

Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Kitinase Dan Glukanase Serta Uji Efektifitasnya Terhadap Jamur *Colletotrichum* sp

Yadi Suryadi¹⁾, Dwi N Susilowati²⁾, I. Made Samudra¹⁾

¹⁾Lab. Biokimia BB Biogen Jl. Tentara Pelajar 3a, Bogor, 16111

²⁾Lab. Mikrobiologi BB Biogen Jl. Tentara Pelajar 3a, Bogor, 16111

E-mail korespondensi: yshid@yahoo.co.uk

Paper submit: 18 Juni 2018, Paper publish: September 2021

Abstract – Shallots as a horticultural commodity is quite important in Indonesia. Fungi anthracnose disease caused by fungus *Colletotrichum* sp. is one of the pathogens causing rot on shallot plants. Therefore, an alternative control that is environmentally friendly is a necessity. The aim of the study was to screen the best potential isolates producing chitinase and glucanase of shallot- rhizosphere from Brebes, and further used to inhibit fungal pathogens. The results showed that it was obtained 8 isolates have suppression activity against *Colletotrichum* sp. which varied in their inhibition. The highest inhibition was produced by isolate UBS 3 (30.56%), whilst one isolate (TK 3) did not have the ability to inhibit *Colletotrichum* sp.

Keywords: shallot, rhizosfera, chitinase, glucanase, *Colletotrichum* sp

PENDAHULUAN

Bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) merupakan komoditas hortikultura yang banyak dikonsumsi masyarakat, dan mempunyai potensi pengembangan yang masih terbuka lebar tidak saja untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri, tetapi juga luar negeri (Irfan 2013; BPS 2013).

Jamur *Colletotrichum* sp. merupakan salah satu patogen yang dapat menyebabkan penyakit antraknosa pada tanaman bawang merah sehingga menyebabkan busuk pada tanaman. Penyakit ini dapat muncul pada bagian batang, dan daun. Infeksi ditandai dengan gejala awal berupa bintik-bintik kecil yang berwarna hitam-hitaman, mengakibatkan buah mengkerut, kering, lalu membusuk serta menurunkan hasil 20 - 90% (Salim 2012). Oleh karena itu, inovasi guna meningkatkan produktivitas usaha tani masih sangat dibutuhkan.

Salah satu upaya dalam peningkatan produktivitas pertanian dapat dilakukan dengan cara pemanfaatan agen hayati bakteri rizosfir. Rizosfir kaya akan eksudat yang dikeluarkan oleh tanaman dalam proses

sekresi akar. Kandungan eksudat yaitu berupa karbohidrat, asam amino, asam organik, enzim, dan senyawa-senyawa lain (Hardestyariki *et al.* 2013). Bakteri rizosfir sebagai antifungi mampu mensekresikan enzim kitinase yang mampu mendegradasi kitin menjadi N-asetilglukosamin (GlcNAc). Degradasi kitin oleh enzim kitinase melibatkan organisme kitinolitik. Aktivitas kitinase dari bakteri kitinolitik sangat berpotensi digunakan sebagai agen pengendali hayati terhadap jamur patogen maupun serangga hama (Haedar *et al.* 2017). Enzim kitinase sebagai agen biokontrol mampu mendegradasi kitin menjadi produk yang ramah lingkungan serta dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang lainnya (Pratiwi *et al.* 2015; Rathore dan Gupta 2015).

Berbagai kelompok bakteri seperti *Streptomyces*, *Alteromonas*, *Escherchia*, *Aeromonas* mempunyai kemampuan untuk memproduksi kitinase. Selain itu, bakteri yang telah diisolasi dari tanah, limbah kerang, kebun, kompos limbah tanaman, serta mata air panas juga mampu memproduksi kitinase (Hamid *et al.* 2013). Kitinase digunakan

