

**POTENSI BIOENKAPSULASI BAKTERI ENDOFIT *Bacillus* sp.  
SEBAGAI BIOKONTROL BUSUK BATANG FUSARIUM  
PADA TANAMAN JAGUNG**

*Potential of Bioencapsulation Endophytic Bacteria Bacillus sp.  
as Biocontrol of Fusarium Stem Rot in Corn Plants*

Ahmad Adibul Akrom<sup>1</sup>, Arika Purnawati<sup>1\*</sup> Endang Triwahyu Prasetyowati<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian,  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur  
Jl. Rungkut Madya, Gn. Anyar, Kec. Gn. Anyar, Surabaya, Jawa Timur 60294  
Telp. 0817599793

\*email korespondensi: Arika\_P@upnjatim.ac.id

**ABSTRACT**

Fusarium stalk rot is one of the significant diseases in corn plants. Stalk rot can lead to a decrease in productivity. Currently, many chemical fungicides are used to control various diseases in plants caused by *Fusarium* sp. Continuous use of chemical fungicides can cause environmental damage and lead to pathogen resistance. Direct use of biological control agents has often been conducted, but with less effective results. Therefore, this study aims to increase the effectiveness of biological control agents in inhibiting the disease through bioencapsulation. It is hoped that the results of this research on the potential of bioencapsulation of endophytic bacteria *Bacillus* sp. will be beneficial as a recommendation for controlling Fusarium stalk rot disease. Applying bioencapsulation beads of endophytic bacteria *Bacillus* sp. as biocontrol can be an alternative in controlling Fusarium stalk rot in corn plants compared to using chemical fungicides with the active ingredient prothioconazole. The results showed that the K3 treatment (3% sodium alginate concentration) achieved the highest results in viability testing and encapsulation efficiency, which affected the disease intensity value, as well as the highest value in greenhouse testing. The results obtained also did not differ significantly from the treatment using chemical fungicides

**Keywords:** *Fusarium stalk rot, Bioencapsulation, Viability of Bacillus sp., Encapsulation efficiency, Disease intensity*

**PENDAHULUAN**

Tanaman jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman pangan yang bernilai ekonomis dengan berbagai manfaat. Berdasarkan data BPS (2023), produksi jagung nasional mengalami penurunan sebesar 2.07 juta ton atau

12.50%, dari 16.53 juta ton pada tahun 2021 menjadi 14,46 juta ton pada tahun 2022. Penurunan produksi jagung ini dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, termasuk serangan penyakit. Salah satu penyakit utama yang menyerang tanaman jagung adalah busuk batang, yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. Penyakit ini dapat menyebabkan penurunan produksi hingga 50%, dan dalam kasus serangan yang parah, dapat menyebabkan kematian tanaman (Oktaviani dkk. 2023).

Busuk batang fusarium merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman jagung. Penyakit ini dapat menyebabkan penurunan produktivitas tanaman dengan menghambat pengangkutan unsur hara ke bagian tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman terhambat dan pengisian tongkol terganggu (Suriani dkk., 2019). Menurut Suriani dan Muis

(2016), gejala awal penyakit pada tanaman yang terinfeksi jamur fusarium adalah daun yang tiba-tiba layu. Batang bagian bawah berubah warna menjadi hijau kekuningan, dan apabila penularannya parah, warnanya berubah menjadi cokelat kekuningan. Bagian ruas paling bawah batang menjadi busuk, empelurnya terlepas dari kulit luar batang, dan batang menjadi lembek.

Saat ini banyak penggunaan fungisida kimia dalam mengendalikan berbagai penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh serangan *Fusarium* sp. Hasil yang didapatkan setelah pengaplikasian fungisida kimia cenderung efektif. Penggunaan fungisida kimia secara terus-menerus dapat menyebabkan kerusakan lingkungan dan patogen yang menjadi resisten. Oleh karena itu diperlukan suatu pengendalian yang memiliki sifat

ramah lingkungan, salah satunya adalah dengan menggunakan agensia pengedali hayati (APH).

Pengendalian hayati menggunakan mikroorganisme mampu menghambat pertumbuhan patogen yang menyebabkan penyakit pada tanaman. Agensia Pengedali Hayati yang dapat digunakan berupa bakteri. Salah satu bakteri yang dapat digunakan sebagai agensia pengendalian hayati adalah bakteri endofit berupa *Bacillus* sp. Permasalahan yang dihadapi dari pengaplikasian suspensi di lapang adalah kurang efektifnya APH karena tidak stabilnya APH dalam menghambat pertumbuhan patogen dan penyebaran APH yang tidak merata. Peningkatan efektifitas dapat dilakukan dengan pembuatan suatu formulasi aplikasi APH, yaitu dengan bioenkapsulasi (Saragih dkk., 2023).

