



Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap Fungi Patogen *Colletotrichum* sp. Penyebab Penyakit Antraknosa pada Stroberi (*Fragaria x ananassa*)

Meta Asha Oktaviana¹, Norman Yoshi Haryono¹, Yunimar^{2*}

¹Program Studi Bioteknologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Malang

^{2*}Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika Jl. Raya Tlekung no 1, Kota Batu, Jawa Timur, Indonesia

Corresponding email: 1yunimar.lolit@gmail.com
meta.asha.1903436@students.um.ac.id, norman.haryono.fmipa@um.ac.id

Abstrak

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui aktivitas antagonis 15 isolat bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan fungi *Colletotrichum* secara *in vitro*. Uji antagonis secara *in vitro* dilakukan menggunakan metode *dual culture assay*. Mekanisme pengujian dilakukan dengan cara menumbuhkan secara berpasangan antara sampel koloni fungi patogen *Colletotrichum* dengan sampel koloni bakteri endofit (dari 15 isolat koleksi laboratorium Terpadu Balitjestro) pada cawan petri berisi media PDA. Hasil menunjukkan bahwa tiap isolat memiliki nilai persentase yang beragam. Tiga isolat yang menunjukkan nilai persentase antagonis terbaik dan penghambatan pertumbuhan terbaik adalah isolat dengan kode G.66, G.37, dan JBD.2 dengan persentase hambat masing-masing sebesar 38.84%, 33.26%, 33.07% pada kategori penghambatan sedang.

Kata kunci: antagonis, *in vitro*, *dual culture assay*.

1. PENDAHULUAN

Stroberi (*Fragaria x ananassa*) merupakan salah satu komoditas hortikultura budidaya perkebunan dan pertanian yang banyak dikembangkan di Indonesia untuk tujuan agrowisata. Stroberi banyak disukai karena selain bentuknya yang sangat menarik juga mengandung nutrisi terutama vitamin C yang tinggi, selain itu juga sangat potensial dikembangkan karena mempunyai nilai ekonomi yang tinggi. Stroberi merupakan tanaman yang berasal dari benua Amerika, tepatnya dari negara Chili. Tanaman ini masuk di Indonesia sekitar tahun 1980-an dan mulai dikembangkan secara luas pada tahun 1990-an [1]. Meski bukan tanaman asli, stroberi dapat tumbuh dan berkembang dengan baik di beberapa daerah pegunungan Indonesia yang beriklim sejuk. Badan Pusat Statistik (BPS) mencatat, bahwa di Indonesia produksi stroberi pada tahun 2020 mencapai angka 8.350 ton. Angka tersebut menunjukkan kenaikan jumlah produksi sebesar 10,17% dari tahun sebelumnya yang hanya mencapai angka 7.501 ton [2]. Tinggi rendahnya produktivitas stroberi dipengaruhi oleh beberapa faktor, diantaranya adalah faktor hama dan penyakit. Salah satu penyakit yang sering mengganggu produksi stroberi adalah penyakit antraknosa. Antraknosa merupakan penyakit pada tanaman yang disebabkan oleh beberapa spesies jamur *Colletotrichum* diantaranya seperti *Colletotrichum acutatum*, *C. fragariae* dan *C. gloeosporoides* [3]. Penyakit ini tidak hanya menyerang buah, tetapi juga menyerang tangkai, daun, stolon, serta pangkal batang tanaman stroberi. Selain menimbulkan kerugian pada saat budidaya di lapang, penyakit antraknosa juga dapat menyebabkan kerugian pada masa pascapanen. Hal ini tentunya memiliki dampak yang signifikan terhadap jumlah produktivitas buah stroberi, sehingga sejauh ini telah dilakukan berbagai upaya pengendalian untuk mengurangi resiko kehilangan hasil panen akibat serangan hama penyakit. Secara umum cara pengendalian penyakit pada tanaman yang sudah biasa diterapkan adalah dengan cara penyemprotan menggunakan pestisida sintetik. Agar dapat

