



AKTIVITAS *Stenotrophomonas rhizophila* DAN *Trichoderma* sp. DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN *Ganoderma boninense*

Activities of *Stenotrophomonas rhizophila* and *Trichoderma* sp. in Inhibiting the Growth of *Ganoderma boninense*

Bedah Rupaedah¹, Debby Viola Amanda², Reni Indrayanti², Nia Asiani¹,
Bambang Sukmadi¹, Asep Ali¹, Abdul Wahid¹, Taufiq Firmansyah¹, Mahmud Sugianto¹

¹Balai Bioteknologi, BPPT. Gedung 630, Kawasan Puspiptek Tangerang Selatan 15314

²Jurusan Biologi FMIPA UNJ. Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur, DKI Jakarta 13220

*Email: bedah.rupaedah@bppt.go.id

ABSTRACT

Basal stem rot (BSR) disease in oil palm (Elaeis guineensis Jacq.) due to infection of Ganoderma boninense. Various efforts to overcome BSR disease has been done, such as by utilizing endophytic microbes. The purpose of this research was to determine the activities of Stenotrophomonas rhizophila and Trichoderma sp inhibiting the growth of G. boninense. This research was divided into three stages, namely: stability test of S. rhizophila activity against G. boninense; activity of chitinase and cellulase enzymes produced by S. rhizophila; the effectiveness of S. rhizophila and Trichoderma sp. on G. boninense in a greenhouse. The parameters observed were plant height, leaves number, chlorophyll content, disease incidence and severity. The stability testing of S. rhizophila activity against G. boninense showed 53% of inhibition. Chitinase activity showed negative result. While cellulase index was about 0.46. The effectiveness test showed the significantly different results on plant height, leaves number and chlorophyll content.

Keywords: Chitinase, cellulase, *Ganoderma boninense*, *Stenotrophomonas rhizophila*, *Trichoderma* sp.

ABSTRAK

Penyakit busuk pangkal batang (BPB) pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) muncul karena diinfeksi oleh *Ganoderma boninense*. Berbagai upaya penanggulangan penyakit BPB telah dilakukan, diantaranya dengan memanfaatkan mikroba endofit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas bakteri *Stenotrophomonas rhizophila* dan *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan *G. boninense*. Penelitian ini dibagi menjadi tiga tahapan, yaitu: pengujian stabilitas aktivitas *S. rhizophila* terhadap *G. boninense*; pengujian aktivitas enzim kitinase dan selulase yang dihasilkan oleh *S. rhizophila*; pengujian efektivitas *S. rhizophila* dan *Trichoderma* sp. terhadap *G. boninense* di rumah kaca. Parameter yang diamati pada pengujian efektivitas berupa tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah klorofil, kejadian dan keparahan penyakit. Uji stabilitas aktivitas *S. rhizophila* terhadap *G. boninense* menunjukkan adanya penghambatan rata-rata sebesar 53%. Uji aktivitas enzim kitinase pada bakteri *S. rhizophila* menunjukkan hasil negatif. Sedangkan indeks enzim selulase pada bakteri *S. rhizophila* sebesar 0.46. Pada uji efektivitas tampak hasil yang berbeda nyata pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun dan kandungan klorofil.

Kata Kunci: Kitinase, selulase, *Ganoderma boninense*, *Stenotrophomonas rhizophila*, *Trichoderma* sp.

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu sumber minyak nabati yang menjadi komoditas utama dalam bidang pertanian di Indonesia. Produksi minyak sawit digunakan dalam industri makanan, bahan kimia, dan menjadi pengganti bahan bakar minyak yang saat ini sebagian besar diutamakan untuk minyak bumi. Indonesia merupakan negara penghasil kelapa sawit terbesar di dunia. Lahan sawit Indonesia yang tercatat hingga saat ini seluas 11,67 juta hektar (Dirjen Perkebunan 2015).