Bioenkapsulasi adalah formulasi yang diakui secara luas karena efektivitasnya dan telah digunakan sebagai sarana untuk pengendalian biologis (Saputra *et al.*, 2023). Bioenkapsulasi hanya melibatkan beberapa langkah sederhana, yaitu menyiapkan larutan hidrokoloid, menambahkan mikroorganisme ke dalam bahan penyalut sodium alginat, kemudian meneteskan suspensi sel melalui jarum suntik hingga jatuh bebas ke dalam larutan  $\text{CaCl}_2$ . Sodium algiat dipilih karena mudah dilarutkan dalam air atau dalam kultur mikroorganisme cair dan ketika diaplikasikan dengan larutan di-atau tri-kation dapat membentuk butiran hidrogen atau dapat disebut *beads*. Metode ini paling populer karena mudah, sederhana, berbiaya rendah, dan kondisi pemrosesan yang lembut sehingga menjamin efisiensi

enkapsulasi dan viabilitas sel yang tinggi (Samat *et al.*, 2020).

Pengaplikasian bioenkapsulasi pada tanaman telah banyak dilakukan dengan hasil yang beragam. Penelitian oleh Saputra dkk. (2024) mendapatkan hasil berupa formulasi bioenkapsulasi dengan sodium alginat memiliki penekanan penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *R. solani* sebesar 44.5%. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui potensi dari bioenkapsulasi bacillus dalam mengendalikan penyakit busuk batang fusarium dan mengetahui stabilitas jumlah sel bacillus dalam beads. Sehingga diharapkan hasil penelitian ini memiliki manfaat sebagai alternatif dalam mengendalikan penyakit busuk batang fusarium.

#### **BAHAN DAN METODE**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Kesehatan Tanaman dan

*Greenhouse* Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Jawa Timur dengan total waktu 3 bulan yang dimulai dari bulan Maret hingga Juni 2024.

Penelitian ini menggunakan bahan NaCl teknis, media *nutrient agar* (NA), media *potato dextrose agar* (PDA), *polybag*, tanah, kompos, benih jagung varietas Bisi-2, jamur patogen *Fusarium* sp. dan bakteri *Bacillus* sp. kode isolat Bth 22 koleksi Dr. Ir. Arika Purnawati MP.,

#### ***Peremajaan Bacillus* sp.**

Isolat bakteri yang digunakan menurut Purnawati & Nirwanto, (2021), berasal dari batang tanaman terung yang sehat dan segar, tumbuh di dekat tanaman yang terserang penyakit layu bakteri di Jombang. Peremajaan dilakukan dengan mengambil 1 ose isolat *Bacillus* sp. (kode isolat Bth 22), menggoreskan pada media NA di

tabung reaksi, lalu menginkubasi selama 48 jam pada suhu ruang.

### ***Pembuatan Beads Bioenkapsulasi Bakteri Endofit Bacillus sp.***

Pembuatan beads enkapsulasi berdasarkan Suriani dkk. (2019) yang dimodifikasi dimulai dengan persiapan bahan CaCl<sub>2</sub> dan NaCl, serta pembuatan larutan sodium alginat dengan konsentrasi 2%, 2,5%, dan 3%. Masing-masing konsentrasi sodium alginat dibuat dengan melarutkan 2.0, g 2.5 g, dan 3.0 g sodium alginat dalam 100 mL aquadest. Larutan CaCl<sub>2</sub> dibuat dengan melarutkan 2 g CaCl<sub>2</sub> dalam 100 mL *aquadest* (2%), dan larutan NaCl dibuat dengan melarutkan 0.85 g NaCl dalam 100 mL *aquadest* (0.85%). Semua bahan disterilisasi dengan autoclave. Setelah dingin, suspensi bakteri endofit *Bacillus sp.* dengan populasi 10<sup>8</sup> CFU/mL sebanyak 10 mL ditambahkan ke dalam larutan

sodium alginat, diaduk hingga homogen, lalu diteteskan perlahan dengan *syringe* ke dalam larutan CaCl<sub>2</sub> 2%, dan didiamkan 10 menit agar dinding *beads* mengeras. *Beads* yang terbentuk disimpan dalam botol kaca pada suhu ruang (20-25°C) dan dicuci dengan larutan NaCl 0,85% sebanyak 3 kali sebelum pengujian.