menyelamatkan hasil, seringkali dilakukan tindakan penyemprotan buah stroberi hingga menjelang masa panen. Namun, hal ini dapat menjadi pemicu masalah baru bagi kesehatan konsumen buah tersebut akibat adanya residu pestisida pada buah yang dikonsumsi. Selain berpengaruh terhadap kesehatan, penggunaan pestisida yang terus menerus dan kurang tepat juga dapat menimbulkan berbagai dampak negatif seperti resistensi patogen, terbunuhnya mikroorganisme lain seperti musuh alami patogen dan hama, serta pencemaran terhadap lingkungan. Guna menghindari atau memperkecil dampak negatif dari pestisida sintetik, maka sejauh ini mulai banyak dikembangkan cara pengendalian yang bersifat lebih ramah lingkungan, salah satunya dengan penggunaan biopestisida. Pengendalian dengan memanfaatkan agen hayati merupakan bagian dari pengelolaan hama dan penyakit secara terpadu yang telah disarankan sebagai solusi jangka panjang yang paling baik untuk diterapkan [4]. Salah satu upaya pengendalian hayati dapat dilakukan dengan cara pemanfaatan mikroorganisme yang memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen penyebab penyakit. Beberapa bakteri dalam jumlah terbatas telah ditemukan dan diketahui memiliki kemampuan antagonis terhadap berbagai jamur seperti *C. gloeosporioides* diantaranya adalah bakteri dari genus *Bacillus*, *Streptomyces*, *Pseudomonas*, dan *Burkholderia* [5]. Mikroorganisme merupakan sumber enzim yang paling potensial untuk digunakan dibandingkan dengan pemanfaatan tanaman dan hewan. Mikroorganisme dinilai lebih menguntungkan karena pertumbuhannya yang relatif cepat dan dapat tumbuh pada substrat yang murah. Salah satu mikroorganisme penghasil enzim yang bermanfaat untuk tanaman adalah bakteri endofit. Bakteri endofit merupakan mikroorganisme yang hidup dalam jaringan tanaman (xilem dan floem) yang dapat berasal dari daun, akar, buah, dan batang serta dapat membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan gangguan pada tanaman inang [6]. Umumnya bakteri endofit merupakan bakteri yang menguntungkan karena dapat digunakan sebagai agen biokontrol, antimikroba, antikanker, antioksidan, antiinflamasi, dan immunosupresi [6]. Penelitian mengenai uji potensi antagonisme bakteri endofit terhadap cendawan patogen *P. oryzae* menunjukkan bahwa 10 isolat bakteri endofit yang diuji mampu menghambat pertumbuhan *P. oryzae* sebesar 26,56–79,69% secara *in vitro*, sedangkan untuk aplikasi secara *in vivo* perlakuan bakteri endofit pada bibit padi sebelum tanam mampu menghambat keparahan penyakit blas daun 23,90–65,42% dan blas malai 58,47–96,46%, serta meningkatkan persentase gabah terisi [7]. Penelitian lain terkait pengujian daya hambat bakteri endofit terhadap fungi patogen *Colletotrichum scovillei* penyebab penyakit antraknosa pada cabai besar menunjukkan bahwa bakteri endofit yang diuji memiliki aktivitas penghambatan pertumbuhan *C. scovillei* yang sangat baik dengan nilai penghambatan sebesar 99.20% [8].

Terdapat hampir 300.000 spesies tanaman yang ada di bumi, masing-masing tanaman merupakan inang dari satu atau lebih bakteri endofit [9]. Secara alami bakteri endofit hanya terdapat pada organ tanaman yang sehat. Umumnya bakteri endofit merupakan kelompok dari genus bakteri tanah seperti *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, dan *Azospirillum* [10]. Potensi dan kelimpahan ini membuka peluang baru untuk dapat menemukan kandidat baru dari pemanfaatan mikroba yang ada di alam untuk digunakan sebagai agen pengendali hayati. Telah dilakukan penelitian sebelumnya terkait identifikasi 15 isolat bakteri endofit dari tanaman jeruk koleksi Laboratorium Fitopatologi Balitjestro, maka untuk dapat didayagunakan lebih lanjut perlu dilakukan eksplorasi awal untuk mengetahui kemampuan bakteri endofit dalam menekan aktivitas patogen penyebab penyakit pada tanaman. Oleh sebab itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi 15 isolat bakteri endofit koleksi Laboratorium Fitopatologi Balitjestro dalam menghambat aktivitas patogen khususnya fungi *Colletotrichum sp.* penyebab penyakit antraknosa pada buah stroberi melalui uji antagonis. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi baru terkait potensi dari 15 isolat bakteri endofit yang telah ada, sehingga dapat digunakan sebagai informasi awal untuk penelitian selanjutnya berkaitan dengan pemanfaatan bakteri endofit dalam pengendalian penyakit.

