

**EKSPLORASI *Bacillus* sp. ASAL RHIZOSFER PISANG (*Musa paradisiaca*)
SEBAGAI AGEN HAYATI PENGENDALI LAYU FUSARIUM
PISANG SECARA *IN-VITRO***

***EXPLORATION OF Bacillus sp. FROM BANANA (Musa paradisiaca)
RHIZOSPHERE AS A BIOLOGICAL AGENT FOR IN-VITRO
CONTROL OF BANANA FUSARIUM WILT***

**Vionanda Apta Yurifals^{1*}, Andi Apriany Fatmawaty¹, Endang Sulistyorini¹,
Andree Saylendra¹**

¹Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten,
Indonesia

*Email Penulis korespondensi: vionanda99@gmail.com

Abstrak

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengeksplorasi potensi isolat *Bacillus* sp. dari rhizosfer pisang, khususnya dari rhizosfer pisang kepek kuning. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Tanah dan Agroklimat serta Laboratorium Ilmu Dasar dan Perlindungan Tanaman, Jurusan Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, dari Oktober 2024 hingga Januari 2025. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non-faktorial dengan 4 ulangan, terdiri dari 8 perlakuan isolat bakteri *Bacillus* sp. rhizosfer pisang kepek kuning dan 1 perlakuan kontrol sebagai pembanding. Hasil persentase daya hambat setelah transformasi pada 7 Hari Setelah Inkubasi (HSI) menunjukkan: BRPK 1 (33,89%), BRPK 2 (41,88%), BRPK 3 (32,69%), BRPK 4 (36,07%), BRPK 5 (31,42%), BRPK 6 (35,35%), BRPK 7 (38,21%), dan BRPK 8 (36,75%). Uji gram menggunakan 3% KOH dan pewarnaan gram menunjukkan bahwa seluruh isolat BRPK merupakan bakteri gram positif dengan bentuk basil (batang). Berdasarkan hasil uji patogenisitas terhadap 8 isolat, ditemukan bahwa isolat BRPK 1, BRPK 5, dan BRPK 7 memiliki sifat patogenik. Pada pengamatan makroskopis morfologi koloni, ditemukan variasi bentuk dan tepi koloni dari isolat BRPK.

Kata Kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*., Bakteri Rhizosfer Pisang, Cendawan, *In vitro*

Abstract

The purpose of this research was to explore the potential of *Bacillus* sp. isolates from the banana rhizosphere, specifically from the yellow kepek banana rhizosphere. This research was conducted at the Soil and Agroclimate Laboratory and the Basic Science and Plant Protection Laboratory, Department of Agroecotechnology, Faculty of Agriculture, Sultan Ageng Tirtayasa University which was carried out from October 2024 to January 2025. This research used a non-factorial Completely Randomized Design with 4 replications, consisting of 8 treatments of *Bacillus* sp. Rhizosphere bacterial isolates of yellow kepek banana and 1 control treatment as a comparison. The results of the percentage of inhibition power obtained after transformation at 7 DAI showed BRPK 1 (33,89%), BRPK 2 (41,88%), BRPK 3 (32,69%), BRPK 4 (36,07%), BRPK 5 (31,42%), BRPK 6 (35,35%), BRPK 7 (38,21%), and BRPK 8 (36,75%). In the 3% KOH gram test and gram staining showed that all BRPK isolates were gram-positive bacteria and were in the form of bacilli. Based on the results of the pathogenicity test of 8 isolates, it was found that BRPK 1, BRPK 5, and BRPK 7 isolates had pathogenic properties. In macroscopic observation of colony morphology, there were variations in the shape of the colonies and the margins of the BRPK isolate colonies.

Keywords: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*., Banana Rhizosphere Bacteria, fungi, *In vitro*

PENDAHULUAN

Pisang atau yang dikenal dengan nama latin (*Musa paradisiaca*) merupakan tanaman buah yang termasuk dalam keluarga herba. Tanaman pisang berasal dari kawasan Asia Tenggara dan kemudian menyebar ke Afrika dan Amerika Selatan. Buah ini kaya akan

nutrisi dan memiliki banyak manfaat bagi kesehatan. Di Indonesia sendiri, tanaman pisang sudah banyak dibudidayakan karena tingginya permintaan masyarakat (Lubis, 2021). Konsumsi pisang terus mengalami peningkatan dari waktu ke waktu. Hal ini juga diiringi dengan meningkatnya produksi pisang di Indonesia dalam 3 tahun terakhir. Menurut data Badan Pusat Statistik, (2024) jumlah produksi pisang di Indonesia pada tahun 2021 mencapai 8.741.147 ton, lalu mengalami kenaikan menjadi 9.245.427 ton pada tahun 2022, lalu pada tahun 2023 juga mengalami kenaikan menjadi 9.335.232 ton. Namun pada tingkat provinsi khususnya Provinsi Banten produksi pisang dalam periode 3 tahun terakhir tidak stabil. Pada tahun 2021, jumlah produksi pisang di Provinsi Banten sebesar 284.683 ton, lalu pada tahun 2022 mengalami kenaikan menjadi 293.383 ton, namun pada tahun 2023 terjadi penurunan menjadi 276.434 ton (Badan Pusat Statistik, 2024).

Penurunan jumlah produksi pisang dapat disebabkan oleh beberapa faktor. Salah satu faktor yang dapat menyebabkan turunnya jumlah produksi pisang yaitu adanya serangan hama dan penyakit. Salah satu penyakit pada tanaman pisang yang sering ditemui dan menyebar dengan cepat adalah layu fusarium. Menurut Bukhari & Safridar (2020) penyakit layu yang disebabkan oleh cendawan *Fusarium oxysporum cubense*, menyerang jaringan empulur batang melalui akar yang terluka. Tanaman pisang yang terserang penyakit ini tidak mampu menghasilkan buah, atau buah yang dihasilkan tidak berisi

Layu fusarium ini disebabkan oleh cendawan yang hidup di dalam tanah dan menjadi patogen tular tanah. Pengendalian layu fusarium masih sulit dilakukan dikarenakan cendawan penyebab layu fusarium dapat bertahan hidup dengan jangka waktu yang lama. Menurut Ibrahim & Abadi (2023), umumnya pengendalian layu fusarium ini hanya mengandalkan fungisida sintetik karena cara kerjanya yang cepat. Salah satu pengendalian yang aman dilakukan untuk mengendalikan layu fusarium ini adalah dengan memanfaatkan keberadaan agen hayati atau biokontrol terutama yang memiliki sifat antagonis terhadap patogen penyebab penyakit