### ***Uji Efisiensi Enkapsulasi***

Persentase efisiensi enkapsulasi diukur berdasarkan Tu *et al.* (2015). *Beads* sebanyak 1 g ditimbang, dimasukkan ke dalam botol vial steril, dan dihancurkan dengan *scalpel*. Hasilnya divortex kemudian diambil 1 mL dengan *micropipet*, dan ditumbuhkan di media NA. Setelah itu diinkubasi selama 24-48 jam, dihitung dengan metode TPC (*Total Plate Count*). Perhitungan efisiensi enkapsulasi adalah sebagai berikut:

$$\% = \frac{B \times 100}{S}$$

Keterangan: B = Jumlah bakteri dalam *beads* (CFU mL<sup>-1</sup>)

S = Jumlah bakteri yang

ditambahkan dalam suspensi (CFU mL<sup>-1</sup>)

1)

### **Uji Viabilitas *Bacillus* sp. Dalam *Beads***

Uji viabilitas dilakukan selama 4 minggu. *Beads* sebanyak 1 g diambil, dimasukkan ke dalam botol vial steril, dan dihancurkan dengan *scalpel*. *Beads* yang sudah hancur dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 10 mL aquades steril, lalu divortex selama 1 menit. Hasil vortex diambil 1 mL dengan micropipet dan ditumbuhkan di media NA, kemudian diinkubasi selama 24-48 jam. Viabilitas dihitung dengan rumus menurut (Hanif, 2016)

CFU/gram

$$= \frac{\text{Jumlah Total Koloni}}{\text{Volume yang disebar} \times \text{faktor pengenceran}} \times 100\% \text{ (2.5 mL kg}^{-1} \text{ tanah).}$$

### **Peremajaan *Fusarium* sp.**

Patogen *Fusarium* sp. berasal dari Prigen, Pasuruan, Jawa Timur yang diisolasi dari tanaman jagung dengan gejala busuk kering pada bagian batangnya. Peremajaan diawali dengan melakukan plong pada isolat fusarium. Isolat diplong dengan alat *cork borer* sebanyak 25 plong. Isolat kemudian dipindahkan ke cawan petri berisi media PDA yang telah padat. Setelah itu isolat diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang

### **Inokulasi *Fusarium* sp. pada Tanaman Jagung**

Inokulasi *Fusarium* sp. penyebab penyakit busuk batang dilakukan dengan menyiapkan media tanam berupa campuran tanah dan kompos dengan perbandingan 1:1, dengan pH 6.5-7.0, disterilkan dengan formalin 5% (2.5 mL kg<sup>-1</sup> tanah). Varietas jagung yang digunakan adalah

Bisi-2. Benih ditanam di *polybag* dengan cara ditugal. Suspensi *Fusarium* sp. diberikan dengan dosis 10 mL per *polybag* dan kerapatan  $10^6$  spora  $\text{mL}^{-1}$ , pada tanaman jagung berumur 20 hari setelah semai.

***Aplikasi Beads dan Perhitungan Intensitas Penyakit Busuk Batang Fusarium***

Perlakuan yang digunakan dalam aplikasi beads adalah sebagai berikut: K1 = *beads* dengan konsentrasi 2%; K2 = *beads* dengan konsentrasi 2.5%; K3 = *beads* dengan konsentrasi 3.0%; KN = kontrol negatif (hanya fusarium) dan KP = kontrol positif (pengaplikasian fungisida berbahan aktif prothioconazole 70% konsentrasi 2 g per 1000 mL) serta KN = kontrol negatif (pengaplikasian *Fusarium* sp. tanpa pengendalian). Perlakuan tersebut diulang sebanyak 4 kali dengan 1

ulangan sebanyak 5 tanaman. Aplikasi beads dilakukan 7 hari sebelum inokulasi *Fusarium* sp. Tanaman jagung diberi *beads* berdasarkan perlakuan dengan dosis 4 g per *polybag*. Pengamatan dilakukan berdasarkan gejala dan intensitas serangan patogen Tabel 1.) *Fusarium* sp. pada tanaman jagung selama 4 minggu. Intensitas penyakit dihitung berdasarkan Mugiastuti dkk. (2019). Perhitungan dilakukan sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari selama 4 minggu dengan rumus sebagai berikut:

$$IP = \frac{\sum(n \times v)}{Z \times N}$$

Keterangan:

IP = Intensitas penyakit (%)  
 n = Jumlah tanaman dalam nilai kategori tertentu  
 v = nilai skoring berdasarkan jumlah daun tanaman jagung yang terserang  
 Z = Nilai skor dari kategori serangan tertinggi.  
 N = Jumlah tanaman yang diamati

Tabel 1. Persentase intensitas penyakit busuk batang fusarium.