Penyakit busuk pangkal batang (BPB) merupakan salah satu masalah yang paling berpengaruh dalam produksi kelapa sawit Indonesia. Penyakit ini muncul pertama kali di Indonesia pada tahun 1931 dan telah menyebabkan 50% kematian pada perkebunan kelapa sawit di PT Perkebunan Nusantara IV Simalungun, Sumatra Utara (Susanto 2011). Penyakit BPB merupakan penyakit tular tanah (*soil borne fungi*) yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma boninense*. Infeksi *G. boninense* di lapangan berawal dari adanya persentuhan akar tanaman. Hifa jamur masuk ke dalam jaringan empulur korteks hingga ke dalam jaringan pembuluh (xilem dan floem). Tanaman yang terserang jamur tersebut akan mengalami kebusukan pada bagian pangkal batang dan lama-kelamaan mati.

Mekanisme pengendalian yang biasa dilakukan terhadap penyakit BPB adalah pencabutan, pembersihan lahan dengan pembakaran dan penggunaan fungisida sintetik. Upaya tersebut dinilai belum efektif karena berdampak buruk bagi lingkungan. Upaya yang sekarang banyak dilakukan adalah dengan menggunakan agen hayati seperti mikroba endofit yang bersifat antagonis terhadap *G. boninense* (Naher et al. 2012; Naher et al. 2013; Paterson 2007). Agen hayati yang telah dilaporkan mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *G. boninense* diantaranya adalah *Trichoderma* (Alexander et al. 2015; Musa dan Ali 2017; Naher et al. 2012; Naher et al. 2015). Agen hayati *Trichoderma* spp. dapat digunakan untuk pengendalian jamur patogen *Sclerotium rolfsii* pada tanaman bunga matahari (Yaqub dan Shahzad 2011), jamur patogen *Phytophthora palmivora* pada

tanaman kakao (Umrah et al. 2009); VA mycorrhizae (*Glomus* spp.) sebagai pengendali layu akar pada tanaman wijen (Ziedan et al. 2011).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui aktivitas mikroba endofit, dalam hal ini bakteri *Stenotrophomonas rhizophila* dan *Trichoderma* sp. yang dapat digunakan sebagai pengendali hayati untuk menghambat pertumbuhan jamur patogen *G. boninense* pada bibit tanaman kelapa sawit.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan *G. boninense*, bakteri *S. rhizophila*, *Trichoderma* sp., PDA (*Potato Dextrose Agar*), NA (*Nutrient Agar*), Aquades steril, alkohol 70%, kulit udang kering, HCl 1N, NaOH, tanah, pasir, dan balok kayu tanaman karet.

Metode

Penelitian terdiri dari 3 tahapan, yaitu: (1) pengujian stabilitas bakteri *S. rhizophila* terhadap *G. boninense* secara *in vitro*; (2) pengujian aktivitas enzim kitinase dan selulase dari *S. rhizophila* secara *in vitro*; (3) pengujian efektivitas bakteri *S. rhizophila* dan *Trichoderma* sp. terhadap *G. boninense* secara *in vivo*. Metode eksperimen menggunakan desain rancangan acak lengkap (Tabel 1). Data pengamatan tinggi tanaman, jumlah klorofil, keterjadian penyakit dan keparahan penyakit dicatat dengan menggunakan skala linear menurut Abdullah et al. (2003). Data diolah menggunakan ANOVA dua arah, dilanjutkan dengan uji DMRT (*Duncan Multiple Range Test*) pada taraf 5%.

Ujian stabilitas bakteri *S. rhizophila*

Percobaan ini bertujuan untuk melihat kemampuan bakteri antagonis *S. rhizophila* yang telah disubkultur berulang terhadap *G. boninense*. Media perlakuan pada percobaan ini dibagi menjadi tiga, yaitu media pertumbuhan jamur *G. boninense*, media pertumbuhan isolat bakteri *S. rhizophila*, dan media uji antagonis. Bakteri *S. rhizophila* ditumbuhkan pada media pertumbuhan NA hingga enam kali subkultur. Bakteri *S. rhizophila* selanjutnya diuji antagonis terhadap *G. boninense*. Uji

antagonis dilakukan dengan menggunakan metode biakan ganda dengan perbandingan 1 : 1 secara *in-vitro* dalam satu cawan.