untuk mendegradasi kitin dan dimanfaatkan sebagai sumber energi. Kitinase memainkan peran penting dalam patogenesis bakteri bagi inang yang mengandung kitin. Kitinase terdapat di tanaman sebagai bagian dari mekanisme pertahanan tanaman (patogenesis terkait protein). Sebagai alternatif pengganti pestisida kimia, kitinase juga dapat digunakan sebagai biopestisida terhadap berbagai jamur patogen (Suryadi et al, 2013; Rathore dan Gupta 2015). Selain itu, hidrolisis β -glukan oleh enzim glukukanase pada dinding sel jamur dapat menurunkan integritas dinding sel, sehingga jamur tidak mampu menginfeksi tanaman. Enzim ini diklasifikasikan berdasarkan ikatan glikosidik yang dihidrolisisnya. β -glukanase yang menghidrolisis ikatan β -1,3 disebut sebagai laminarinase, sedangkan β -1,4 disebut sebagai selulase (Manzila *et al.* 2015). Kajian yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi antara lain a) isolasi sampel bakteri endofit dan rizosfer tanaman bawang asal Brebes, b) karakterisasi bakteri (identifikasi morfologi bakteri, produksi kitinase, dan glukukanase), serta c) uji daya antagonis bakteri terhadap jamur *Colletotrichum sp.*

Tujuan penelitian adalah untuk mengkarakterisasi isolat bakteri rizosfir bawang asal Brebes yang berpotensi menghasilkan kitinase dan glukukanase, serta dapat dimanfaatkan dalam menghambat jamur patogen *Colletotrichum sp.*

METODE PENELITIAN

1. Pemurnian Isolat Bakteri, Pengkulturan jamur *Colletotrichum sp.*, dan morfologi isolat bakteri

Isolat bakteri diperoleh dari sampel tanah rizosfer, daun bawang, dan umbi tanaman bawang yang berasal dari daerah Brebes. Isolat yang digunakan berasal dari tanaman bawang besar, sedang, dan kecil (Tabel 1). Isolat bakteri dimurnikan dengan cara digores 3 kuadran ke dalam media NA dan diinkubasi selama 24 jam pada suhu 30°C. Isolat jamur *Colletotrichum sp* ditumbuhkan pada cawan petri berisi media PDA yang telah dilubangi bagian tengahnya dengan bor gabus, kemudian media diinkubasi selama 3-6 hari. Pengamatan morfologi dilakukan dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran 40x, selanjutnya dilakukan uji pewarnaan Gram (Pelzar & Chan, 2007).

Tabel 1. Kode isolat bakteri asal rizosfir tanaman bawang

Kode Isolat	Jenis Sampel
UBB	umbi bawang besar
UBS	umbi bawang sedang
DBB	daun bawang besar
DBK	daun bawang kecil
TK	tanah dari tanaman bawang kecil
TS	tanah dari tanaman bawang sedang

2. Karakterisasi Bakteri (Uji Kitinase dan Glukanase)

Uji kuantitatif kitinase (Senol et al, 2014). Satu ose bakteri dipindahkan dari NA miring ke dalam media kitin cair sebanyak 10 mL dalam tabung ulir dan *dishaker* selama 48

jam hingga keruh. Hasil *shaker* diambil sebanyak 3 mL dan dituang ke dalam tabung reaksi untuk diukur nilai OD pada panjang gelombang 620nm (Hitachi U-2000 *Double Beam UV-Vis Spectrophotometer*). Sampel disentrifugasi (*Thermo Scientific Sorvall*

Legend Micro 21) pada kecepatan 10.000 rpm serta suhu 4°C selama 10 menit. Supernatan diambil sebagai ekstrak kasar. Sebanyak 150 µL ekstrak kasar, 150 µL PBS pH 7, dan 300 µL koloidal kitin dicampur menggunakan vortex dan diinkubasi pada *waterbath* 37°C selama 30 menit. Campuran disentrifugasi kembali pada kecepatan 5.000 rpm selama 5 menit. Supernatan diambil 500 µL lalu ditambahkan 500 µL akuades dan 1.000 µL Reagen *Schales*. Campuran dididihkan pada suhu 100°C selama 10 menit, kemudian dibiarkan dingin dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 420 nm.