Salah satu bakteri antagonis yang dapat digunakan sebagai agen hayati atau biokontrol yaitu bakteri *Bacillus*. Menurut Saxena *et al.*, (2019) genus *Bacillus* memiliki kemampuan secara langsung untuk menghambat pertumbuhan hama dan patogen melalui produksi senyawa antimikroba, enzim, atau toksin. Metabolit yang dihasilkan oleh *Bacillus* memainkan peran penting dalam mengontrol dan mengurangi populasi organisme yang merugikan ini. *Bacillus* sp. banyak ditemukan di perakaran tanaman yang sehat. Bakteri ini memiliki kemampuan untuk menunjang pertumbuhan tanaman dengan berbagai cara. Sebagai salah satu genus bakteri yang paling sering dijumpai di daerah perakaran (Paisal *et al.*, 2023).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Suwarno & Masnilah, (2020) menunjukkan hasil bahwa bakteri *Bacillus* sp. terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen *Fusarium oxysporum* pada tanaman melon melalui uji antagonis *in vitro*, dengan daya hambat tertinggi pada isolat BJM5 sebesar 30%. Selain itu, isolat BJM5 juga menunjukkan potensi sebagai agen pengendali hayati, dengan nilai keparahan penyakit terendah mencapai 23,75% terhadap patogen *F. oxysporum*. Berdasarkan hasil penelitian lain yang telah dilakukan oleh Flori *et al.*, (2020) menunjukkan hasil bahwa semua isolat bakteri *Bacillus* sp. yang diisolasi dari perakaran tanaman lada dapat menghambat pertumbuhan cendawan fusarium sp. dengan diameter daya hambat tertinggi sebesar 13,92 mm yang terdapat pada perlakuan P4, kemampuan penghambatan yang ditunjukkan oleh bakteri *Bacillus* ini disebabkan oleh produksi enzim ekstraseluler. Enzim-enzim tersebut, seperti β -glukanase, kitinase, dan protease, memiliki kemampuan untuk menghancurkan dinding sel cendawan. Berdasarkan uraian diatas

penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *Bacillus* sp. asal rhizosfer pisang (*Musa Paradisiaca*) sebagai agen hayati dalam pengendali layu fusarium pada pisang secara *In-Vitro*.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu

Penelitian yang dilakukan ini merupakan penelitian eksperimen. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2024 hingga bulan Januari 2025, yang bertempat di Laboratorium Tanah dan Agroklimat dan Laboratorium Ilmu Dasar dan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Kota Serang, Provinsi Banten.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, erlenmeyer berukuran 100 ml dan 500 ml, cawan petri dengan diameter 9 cm, tabung reaksi, rak tabung reaksi, beaker glass, gelas ukur, kaca preparat, batang L, jarum ose, *scalpel*, pinset, gunting, pisau, cangkul kecil, bunsen, korek api, panci, *laminar air flow*, autoklaf, oven, *hot plate*, *magnetic stirrer*, shaker, *vortex*, inkubator, kulkas, timbangan analitik, mikropipet, tip biru, penggaris, alat tulis, dan kamera.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu, bakteri *Bacillus* sp. asal rhizosfer pisang kepok kuning (*Musa Paradisiaca* Var. *Balbisiana colla*) yang berasal dari Kabupaten Tangerang, Banten, isolat cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* koleksi Laboratorium Ilmu Dasar dan Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Natrium Agar (NA), *Potato Dextrose Broth* (PDB), Agar Powder, aquades, alkohol 70% dan 96% , KOH 3%, Kristal Violet, Lugol Iodine, Safranin, antibiotik kloramfenikol, aluminium foil, *plastic wrap*, plastik tahan panas, kertas saring, kentang, kapas, tisu, dan label.

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) non faktorial (satu faktor) yang terdiri dari 9 taraf yaitu 8 isolat bakteri *Bacillus* sp. asal rhizosfer pisang kepok kuning (*Musa Paradisiaca* Var. *Balbisiana colla*), dan 1 kontrol yang merupakan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* sebagai pembanding. Dari 9 taraf tersebut dilakukan pengulangan sebanyak 4 kali sehingga menghasilkan 32 satuan percobaan.

Tahapan Penelitian

1. Pengambilan Sampel Bakteri Rhizosfer Pisang Kepok Kuning

Pengambilan untuk sampel bakteri dilakukan dengan mengambil tanah serta perakaran pada tanaman pisang kepok kuning yang diambil dari Bumi Puspitek Asri, Kecamatan Pagedangan Kabupaten Tangerang, Banten. Pengambilan sampel tanah dan akar diambil pada kedalaman 15-20 cm. Kriteria tanaman pisang yang dipilih yaitu sehat dan tidak terkena penyakit layu fusarium.

2. Sterilisasi Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang akan digunakan selama penelitian disterilkan menggunakan autoklaf dengan suhu 121°C dengan waktu kurang dari 20 menit. Untuk cawan petri yang digunakan setelah disterilisasi dengan autoklaf dilanjutkan sterilisasi menggunakan oven dengan suhu 121°C selama 24 jam.

3. Pembuatan Media

Penelitian ini menggunakan dua jenis media, yaitu PDB (*Potato Dextrose Broth*) dan NA (*Nutrient Agar*). Media PDB dibuat dengan melarutkan 12 gram PDB instan dan 10 gram agar powder dalam 500 ml aquades, kemudian disterilkan dengan autoklaf pada

121°C selama 20 menit (1,5 atm). Media ini digunakan untuk peremajaan isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* dan skrining II. Media NA dibuat dengan 14 gram NA instan yang dilarutkan dalam 500 ml aquades, lalu disterilkan dengan metode yang sama. Media ini digunakan untuk isolasi dan pengenceran berseri *Bacillus* sp. dari rhizosfer pisang kepok kuning.

4. Isolasi dan Pengenceran Bakteri *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning

Sampel tanah dan bagian akar diambil sebanyak 10 gram, kemudian sampel tanah dan akar yang telah dipotong dimasukkan ke dalam erlenmeyer berukuran 100 ml yang telah diisi dengan 100 ml aquades dan *magnetic stirrer*, kemudian ditutup dengan aluminium foil dan dipanaskan dengan oven pada suhu 80°C selama 30 menit, hal ini bertujuan untuk mendapatkan bakteri *Bacillus* sp. murni, selanjutnya dihomogenkan menggunakan hotplate selama 10 menit

Setelah itu dilakukan pengenceran berseri diberi kode BRPK 10^{-1} sampai dengan BRPK 10^{-6} . Pada penelitian ini suspensi BRPK 10^{-2} , BRPK 10^{-3} , dan BRPK 10^{-6} dipilih untuk dilakukan pembiakan pada media NA dengan menggunakan mikropipet dan tip biru dengan volume 100 µl. Setelah di teteskan sebanyak 1 ml pada media NA lalu disebar dengan menggunakan batang L yang telah disterilkan dengan alkohol 96% dan diinkubasi selama 48 jam hingga terlihat beberapa koloni *Bacillus* sp.

5. Peremajaan Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

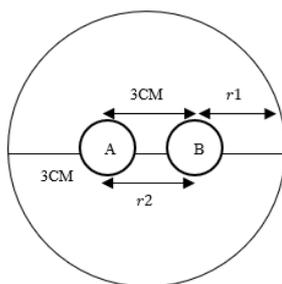
Isolat *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* yang dilakukan peremajaan merupakan koleksi cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* yang ada di Laboratorium Ilmu Dasar dan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Peremajaan dilakukan pada media PDA di cawan petri. Proses peremajaan dilakukan menggunakan jarum ose untuk memindahkan kultur cendawan koleksi ke media yang baru dengan diameter 3 mm. Setelah berhasil dipindahkan lalu disimpan didalam Laminar air flow agar tidak terkontaminasi serta disimpan untuk digunakan pada tahap skrining pertama dan kedua.