2. METODE

2.1 Bahan Percobaan

Bahan-bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah: sampel buah stroberi dengan ciri penyakit antraknosa, 15 isolat bakteri endofit, media *Nutrient Agar* (NA), media *Potato Dextrose Agar* (PDA), akuades, akuades steril, kapas, aluminium foil, spiritus, plastic wrap, tissue steril, tusuk gigi, pewarna *Lactophenol Cotton Blue* (LCB), teramisin, dan alkohol 70%.

2.2 Alat Percobaan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya meliputi: autoklaf, inkubator, *Laminar Air Flow* (LAF), neraca analitik, Erlenmeyer berbagai ukuran, beaker glass, gelas ukur, pipet tetes, mikropipet, kaca benda, kaca penutup, mikroskop computer, cawan petri, pemanas Bunsen dan korek api, pisau *cutter* steril, jarum ose, tray, *cork borer*, penggaris, dan alat tulis.

2.3 Peremajaan Bakteri Endofit

Isolat bakteri endofit 15 kode diremajakan pada media NA. Masing-masing isolat diambil sebanyak satu ose, kemudian digoreskan pada cawan petri yang berisi media NA padat. Media yang telah berisi isolat kemudian diinkubasi selama 24-48 jam pada suhu 28° C.

2.4 Pengamatan Gejala Penyakit

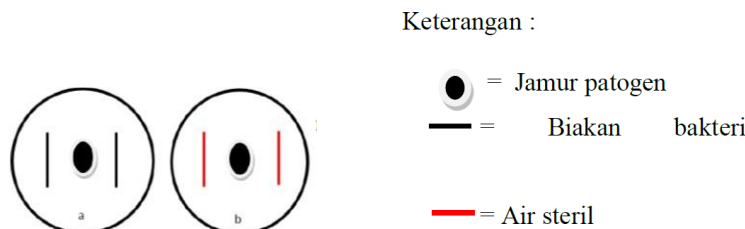
Pada pengamatan terhadap beberapa buah stroberi terserang penyakit yang ada di kebun Balitjestro dilakukan dengan cara pengambilan sampel buah yang menunjukkan gejala penyakit antraknosa buah dengan ciri adanya busuk lunak melingkar yang memusat ditengah dan terdapat bintik-bintik putih pada buah [11]. Sampel diambil dari beberapa pohon yang berbeda untuk diisolasi fungi patogen penginfeksi.

2.5 Isolasi dan Identifikasi Fungi Patogen *Colletotrichum sp.*

Isolasi fungi dilakukan menggunakan teknik *direct plating* [12]. Fungi patogen *Colletotrichum sp.* didapatkan dengan cara mengisolasi buah stroberi yang terserang penyakit dengan ciri serangan antraknosa. Sampel buah dicuci bersih dengan air mengalir, kemudian dipotong dengan ukuran 1 x 1 cm, direndam dalam gelas ukur berisi akuades steril selama 2 menit. Potongan diambil dan direndam dalam alkohol 70% selama 2 menit. Potongan kemudian direndam dalam larutan NaClO selama 2 menit. Selanjutnya, potongan direndam kembali dalam akuades steril dan ditiriskan diatas tissue steril. Potongan sampel buah tersebut kemudian diletakkan di dalam cawan petri yang berisi media PDA dan dilakukan inkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang [13]. Pemurnian dan peremajaan isolat dilakukan ketika isolat telah memenuhi cawan petri (sekitar hari ke 7 inkubasi) [14]. Pada koloni yang menunjukkan ciri makroskopis fungi *Colletotrichum sp.* (berwarna putih keabuan dan terdapat bintik pada permukaan bawah koloni). Proses identifikasi dilakukan melalui pengamatan ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis fungi. Pengamatan secara makroskopis dilakukan dengan melihat secara langsung warna, bentuk dan tepian koloni fungi. Sedangkan pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan cara melihat bentuk konidia, hifa, dan letak konidiofor fungi menggunakan bantuan mikroskop computer [15]. Dalam pengamatan mikroskopis dilakukan dengan cara membuat mikrokultur dari isolat fungi patogen yang telah diisolasi sebelumnya menggunakan metode *slide culture* sebagai berikut [15]. Media PDA steril dipotong dengan ukuran 0,5 x 0,5 cm (potongan blok agar) dan dipindahkan di atas kaca benda steril. Selanjutnya kaca benda diletakkan dalam cawan petri dengan penyangga 2 batang tusuk gigi dan dilapisi tisu yang dibasahi dengan sedikit akuades untuk menciptakan suasana lembab. Sampel fungi selanjutnya diinokulasikan pada blok agar tersebut menggunakan jarum ose steril dan ditutup menggunakan kaca penutup dan diinkubasi pada suhu ruang selama 5-7 hari. Setelah masa inkubasi selesai, kaca penutup diangkat dan diletakkan diatas kaca benda steril baru yang telah ditetesi dengan larutan *Lactophenol Cotton Blue* sebagai pewarna. Selanjutnya preparat diamati dibawah mikroskop komputer dan hasil dari pengamatan dicocokkan dengan referensi yang ada [16].