Uji aktivitas enzim kitinase *S. rhizophila*

Tahap awal pengujian aktivitas enzim kitinase dilakukan dengan pembuatan koloidal kitin. Kulit udang sebanyak 20 g ditambahkan 400 mL HCl 37%, diaduk dan diinkubasi selama 2 jam, selanjutnya diinkubasi semalaman pada suhu 4°C, selanjutnya disaring dengan menggunakan *glasswool*. Residu hasil saringan ditambahkan aquades dan larutan NaOH 10 N (200 g kristal ditambahkan 500 mL aquades) dan dikocok perlahan dalam keadaan dingin, pH diatur hingga netral, selanjutnya disentrifugasi pada 4800 rpm selama 30 menit. Pelet yang terbentuk dibilas dengan aquades sebanyak dua kali dan digunakan sebagai koloidal kitin.

Pada pengujian ini dibuat 2 jenis media yaitu media *chitin broth* dan *chitin agar*. Pembuatan *chitin broth* dilakukan dengan mencampurkan KH₂PO₄ 0,1%, MgSO₄·7H₂O 0,05%, *yeast extract* 0,1%, dan koloidal kitin 1% yang dilarutkan dalam 1 L aquades. Pembuatan *chitin agar* dilakukan dengan mencampurkan KH₂PO₄ 0,1%, MgSO₄·7H₂O 0,05%, *yeast extract* 0,1%, koloidal kitin 1%, dan agar 2% yang dilarutkan dalam 1 L aquades.

Pengujian aktivitas enzim kitinase dilakukan dengan menginokulasikan satu ose *S. rhizophila* ke dalam 20 mL media *chitin broth*. Setelah dikocok selama 24 jam, selanjutnya bakteri diuji aktivitasnya dengan cara memasukkan 15 µL suspensi bakteri ke dalam media *chitin agar* yang sudah dilubangi dengan menggunakan *cork borer*. Pengamatan dilakukan sampai terbentuk zona bening di sekitar sumur. Indeks kitinase dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$IK = \frac{\emptyset ZBe}{\emptyset KB}$$

dimana

- IK : Indeks Kitinase
- ∅ ZBe : Diameter Zona Bening
- ∅ KB : Diameter Koloni Bakteri

Uji aktivitas enzim selulase *S. rhizophila*

Pada penelitian ini dibuat 2 jenis media yaitu media *CMC broth* dan *CMC agar*. Pembuatan *CMC broth* dilakukan dengan mencampurkan KH₂PO₄ 0,1%, MgSO₄·7H₂O 0,05%, *yeast extract* 0,1%, dan CMC 5% yang dilarutkan dalam 1 L aquades. Pembuatan *CMC agar* dilakukan dengan mencampurkan KH₂PO₄ 0,1%, MgSO₄·7H₂O 0,05%, *yeast extract* 0,1%, CMC 5%, dan agar 2% yang dilarutkan dalam 1 L aquades.

Pengujian aktivitas enzim selulase dilakukan dengan menginokulasikan satu ose *S. rhizophila* ke dalam 20 mL media *CMC broth*. Setelah diinkubasi selama 48 jam, bakteri diuji aktivitasnya dengan cara memasukkan 15 µL suspensi bakteri ke dalam media *CMC agar* yang sudah dilubangi dengan menggunakan *cork borer*. Pengamatan dilakukan pada jam ke-72. Bakteri yang telah diinkubasi ditetesi larutan *Congo red* 1% dan dibilas dengan menggunakan aquades. Indeks selulase (IS) dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$IS = \frac{\emptyset ZBe - \emptyset KB}{\emptyset KB}$$

dimana

- IS : Indeks Selulase
- ∅ ZBe : Diameter Zona Bening
- ∅ KB : Diameter Koloni Bakteri

Uji efektivitas *S. rhizophila* dan *Trichoderma sp.*

Pengujian ini dilakukan pada media pertumbuhan kelapa sawit berupa campuran tanah dan pasir dengan perbandingan 1 : 1 di dalam polibag berukuran 30 × 40 cm. *G. boninense* yang digunakan terlebih dahulu ditumbuhkan pada batang karet berukuran 6 × 6 × 6 cm yang telah dihaluskan dan disterilisasi menggunakan Autoclave pada