6. Uji Antagonis Bakteri (Skrining I)

Cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* yang telah diinokulasi diambil menggunakan jarum ose dan dipindahkan ke cawan petri dan diletakkan pada bagian tengah cawan petri dengan media PDA. Kemudian isolat bakteri *Bacillus* sp. rhizosfer pisang kepok kuning yang telah didapatkan di digoreskan dengan jarak 2 cm dari tepian koloni cendawan. Setelah itu dilakukan inkubasi selama 2 minggu dengan pada suhu ruangan. Hasil dari skrining pertama ini akan menunjukkan isolat bakteri *Bacillus* sp. rhizosfer pisang kepok kuning yang memiliki potensi sebagai agen antagonis, dengan adanya daya hambat.

7. Uji Antagonis Bakteri (Skrining II)

Skrining kedua dilakukan menggunakan metode gores. cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* yang telah diinokulasi diambil dengan menggunakan bantuan jarum ose dan digoreskan pada cawan petri yang berisi media PDA, setelah itu isolat bakteri *Bacillus* sp. *rhizosfer* pisang kepok kuning yang telah diperoleh dari skrining pertama digoreskan dengan jarak masing-masing 3 cm pada sisi cawan petri dengan diameter 9 cm. setelah itu dilakukan inkubasi selama 7 hari pada suhu ruangan.



Gambar 1. Skema Uji Antagonis

Keterangan:

- A = *Bacillus* sp. *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning
 B = Cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*
 r1 = Jari-jari pertumbuhan

Persentase penghambatan pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* dihitung berdasarkan ukuran jari-jari koloni cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* pada kontrol (r_1) dan jari-jari koloni cendawan yang berhadapan langsung dengan adanya goresan bakteri *Bacillus* sp. *rhizosfer* pisang kepok kuning (r_2). Dalam pengukuran persentase daya hambat dapat dilakukan dengan menggunakan rumus Widiyanti *et al.*, (2022):

$$R = \left(\frac{r_1 - r_2}{r_1} \right) \times 100\%$$

Keterangan :

- R = Persentase daya hambat *F. oxysporum*
 r_1 = Jari-jari pertumbuhan koloni cendawan *F. oxysporum* pada kontrol
 r_2 = Jari-jari pertumbuhan koloni patogen ke arah antagonis

8. Uji Gram Bakteri Rhizosfer

Pengujian dilakukan dengan mengambil isolat bakteri sebanyak satu ose dan ditempatkan pada kaca preparat kemudian ditetaskan larutan KOH 3%. Setelah itu diratakan dengan jarum ose, maka jarum ose diangkat, jika jarum ose lengket dengan suspensi maka isolat bakteri memiliki sifat gram negatif, namun jika jarum ose tidak lengket dengan suspensi maka isolat bakteri memiliki sifat gram positif (Fitri *et al.*, 2023)

9. Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram dilakukan dengan mengambil isolat bakteri dengan menggunakan jarum ose sebanyak satu loop penuh, lalu diratakan pada kaca preparat dengan diberi sedikit aquades lalu dikering anginkan. Pewarna gram kristal violet diberikan sampai menutupi seluruh suspensi bakteri, lalu dibiarkan selama 1 menit setelah itu dicuci dan dikeringkan. Lalu pewarna gram lugol iodine diberikan di kaca preparat kemudian dibiarkan selama 2 menit dan dicuci serta dikeringkan. Pewarna gram safranin ditetaskan, dibiarkan selama 1 menit lalu dicuci dan dikeringkan. Preparat ditutup dengan gelas penutup serta diamati dengan mikroskop. Jika bakteri menyerap warna kristal violet maka bakteri termasuk gram positif, sedangkan jika dinding sel menyerap warna safranin maka termasuk bakteri gram negatif (Adistyia *et al.*, 2024).

10. Karakterisasi Morfologi Koloni Bakteri

Karakterisasi morfologi koloni bakteri dilakukan dengan mengamati morfologi dari koloni secara makroskopis. Morfologi yang diamati yaitu berupa bentuk dari koloni bakteri, tepian koloni, elevasi koloni, serta warna dari koloni (Pratiwi *et al.*, 2023)

11. Uji Patogenitas

Pengujian patogenitas dilakukan menggunakan kentang, dengan cara menggoreskan inoculum *Bacillus* sp. yang telah berumur 24-48 jam pada kentang yang sudah diiris dan direndam dengan alkohol 70% dengan waktu 5 menit dan setelah itu irisan kentang dibilas dan direndam dengan aquades dengan waktu 5 menit. Pengamatan dapat dilakukan setelah dua hari inkubasi dengan mengamati gejala pada irisan kentang jika irisan kentang berubah menjadi warna kehitaman dan membusuk maka menandakan bakteri tersebut bersifat patogen, namun apabila kentang tetap sehat maka bakteri tersebut tidak bersifat patogen (Rahman *et al.*, 2023)

Analisis Data

Analisis data persentase daya hambat yang diperoleh dari uji antagonis skrining 1 diolah secara statistik dengan menggunakan Uji Sidik Ragam (ANOVA) dengan menggunakan taraf 5%, Apabila pada uji ANOVA menunjukkan perbedaan nyata maka dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) dengan taraf 5% untuk mengetahui perbedaan signifikan antar perlakuan yang telah diuji. Untuk data hasil pengamatan uji gram, pewarnaan gram, karakterisasi morfologi koloni bakteri, dan uji patogenitas disajikan dalam bentuk deskriptif

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Antagonis Skrining 1

Hasil pemurnian dari proses pengenceran berseri *Bacillus* sp. yang diisolasi dari *Rhizosfer* pisang kepok kuning menghasilkan 24 isolat bakteri, yang kemudian digunakan dalam tahap skrining 1. Daya hambat isolat bakteri diklasifikasikan ke dalam tiga kategori yaitu tidak memiliki kemampuan antibiosis, ditandai dengan tidak adanya zona bening antara bakteri dan patogen (-), kemampuan antibiosis rendah, ditunjukkan dengan terbentuknya zona bening dalam satu minggu (+), di mana koloni cendawan mendekati tetapi tidak melewati bakteri, Kemampuan antibiosis tinggi, ditandai dengan zona bening yang bertahan selama dua minggu (++), serta koloni cendawan yang tidak dapat melewati koloni bakteri (Herdiani, 2015).

Dari hasil uji antagonis pada skrining 1, dari 24 isolat bakteri *Bacillus* sp yang digunakan terdapat 8 isolat bakteri *Bacillus* sp yang memiliki potensi menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *ubense*. Dari 8 Isolat bakteri *Bacillus* sp yang memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan dari cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *ubense*, merupakan isolat bakteri *Bacillus* sp dengan kode BRPK I, BRPK J, BRPK Q, BRPK R, BRPK S, BRPK T, BRPK U, BRPK W, dan BRPK X.