Skor	Intensitas Penyakit (%)
0	Tanaman sehat (tidak ada kelayuan).
1	0-25% daun layu (beberapa daun layu)
2	26-50% daun layu (hampir seluruh daun layu)
3	51-75% daun layu (daun semua layu, tetapi batang segar)
4	76-100% (tanaman mati)

### ***Pengukuran Tinggi Tanaman***

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan menggunakan meteran. Pengukuran tinggi tanaman dimulai dari pangkal batang hingga ujung daun tanaman. Pengukuran panjang akar diawali dengan membersihkan sisa tanah yang masih menempel pada akar. Kemudian akar diukur dari pangkal batang hingga ujung akar (Khairiyah dkk., 2017).

### ***Analisis Data***

Pengamatan efisiensi enkapsulasi dan viabilitas *Bacillus* sp. dalam beads dilakukan sesaat setelah pembuatan beads dan uji viabilitas

dilanjutkan hingga 4 minggu. Uji *greenhouse* dilakukan dalam dua tahap: persiapan tanaman selama 20 hari sebelum inokulasi dan pengamatan gejala serta intensitas penyakit selama 30 hari setelah inokulasi fusarium. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *software* IBM SPSS 24. Data diuji dengan sidik ragam (ANOVA), dan jika terdapat perbedaan nyata, dilanjutkan dengan uji *Tukey* pada taraf 5%.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Penelitian ini diawali dengan uji efisiensi enkapsulasi dan viabilitas *Bacillus* sp. dengan perlakuan

konsentrasi sodium alginat dengan kode K1 (2.0%), K2 (2.5%), dan K3 (3.0%). Sodium alginat dipilih karena sifatnya yang tidak beracun, konsisten dalam menjaga kualitas, tidak mudah terkontaminasi, dan kompatibel dengan mikroorganisme. Bioenkapsulasi dengan sodium alginat dapat membentuk gel dengan mudah, larut dengan baik, memiliki viskositas rendah, dan dapat digunakan dalam kondisi ringan sehingga sel-sel terjepit dengan kehilangan viabilitas minimal. Hasil pengujian menunjukkan variasi jumlah bakteri yang berhasil dienkapsulasi sesuai dengan konsentrasi sodium alginat, menunjukkan peran bioenkapsulasi sebagai penstabil dan pelindung bahan aktif.

### *Efisiensi Enkapsulasi*

Hasil uji menunjukkan adanya perbedaan signifikan dalam efisiensi enkapsulasi antara ketiga konsentrasi (Tabel 2). Efisiensi enkapsulasi merupakan faktor kunci yang memengaruhi kinerja sistem enkapsulasi, seperti yang disebutkan oleh Çabuk & Harsa (2015). Nilai signifikansi yang diperoleh, yaitu 0.000 dengan Sig. < 0.005, menunjukkan bahwa konsentrasi memiliki pengaruh yang nyata terhadap persentase bakteri yang terjepit. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa perlakuan K3 merupakan konsentrasi yang optimal dibandingkan dengan perlakuan K1 dan K2.

Tabel 2. Hasil uji efisiensi enkapsulasi.

Perlakuan	Efisiensi Enkapsulasi (%)
K1	10 a
K2	22 a
K3	41 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memiliki nilai tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

Efisiensi enkapsulasi yang rendah dapat disebabkan oleh kurangnya bahan enkapsulasi untuk membentuk pelindung di sekitar bakteri, sehingga proses penjerapan tidak optimal. Peningkatan konsentrasi bahan enkapsulasi menjadi 2.5% menghasilkan peningkatan efisiensi enkapsulasi sebesar 21.8%, menunjukkan peran penting jumlah bahan enkapsulasi dalam pembentukan *beads* yang lebih efektif. Meskipun demikian, efisiensi pada konsentrasi 2.0% dan 2.5% masih lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi 3.0%. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Luo *et al.* (2019) yang menyatakan bahwa peningkatan konsentrasi sodium alginat dapat meningkatkan penjerapan sel yang lebih banyak, namun konsentrasi di bawah 3.0% dapat mengakibatkan penjerapan bakteri yang kurang optimal karena permukaan yang lebih besar.

#### ***Viabilitas Bacillus sp. dalam Beads***

Uji viabilitas bacillus dalam beads berupa perubahan selama fase penyimpanan selama 4 minggu (Tabel 3). Selama fase uji semua perlakuan mengalami fluktuasi. Fluktuasi dapat disebabkan oleh fase kehidupan bakteri pada dalam beads selama fase penyimpanan. Menurut Streiner (2021) fluktuasi ini dapat terjadi karena adanya fase kehidupan bakteri seiring berjalannya waktu.

Tabel 3. Hasil uji viabilitas *Bacillus* sp.