Uji kuantitatif glukonase (Suryadi et al, 2014). Satu ose bakteri dipindahkan dari NA miring ke dalam media glukon cair dalam tabung ulir dan *dishaker* selama 48 jam hingga keruh. Sampel disentrifugasi pada kecepatan 10.000 rpm selama 15 menit. Supernatan diambil sebagai ekstrak kasar. Ekstrak kasar diambil sebanyak 1 mL dan ditambahkan 1 mL subatrat larutan pelet glukon. Campuran divortex dan diinkubasi pada suhu 37°C selama 60 menit. Selanjutnya, ditambahkan larutan DNS sebanyak 1 mL dan dididihkan selama 15 menit. Campuran diukur absorbansinya pada panjang gelombang 540 nm.

Uji kualitatif kitinolitik dan glukonolitik (Ferari et al, 2014). Sebanyak 5 µL suspensi sampel masing-masing diteteskan ke dalam media kitin padat yang telah dibagi menjadi dua kuadran. Cawan berisi media dibiarkan mengering selama satu hari dalam laminar, dan diinkubasi selama 3-6 hari. Kemudian, larutan *Congo red* 0.3% diteteskan hingga menutupi seluruh permukaan media kitin padat dan dibiarkan selama 5-15 menit, lalu dibuang. Pembilasan dilakukan dengan larutan NaCl 0.1% hingga menutupi seluruh permukaan media kitin padat lalu dibuang. Uji kualitatif glukon dilakukan dengan cara yang sama, namun substrat menggunakan media glukon, kemudian diamati zona bening yang terbentuk pada masing-masing

media. Zona bening diukur diameternya. rumus perhitungan indeks kitinolitik dan glukonolitik sebagai berikut:

$I = \frac{d_1}{d_2}$, dimana: I= indeks (kitinolitik/glukonolitik); d1: diameter zona bening ; d2: diameter koloni.

3. Uji Antagonis Terhadap Jamur *Colletotrichum* sp (in vitro)

Media PDA dibagi menjadi dua bagian dengan jarak 3 cm, dan pada satu sisi dilubangi menggunakan bor gabus yang telah disterilisasi. Jamur *Colletotrichum* sp. ditempelkan pada bagian media yang dilubangi. Sisi lain dari media digoreskan isolat bakteri. Selanjutnya media diinkubasi selama 3-6 hari, diukur diameter koloni jamur yang menjauh dari bakteri dan diameter yang mendekati bakteri. Rumus perhitungan presentase hambatan sebagai berikut:

$P = \frac{(r_1 - r_2)}{r_1} \times 100\%$, dimana: r1: jari-jari koloni jamur patogen yang tumbuh ke arah berlawanan dengan antagonis; r2: Jari-jari koloni jamur patogen yang tumbuh mendekati isolat antagonis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

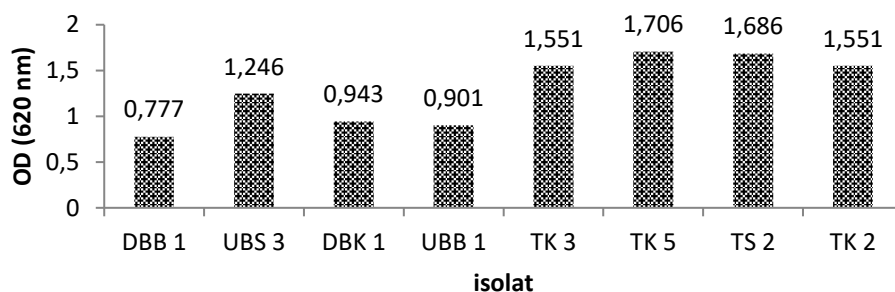
1. Isolasi Bakteri

Pengukuran *Optical Density* (OD) isolat setelah 24 jam inkubasi pada media NB cair dilakukan menggunakan spektrofotometer pada panjang gelombang 620 nm. Hasil pengukuran OD dari seluruh isolat menunjukkan hasil yang tidak sama dalam kecepatan pertumbuhannya. Terdapat beberapa isolat mengalami pertumbuhan yang lambat dan beberapa mengalami pertumbuhan yang cepat.

Nilai OD tertinggi yaitu pada isolat TK 5 sebesar 1.706. Hal ini menunjukkan bahwa isolat TK 5 mampu tumbuh cepat

pada media NB cair selama 24 jam. Nilai OD terendah yaitu pada isolat DBB1 sebesar 0,777, yang menunjukkan bahwa isolat DBB1 mengalami pertumbuhan yang lambat

pada media NB cair selama 24 jam. Cepat atau lambatnya pertumbuhan isolat bergantung pada jenis bakteri tersebut (Gambar 1).



