman yang memiliki bobot kering tajuk paling rendah adalah tanaman kontrol (KA) dengan bobot kering akar sebesar 0,03 g. Lebih lanjut pengaruh perlakuan terhadap bobot kering akar disajikan pada Gambar 2d.

Berdasarkan hasil pengamatan dari seluruh variabel pertumbuhan, diketahui perlakuan yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung secara konsisten adalah ETA, ETBC dan ETAB. Perlakuan ETA merupakan perlakuan menggunakan formula ekstrak taugé dengan penambahan bakteri *Pseudomonas* sp. strain A175, sedangkan ETBC merupakan perlakuan ekstrak taugé dengan penambahan bakteri *Pseudomonas* sp. strain F23 dan *Micrococcus* sp. strain S54. Sedangkan ETAB merupakan perlakuan ekstrak taugé dengan penambahan bakteri *Pseudomonas* sp. strain A175 dan *Pseudomonas* sp. strain F23.

Peningkatan pertumbuhan pada perlakuan ETA terlihat dari parameter pengamatan tinggi tanaman, panjang daun, panjang akar, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk dan bobot kering akar. Peningkatan pertumbuhan dari perlakuan ETBC terlihat dari parameter pengamatan tinggi tanaman, panjang daun, diameter batang, bobot

basah tajuk dan bobot kering akar. Sedangkan peningkatan pertumbuhan dari perlakuan ETAB terlihat dari parameter pengamatan tinggi tanaman, jumlah daun, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk dan bobot kering akar.

Pertumbuhan tanaman jagung meningkat setelah menggunakan perlakuan ekstrak tauge dengan penambahan bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. diduga karena ekstrak tauge mengandung salah satu zat pengatur tumbuh (ZPT) alami yang mengandung sitokonin, auksin dan giberelin [16]. Menurut Nawangsari, et al. [17] pada kecambah kacang hijau komponen air merupakan komponen terbesar jika dibandingkan dengan komponen lainnya. Asam amino esensial yang terkandung dalam protein kacang hijau antara lain 1,35% triptofan, 4,50% treonin, 7,07% fenilalanin, 0,84% metionin, 7,94% lisin, 12,90% leusin, 6,95% isoleusin, dan 6,25% valin. Selain itu juga, penambahan bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. kedalam ekstrak tauge membantu memacu pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. yang diisolasi dari tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L.) mampu menghasilkan enzim kitinase dan protease serta mampu melarutkan fosfat dan mampu menambat nitrogen bebas yang ada diudara [7, 8].

Kemampuan bakteri endofit dalam menambat nitrogen bebas diudara dilakukan mengubah nitrogen menjadi ammonia (NH_3). Tahapan selanjutnya yaitu nitrifikasi, yaitu NH_3 dirubah menjadi senyawa yang lebih sederhana yaitu NO_3^- , senyawa inilah yang akan diserap oleh tanaman [18]. Nitrogen adalah bagian dari protein (termasuk enzim) dan asam nukleat (DNA dan RNA), bagian penting dari protoplasma dan enzim. Protein terbentuk diawali dengan proses anabolisme dan dilanjutkan oleh proses katabolisme. Kandungan protein pada tanaman berbanding lurus dengan kandungan nitrogen pada tanaman tersebut. Jika tanaman kekurangan nitrogen maka dapat diartikan pula bahwa tanaman kekurangan protein [19].

Selain kemampuan bakteri endofit dalam menambat nitrogen, bakteri endofit juga mempunyai kemampuan dalam melarutkan fosfat (P) yang ada di dalam tanah. Fosfat merupakan unsur makro yang juga berperan

penting dalam proses pertumbuhan tanaman. Ketersediaan unsur P di dalam tanah berhubungan dengan kemasaman (pH) tanah. Pada kondisi tanah dengan pH 5,5 – 7,0 unsur P yang tersedia masih maksimum. Namun jika kondisi pH tanah lebih rendah dari pH 5,5 atau lebih tinggi dari pH 7,0, maka ketersediaan unsur P di dalam tanah juga tidak maksimum [20]. Hampir 70% fosfat yang ada di dalam tanah berada dalam keadaan yang tidak mudah larut karena terikat oleh Aluminium (Al) dan Besi (Fe) sehingga sulit untuk diserap oleh tanaman [21].