Lama Penyimpanan (minggu)	Perlakuan		
	K1	K2	K3
0	3.9 10 <sup>8</sup> CFU/mL	4.6 10 <sup>8</sup> CFU/g	5.1 10 <sup>9</sup> CFU/mL
1	2.8 10 <sup>5</sup> CFU/mL	4.8 10 <sup>7</sup> CFU/mL	3.9 10 <sup>7</sup> CFU/mL
2	4.6 10 <sup>6</sup> CFU/mL	6.1 10 <sup>7</sup> CFU/mL	6.8 10 <sup>8</sup> CFU/mL
3	3.7 10 <sup>6</sup> CFU/mL	4.7 10 <sup>6</sup> CFU/mL	5.9 10 <sup>8</sup> CFU/mL
4	2.1 10 <sup>5</sup> CFU/mL	3.9 10 <sup>6</sup> CFU/mL	4.8 10 <sup>7</sup> CFU/mL

Hasil tertinggi didapatkan pada K3 sebesar 5.1x10<sup>9</sup> CFU mL<sup>-1</sup> kemudian perlakuan K2 sebesar 4.6 x 10<sup>8</sup> CFU mL<sup>-1</sup> dan dan K1 sebesar 3.9x10<sup>8</sup> CFU mL<sup>-1</sup>. Jumlah koloni bakteri yang tinggi pada pengujian viabilitas minggu ke 0 diduga dipengaruhi konsentrasi sodium alginate yang berperan dalam penjerapan sel bacillus ketika pembuatan *beads*. Hal ini karena sodium alginat tinggi memiliki kemampuan penjerapan yang lebih optimal sehingga jumlah koloni pada minggu ke 0 memiliki nilai yang tinggi. Pada minggu ke-1, terjadi penurunan pada semua perlakuan, dengan penurunan tertinggi pada konsentrasi

2.0% sebesar 2.8 x 10<sup>5</sup> CFU mL<sup>-1</sup>. Pada minggu ke-2, konsentrasi 3.0% meningkat menjadi 6.8x10<sup>8</sup> CFU mL<sup>-1</sup>, sementara konsentrasi 2.0% dan 2.5% tetap stabil. Viabilitas bakteri yang fluktuatif pada fase penyimpanan di minggu ke 1 diduga dipengaruhi oleh proses penyesuaian bakteri terhadap nutrisi yang tersedia. Pengurangan jumlah bakteri dapat disebabkan oleh bertambahnya umur bakteri serta jumlah populasi yang meningkat (Steiner, 2021).

Pada minggu ke 3, semua perlakuan mengalami penurunan. Perlakuan K2 mendapatkan jumlah bacillus sebesar 4.7x10<sup>6</sup> CFU mL<sup>-1</sup>, K1 sebesar 3.7x10<sup>6</sup> CFU mL<sup>-1</sup> dan

perlakuan K3 sebesar  $5.9 \times 10^8$  CFU mL<sup>-1</sup>. Hasil uji viabilitas pada minggu ke 4, semua perlakuan juga mengalami penurunan. Perlakuan K1 memiliki jumlah bacillus sebesar  $2.1 \times 10^5$  CFU mL<sup>-1</sup>, konsentrasi 2.5% sebesar  $3.9 \times 10^6$  CFU mL<sup>-1</sup> dan K3 sebesar  $4.8 \times 10^7$  CFU mL<sup>-1</sup>. Penurunan yang berbeda pada setiap konsentrasi diduga dipengaruhi oleh kemampuan konsentrasi sodium alginate dalam memberikan perlindungan terhadap bacillus. Kemampuan konsentrasi sodium alginate yang optimal dalam melindungi bakteri ditandai dengan adanya populasi yang hidup dalam *beads*. Berdasarkan Yusnidar (2017) standar minimal populasi bakteri yang hidup pada pengujian konsentrasi dengan nilai optimal adalah sebesar  $10^6$  CFU mL<sup>-1</sup>. Oleh karena itu konsentrasi sodium alginate 3.0% dan 2.5% memberikan perlindungan yang

optimal terhadap bakteri selama fase penyimpanan.

### ***Intensitas Serangan Busuk Batang *Fusarium* sp.***

Tahap akhir penelitian ini adalah dengan melakukan uji *greenhouse* untuk menguji potensi bioenkapsulasi *Bacillus* sp. dalam mengendalikan penyakit busuk batang fusarium pada tanaman jagung. Perlakuan yang digunakan berupa konsentrasi sodium alginate, yaitu 2.0% sodium alginate (K1), 2.5% sodium alginate (K2), dan 3.0% sodium alginate (K3), serta dua kontrol yaitu kontrol positif dengan penggunaan fungisida prothioconazole 70% (2 g per 1000 mL) dan kontrol negatif dengan inokulasi fusarium tanpa pengendalian. Hasil signifikansi berdasarkan uji Anova menunjukkan nilai Sig.<0.005 (Lampiran 3). Hasil tersebut menunjukkan bahwa perlakuan

pengaplikasian *beads* memiliki menurunkan intensitas serangan pengaruh yang nyata dalam penyakit busuk batang fusarium.