Tabel 1. Hasil Pengamatan Aktivitas Antibiotik *Bacillus* sp. Yang Diisolasi Dari *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning

Jenis Bakteri <i>Rhizosfer</i>	Kode Bakteri	Aktivita Antibiotik
<i>Bacillus</i> sp	BRPK A	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK B	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK C	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK D	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK E	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK F	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK G	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK H	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK I	+

<i>Bacillus</i> sp	BRPK J	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK K	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK L	+
<i>Bacillus</i> sp	BRPK M	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK N	+
<i>Bacillus</i> sp	BRPK O	+
<i>Bacillus</i> sp	BRPK P	-
<i>Bacillus</i> sp	BRPK Q	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK R	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK S	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK T	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK U	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK V	+
<i>Bacillus</i> sp	BRPK W	++
<i>Bacillus</i> sp	BRPK X	++

Keterangan: BRPK (*Bacillus* sp. *rhizosfer* Pisang Kepok Kuning); pemberian kode (A-S) berdasarkan hasil pemurnian dari pengenceran berseri

Terhambatnya pertumbuhan yang terjadi pada cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* disebabkan oleh adanya aktivitas antibiotik dari isolat bakteri *Bacillus* sp. yang dapat menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan dari cendawan. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Anjarsari *et al.*, (2021), bahwa dalam pengendalian hayati dengan menggunakan agensi biokontrol, bakteri *Bacillus* sp memiliki kemampuan dalam menghasilkan antibiotika yang dapat menghambat pertumbuhan patogen, terutama patogen jenis tular tanah.

Senyawa antibiotik yang dihasilkan oleh *Bacillus* sp ini nantinya dapat menghambat pertumbuhan dari cendawan. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Oktania & Asniwita, (2018) yang menyatakan bahwa *Bacillus* sp. memiliki mekanisme antagonis melalui antibiosis, yang memungkinkan penghambatan patogen tanaman dengan memproduksi antibiotik. Isolat BRPK yang memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. Dilanjutkan ke tahapan skrining 2. Kode isolat yang digunakan sebelumnya pada tahap skrining 1 diubah menjadi angka seperti BRPK 1 hingga BRPK 8.

Hasil Uji Antagonis Skrining 2

Isolat bakteri *Bacillus* sp. yang memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense* pada tahap skrining 1, selanjutnya dilanjutkan ke tahapan skrining 2. Tahapan skrining 2 ini dilakukan selama 7 Hari Setelah Isolasi (HSI). Selain 8 isolat bakteri *Bacillus* sp yang digunakan terdapat juga perlakuan kontrol sebagai pembanding.

Dari hasil analisis data yang telah dilakukan, pada 2 HSI semua isolat bakteri menunjukkan hasil yang berbeda nyata dari perlakuan kontrol, lalu untuk persentase daya hambat tertinggi terdapat pada BRPK 1 dengan persentase daya hambat sebesar 28,60%, lalu untuk persentase daya hambat terendah terdapat pada BRPK 5 dengan persentase daya hambat 11,50%. Pada 2 HSI BRPK 1 mengalami perbedaan dengan BRPK 5 dan BRPK 8, perbedaan persentase daya hambat ini dapat terjadi dikarenakan pengaruh dari perbedaan isolat bakteri *Bacillus* sp. dalam menghasilkan senyawa antibiotik dan kemampuan isolat bakteri *Bacillus* sp. yang berbeda dalam menghasilkan jumlah senyawa metabolit. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Pitasari *et al.*, (2018), bahwa

perbedaan daya antagonis yang dihasilkan diduga karena adanya perbedaan jenis dan jumlah metabolit yang dihasilkan oleh masing-masing isolat bakteri.

Tabel 2. Persentase Daya Hambat *Bacillus* sp. *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning Terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*

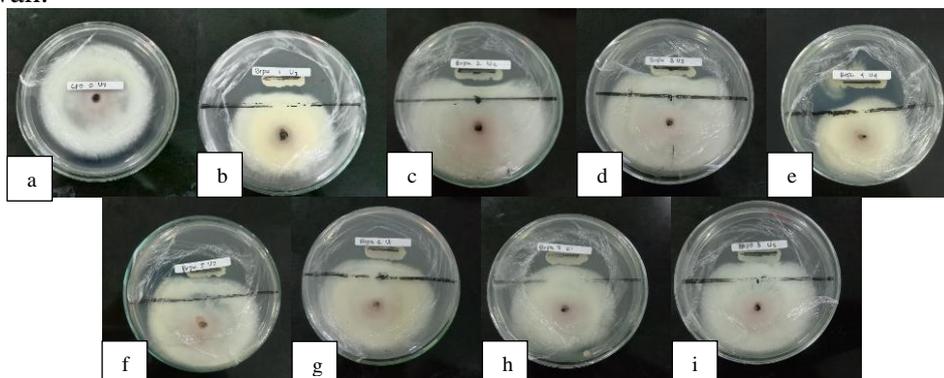
Perlakuan	Daya Hambat <i>Bacillus</i> sp. <i>Rhizosfer</i> Pisang Kepok Kuning Terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>cubense</i> (%)		
	2 HSI	5 HSI	7 HSI
CPF 0	0,00 ^a	0,00 ^a	0,00 ^a
BRPK 1	28,60 ^c	29,20 ^b	33,89 ^b
BRPK 2	16,73 ^{bc}	37,93 ^b	41,88 ^b
BRPK 3	15,60 ^{bc}	27,41 ^b	32,69 ^b
BRPK 4	16,42 ^{bc}	31,72 ^b	36,07 ^b
BRPK 5	11,50 ^b	26,58 ^b	31,42 ^b
BRPK 6	14,62 ^{bc}	31,12 ^b	35,35 ^b
BRPK 7	16,92 ^{bc}	32,76 ^b	38,21 ^b
BRPK 8	12,48 ^b	34,79 ^b	36,75 ^b

Keterangan: Data yang diikuti notasi pada tabel merupakan hasil DMRT taraf 5% dan sudah mengalami transformasi $\sqrt{x+0,5}$

Perbedaan senyawa metabolit yang dihasilkan ini nantinya akan berpengaruh terhadap kemampuan isolat bakteri *Bacillus* sp. dalam beradaptasi pada media agar. Seperti yang dijelaskan oleh Setyati *et al.*, (2016), bahwa perbedaan kemampuan daya hambat pada setiap isolat disebabkan oleh perbedaan kandungan metabolit sekunder yang dimiliki oleh masing masing isolat yang telah beradaptasi terlebih dahulu ke dalam agar, sehingga pertumbuhan patogen menjadi terhambat. Pada 5 Hari Setelah Inkubasi (HSI), dari hasil analisis data yang dilakukan, semua isolat bakteri *Bacillus* sp. menunjukkan hasil berbeda nyata dari perlakuan kontrol. Lalu untuk persentase daya hambat tertinggi terdapat pada isolat BRPK 2 dengan persentase daya hambat sebesar 37,93%, pada 5 HSI sebagian besar isolat BRPK mengalami peningkatan persentase daya hambat, lalu pada 7 HSI, dari hasil analisis data yang dilakukan juga menunjukkan bahwa semua isolat bakteri *Bacillus* sp. menunjukkan hasil berbeda nyata dari perlakuan kontrol. Selain itu juga dari 8 isolat *Bacillus* sp. rata-rata mengalami peningkatan persentase daya hambat, dengan persentase daya hambat tertinggi sebesar 41,88% yang terdapat pada BRPK 2. perlakuan terbaik juga berada pada BRPK 2, dimana BRPK 2 juga mengalami peningkatan persentase daya hambat pada 7 HSI.