Unsur P juga berperan dalam proses transfer energi, sintesis protein dan reaksi biokimia yang terjadi di dalam tubuh tanaman. Sehingga apabila kandungan unsur P di dalam tanah sangat rendah maka akan menghambat pertumbuhan tanaman. Hal ini diakibatkan jaringan tua yang ada pada tanaman akan diimobilisasi ke titik tumbuh sehingga jaringan tua pada tanaman akan menguning, jika kekurangan unsur P pada tanaman terus berlanjut maka lama kelamaan akan mengakibatkan seluruh tanaman akan menguning, layu dan kemudian mati [22].

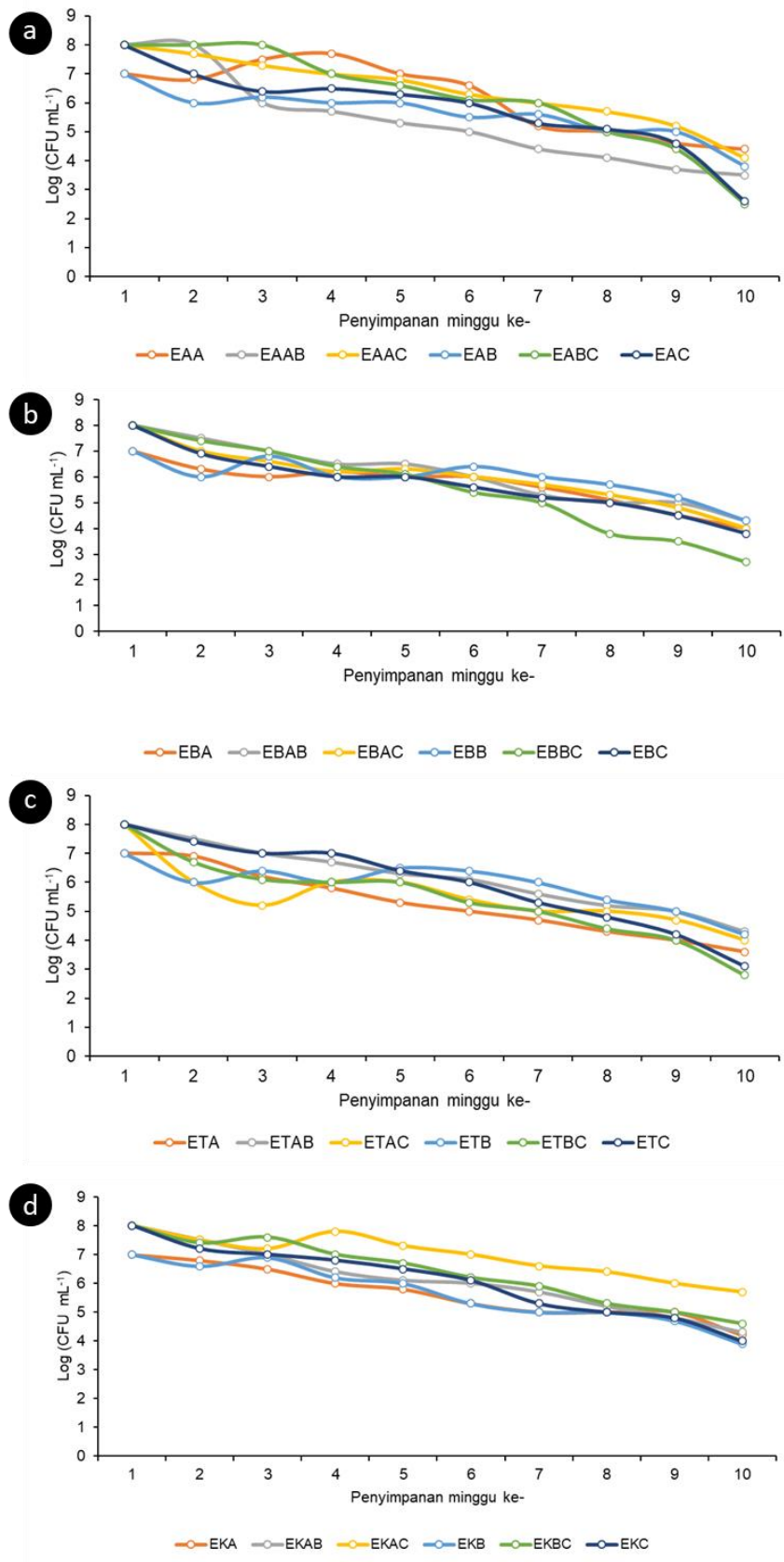
Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Mehmood, et al. [23], diketahui salah satu peran mikroba adalah pememacu pertumbuhan tanaman. Hal serupa juga disampaikan oleh Wang, et al. [24], yang menyatakan bahwa bakteri endofit memiliki potensi untuk memacu pertumbuhan tanaman jagung. Menurut Khan, et al. [25], bakteri endofit mampu membantu terjadinya peningkatan pertumbuhan tanaman, seperti penambahan bobot tajuk dan bobot akar. Hal ini disebabkan karena bakteri endofit dapat merangsang pembentukan akar lateral dan jumlah akar sehingga dapat memperluas penyerapan unsur hara.