Tabel 4. Intensitas serangan setelah pengaplikasian *beads*.

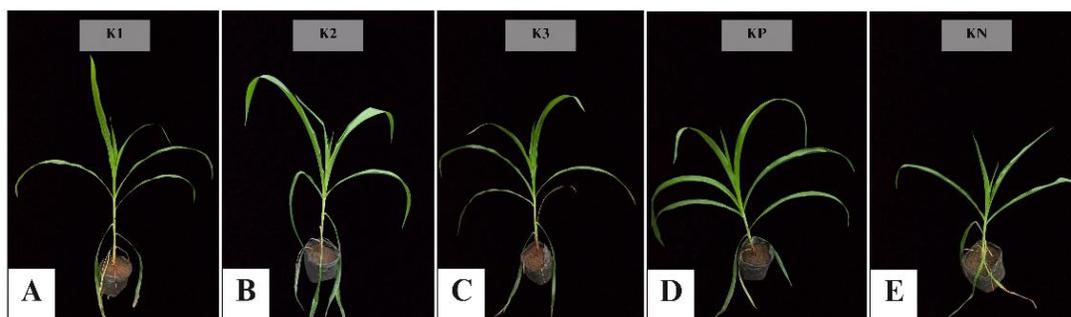
Perlakuan	Intensitas Penyakit (%)			
	7 HSI	14 HSI	21 HSI	28 HSI
K1	16 a	36 c	44 a	56 ab
K2	21 b	31 b	36 a	51 a
K3	16 a	21 a	30 a	41 a
KP	16 a	22 a	27 a	55 ab
KN	31 c	46 d	63 e	74 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memiliki nilai tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

Selama pengamatan, perlakuan K3 memiliki hasil terbaik dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Hasil pada perlakuan tersebut diduga disebabkan oleh pengaruh efisiensi enkapsulasi dan viabilitas *Bacillus* sp. dalam *beads* sebelum pengaplikasian pada tanaman jagung. Efisiensi enkapsulasi dan viabilitas yang tinggi pada akhir periode penyimpanan menunjukkan bahwa perlakuan K3 memiliki jumlah *Bacillus* sp. dalam *beads* yang lebih banyak. Sehingga mampu mengolonisasi akar tanaman dan menyebar di tanah secara efektif dibandingkan dengan KN dan KP. Pengaplikasian *beads* pada tanaman dengan waktu 7 hari sebelum inokulasi diduga memiliki pengaruh dalam pengendalian karena dapat memberikan perlindungan awal pada tanaman. Hasil yang didapatkan berupa tanaman mampu menahan serangan penyakit busuk batang fusarium saat diinokulasikan pada tanaman dan memiliki gejala dengan intensitas yang rendah ditunjukkan pada Gambar 1. Hal ini karena bacillus sudah menyebar di dalam tanah dan di perakaran.

Menurut Prihatiningsih dkk. (2017) kolonisasi bacillus di akar menghasilkan ketahanan tanaman karena zat *siderofor*. Zat tersebut dihasilkan oleh bacillus untuk membantu tanaman dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan memenuhi kebutuhan Fe. Fe merupakan salah satu unsur hara esensial yang memiliki kegunaan untuk

meningkatkan ketahanan terhadap patogen, proses respirasi dan fotosintesis. Selain itu kolonisasi Bacillus yang terdapat di perakaran mengakibatkan tanaman menghasilkan asam jasmotik dan etilen tanaman dengan fungsi untuk meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen (Djaenuddin, 2016).



Gambar 1. Perbandingan intensitas serangan perlakuan konsentrasi sodium alginat terhadap kontrol: (A) Gejala dengan intensitas 44%, (B) Gejala dengan intensitas 55%, (C-D) Gejala dengan intensitas 33%, (E) Gejala dengan intensitas 50%

### ***Tinggi Tanaman Jagung***

Hasil uji Anova pada pengukuran tinggi tanaman memiliki nilai Sig.<0,005 yang memiliki arti adanya perbedaan nyata di setiap

perlakuan. Hasil tersebut dapat menunjukkan bahwa perlakuan pengaplikasian *beads* pada tanaman jagung memiliki pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman yang disajikan pada Tabel 4. Hasil tersebut