Berdasarkan tabel 2, terlihat adanya peningkatan persentase daya hambat dari 5 hsi ke 7 hsi. hal ini disebabkan karena terhambatnya pertumbuhan cendawan akibat adanya isolat bakteri. sebagai contoh pada perlakuan BRPK 2 (Gambar 2) terdapat zona bening antara cendawan dan isolate bakteri. Proses terhambatnya pertumbuhan dari cendawan ini disebabkan oleh isolat bakteri *Bacillus* sp yang memiliki kemampuan dalam menekan pertumbuhan cendawan. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Rahmawati *et al.*, (2023), bahwa spesies *Bacillus* memproduksi senyawa antimikroba yang mampu melawan bakteri serta cendawan secara efektif. Metabolit sekunder yang bersifat antimikroba, seperti senyawa iturin yang dihasilkan oleh *Bacillus* sp., memiliki aktivitas antifungal yang sangat kuat. Senyawa metabolit seperti iturin dinilai lebih baik dalam mengganggu aktivitas dari cendawan. Hal ini dijelaskan oleh Andrić *et al.*, (2020), bahwa *fengycin* dan iturin lebih dikenal karena efektivitasnya dalam melawan berbagai agen fitopatogen. Kemampuan utama senyawa ini terletak pada gangguan integritas membran sel

celandawan, yang menyebabkan kebocoran sitoplasma dan berujung pada kematian hifa serta penghambatan perkecambahan spora. Gangguan ini menyebabkan pertumbuhan dari cendawan tidak tumbuh secara optimal sehingga terjadi penurunan penyebaran cendawan.

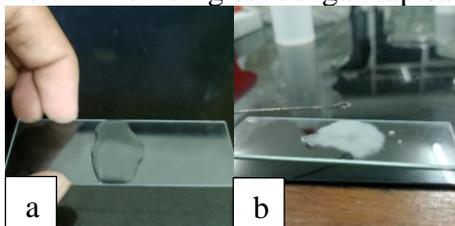


Gambar 2. Hasil Uji Antagonis Skrining 2. a) Kontrol b) BRPK 1. c) BRPK 2. d) BRPK 3. e) BRPK 4 f) BRPK 5 g) BRPK 6 h) BRPK 7 i) BRPK 8

Selain senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan dari cendawan, bakteri *Bacillus* juga dapat memproduksi senyawa ekstraseluler seperti enzim kitinase. enzim kitinase merupakan suatu senyawa yang mampu merusak proses pertumbuhan hifa cendawan. hal ini sesuai dengan pernyataan Dukare *et al.*, (2020), bahwa *Bacillus* sp. menghasilkan metabolit anticendawan berupa enzim kitinase yang dapat mendegradasi dinding sel cendawan. Rusaknya dinding sel cendawan yang disebabkan oleh enzim kitinase ini membatasi pertumbuhan dari cendawan. Seperti yang dijelaskan oleh Dukare *et al.*, (2019), kitinase yang diproduksi oleh bakteri berperan dalam menghambat pertumbuhan dan perkembangan cendawan, sehingga dapat menurunkan virulensi cendawan dengan mencegah perkecambahan spora.

Uji Gram KOH 3%

Isolat BRPK yang digunakan dalam uji antagonis skrining 2, dilanjutkan pengujian gram dengan menggunakan larutan KOH 3%. Uji gram ini dilakukan untuk mengetahui dan memastikan bahwa isolat yang digunakan memiliki sifat gram positif atau negatif. Dari hasil uji gram dengan menggunakan larutan KOH 3% menunjukkan hasil, dimana dari 8 isolat BRPK yang digunakan pada tahap skrining 2 semuanya termasuk kedalam bakteri gram positif, hasil ini ditandai dengan isolat BRPK yang telah disuspensi dengan larutan KOH 3%, dimana saat diangkat dengan jarum ose suspense tidak lengket atau tidak berlendir. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Hardiansyah *et al.*, (2020), bahwa bakteri gram negatif menghasilkan lendir saat diuji dengan KOH 3% karena dinding selnya pecah dalam larutan alkali yang tinggi. Sebaliknya, bakteri gram positif tidak membentuk lendir karena memiliki dinding sel dengan lapisan peptidoglikan yang tebal.



Gambar 3. Uji Gram KOH 3% a). Kontrol Tanpa Isolat BRPK b). Isolat BRPK Gram Positif

Tabel 3. Hasil Uji Gram KOH 3% *Bacillus* sp. *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning

Kode Bakteri	Sifat Gram
BRPK 1	Positif
BRPK 2	Positif
BRPK 3	Positif
BRPK 4	Positif
BRPK 5	Positif
BRPK 6	Positif
BRPK 7	Positif
BRPK 8	Positif

Keterangan: Isolat bakteri *Bacillus sp. rhizosfer* pisang kepok kuning yang memiliki sifat gram positif menjadi encer, dan isolat yang memiliki sifat gram negatif menjadi kental setelah ditetesi KOH 3%

Hasil yang diperoleh dari uji gram pada 8 isolat dapat dikatakan sesuai dengan sifat gram dari bakteri *Bacillus sp.* yang merupakan bakteri gram positif. Hal ini sesuai dengan pernyataan Adistya *et al.*, (2024), bahwa *Bacillus sp.* merupakan bakteri gram positif berbentuk batang yang mampu membentuk endospora sebagai mekanisme perlindungan terhadap kondisi lingkungan ekstrem. Isolat bakteri dengan sifat gram positif dinilai lebih baik jika dibandingkan dengan bakteri yang memiliki sifat gram negatif. Hal ini dikarenakan pada bakteri gram positif seperti bakteri *Bacillus* dapat menghasilkan spora yang penting untuk mendukung pengendalian hayati. Sastrini & Nurjayadi, (2019) menjelaskan bahwa kemampuan bakteri gram positif, seperti *Streptomyces* dan *Bacillus*, dalam membentuk spora berperan penting dalam menjaga stabilitas formula agens hayati. Keunggulan ini membuat agens hayati dari kelompok gram positif lebih unggul dibandingkan dengan gram negatif, yang saat ini lebih banyak diteliti.

Pewarnaan Gram

Pewarnaan gram yang dilakukan selain untuk memastikan sifat gram isolat BRPK juga untuk mengamati bentuk sel secara mikroskopis. Jika isolat BRPK yang dilakukan pewarnaan gram menyerap warna ungu atau kristal violet maka bakteri bersifat gram positif, sedangkan jika isolat bakteri menyerap warna merah atau safranin maka bakteri memiliki sifat gram negatif.