Gambar 1. Nilai OD pertumbuhan bakteri setelah 24 jam pengkulturan

Semakin tinggi nilai absorbansi maka jumlah bakteri juga semakin banyak. Hal ini dapat diartikan semakin tinggi jumlah bakteri maka semakin banyak cahaya yang akan diserap oleh bakteri tersebut, sehingga cahaya yang dilewatkan juga akan sedikit. Begitupun sebaliknya, semakin rendah jumlah bakteri maka jumlah cahaya yang diserap juga akan sedikit, sehingga cahaya yang dilewatkan akan berjumlah banyak.

2. Karakterisasi Morfologi Isolat Bakteri dan Uji Pewarnaan Gram

Pengamatan morfologi bakteri dilakukan untuk mengetahui bentuk serta ukuran bakteri yang diisolasi. Selain untuk mengelompokkan Gram bakteri. Parameter morfologi koloni sel dalam medium pertumbuhan yang diamati berupa warna, bentuk, dan ukuran koloni dalam medium. Pewarnaan Gram, digunakan untuk memisahkan anggota-anggota domain *Bacteria* ke dalam dua kelompok berdasarkan dinding selnya. Bakteri Gram positif memiliki dinding sel yang lebih sederhana dengan jumlah peptidoglikan yang relatif banyak. Dinding sel bakteri Gram negatif memiliki peptidoglikan yang lebih sedikit dan secara struktural lebih kompleks (Pelczar & Chan. 2007). Selain itu, pengklasifikasian

bakteri juga dapat dilakukan berdasarkan bentuk selnya. Bakteri memiliki bentuk tubuh sel yang berbeda, mulai dari bola (cocci) hingga batang (bacilli). Bakteri juga dapat menghasilkan berbagai pelengkap seperti pili atau flagella yang menunjukkan keragaman dalam bentuk keseluruhan panjang dan lebar sel (Yang et al. 2016).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa seluruh isolat memiliki bentuk coccus. Morfologi dan karakterisasi dari 8 isolat bakteri hasil isolasi bakteri endofit, rizosfir, dan bakteri tanah asal Brebes dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil pengujian reaksi Gram menunjukkan bahwa isolat bakteri kebanyakan tergolong ke dalam bakteri Gram positif yang tidak menghasilkan lendir dan beberapa merupakan bakteri Gram negatif (Tabel 2). Bakteri berwarna ungu tergolong ke dalam bakteri Gram positif yang mampu menyerap bahan pewarna kristal violet karena memiliki dinding sel yang lebih tebal dan mengandung peptidoglikan, sedangkan bakteri gram negatif berwarna merah (Yusra et al. 2014). Bakteri Gram positif ini memiliki peptidoglikan setebal 20–80 nm sebagai kulit terluar sel. Bakteri Gram negatif memiliki lapisan dinding sel yang relatif tipis (<10 nm), tetapi terdapat

membran luar tambahan dengan beberapa pori. Perbedaan-perbedaan lapisan dinding sel ini memberikan sifat yang berbeda ke sel,

terutama respon terhadap tekanan eksternal termasuk panas, radiasi UV, dan antibiotik (Prochnow *et al.* 2016).

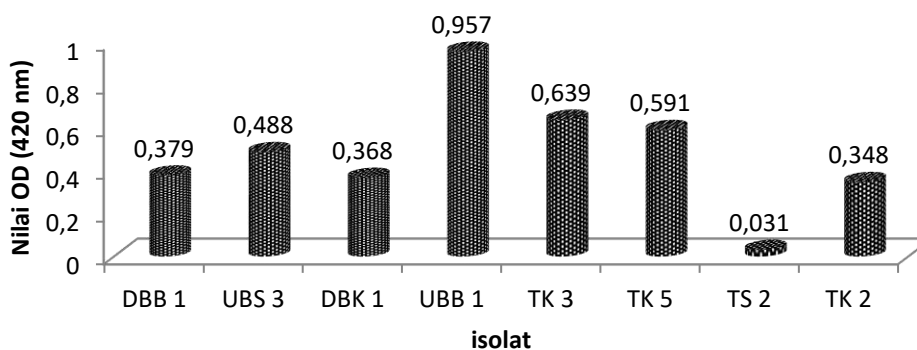
Tabel 2. Karakterisasi isolat bakteri tanaman bawang asal Brebes