2.6 Uji Antagonis

Uji antagonis secara *in vitro* dilakukan menggunakan metode *dual culture assay* [17]. Mekanisme pengujian dilakukan dengan cara menumbuhkan secara berpasangan antara sampel koloni fungi patogen *Colletotrichum sp.* dengan sampel koloni bakteri endofit (dari 15 isolat koleksi laboratorium Terpadu Balitjestro) pada cawan petri berisi media PDA [18]. Fungi patogen yang telah ditumbuhkan sebelumnya pada media PDA dalam cawan petri, dan telah terinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang kemudian dibuat kepingan menggunakan *cork borer*. Kepingan bulat jamur patogen diambil dengan jarum ose dan diletakkan pada media PDA baru yang akan digunakan uji biakan ganda. Isolat bakteri antagonis diinokulasikan dengan cara ditorehkan pada jarak 3 cm dari jamur patogen dengan panjang goresan 4 cm pada dua sisi [18]. Penempatan antara isolat bakteri antagonis dengan fungi patogen disajikan pada Gambar 4. Selanjutnya biakan diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang.



Gambar 2.1 Metode uji antagonis *Dual Culture* [18].

Pada uji ini terdapat dua perlakuan, yaitu:

A = Isolat kontrol (*Colletotrichum sp.*)

B = Isolat *Colletotrichum sp.* dan bakteri endofit kode 1 sampai 15

Masing-masing perlakuan dibuat ulangan sebanyak 3 kali. Parameter yang diamati pada percobaan ini adalah: a) persentase penghambatan bakteri endofit dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen. Makin tinggi tingkat penghambatan pertumbuhan jamur *Colletotrichum sp.*, maka semakin besar potensi bakteri endofit sebagai antagonis; (b) Pengamatan mekanisme antagonis antara bakteri endofit dan fungi patogen secara mikroskopis dengan melihat penampakan miselium fungi. Dalam percobaan ini, persentase penghambatan antagonis dihitung berdasarkan rata-rata data 3 hari terakhir pengamatan menggunakan persamaan matematika [19] dibawah ini:

$$\text{PIRG (\%)} = \frac{R_1 - R_2}{R_2} \times 100\%$$

Keterangan:

PIRG = *Percentage Inhibition of Radial Growth* (%)

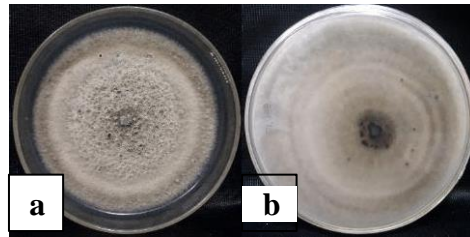
R1 = diameter *Colletotrichum sp.* kontrol (cm)

R2 = diameter *Colletotrichum sp.* perlakuan *dual culture* (cm)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

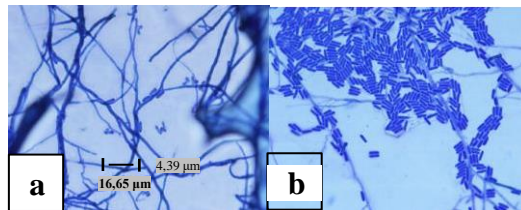
3.1 Identifikasi Fungi Patogen *Colletotrichum sp.* Hasil Isolai