3.3. Daya Simpan Formula Bakteri Endofit

Formula bakteri endofit dengan bahan pembawa ekstrak ayam yang mempunyai daya simpan paling baik dengan total sel bakteri tertinggi pada penyimpanan hingga 10 minggu yaitu formula EAA dengan total $4,4 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Untuk formula yang mempunyai total sel bakteri yang paling rendah pada penyimpanan hingga 10 minggu yaitu formula EABC dengan



total sel 2,5 Log CFU mL⁻¹. Lebih lanjut viabilitas sel bakteri pada formula dengan bahan pembawa ekstrak ayam disajikan pada Gambar 3a.



Gambar 3. Daya simpan formula bakteri dengan bahan pembawa (a) ekstrak ayam, (b) air beras, (c) ekstrak tauge, dan (d) air kelapa

Berdasarkan hasil pengujian diketahui formula bakteri endofit dengan bahan pembawa ekstrak beras yang mempunyai daya simpan paling baik dengan total sel bakteri yang paling banyak pada penyimpanan hingga 10 minggu yaitu formula EBAB dan formula EBB dengan total sel bakteri $4,3 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Formula dengan total sel bakteri yang paling rendah yaitu formula EBBC dengan total sel bakteri $2,7 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Data viabilitas sel bakteri pada formula dengan bahan pembawa air beras disajikan pada Gambar 3b.

Formula bakteri endofit dengan bahan pembawa ekstrak tauge yang mempunyai daya simpan paling baik dengan total sel bakteri yang paling banyak pada penyimpanan hingga 10 minggu yaitu formula ETAB dengan total sel bakteri $4,3 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Untuk perlakuan yang mempunyai total sel bakteri yang paling rendah pada bahan pembawa ekstrak tauge adalah formula ETBC dengan total sel bakteri $2,8 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Total sel bakteri pada setiap formula dengan bahan pembawa ekstrak tauge disajikan pada Gambar 3c. Selanjutnya, hasil penelitian menunjukkan bahwa formula bakteri endofit dengan campuran ekstrak air kelapa yang mempunyai daya simpan paling baik dengan total bakteri yang paling banyak pada penyimpanan hingga 10 minggu yaitu formula EKAC dengan total bakteri $5,7 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Perlakuan yang mempunyai total bakteri yang paling rendah pada formula dengan bahan pembawa air kelapa yaitu formula EKB dengan total sel bakteri $3,9 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Lebih lanjut, data mengenai viabilitas sel bakteri pada formula dengan bahan pembawa air kelapa disajikan pada Gambar 3d.

Berdasarkan data dari seluruh formula diketahui formula yang memiliki total sel bakteri tertinggi pada minggu ke-10 adalah EKAC dengan total sel bakteri $5,7 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Sedangkan formula yang memiliki total sel bakteri paling rendah pada pengamatan minggu ke-10 adalah formula EABC dengan total sel bakteri $2,5 \text{ Log CFU mL}^{-1}$. Dari data ini terlihat bahwa formula dengan berbahan ekstrak air kelapa memiliki kemampuan daya simpan lebih baik jika dibandingkan dengan formula lainnya.