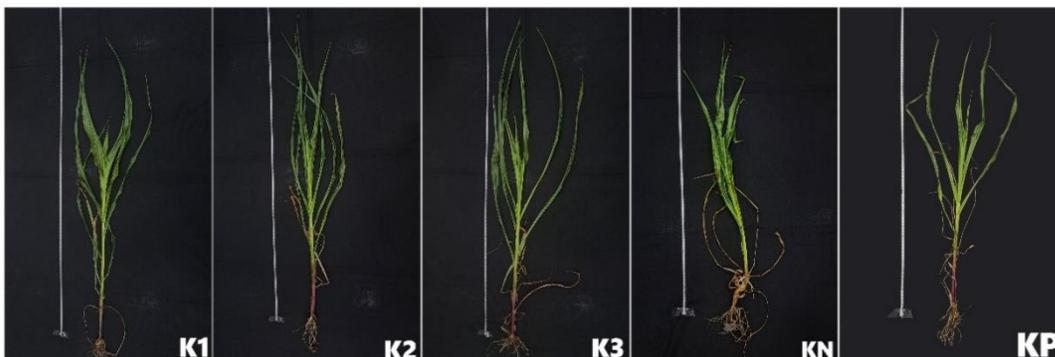
juga memiliki perbedaan yang nyata terhadap perlakuan kontrol dengan pemberian *Fusarium* sp. tanpa pengendalian dan pengaplikasian fungisida *prophineb*.

Tabel 4. Tinggi tanaman setelah pengaplikasian *beads*

Perlakuan	Efisiensi Enkapsulasi (%)
K1	131.50 bc
K2	121.75 b
K3	138.00 c
KP	101.75 a
KN	89.50 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama memiliki nilai tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey pada taraf 5%

Pengaplikasian *beads Bacillus* sp. pada tanaman memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman dengan hasil terbaik terdapat pada konsentrasi K3. Hal ini karena *Bacillus* memiliki kemampuan untuk menghasilkan hormon yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman berupa auksin, IAA dan sitokinin. Hormon yang dihasilkan oleh *Bacillus* memiliki efek merangsang pembelahan sel, mengatur pembesaran sel, memacu pertumbuhan akar, serta memacu penyerapan nutrisi dan unsur hara (Tinendung dkk., 2015). Pertumbuhan tanaman juga menjadi indikasi dalam peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen (Gambar 2.). Menurut Achmad (2019) dalam Setyowati (2023) jika tanaman memiliki pertumbuhan yang baik, maka terbentuk induksi ketahanan terhadap patogen.



Gambar 2. Perbandingan tinggi tanaman jagung perlakuan konsentrasi sodium alginat dengan kontrol

### SIMPULAN

Pengaplikasian beads *Bacillus* sp. terbukti efektif dalam mengendalikan penyakit busuk batang fusarium pada tanaman jagung dengan hasil terbaik pada konsentrasi sodium alginate 3.0%. Metode ini memiliki efektifitas yang sama dibandingkan dengan penggunaan fungisida kimia prophineb 70%. Dengan keunggulan teknik yang lebih stabil dan terdistribusi secara merata sehingga pengaplikasian beads sodium alginat berpotensi sebagai agen biocontrol busuk batang fusarium.

### DAFTAR PUSTAKA

- BPS. 2023. Indikator Pertanian Provinsi Jawa Timur 2022. In Wahana Fisika. Badan Pusat Statistika Jawa Timur. <https://doi.org/10.17509/wafi.v1i2.4580>
- Çabuk, B., & Tellioglu Harsa, Ş. 2015. Protection of *Lactobacillus acidophilus* NRRL-B 4495 under in Vitro Gastrointestinal Conditions with Whey Protein/Pullulan Microcapsules. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 120(6). <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2015.04.014>
- Djaenuddin, N. 2016. Interaksi Bakteri Antagonis dengan Tanaman: Ketahanan Terinduksi pada Tanaman Jagung. *Iptek Tanaman Pangan*, 11(2).
- Hanif, R.A. 2016. Pertumbuhan *Bacillus subtilis* pada Media Perbanyak Cair