Isolat	Bentuk koloni	Karakterisasi Permukaan	Warna	Bentuk Sel	Uji Gram
DBB 1	Bulat	Kering	Kuning Pucat	<i>Coccus</i>	+
UBS 3	Menyebar	Basah	Kuning	<i>Coccus</i>	-
DBK 1	Menyebar	Kering	Putih Pucat	<i>Coccus</i>	+
UBB 1	Menyebar	Kering	Kuning Muda	<i>Coccus</i>	-
TK 3	Bulat	Basah	Kuning Pucat	<i>Coccus</i>	-
TK 5	Menyebar	Basah	Putih Susu	<i>Coccus</i>	+
TS 2	Bulat	Kering	Kuning Pucat	<i>Coccus</i>	+
TK 2	Bulat	Kering	Kuning Muda	<i>Coccus</i>	+

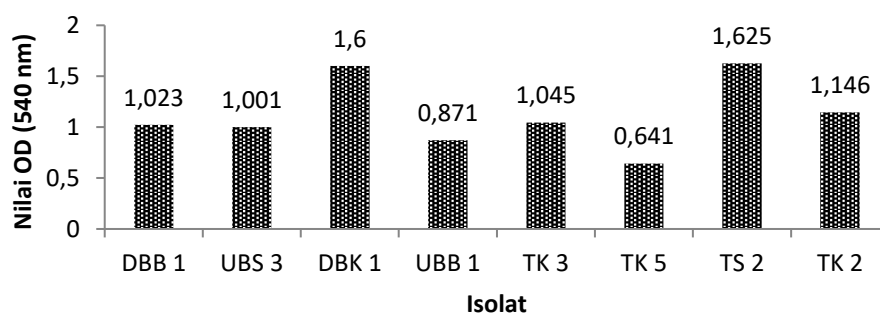
3. Konsentrasi Kitinase dan Glukanase Isolat Bakteri

Hasil pengukuran OD dalam media kitin cair dari seluruh isolat menunjukkan hasil yang tidak sama dalam kecepatan pertumbuhannya. Ada beberapa isolat yang mengalami pertumbuhan lambat dan beberapa yang mengalami pertumbuhan cepat. Nilai OD tertinggi yaitu pada isolat UBB 1 sebesar 0.957. Hal ini menunjukkan bahwa isolat UBB 1 mampu tumbuh cepat pada media kitin cair selama 48 jam. Nilai OD terendah yaitu pada isolat TS 2 sebesar 0.031, yang menunjukkan pertumbuhan yang lambat pada media kitin cair selama 48 jam (Gambar 2). Terdapat beberapa isolat

yang mengalami pertumbuhan lambat dan beberapa mengalami pertumbuhan cepat pada media glukon. Nilai OD tertinggi yaitu pada isolat TS 2 sebesar 1.625. Hal ini menunjukkan bahwa isolat TS 2 mampu tumbuh cepat pada media glukon cair selama 24 jam. Nilai OD terendah (mengalami pertumbuhan yang lambat pada media glukon cair selama 24 jam) yaitu pada isolat TK 5 sebesar 0.641 (Gambar 3). Hasil perhitungan secara kuantitatif menunjukkan terdapat isolat yang menghasilkan kitinase tertinggi yaitu DBK 1 dengan konsentrasi sebesar 91.4 mg/L, sedangkan hasil kitinase terendah yaitu isolat TK 2 dengan konsentrasi 12.4 mg/L (Tabel 3).