Menurut Wijayanti dan Kumalaningsih [26] air kelapa mengandung 91,23% air; 0,29%

protein; 0,15% lemak; 7,27% karbohidrat; serta 1,06% abu. Menurut Peeran, et al. [27] bakteri membutuhkan setidaknya 98,51% air untuk menyelesaikan proses metabolismenya. Selain itu bakteri juga membutuhkan nutrisi untuk perkembangan dan perbanyak sel. Nutrisi disarankan dalam bentuk cair agar lebih mudah digunakan oleh sel bakteri. Kandungan pada air kelapa inilah yang mampu membuat bakteri endofit yang terdapat pada formula mampu bertahan lebih lama jika dibandingkan dengan formula lain.

Jumlah sel yang terdapat di dalam formula dipengaruhi oleh ketersediaan nutrisi pada formula tersebut. Bakteri mensintesis nutrisi yang ada di dalam formula untuk keberlanjutan hidupnya. Jumlah sel hidup dalam suatu formula akan berpengaruh terhadap keefektifan bakteri tersebut dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi jumlah sel bakteri endofit yang diaplikasikan pada agroekosistem maka peluang bakteri tersebut dalam menambat nitrogen yang ada di lingkungan juga akan semakin tinggi. Semakin tinggi jumlah sel bakteri endofit yang mengkolonisasi akar maka semakin banyak nitrogen yang mampu difiksasi oleh bakteri endofit yang nantinya dapat dimanfaatkan oleh tanaman [28]. Hal ini sesuai dengan pernyataan Kandel, et al. [29], yang menjelaskan bahwa semakin banyak bakteri endofit yang mengkolonisasi akar maka akan mempengaruhi pertumbuhan suatu tanaman.

Formula yang baik adalah formula yang mampu membuat bakteri menjadi inaktif selama masa penyimpanan. Bakteri memiliki 4 fase pertumbuhan, yaitu fase lag, eksponensial, stasioner, dan kematian. Apabila bakteri berkembang dan aktif di dalam formulasi selama masa penyimpanan maka kemungkinan bakteri sudah memasuki fase kematian pada saat aplikasi [30].

Bakteri memerlukan nutrisi untuk menopang pertumbuhannya. Menurut Hassan dan Bano [31], nutrisi berperan penting dalam proses pembentukan energi bagi bakteri. Selain itu, nutrisi juga berperan sebagai bahan pembangunan sel bakteri. Peran lain dari nutrisi adalah sebagai asektor elektron dalam proses pembentukan energi oleh bakteri. Pada laporan terpisah, Gopi, et al. [32] menyatakan bahwa

nutrisi yang baik untuk formula bakteri endofit dan PGPR harus mengandung setidaknya air, sumber energi, bahan yang mengandung mineral, zat pengatur tumbuh, serta nitrogen. Selain itu, pH dari media tempat tumbuhnya bakteri endofit juga harus baik dan media tersebut harus dalam keadaan steril.

Nutrisi yang terdapat pada formula lama kelamaan akan menurun jumlahnya karena digunakan terus oleh bakteri untuk bertahan hidup. Selain itu, beberapa bakteri juga mampu menghasilkan metabolit sekunder yang akan menyebabkan media tumbuhnya menjadi lebih asam dibandingkan sebelumnya. Kemasaman media yang semakin meningkat inilah yang akan menyebabkan media tersebut tidak cocok lagi digunakan untuk pertumbuhan bakteri, sehingga total sel bakteri yang terdapat dalam formula lama kelamaan akan menurun [33].

4. Kesimpulan

Seluruh formula bakteri endofit mampu memacu pertumbuhan tanaman jagung pada tanah masam podsolik merah-kuning. Formula bakteri endofit *Pseudomonas* sp. dan *Micrococcus* sp. yang konsisten dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung adalah formulasi bakteri endofit berbahan dasar ekstrak tauge dengan perlakuan ETA, ETBC dan ETAB. Daya simpan terbaik ditunjukkan oleh formula dengan bahan dasar air kelapa, yaitu formula EKAC.