Isolat *Colletotrichum sp.* hasil isolasi dari buah stroberi terserang antraknosa selanjutnya dilakukan identifikasi secara makroskopis dan mikroskopis untuk membuktikan kebenaran identitasnya. Kenampakan hasil pengamatan isolat secara makroskopis ditunjukkan oleh Gambar 5, sedangkan untuk hasil pengamatan secara mikroskopis dapat dilihat pada Gambar 6 sebagai berikut;



Gambar 3.1 Morfologi Makroskopis *Colletotrichum sp.* Hasil Isolasi (a) permukaan atas koloni, (b) permukaan bawah koloni

Isolat *Colletotrichum sp.* memiliki ciri makroskopis yaitu miselium muda berwarna putih yang semakin tua berubah warna menjadi putih kusam hingga keabuan, hifa kasar dan berserabut serta tepinya bergerigi. Ciri ini sesuai dengan publikasi yang menyebutkan bahwa *Colletotrichum sp.* memiliki ciri makroskopis yaitu koloni berwarna abu-abu dengan tepi berwarna putih, permukaan halus dan rata, arah pertumbuhan ke samping menutupi media PDA, dan bentuk koloni beraturan [20].



Gambar 3.2 Morfologi Mikroskopis *Colletotrichum sp.* Hasil Isolasi (a) kenampakan hifa, (b) persebaran konidia.

Adapun pengamatan mikroskopi menunjukkan bahwa fungi *Colletotrichum sp.* memiliki ciri yaitu hifa panjang, bercabang dan berseptat serta memiliki konidia berbentuk lonjong dengan ukuran panjang 16,65 µm dan lebar 4,39 µm yang banyak dan tersebar seperti yang ditampilkan pada Gambar 6. Hal ini sesuai dengan ciri-ciri umum jamur dari Genus *Colletotrichum sp.* yaitu memiliki hifa berseptat dan bercabang serta menghasilkan konidia yang transparan dan memanjang dengan ujung membulat atau meruncing panjangnya antara 10-16 µm dan lebarnya 5-7 µm dengan massa konidia berwarna hitam [21].

3.2 Uji Antagonis Bakteri Endofit 15 Isolat Terhadap *Colletotrichum sp.* Secara *In Vitro*

Rata-rata persentase antagonisme (%) fungi endofit terhadap fungi *Colletotrichum sp.* pada hari ke-5 setelah inokulasi dapat dilihat pada **Tabel 3.1**

Tabel 1. Persentase Rata-rata Daya Hambat 15 Isolat Hasil Uji Antagonis

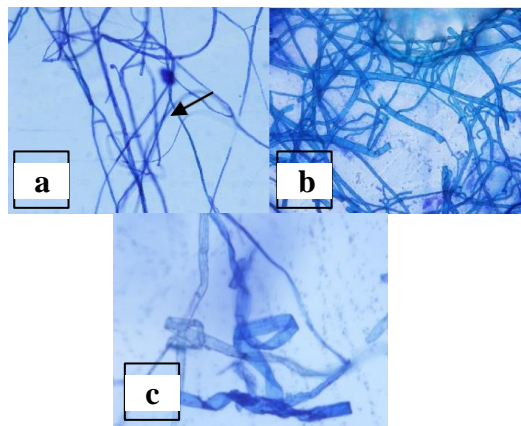
Kode Isolat	Daya Hambat (%)
G.42	28.65%
G.35	31.53%
JBD.2	33.07%
G.64	31.15%
JBA.4	32.69%
G.66	38.84%
G.7	32.11%
DBH.4	32.5%
G.19	30.19%
G.47	32.88%
G.37	33.26%