Tabel 1. Rancangan percobaan uji antagonis *in vivo*

Perlakuan	Tanpa Inokulum	Isolat <i>S. rhizophila</i> (B)	<i>Trichoderma sp.</i> (T)	Isolat <i>S. rhizophila</i> + <i>Trichoderma sp.</i>
Tanpa <i>G. boninense</i>	G ₀ B ₀ 15n	G ₀ B ₁ 15n	G ₀ T ₁ 15n	G ₀ B ₁ T ₁ 15n
Inokulasi <i>G. boninense</i>	G ₁ B ₀ 15n	G ₁ B ₁ 15n	G ₁ T ₁ 15n	G ₁ B ₁ T ₁ 15n

n= jumlah ulangan

suhu 121°C selama 30 menit. *G. boninense* diinokulasikan pada batang karet secara aseptis. Inokulum ditumbuhkan hingga berusia kurang lebih 60 hari.

Pengujian efektivitas dilakukan dengan menumbuhkan benih kelapa sawit pada media uji yang disertai dengan pemberian inokulum bakteri *S. rhizophila*, *Trichoderma sp.* dan *G. boninense* dengan jarak tanam tertentu. Berikut adalah perlakuan yang diberikan:

Parameter pengamatan dibagi menjadi 2 bagian: (1) parameter pengamatan pertumbuhan vegetatif dengan melihat tinggi tanaman, jumlah daun dan kandungan klorofil yang diamati setiap dua minggu sekali, (2) parameter pengamatan kejadian dan keparahan penyakit. Keparahan penyakit dicatat dengan menggunakan skala linear dari 0 hingga 4 (Abdullah et al. 2003), sebagai berikut: 0 - tanaman yang sehat, 1 - terdapat nekrosis pada tiga helai daun, 2 - terdapat lebih dari tiga helai daun yang mengalami nekrosis, 3 - muncul tubuh buah *G. boninense* pada pangkal batang, 4 - tanaman mati. Data kuantitatif diolah dengan menggunakan anova dua arah dan dilanjutkan dengan uji Duncan dengan taraf kepercayaan 95%. Kejadian dan keparahan penyakit dihitung dengan menggunakan rumus:

$$DI = \frac{\sum D}{\sum H + \sum D} \times 100\%$$

dimana

- DI : Kejadian Penyakit
- $\sum D$: Jumlah Tanaman Sakit
- $\sum H$: Jumlah Tanaman Sehat

$$DS = \frac{\sum(n \times V)}{Z \times N} \times 100\%$$

dimana

- DS : keparahan penyakit
- n : jumlah jaringan terserang pada setiap kategori (skor)
- V : kategori (skor) serangan
- Z : nilai kategori serangan tertinggi
- N : jumlah seluruh tanaman atau bagian tanaman yang diamati