Daftar Pustaka

- [1] A. Amzeri, "Tinjauan perkembangan pertanian jagung di Madura dan alternatif pengolahan menjadi biomaterial," *Rekayasa*, vol. 11, no. 1, pp. 74-86, 2018.
- [2] P. Ranum, J. P. Peña-Rosas, dan M. N. Garcia-Casal, "Global maize production, utilization, and consumption," *Annals of The New York Academy of Sciences*, vol. 1312, no. 1, pp. 105-112, 2014.
- [3] R. H. Paeru dan S. Trias Qurnia Dewi, *Panduan Praktis Budidaya Jagung*. Penebar Swadaya Grup, 2017.
- [4] C. J. Penn dan J. J. Camberato, "A critical review on soil chemical processes that control how soil pH affects phosphorus availability to plants," *Agriculture*, vol. 9, no. 6, p. 120, 2019.
- [5] I. Miliute, O. Buzaitė, D. Baniulis, dan V. Stanys, "Bacterial endophytes in agricultural crops and their

- role in stress tolerance: a review," *Zemdirbyste-Agriculture*, vol. 102, no. 4, pp. 465-478, 2015.
- [6] J. Firdous, N. A. Lathif, R. Mona, dan N. Muhamad, "Endophytic bacteria and their potential application in agriculture: a review," *Indian Journal of Agricultural Research*, vol. 53, no. 1, pp. 1-7, 2019.
 - [7] A. I. Yousif, A. Munif, dan K. H. Mutaqin, "Exploring endophytic bacteria origin from *Jatropha curcas* L. and their potential to enhance plant growth in eggplant," *Pakistan Journal of Biotechnology*, vol. 14, no. 2, pp. 238-244, 2017.
 - [8] A. Yousif, A. Munif, dan K. H. Mutaqin, "Evaluating the toxicity of secondary metabolites of endophytic bacteria from *Jatropha curcas* L. to suppress *Meloidogyne* spp. in vitro," *International Journal of Science and Research*, vol. 6, pp. 2195-2199, 2017.
 - [9] D. Istiqomah dan T. Joko, "Keefektifan bakteri endofit dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung secara in vitro," in *Prosiding Seminar Nasional Dies Natalis ke-68, Fakultas Pertanian UGM*, 2014.
 - [10] R. Bharathi, R. Vivekananthan, S. Harish, A. Ramanathan, dan R. Samiyappan, "Rhizobacteria-based bio-formulations for the management of fruit rot infection in chillies," *Crop Protection*, vol. 23, no. 9, pp. 835-843, 2004.
 - [11] N. M. Rosas-García, "Biopesticide production from *Bacillus thuringiensis*: an environmentally friendly alternative," *Recent Patents on Biotechnology*, vol. 3, no. 1, pp. 28-36, 2009.
 - [12] D. Putri, A. Munif, dan K. H. Mutaqin, "Lama penyimpanan, karakterisasi fisiologi, dan viabilitas bakteri endofit *Bacillus* sp. dalam formula tepung," *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, vol. 12, no. 1, pp. 19-19, 2016.
 - [13] A. Munif, S. Supramana, E. N. Herliyana, dan A. P. Pradana, "Endophytic bacterial consortium originated from forestry plant roots and their nematocidal activity against *Meloidogyne incognita* infestation in greenhouse," *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, vol. 67, no. 5, pp. 1171-1182, 2019.
 - [14] A. P. Pradana, A. Munif, dan S. Supramana, "Formulasi konsorsium bakteri endofit untuk menekan infeksi nematoda puru akar *Meloidogyne incognita* pada tomat," *Techno: Jurnal Penelitian*, vol. 9, no. 2, pp. 390-400, 2020.
 - [15] B. N. Fitriatin, D. F. Manurung, E. T. Sofyan, dan M. R. Setiawati, "Compatibility, phosphate solubility and phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria," *Haya: The Saudi Journal of Life Sciences*, vol. 5, no. 12, pp. 281-284, 2020.
 - [16] N. Nurmiati dan Z. Gazali, "Pengaruh konsentrasi dan lama perendaman ekstrak tauge (*Vigna radiata* L.) terhadap perkecambahan terung (*Solanum*