Gambar 2. Nilai OD pertumbuhan bakteri pada media kitin cair setelah 48 jam pengkulturan



Gambar 3. Nilai OD pertumbuhan bakteri pada media glukosa cair setelah 24 jam pengkulturasi

Tabel 3. Hasil pengukuran konsentrasi kitinase dan glukonase isolat bakteri

Isolat	[Kitinase] (mg/L)	[Glukonase] (mg/L)
DBB 1	82.2	6.922
UBS 3	58.2	1.914
DBK 1	91.4	2.016
UBB 1	81	6.889
TK 3	81,8	2.488
TK 5	76.4	1.951
TS 2	73.8	2.123
TK 2	12.4	6.889

Hasil perhitungan glukonase secara kuantitatif menunjukkan terdapat isolat yang menghasilkan glukonase tertinggi yaitu DBB 1 dengan konsentrasi sebesar 6.922, sedangkan glukonase terendah yaitu isolat UBS 3 dengan konsentrasi sebesar 1.914. Adanya perbedaan aktivitas enzim kemungkinan disebabkan perbedaan isolat bakteri yang sangat spesifik dalam mendekomposisi substrat.

4. Indeks Kitinolitik dan Glukonolitik

Bakteri kitinolitik dapat dihasilkan dengan cara penapisan mikroorganisme yang mampu menghasilkan kitinase dengan menggunakan media yang mengandung kitin. Bakteri kitinolitik dapat ditunjukkan dengan adanya zona bening di sekitar koloni berdasarkan pelepasan GlcNAc. Enzim kitinase yang disekresikan bakteri dalam media agar kitin kemudian diikat oleh partikel kitin sehingga kitin menjadi terdegradasi. Degradasi oligomer kitin dan penggunaan molekul hasil degradasi tersebut

oleh bakteri membuat media di sekitar koloni tampak jernih. Substrat kitin (koloid kitin) di dalam media akan terhidrolisis oleh kitinase yang mengakibatkan terbentuknya zona bening di sekeliling koloni isolat. Zona bening akan semakin terlihat jelas setelah penambahan larutan *Congo red* ($C_{32}H_{22}N_6O_6S_2Na_2$) yang berikatan dengan substrat polimer kitin ikatan β -1,4 dalam media agar sehingga berwarna merah. Degradasi kitin diawali dengan hidrolisis ikatan β -1,4 glikosida via enzim endokitinase sehingga terbentuk oligomer kitin. Selanjutnya dipecah menjadi dimer GlcNAc via kitobiosidase dan selanjutnya menjadi monomer GlcNAc via N-asetilglukosaminidase (Fauziah dan Herdyastuti 2013).

Hasil uji kualitatif kitinase terdapat tiga isolat yang membentuk zona bening yaitu DBK 1, UBB 1, dan TS 2. Indeks kitinolitik terbesar dihasilkan oleh isolat DBK 1 yaitu sebesar 1.34 cm, sedangkan indeks kitinolitik terkecil dihasilkan oleh

isolat UBB 1 yaitu sebesar 1.13 cm. Terdapat beberapa isolat yang tidak membentuk zona bening (Tabel 4). Terbentuknya zona bening menunjukkan bahwa isolat mampu mendegradasi kitin menjadi GlcNAc. Besar kecilnya zona bening sangat tergantung pada kemampuan bakteri untuk memproduksi kitinase yang sangat bervariasi. Perbedaan tersebut mungkin disebabkan perbedaan kecil pada gen yang mengkodonya (Haedar *et al.* 2017). Indeks kitinolitik diperoleh melalui perbandingan antara diameter zona bening yang terbentuk dengan diameter koloni (Setia dan Suharjono 2015). Selulosa yang terhidrolisis oleh enzim selulolitik pada medium agar jika digenangi oleh *Congo red*

akan menghasilkan zona bening karena adanya reaksi antara *Congo red* dan ikatan β -1,4-glikosidik yang terkandung dalam polimer selulosa.

Hasil Uji kualitatif glukonase, menunjukkan hampir seluruh isolat menghasilkan zona bening, kecuali isolat TK 3, dengan nilai Indeks glukonolitik terbesar dihasilkan isolat TK 5 dan DBK 1 sebesar 2 cm, sedangkan indeks glukonolitik terkecil dihasilkan oleh isolat UBB 1 dan TS 2 yaitu sebesar 0.5 cm (Tabel 4). Terbentuknya zona bening menunjukkan bahwa isolat mampu mendegradasi glukon menjadi glukosa.