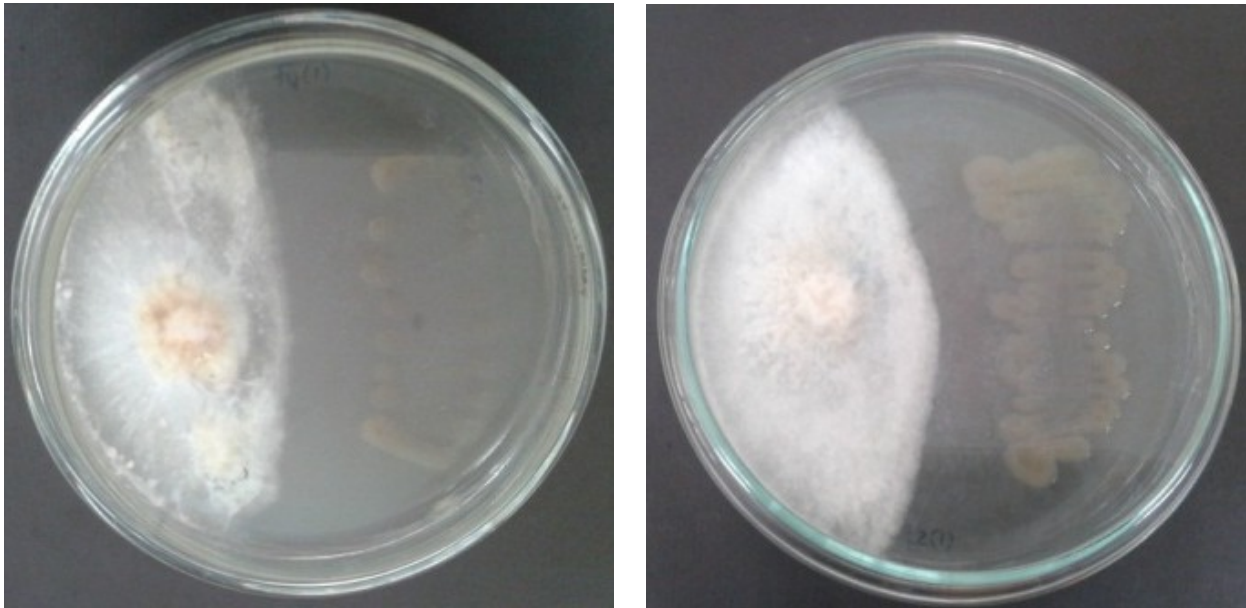
HASIL DAN PEMBAHASAN

Stabilitas aktivitas *S. rhizophila*

Bakteri antagonis *S. rhizophila* diuji kestabilan aktivitasnya dalam menghambat pertumbuhan *G. boninense* dengan cara meregenerasi bakteri tersebut sebanyak enam kali, selanjutnya diuji antagonis kembali menggunakan jamur patogen *G. boninense* secara *in vitro*. Hasil uji stabilitas menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antar perlakuan uji. Rerataan penghambatan tertinggi terdapat pada biakan keempat dengan panjang miselium *Ganoderma* sebesar 1,65 ± 0,05 cm dan persentase penghambatan sebesar 63%, sedangkan untuk rerataan penghambatan terendah terdapat pada biakan kelima sebesar 1,65 ± 0,05 cm dan persentase penghambatan sebesar 53% (Tabel 2). Berdasarkan hasil tersebut ditunjukkan bahwa regenerasi bakteri antagonis setelah beberapa kali tidak berpengaruh terhadap kemampuan bakteri tersebut dalam menghambat pertumbuhan *G. boninense*.

Tabel 2. Pertumbuhan jamur *G. boninense* dan persentase penghambatan bakteri *S. rhizophila*

Biakan	Panjang hifa <i>G. boninense</i> (rerata ±SE cm)			% Hambatan
	hari 0-5	hari 6-10	hari 11-15	
Kontrol	2,25 ± 0,25	3,60 ± 0,01	4,50 ± 0,00	0%
F1	1,65 ± 0,25	1,80 ± 0,03	1,85 ± 0,25	58,50%
F2	1,75 ± 0,25	1,60 ± 0,00	1,75 ± 0,05	61%
F3	1,65 ± 0,05	1,85 ± 0,05	1,90 ± 0,00	57%
F4	1,65 ± 0,50	1,65 ± 0,15	1,65 ± 0,05	63%
F5	1,70 ± 0,00	2,05 ± 0,05	2,10 ± 0,10	53%
F6	1,70 ± 0,01	1,90 ± 0,00	1,90 ± 0,00	57%



Gambar 1. Aktivitas bakteri *S. rhizophila* dalam menghambat pertumbuhan *G. boninense*; (A) penghambatan tertinggi pada biakan keempat (F4); (B) penghambatan terendah pada biakan kelima (F5)