JBD.2	31.34%
G.2	26.73%
G.23	29.23%
G.81	31.34%

Berdasarkan hasil pengamatan terhadap kemampuan daya hambat isolat bakteri terhadap jamur patogen *Colletotrichum sp.*, daya hambat tersebut dapat diketahui dari perbedaan diameter koloni kontrol jamur *Colletotrichum sp.* dengan diameter jamur pada perlakuan dengan masing-masing kode isolat bakteri endofit. Beberapa isolat bakteri yang diujikan rata-rata menunjukkan daya hambat sedang yaitu berkisar diatas 30%. Adapun isolat bakteri yang tercatat memiliki persentase daya hambat terbaik yaitu isolat dengan kode G.66 dengan persentase rata-rata daya hambat sebesar 38,84%. Isolat G.35, JBD.2, G.64, JBA.4, G.7, DBH.4, G.19, G.47, G.37, JBD.2, dan G.81 memiliki persentase daya hambat berturut-turut yaitu 31.53%, 33.07%, 31.15%, 32.69%, 32.11%, 32.5%, 30.19%, 32.88%, 33.26%, 31.34% dan 31.34%. Sedangkan isolat dengan kode G.42, G.2, dan G.23 memiliki persentase rata-rata daya hambat berturut-turut 28.65%, 26.73%, dan 29.23% dimana ketiganya merupakan kode isolat dengan persentase daya hambat terendah. Kategori dalam pengelompokan intensitas persentase daya hambat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu; (1) daya hambat kuat pada rentang (>40%), daya hambat sedang (40%<x>30%), dan daya hambat lemah (<30%) [22]. Berdasarkan hal tersebut maka diketahui bahwa isolat dengan daya hambat tertinggi adalah isolat kode G.66 dan daya hambat terendah yaitu isolat kode G.2.

3.3 Pengamatan Mekanisme Daya Hambat

Pengaruh dari adanya mekanisme antagonis pada hifa patogen yang disebabkan oleh adanya interaksi dengan bakteri endofit dapat diamati dengan cara melakukan pengamatan secara mikroskopis terhadap fungi patogen setelah dilakukan uji. Hasil pengamatan secara mikroskopis pada fungi patogen hasil uji antagonis serta fungi kontrol sebagai pembanding dapat dilihat pada Gambar 3.3

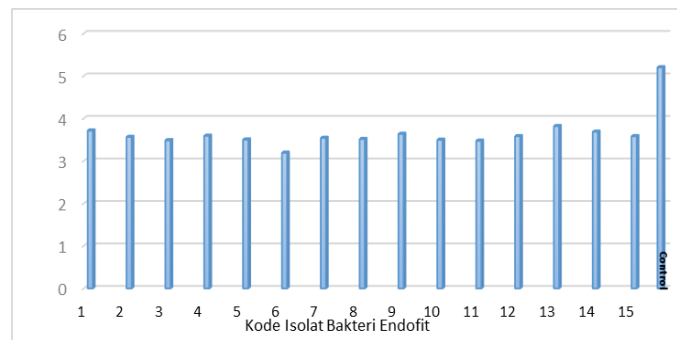


Gambar 3.3 Respon hifa *Colletotrichum sp.* pasca uji antagonis: (a) Kontrol (hifa normal fungi *Colletotrichum sp.*); (b) hifa mengalami pembengkakan; dan (C) hifa mengalami perubahan struktur.

Hasil pengamatan secara mikroskopis menunjukkan bahwa hifa fungi patogen *Colletotrichum sp.* yang telah dilakukan uji antagonis dengan bakteri endofit menampakkan pertumbuhan yang tidak normal apabila dibandingkan dengan hifa patogen *Colletotrichum sp.* kontrol. Hifa tersebut terlihat mengalami pembengkakan seperti untaian yang menggembung (pada Gambar 7.b) dan terlihat adanya perubahan struktur hifa menjadi lebih tipis dan kehilangan sebagian septat (Gambar 7.c) diduga karena adanya senyawa antifungi yang disekresi oleh bakteri endofit sehingga mampu merubah struktur dinding sel dan struktur hifa jamur patogen. Apabila hasil uji secara *in vitro* menunjukkan potensi antagonis dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan jamur patogen, maka mekanisme antagonis yang umumnya terjadi meliputi parasitisme, antibiosis, lisis, dan kompetisi [23]. Mekanisme

ini dapat diamati dengan cara melakukan pengamatan secara mikroskopis terhadap hifa dari fungi patogen yang telah dilakukan uji antagonis dengan bakteri endofit.