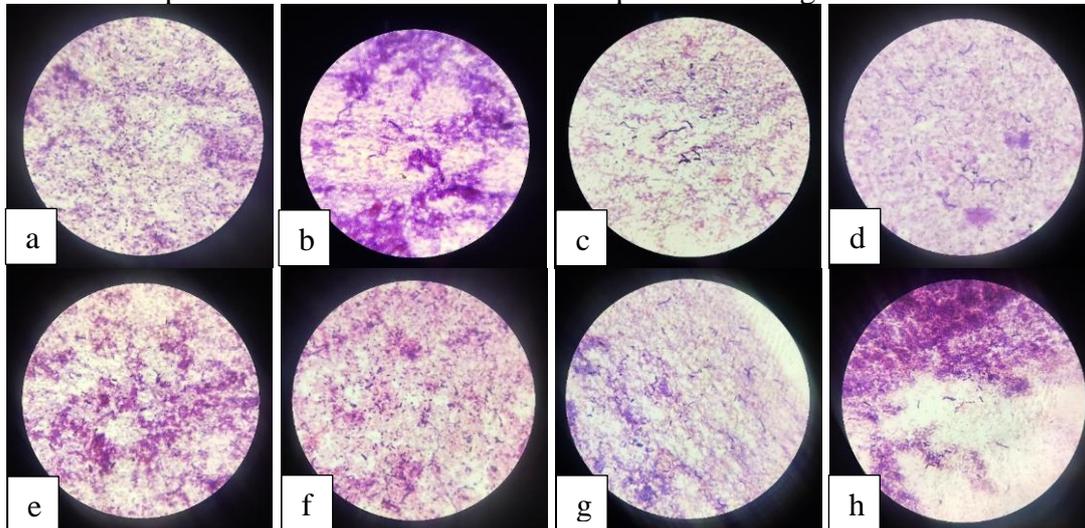
Tabel 4. Hasil Pewarnaan Gram Bakteri *Bacillus sp. Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning

Kode Bakteri	Bentuk	Warna	Sifat Gram
BRPK 1	Basil	Ungu	Positif
BRPK 2	Basil	Ungu	Positif
BRPK 3	Basil	Ungu	Positif
BRPK 4	Basil	Ungu	Positif
BRPK 5	Basil	Ungu	Positif
BRPK 6	Basil	Ungu	Positif
BRPK 7	Basil	Ungu	Positif
BRPK 8	Basil	Ungu	Positif

Keterangan: Isolat bakteri *Bacillus sp. rhizosfer* pisang kepok kuning memiliki morfologi mikroskopis yang sama, berdasarkan bentuk, warna dan sifat gram

Dari hasil pewarnaan yang dilakukan 8 isolat BRPK menyerap warna ungu atau kristal violet, yang berarti 8 isolat BRPK memiliki sifat gram positif yang dimana hasil ini sama seperti pada uji gram menggunakan KOH 3%. Sifat gram positif inilah yang menyebabkan bakteri lebih menyerap warna kristal violet, hal ini dikarenakan dinding sel

bakteri dengan sifat gram positif mengandung lemak yang lebih sederhana dibandingkan dengan bakteri gram negatif. Hal ini diperkuat dengan pernyataan Yanti *et al.*, (2022), bahwa kemampuan bakteri gram positif dapat mempertahankan warna kristal violet disebabkan oleh dinding yang memiliki kandungan lipid lebih rendah dibandingkan gram negatif, sehingga lebih mudah terdegradasi oleh alkohol. Degradasi ini menyebabkan pori-pori sel menjadi kecil dan mengurangi permeabilitas, sehingga zat warna kristal violet tidak dapat keluar dari sel dan sel akan tetap berwarna ungu.



Gambar 4. Pengamatan Pewarnaan Gram Isolat BRPK dengan perbesaran 100x a) BRPK 1. b) BRPK 2. c). BRPK 3. d). BRPK 4 e). BRPK 5 f). BRPK 6 g). BRPK 7 h). BRPK 8

Selain didapatkan hasil dari pewarnaan yang diserap oleh isolat yang menandakan sifat gram, dalam pewarnaan gram juga dapat dilihat bentuk sel isolat BRPK secara mikroskopis berbentuk basil seperti yang terlihat pada (Gambar 3). Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Ningtyas *et al.*, (2024), bahwa *Bacillus sp.* merupakan bakteri Gram positif dari genus *Bacillus* yang memiliki bentuk batang besar. Bakteri ini tahan terhadap panas dan mampu membentuk spora. Bakteri ini tahan terhadap panas dan mampu membentuk spora. Hasil yang diperoleh dari pengamatan mikroskopis isolat BRPK dengan sel yang berbentuk basil, sejalan dengan hasil penelitian Pohan *et al.*, (2024), dari hasil isolasi dan identifikasi 5 dari 13 isolat bakteri endofit teridentifikasi sebagai genus *Bacillus* yang merupakan bakteri gram positif dengan bentuk sel basil atau batang.

Dari hasil pengamatan mikroskop dapat terlihat susunan sel tidak sama pada setiap isolat. hal ini ditunjukkan pada keberadaan sel yang tunggal (monobasil), dan terdapat sel yang tersambung berbentuk rantai. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Dwimartina *et al.*, (2021), bahwa morfologi bakteri berbentuk basil terdiri dari tiga jenis utama, yaitu mono*Bacillus*, diplo*Bacillus*, dan strepto*Bacillus*. Mono *Bacillus* merupakan bakteri berbentuk batang yang berdiri sendiri sebagai individu tunggal. Diplo*Bacillus* terdiri dari dua sel batang yang tersusun berpasangan. Sementara itu, strepto*Bacillus* memiliki bentuk batang yang tersusun memanjang seperti rantai.

Karakterisasi Makroskopis Morfologi Bakteri

Isolat bakteri yang digunakan dalam tahapan skrining 2, dilakukan karakterisasi morfologi koloni bakteri, yang dilakukan secara makroskopis pada media NA di cawan petri. Dari hasil karakterisasi morfologi koloni bakteri, bentuk dari koloni isolat BRPK rata-rata memiliki bentuk *irregular*, namun 2 isolat BRPK yaitu BRPK 6 dan BRPK 7 memiliki bentuk koloni *circular*. Bentuk koloni pada isolat-isolat BRPK ini menunjukkan

ciri-ciri morfologi kelompok genus *Bacillus*. Menurut Rahman *et al.*, (2022), bahwa genus *Bacillus* memiliki karakteristik morfologi dengan bentuk koloni yang bervariasi antara circular dan irregular. Tepi atau margin koloninya umumnya tidak rata atau bergelombang (*undulate*), dengan tekstur yang cenderung kasar serta berwarna krem.