Tabel 4. Indeks kitinolitik dan glukonolitik isolat bakteri

Isolat	Indeks Kitinolitik (cm)	Indeks Glukonolitik (cm)
DBB 1	0	1
UBS 3	0	1
DBK 1	1.34	2
UBB 1	1.13	0.5
TK 3	0	0
TK 5	0	2
TS 2	1.31	0.5
TK 2	0	1

5. Daya Hambat Isolat terhadap Jamur *Colletotrichum* sp

Masing-masing isolat bakteri diuji daya hambatnya terhadap jamur *Colletotrichum* sp. Hasil uji antagonis seluruh isolat terhadap jamur *Colletotrichum* sp

menunjukkan daya hambat kurang dari 50%, bahkan isolat TK 3 tidak menghambat sama sekali. Persentase daya hambat terbesar terhadap *Colletotrichum* sp yaitu isolat UBS 3 sebesar 30.56 % (Tabel 5).

Tabel 5. Daya hambat terhadap *Colletotrichum* sp

Kode Isolat	Jari-jari koloni jamur (cm)		Daya Hambat (DH) (%)
	R1	R2	
DBB 1	2.1	2	4.76
UBS 3	3.6	2.5	30.56
DBK 1	3	2.7	10.00
UBB 1	2	1.8	10.00
TK 3	2.7	2.7	0.00
TK 5	2.5	2.3	8.00
TS 2	2.1	1.8	14.29
TK 2	2	1.7	15.00

Keterangan: r1: Jari-jari koloni jamur patogen yang tumbuh ke arah berlawanan dengan bakteri antagonis ; r2: Jari-jari koloni jamur patogen yang tumbuh mendekati isolat bakteri antagonis

Daya hambat yang diamati berdasarkan zona jernih atau zona bening yang terbentuk dikelompokkan menjadi 4 kelompok yaitu sangat kuat (zona hambat > 20 mm), kuat (10-20 mm), sedang (5-10 mm), dan lemah (< 5 mm). Daya hambat dua isolat kurang dari 5 mm sehingga termasuk memiliki daya hambat yang lemah, 3 isolat sedang, 2 isolat kuat dan satu isolat sangat kuat daya hambatnya terhadap jamur *Colletotrichum* sp.

Berdasarkan hasil penelitian ini, isolat yang mempunyai daya hambat kuat, berpotensi digunakan untuk menghambat jamur patogen *Colletotrichum* sp.

SIMPULAN

Isolat bakteri rizosfir asal tanaman bawang keseluruhan memiliki bentuk bulat (*coccus*), dan hasil pewarnaan berwarna ungu (kelompok bakteri Gram positif).

Isolat DBK 1, UBB 1, dan TS 2 mampu menghasilkan kitinase dengan indeks kitinolitik yang cukup tinggi. Hasil uji kuantitatif serta kualitatif glukonase relatif kecil, hanya isolat TK 3 yang tidak menghasilkan glukonase.