- dan Daya Antagonisnya terhadap *Fusarium oxysporum F cubense* [Skripsi]. Universitas Jember. Jember.
- Harmileni, Saragih, G., Hidayani, T.R., Mirnandaulia, M., Ginting, C.N., & Fachrial, E. 2023. Mikroba Endofit dalam Dunia Kesehatan: Manfaat dan Aplikasi. *Jurnal Sains dan Seni ITS*, Vol. 6, Issue 1.
- Khairiyah, K., Khadijah, S., Iqbal, M., Erwan, S., Norlian, N., & Mahdiannor, M. 2017. Pertumbuhan dan Hasil Tiga Varietas Jagung Manis (*Zea mays* Saccharata Sturt) terhadap Berbagai Dosis Pupuk Organik Hayati pada Lahan Rawa lebak. *Ziraa'ah Majalah Ilmiah Pertanian*, 42(3):230-240.
- Luo, W., Liu, L., Qi, G., Yang, F., Shi, X., & Zhao, X. 2019. Embedding *Bacillus velezensis* NH-1 in Microcapsules for Biocontrol of Cucumber *Fusarium wilt*. *Applied and Environmental Microbiology*, 85(9). <https://doi.org/10.1128/AEM.03128-18>
- Mugiastuti, E., Manan, A., Rahayuniati, R. F., & Soesanto, L. (2019). Aplikasi *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat. *Jurnal Agro*, 6(2). <https://doi.org/10.15575/5397>
- Oktaviani, W. R., Salamiah, S., & Fitriyanti, D. (2023). Pemetaan Serangan Penyebab Penyakit Busuk Batang Jagung di Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan. *JURNAL PROTEKSI TANAMAN TROPIKA*, 6(2). <https://doi.org/10.20527/jppt.v6i2.1847>
- Prihatiningsih, N., Djatmiko, H.A., & Lestari, P. 2017. Aktivitas Siderofor *Bacillus subtilis* sebagai Pemacu Pertumbuhan dan Pengendali Patogen Tanaman Terung. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(2). <https://doi.org/10.23960/j.hppt.217170-178>
- Purnawati, A., & Nirwanto, H. 2021. Biodiversity of Endophytic Bacteria from Egg Plant in Lowland. *Nusantara Science and Technology Proceedings*, 224-226.
- Samat, N.A., Hanafi, S.N., & Shahrudin, S. 2020. Influence of Syringe and Needle Sizes on Production Time and Size of Microencapsulated Bead of *Lactobacillus Plantarum*-Sodium Alginate-Banana Peel. *Materials Today: Proceedings*, 31. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.1084>
- Saputra, M.M., Wuryandari, Y., Rahmadhini, N., & Lestari, S.R. 2023. Evaluating the Long-Term Storage Time Viability and Size Dynamics of *Bacillus* sp. Bioencapsulation in Sodium Alginate Matrix. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*, 10(2): 211-219.
- Saputra, Mirza, M., Wuryandari, Y., & Rahmadhini, N. 2024. Pengujian Biologis Formulasi Bioenkapsulasi *Bacillus* sp. untuk Menghambat Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Cabai.

- Jurnal Agroekoteknologi*, 16(1): 1-12.
- Setyowati, L. 2023. Senyawa Metabolit Sekunder Bakteri Endofit *Bacillus* sp. sebagai Antifungi terhadap Jamur Patogen Terbawa Benih Jagung. Skripsi. Fakultas Pertanian. UPN Veteran Jawa Timur, Surabaya.
- Steiner, U.K. 2021. Senescence in Bacteria and Its Underlying Mechanisms. In *Frontiers in Cell and Developmental Biology* Vol.9. <https://doi.org/10.3389/fcell.2021.668915>
- Suriani dan Muis, A. 2016. Prospek *Bacillus subtilis* sebagai Agen Pengendali Hayati Patogen Tular Tanah pada Tanaman Jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*, 35(1): 37-45.
- Suriani, Suriani & Djaenuddin, Nurasiah & Muis, Amran. 2019. Uji Keefektifan Formulasi *Bacillus subtilis* untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Batang Fusarium pada Tanaman Jagung *In Vivo*. *Jurnal Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 2. 191. [10.21082/jpptp.v2n3.2018.p191-197](https://doi.org/10.21082/jpptp.v2n3.2018.p191-197).
- Tinendung, R., F. Puspita, S. Yoseva. 2014. Uji Formulasi *Bacillus* sp. Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). *JOM Faperta*, 1(2).
- Tu, L., He, Y., Yang, H., Wu, Z., & Yi, L. 2015. Preparation and Characterization of Alginate-Gelatin Microencapsulated *Bacillus subtilis* SL-13 by emulsification/internal gelation. *Journal of Biomaterials Science, Polymer Edition*, 26(12): 735-749. <https://doi.org/10.1080/09205063.2015.1056075>
- Wiwattanapataptee, R., Chumthong, A., Pengnoo, A., & Kanjanamaneesathian, M. 2013. Preparation and Evaluation of *Bacillus Megaterium*-Alginate Microcapsules for Control of Rice Sheath Blight Disease. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 29(8): 1487-1497. <https://doi.org/10.1007/s11274-013-1314-4>
- Yusnidar, Z. 2017. Uji Viabilitas Bakteri *Lactobacillus plantarum* yang Dienkapsulasi Menggunakan Berbagai Jenis Bahan Penyalut. Doctoral Dissertation. Universitas Hasanuddin. Makassar.