Pada kegiatan pengamatan penghambatan fungi patogen pada hari pertama dan kedua, belum terjadi mekanisme antagonis antara kedua isolat. Pada hari ketiga pertumbuhan kedua isolat saling mandekati sehingga terbentuklah zona penghambatan bagi fungi patogen. Zona penghambatan ini tidak bersifat tetap selama pengamatan. Sampai pada hari kelima lebar zona bening yang terbentuk semakin menyempit. Pertumbuhan fungi patogen yang relatif cepat semakin mendekat dan pada akhirnya akan terhambat pada kedua sisinya akibat adanya keberadaan isolat bakteri antagonis, sehingga semakin terdesak karena kahabisan ruang tumbuh. Pada bakteri endofit yang menunjukkan aktivitas baik, maka fungi patogen tersebut akan mencari celah untuk tumbuh kearah lain atau menuju kearah atas. Sedangkan untuk bakteri endofit dengan kemampuan rendah dapat ditembus oleh benang-benang hifa dari fungi patogen. Pengamatan terhadap pertumbuhan dari fungi patogen yang dilakukan uji antagonis dengan tiap kode isolat bakteri endofit dapat dilihat pada Gambar 3.4 yang merefleksikan nilai rata-rata pertumbuhan dari fungi patogen pada hari ke tiga hingga ke lima masa inkubasi sebagai gambaran dari aktivitas hambat tiap kode isolat bakteri endofit tersebut.



Gambar 3.4 Grafik rerata laju pertumbuhan *Colletotrichum sp.* 3-5 HIS

Kecepatan pertumbuhan fungi *Colletotrichum sp.* pada 3-5 HSI menunjukkan intensitas yang beragam. Isolat dengan aktivitas penghambatan terbesar ditunjukkan oleh nilai pertumbuhan terkecil bila dibandingkan dengan kontrol. Kecepatan pertumbuhan pada fungi patogen merupakan indikator mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi dengan bakteri antagonis, semakin lambat pertumbuhan fungi patogen semakin efektif aktivitas antagonisme dari bakteri antagonis tersebut. Isolat dengan aktivitas penghambatan terbaik adalah isolat nomor 6 dengan kode G.66.

4. SIMPULAN

Telah dilakukan penelitian terkait aktivitas antagonis 15 isolat bakteri endofit. Tiga isolat yang menunjukkan nilai persentase antagonisme terbaik dan penghambatan pertumbuhan terbaik adalah isolat dengan kode G.66, G.37, dan JBD.2 dengan persentase hambat masing-masing sebesar 38.84%, 33.26%, 33.07% pada kategori penghambatan sedang.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada seluruh pihak yang telah berperan dan membantu dalam penyelenggaraan penelitian pada kegiatan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Laboratorium Fitopatologi Balitjestro, Kota Batu, Jawa Timur, sehingga hasil penelitian yang didapatkan dapat dituangkan dalam bentuk tulisan ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Sutopo. (2016). Teknologi Budidaya Stroberi di Lahan. Retrieved April 3, 2022, from <http://balitjestro.litbang.pertanian.go.id/teknologi-budidaya-stroberi-di-lahan/>.