Tabel 5. Pengamatan Morfologi Koloni *Bacillus* sp. *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning

Kode Bakteri	Bentuk	Margin	Elevasi	Pigmentasi
BRPK 1	<i>Irregular</i>	<i>Lobate</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 2	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 3	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 4	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 5	<i>Irregular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 6	<i>circular</i>	<i>Entire</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 7	<i>circular</i>	<i>Undulate</i>	<i>Flat</i>	Krem
BRPK 8	<i>Irregular</i>	<i>Lobate</i>	<i>Flat</i>	Krem

Keterangan: Isolat bakteri *Bacillus* sp. *rhizosfer* pisang kepok kuning memiliki morfologi secara makroskopis yang berbeda pada bagian bending dan margin

Berdasarkan hasil karakterisasi juga didapatkan bahwa rata-rata margin koloni isolat BRPK memiliki tepian atau margin yang bergelombang (*undulate*), selain itu terdapat juga koloni dari isolat BRPK 1 dan BRPK 8 yang memiliki margin yang berlekuk (*lobate*), lalu terdapat juga margin yang rata (*entire*) yaitu pada koloni isolat BRPK 6. Untuk elevasi dari 8 isolat BRPK semuanya sama yaitu flat, dan untuk warna atau pigmentasi dari 8 isolat BRPK semuanya berwarna krem. Perbedaan yang terdapat pada masing-masing isolat mulai dari bentuk koloni serta tepian dari koloni dapat saja terjadi. Hal ini seperti pada hasil penelitian Riyanto *et al.*, (2024), dimana dari hasil karakterisasi makroskopis menunjukkan bahwa ketiga isolat memiliki variasi dalam bentuk koloni. Sebagian besar isolat memiliki bentuk koloni *circular* (bulat) dengan tepi *entire* (halus), namun juga ditemukan bentuk *irregular* (tidak beraturan) dengan tepian *lobate* (berlekuk). Selain itu, semua isolat memiliki warna putih dengan elevasi datar (*flat*).

Uji Patogenitas

Uji patogenitas dilakukan dengan menggunakan 8 isolat BRPK yang digunakan pada skrining 2. Uji patogenitas ini dilakukan untuk mengetahui apakah isolat BRPK memiliki sifat patogen terhadap tanaman atau tidak. Uji patogenitas dilakukan dengan menggunakan kentang sebagai media uji.

Tabel 6. Hasil Uji Patogenitas *Bacillus* sp. *Rhizosfer* Pisang Kepok Kuning

Kode Bakteri	Tekstur	Keterangan
BRPK 1	Lunak	Patogen
BRPK 2	Tidak Lunak	Non Patogen
BRPK 3	Tidak Lunak	Non Patogen
BRPK 4	Tidak Lunak	Non Patogen
BRPK 5	Lunak	Patogen
BRPK 6	Tidak Lunak	Non Patogen
BRPK 7	Lunak	Patogen
BRPK 8	Tidak Lunak	Non Patogen

Keterangan: Kentang yang tidak berubah menjadi lunak menunjukkan Isolat bakteri *Bacillus* sp. *rhizosfer* pisang kepok kuning tidak bersifat patogen sedangkan kentang yang hancur menunjukkan isolat bakteri *Bacillus* sp. bersifat patogen

Dari hasil pengujian yang telah dilakukan didapatkan hasil bahwa, isolat BRPK 1, BRPK 5, dan BRPK 7, memiliki sifat patogen yang ditandai dengan kentang yang berubah teksturnya menjadi lunak, selain perubahan tekstur yang terjadi pada kentang warna dari sekitar bagian kentang juga berubah menjadi kecoklatan. Hal ini seperti yang dijelaskan oleh Maghfiroh *et al.*, (2022), bahwa gejala yang muncul pada umbi kentang diawali dengan perubahan warna menjadi kecokelatan, kemudian berangsur menghitam, teksturnya menjadi lunak, berlendir, dan ketika dipotong, mengeluarkan bau tidak sedap. Dari 3 isolat BRPK yang memiliki sifat patogen, 5 isolat BRPK tidak menunjukkan sifat patogen terhadap umbi kentang. 5 isolat BRPK ini yaitu, BRPK 2, BRPK 3, BRPK 4, BRPK 6, dan BRPK 8. Kelima isolat ini yang dapat dikatakan aman nantinya jika digunakan dalam pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman pisang, dimana kelima isolat ini tidak memiliki sifat patogen yang dapat merugikan tanaman.

KESIMPULAN DAN SARAN

Terdapat pengaruh dari penggunaan *Bacillus* sp. asal rhizosfer pisang kepok kuning dalam menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense* penyebab layu fusarium secara *In-Vitro*. 8 Isolat BRPK memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium oxysporum* f.sp *cubense*. Dengan persentase daya hambat tertinggi pada Isolat BRPK 2 sebesar 41,88%. Dari hasil pengujian gram serta pewarnaan gram, seluruh isolat BRPK menunjukkan sifat gram positif dengan bentuk mikroskopis berupa basil dan berwarna ungu, hal ini menandakan bahwa isolat BRPK benar merupakan isolat bakteri *Bacillus* sp. lalu pada pengamatan morfologi koloni secara makroskopis terdapat variasi pada bentuk koloni dan margin dari koloni isolat BRPK. Terdapat sifat patogen pada isolat BRPK 1, BRPK 5, dan BRPK 8

Saran dari penelitian ini perlu adanya penelitian lebih lanjut terhadap isolat BRPK 2 secara *in-vivo* yang diaplikasikan langsung ke tanaman pisang yang terkena penyakit layu fusarium, dengan memperbanyak terlebih dahulu isolat BRPK 2. Selain itu perlu adanya identifikasi lebih lanjut mengenai genus bakteri *Bacillus* sp. pada isolat BRPK 2 dengan melakukan pengujian molekuler.

DAFTAR PUSTAKA

- Adistyia, A., Nur, H. S., & Yusriadi, Y. (2024). Karakterisasi *Bacillus* Sp. Penghasil Asam Indol Asetat Asal Rizosfer Pertanian Pasang Surut dan Potensinya Sebagai Pemacu Pertumbuhan Padi Lokal. *Bioscientiae*, 21(2), 93–117.
- Andrić, S., Meyer, T., & Ongena, M. (2020). *Bacillus* Responses To Plant-Associated Fungal And Bacterial Communities. *Frontiers In Microbiology*, 11, 1350.
- Anjarsari, D. T., Prasetyawati, E. T., & Wuryandari, Y. (2021). Uji Daya Hambat *Bacillus* Spp. Terhadap *Phytophthora Palmivora* Penyebab Penyakit Busuk Buah Kakao. *Seminar Nasional Agroteknologi Fakultas Pertanian Upn "Veteran" Jawa Timur*, 2022.
- Badan Pusat Statistik. (2024). *Produksi Tanaman Buah-Buahan 2021-2023*.
- Bukhari, B., & Safridar, N. (2020). Identifikasi Tambahan *Trichoderma* pada Pisang dari Induk Terbaik yang telah Mendapat Perlakuan *Trichoderma* untuk Menekan Layu Fusarium. *Jurnal Agroristek*, 3(1), 1–12.
- Dukare, A., Paul, S., & Arambam, A. (2020). Isolation And Efficacy of Native Chitinolytic Rhizobacteria For Biocontrol Activities Against Fusarium Wilt And Plant Growth Promotion In Pigeon Pea (*Cajanus Cajan L.*). *Egyptian Journal of*