- melongena L.)," *Jurnal Pendidikan Biologi dan Sains*, vol. 4, no. 1, pp. 41-46, 2019.
- [17] D. N. Nawangsari, A. Legowo, dan S. Mulyani, "Kadar laktosa, keasaman dan total bahan padat whey fermentasi dengan penambahan jus kacang hijau," *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*, vol. 1, no. 1, pp. 13-20, 2012.
- [18] V. M. Reis dan K. R. d. S. Teixeira, "Nitrogen fixing bacteria in the family Acetobacteraceae and their role in agriculture," *Journal of Basic Microbiology*, vol. 55, no. 8, pp. 931-949, 2015.
- [19] S. J. Leghari et al., "Role of nitrogen for plant growth and development: a review," *Advances in Environmental Biology*, vol. 10, no. 9, pp. 209-219, 2016.
- [20] M. S. Khan, A. Zaidi, dan P. A. Wani, "Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture—a review," *Agronomy for Sustainable Development*, vol. 27, no. 1, pp. 29-43, 2007.
- [21] J. Gerke, "Humic (organic matter)-Al (Fe)-phosphate complexes: an underestimated phosphate form in soils and source of plant-available phosphate," *Soil Science*, vol. 175, no. 9, pp. 417-425, 2010.
- [22] B. Péret, T. Desnos, R. Jost, S. Kanno, O. Berkowitz, dan L. Nussaume, "Root architecture responses: in search of phosphate," *Plant Physiology*, vol. 166, no. 4, pp. 1713-1723, 2014.
- [23] U. Mehmood, M. Inam-ul-Haq, M. Saeed, A. Altaf, F. Azam, dan S. Hayat, "A brief review on plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): a key role in plant growth promotion," *Plant Protection*, vol. 2, no. 2, pp. 77-82, 2018.
- [24] Y. Wang et al., "Induction of toluene degradation and growth promotion in corn and wheat by horizontal gene transfer within endophytic bacteria," *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 42, no. 7, pp. 1051-1057, 2010.
- [25] S. S. Khan, V. Verma, dan S. Rasool, "Diversity and the role of endophytic bacteria: a review," *Botanica Serbica*, vol. 44, no. 2, pp. 103-120, 2020.
- [26] F. Wijayanti dan S. Kumalaningsih, "Pengaruh penambahan sukrosa dan asam asetat glacial terhadap kualitas nata dari whey tahu dan substrat air kelapa," *Industria: Jurnal Teknologi dan Manajemen Agroindustri*, vol. 1, no. 2, pp. 86-93, 2012.
- [27] M. F. Peeran, K. Nagendran, K. Gandhi, T. Raguchander, dan K. Prabakar, "Water in oil based PGPR formulation of *Pseudomonas fluorescens* (FP7) showed enhanced resistance against *Colletotrichum musae*," *Crop Protection*, vol. 65, pp. 186-193, 2014.
- [28] H. Liu et al., "Inner plant values: diversity, colonization and benefits from endophytic bacteria," *Frontiers in Microbiology*, vol. 8, p. 2552, 2017.
- [29] S. L. Kandel, P. M. Joubert, dan S. L. Doty, "Bacterial endophyte colonization and distribution within plants," *Microorganisms*, vol. 5, no. 4, p. 77, 2017.
- [30] A.-G. M. Ahmad, A.-Z. G. Attia, M. S. Mohamed, dan H. E. Elsayed, "Fermentation, formulation and evaluation of PGPR *Bacillus subtilis* isolate as a bioagent for reducing occurrence of peanut soil-borne diseases," *Journal of Integrative Agriculture*, vol. 18, no. 9, pp. 2080-2092, 2019.
- [31] T. U. Hassan dan A. Bano, "Biofertilizer: a novel formulation for improving wheat growth, physiology and yield," *Pakistan Journal of Botany*, vol. 48, pp. 2233-2241, 2016.
- [32] G. K. Gopi, K. Meenakumari, K. Anith, N. Nysanth, dan P. Subha, "Application of liquid formulation of a mixture of plant growth-promoting rhizobacteria helps reduce the use of chemical fertilizers in amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.)," *Rhizosphere*, vol. 15, p. 100212, 2020.
- [33] R. K. Hynes dan S. M. Boyetchko, "Research initiatives in the art and science of biopesticide formulations," *Soil Biology and Biochemistry*, vol. 38, no. 4, pp. 845-849, 2006.