- [2] Rizaty, M. A. (2021). Jawa Barat Jadi Sentra Produksi Stroberi Terbesar Pada 2020. Retrieved from Databoks website: <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/021/09/26/jawa-barat-jadi-sentra-produksi-stroberi-terbesar-pada-2020>.
- [3] Istifadah, N., Ayuningtyas, A., & Nasahi, C. (2017). Efek Pencampuran Bahan Pestisida Nabati terhadap Keefektifannya Dalam Menekan *Colletotrichum* sp. In vitro serta Penyakit Antraknosa pada stroberi. 6(1), 1-53.
- [4] Lelana, N. E., Anggraeni, I., & Mindawati, N. (2015). Uji Antagonis *Aspergillus* sp. dan *Trichoderma* spp. Terhadap *Fusarium* sp., Penyebab Penyakit Rebah Kecambah pada Sengon. 11, 23–28.
- [5] Syafriani, E., Riwany, F., Hendayani, R., Kamelia, R., Ferita, I., Fatchiyah, F., & Jamsari, J. (2019). Studi Awal Empat Isolat Bakteri Antagonis terhadap Jamur *Colletotrichum gloeosporioides*. 6(2).<https://doi.org/10.33005/plumula.v6i2.9>
- [6] Fatichah, N. F. Y. (2011). Potensi Bakteri Endofit sebagai Penghasil Enzim Kitinase, Protease dan Selulase Secara In Vitro. *Skripsi UIN Mailiki Ibrahim Malang*.
- [7] Marwan, H., Nusifera, S., & Mulyati, S. (2021). Potensi Bakteri Endofit sebagai Agen Hayati untuk Mengendalikan Penyakit Blas pada Tanaman Padi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 26(3), 328–333.
- [8] Wibawa, I. G. K. S., Suprpta, D. N., & Khalimi, K. (2019). Uji Antagonis Bakteri Endofit terhadap *Colletotrichum scovillei* Penyebab Penyakit Antraknosa Pada Cabai Besar (*Capsicum annum* L.). *J. Agric. Sci. and Biotechnol*, 8(1).
- [9] Strobel, G.A. (2002). Microbial Gifts From Rainforests. *J. Plant Pathology*, 24.
- [10] Thagavi. (2005). Horizontal Gene Transfer to Endogenous Endophytic Bacteria from Poplar Improves Phytoremediation of Toluene. *Applied and Environmental Microbiology*. 71: 8500–8505.
- [11] Identifikasi Hama dan Penyakit Stroberi (*Fragaria x ananassa*). (2014). Retrieved from Mei 24, 2022 from <http://balitjestro.litbang.pertanian.go.id/identifikasi-hama-dan-penyakit-stroberi-fragaria-xananassa/>.
- [12] Suciatmih, Yuliar, and D. Supriyati. (2011). Isolasi, Identifikasi, dan Skrining Jamur Endofit Penghasil Agen Biokontrol dari Tanaman Di Lahan Pertanian dan Hutan Penunjang Gunung Salak. *J. Tek. Ling.*, 12(2).
- [13] Irawan, A., Illa, A., dan Margaretta, C. (2015). Identifikasi Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Bibit Cempaka (*Magnolia elegans* (Blume.) H. Keng) dan Teknik Pengendaliannya. *Jurnal Wasian*, 2(2).
- [14] Mukarlina, Siti K., and Reny, R. (2010). Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusariums* spp. Penyebab Penyakit Layu Pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara In Vitro. *Jurnal Fitomedika*, 7(2).
- [15] Hikmah, F. N. (2018). Uji Potensi Antagonis Bakteri Endofit *Bacillus cereus* dan *Bacillus megaterium* terhadap Jamur Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Daun Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.). *Skripsi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang*.
- [16] Yosmar R, Suharti N, dan Rasyid R. (2013). Isolasi dan Uji Kualitatif Hidrolisat Jamur Penghasil Enzim Selulase dari Tanah Tumpukan Ampas Tebu. *Jurnal Farmasi Andalas*, 1(1).
- [17] Suryanti, Ida Ayu P., Yan Ramona, dan Meitini W. Proborini. (2013). Isolasi dan Identifikasi Jamur Penyebab Penyakit Layu dan Antagonisnya pada Tanaman Kentang yang Dibudidayakan di Bedugul, Bali. *Jurnal Biologi*, 16(2).
- [18] Sanjaya, I. G. N. P. W., Wirya, G. N. A. S., Phabiola, T. A., & Winantara, I. M. (2019). Isolasi dan Seleksi Bakteri Antagonis Sebagai Alternatif Pengendalian Penyakit Layu Stroberi. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 8(2).
- [19] Melysa, Fajrin, N., Suharjono, & Dwiastruti, E.D. (2013). Potensi *Trichoderma* sp. Sebagai Agen Pengendali *Fusarium* sp. Patogen Tanaman Strawberry (*Fragaria* sp.). *Jurnal Biotropika*, 1(4).

- [20] Wakhidah, N., Kasrina, & Bustamam, H. (2021). Keanekaragaman Jamur Patogen dan Gejala yang Ditimbulkan pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) di Dataran Rendah. *Jurnal Konservasi Hayati*, 17(2), 63–68.
- [21] Sudirga, S. K. (2016). Isolasi dan Identifikasi Jamur *Colletotrichum spp.* Isolat PCS Penyebab Penyakit Antraknosa pada Buah Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.) di Bali. *Jurnal Metamorfosa*, 3(1), 23–30.
- [22] Prastya, M. Eka., Agung Suprihadi¹, Endang Kusdiyantini. (2014). Eksplorasi Rhizobakteri Indigenus Tanaman Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* Linn.) dari Pertanian Semi Organik Desa Batur Kabupaten Semarang Sebagai Agen Hayati Pengendali Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum f.sp capsici*. *Jurnal Biologi*, 3(3).
- [23] Winarsih, S. dan Syafrudin. (2001). Pengaruh Pemberian *Trichoderma viride* dan Sekam Padi Terhadap Penyakit Rebah Kecambah di Persemaian Cabai. *J. Ilmu Pertanian Indonesia*, 3(1), 49-55.