- Biological Pest Control*, 30(1), 56.
- Dukare, A. S., Paul, S., Nambi, V. E., Gupta, R. K., Singh, R., Sharma, K., & Vishwakarma, R. K. (2019). Exploitation Of Microbial Antagonists For The Control Of Postharvest Diseases Of Fruits: A Review. *Critical Reviews In Food Science And Nutrition*, 59(9), 1498–1513.
- Dwimartina, F., Joko, T., & Arwiyanto, T. (2021). Karakteristik Morfologi dan Fisiologi Bakteri Endofit dan Rizobakteri dari Tanaman Cengkeh Sehat. *Jurnal Agro Wiralodra*, 4(1), 1–8.
- Fitri, E., Widiyanti, F., & Yulia, E. (2023). Kejadian dan Uji Hipersensitivitas Bakteri yang Berasosiasi dengan Penyakit Busuk Batang Jagung Di Sumbawa Nusa Tenggara Barat. *Agrikultura*, 34(2), 210–217.
- Flori, F., Mukarlina, M., & Rahmawati, R. (2020). Potensi Antagonis Isolat Bakteri *Bacillus* Spp. Asal Rizosfer Tanaman Lada (*Piper Nigrum* L.) Sebagai Agen Pengendali Jamur *Fusarium* Sp. *Jdf. Bioma: Jurnal Biologi Makassar*, 5(1), 111–120.
- Hardiansyah, M. Y., Musa, Y., & Jaya, A. M. (2020). Identifikasi *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* Pada Rizosfer Bambu Duri Dengan Gram Koh 3%. *Agrotechnology Research Journal*, 4(1), 41–46.
- Herdiani, L. (2015). Antagonis Bakteri *Pseudomonas* Sp. Asal Endofit Perakaran Padi Terhadap Penyakit Blas (*Pycularia Oryzae*) Secara. Vitro.
- Ibrahim, S., & Abadi, A. (2023). Pengujian Agens Hayati Terhadap Penyakit Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) di Kecamatan Ciseeng, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 11, 163–172. <https://doi.org/10.21776/Ub.Jurnalhpt.2023.011.4.1>
- Lubis, E. R. (2021). *Untung Berlimpah Budi Daya Pisang*. Bhuana Ilmu Populer. <https://books.google.co.id/books?id=Ntyzeaaaqbaj>
- Maghfiroh, E. L., Munif, A., Nawangsih, A. A., & Akhdiya, A. (2022). Karakterisasi Bakteri Penyebab Busuk Lunak Pada Umbi Porang (*Amorphophallus Muellieri*) Menggunakan Primer Pcr Spesifik. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 27(3), 463–471.
- Ningtyas, N. S. I., Agustin, A. L. D., & Mutmainnah, M. (2024). Identifikasi *Bacillus* Sp. yang Diisolasi dari Madu Liar. *Mandalika Veterinary Journal*, 4(2), 1–6.
- Oktania, P., & Asniwita, A. (2018). Potensi *Bacillus* Spp. dari Rizosfer Tanaman Kedelai untuk Mengendalikan Penyakit Rebah Kecambah (*Sclerotium Rolfsii* Sacc.). *Jurnal Agroecotania: Publikasi Nasional Ilmu Budidaya Pertanian*, 1(1), 19–32.
- Paisal, P., Triwahyu, E., & Nirwanto, H. (2023). Eksplorasi Bakteri *Bacillus* Spp. pada Perakaran Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L.) Sebagai Agensia Pengendali Hayati Patogen *Fusarium* Sp. Asal Lahan Wonokitri Kabupaten Pasuruan Jawa Timur. *Jurnal Pertanian Agros*, 25(4), 4028–4041.
- Pitasari, A., Ali, M., & Elfina, Y. (2018). Isolasi dan Uji Antagonis Bakteri Endofit Dari Tanaman Bawang Merah (*Allium Ascalonicum* L.) Terhadap Jamur *Alternaria Porri* Ellis Cif. *Jom Faperta*, 5(1), 1–12.
- Pohan, S. R., Manalu, K., & Nasution, R. A. (2024). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Endofit Penghasil Hormon Iaa (*Indole Acetic Acid*) Dari Akar Tanaman Mangrove *Avicennia Marina*. *Bioedusains: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 7(1), 294–308. <https://doi.org/10.31539/Bioedusains.V7i1.9968>
- Pratiwi, L., Rasyidah, R., & Mayasari, U. (2023). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Heterotrofik di Perairan Pantai Pandaratan Kecamatan Sarudik Kabupaten Tapanuli

- Tengah Provinsi Sumatera Utara. *Bioma: Berkala Ilmiah Biologi*, 25(1), 28–37.
- Rahman, A., Rusmini, & Daryono. (2022). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Bakteri Dekomposer Limbah Kulit Udang dan Limbah Kelapa. *Median*, 14(3), 120–129.
- Rahman, F. A., Safni, I., & Lisnawita, L. (2023). Kelimpahan Jamur Non-Patogenik pada Rhizosfer Daerah Endemik Patogen *Magnaporthe Grisea* Penyebab Penyakit Blas pada Tanaman Padi (*Oryza Sativa* L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*, 6(2), 395–404.
- Rahmawati, R., Mukarlina, M., Zakiah, Z., Khotimah, S., Linda, R., Turnip, M., Nugraheni, D. K., Meilani, L. D., Indriani, A., & Prawiga, B. D. (2023). Edukasi Penggunaan Metabolit Sekunder Mikroba sebagai Biopestisida untuk Ketahanan Tanaman Bagi Ibu-Ibu Petani di Desa Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. *I-Com: Indonesian Community Journal*, 3(4), 1583–1590.
- Riyanto, K. F., Marlina, E. T., & Harlia, E. (2024). Identifikasi Bakteri dan Kapang dalam Proses Pembuatan Bioetanol Menggunakan Campuran Feses Sapi Perah dan Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Hasil Peternakan*, 5(2), 1–18.
- Sastrini, T., & Nurjayadi, M. Y. (2019). Eksplorasi Dan Karakterisasi Bakteri Agens Hayati dari *Imperata Cylindrica* untuk Pengendalian *Rigidoporus Microporus*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 15(2), 69–76.
- Saxena, A., Kumar, M., Chakdar, H., Anuroopa, N., & Bagyaraj, D. (2019). *Bacillus Species In Soil As A Natural Resource For Plant Health And Nutrition*. *Journal Of Applied Microbiology*, 128. <https://doi.org/10.1111/Jam.14506>
- Setyati, W. A., Habibi, A. S., Subagiyo, S., Ridlo, A., Soenardjo, N., & Pramesti, R. (2016). Skrining dan Seleksi Bakteri Symbion Spons Penghasil Enzim Ekstraseluler Sebagai Agen Bioremediasi Bahan Organik dan Biokontrol Vibriosis pada Budidaya Udang. *Jurnal Kelautan Tropis*, 19(1), 11–20.
- Suwarno, S. J., & Masnilah, R. (2020). Potensi *Bacillus* Spp. Sebagai Agen Biokontrol untuk Menekan Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Melon (*Cucumis Melo* L.). *Jurnal Pengendalian Hayati*, 3(1), 22–28.
- Widiantini, F., Yulia, E., & Fiko, D. S. (2022). Penghambatan Pertumbuhan *Rhizoctonia Solani* dan Penekanan Serangannya pada Perkecambahan Tanaman Padi Oleh Bakteri Endofit Padi. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 18(2), 75–84.
- Yanti, N. A., Ardiansyah, & Yati, K. (2022). Bakteri Asam Laktat dari Buah Mangga Arum Manis (*Mangifera Indica* L., Var. Arum Manis). 23(2), 132–137.