Hasil uji antagonis, diperoleh 8 isolat yang memiliki daya hambat terhadap jamur *Colletotrichum* sp. dengan presentase yang berbeda-beda. Daya hambat tertinggi dihasilkan oleh UB S3 (30.56%), satu isolat (TK3) tidak memiliki kemampuan menghambat jamur patogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian dibiayai oleh DIPA BB Biogen 2018 (Bioprospeksi Senyawa Bioaktif untuk Peningkatan Produktivitas Komoditas Pertanian). Penghargaan disampaikan kepada Sdr. Adela dan tim teknis lab. Mikrobiologi BB Biogen atas bantuan dalam kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik (BPS). 2013. Data produksi Tanaman sayuran 2012. BPS, Jakarta
- Fauziah, dan N., Herdyastuti. 2013. Uji aktivitas bakteri kitinolitik dari tambak udang di lamongan dan sidoarjo. UNESA J.Chemistry. 2(1):36-39.
- Ferrari, A.R., Y. Gaber., and Fraaije. 2014. A fast, sensitive and easy colorimetric assay for chitinase and cellulase activity detection. Biotechnol. for Biofuels. 7(37): 1-8.
- Haedar, N., H. Natsir., Fahrudin., dan W., Aryanti. 2017. Produksi dan karakterisasi enzim kitinase dari bakteri kitinolitik asal kerang *anadara granosa*. J. Ilmu Alam dan Lingkungan. 8 (15) : 14 – 21.
- Hamid, R., M.A. Khan., M. Ahmad., M.M. Ahmad., M.Z. Abidin., J. Musarrat., and S., Javed, 2013. Chitinase: an update. J. Pharmacy and BioAllied Sciences. 5(1): 21-29.
- Hardestyariki, D., B. Yudono., dan Munawar. 2013. Eksplorasi bakteri hidrokarbonoklastik dari rhizosfer di lahan tambang minyak rakyat, kecamatan babat toman, Sumatera Selatan. J. Penelitian Sains. 16(3): 78-85.
- Irfan, M. 2013. Respon bawang merah (*Allium ascalonicum* L) terhadap zat pengatur tumbuh dan unsur hara. J. Agroteknologi. 3(2): 35-40.
- Manzila, I., T.P. Priyatno., M.F. Fathin., L. Ambarsari., Y. Suryadi., I.M. Samudera., dan D.N..Susilowati. 2015. Karakterisasi β -1,3-1,4-glukanase bakteri endofitik *Burkholderia cepacia* isolat E76 asal tanaman padi. Berita Biologi. 14(2): 143-153.

- Pelczar, M.J., and Chan. 2007. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. Ratna Siri Hadioetomo, Teja Imas, S. Sutarmi Tjitrosomo, Sri Lestari Angka, Penerjemah. Jakarta (ID): UI Press. Terjemahan dari: *Elements of Microbiology*.
- Pratiwi, R.S., T.E. Susanto., Y.A.K. Wardani., dan A., Sutrisno. 2015. Enzim kitinase dan aplikasi di bidang industri: kajian pustaka. *J. Pangan dan Agroindustri*.3(3): 878-88.
- Prochnow, A.M., M. Clauson., J. Hong., and A.B., Murphy. 2016. Gram positive and gram negative bacteria differ in their sensitivity to cold plasma. *Scientific Repost* 6(3): 1-11.
- Rathore, A.S., and R.D.. Gupta. 2015. Chitinases from bacteria to human: properties, applications, and future perspectives. *Enzyme Research*. 1(2): 1-8.
- Salim, M.A. 2012. Pengaruh antraknosa (*Colletotrichum capsici* dan *Colletotrichum acutatum*) terhadap respons ketahanan delapan belas genotipe buah cabai merah (*Capsicum annuum* L). *J. Sains*. 6(2): 182-187.
- Senol, M., H. Nadaroglu., N. Dikbas., and R., Kotan. 2014. Purification of chitinase enzymes from *Bacillus subtilis* bacteria tv-125, investigation of kinetic properties and antifungal activity against *Fusarium culmorum*. *Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials*. 13(35): 1-7.
- Setia, I., dan Suharjo. 2015. Diversitas dan Uji Potensi Bakteri Kitinolitik dari Limbah Udang. *J. Biotropika*. 3(2): 95-98.
- Suryadi, Y., T.P. Priyatno., I.M. Samudera., D.N. Susilowati., N. Lawati., dan E, Kustaman. 2013. Pemurnian parsial dan karakterisasi kitinase asal jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* isolat BB200109. *J. AgroBiogen*. 9(2): 77-84.
- Suryadi, Y., D.N. Susilowati, P. Lestari, T.P. Priyatno, I.M. Samudra, N. Hikmawati dan N.R. Mubarik. 2014. Characterization of bacterial isolates producing chitinase and glucanase for biocontrol of plant fungal pathogens *Journal of Agricultural Technology* Vol. 10(4): 983-999
- Yang, D.C., M. Kris., and N.R., Salama. 2016. Staying in shape: the impact of cell shape on bacterial survival in diverse environments. *Microbiology and Molecular Biology Reviews*. 80(1): 187-203.
- Yusra., F. Azima., Novelina., dan Periadnadi. 2014. Isolasi dan identifikasi mikroflora *indigenous* dalam budu. *Agritech*. 34(3): 316-321.