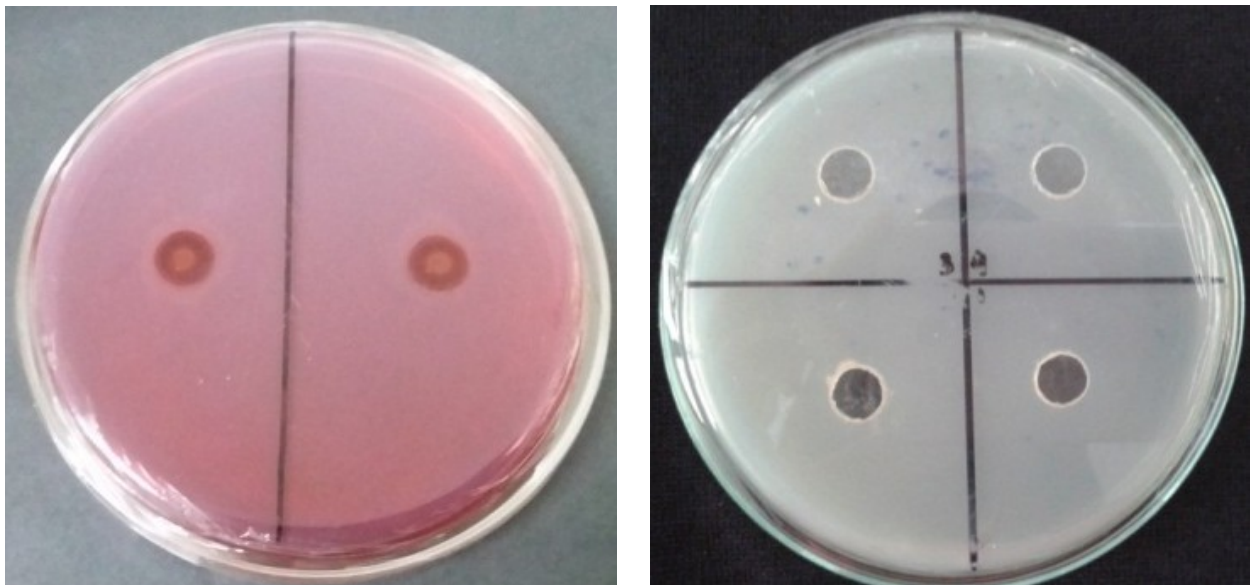
Bakteri merupakan organisme prokariot yang mudah bermutasi. Kondisi lingkungan dapat menyebabkan perubahan pada fenotip bakteri. Bakteri yang dibiakkan berulang-ulang pada media yang sama (*artificial medium*) yang kaya akan nutrisi akan membuat mikroba tidak perlu lagi berkompetisi untuk mendapatkan nutrisi sehingga akan menurunkan kemampuannya untuk memproduksi senyawa metabolit yang biasa digunakan sebagai proteksi. Akibatnya tingkat virulensi bakteri akan menurun dan mengubah genetik dari bakteri tersebut. Perubahan genetik pada bakteri dapat juga berupa perubahan fisik, baik bentuk, warna, dan ukuran bakteri (Harris dan Theriot 2016). Pada penelitian ini tidak terjadi perubahan kemampuan bakteri dalam menghambat pertumbuhan *Ganoderma boninense*, sehingga bisa dikatakan bahwa perubahan yang terjadi pada bakteri selama regenerasi berulang tidak mempengaruhi kemampuannya secara signifikan.

Aktivitas enzim kitinase dan selulase

Pada pengujian aktivitas enzim kitinase, sebanyak 64×10^8 cfu koloni bakteri *S. rhizophila* diinokulasikan pada media kitin agar yang telah dilubangi, kemudian diinkubasi hingga terbentuk zona bening. Setelah dilakukan pengamatan hingga 30 hari tidak terdapat zona bening di sekitar koloni bakteri (Gambar 2A). Tidak adanya

zona bening mengindikasikan bahwa tidak terdapat aktivitas enzim kitinase pada bakteri *S. rhizophila*. Zona bening merupakan tanda bahwa mikroorganisme kitinolitik seperti bakteri maupun jamur memiliki enzim kitinase yang berfungsi sebagai katalis yang mampu menghidrolisis polimer kitin menjadi kitin oligosakarida atau monomer *N*-asetilglukosamin. Enzim kitinase mempunyai peranan penting dalam kontrol biologi berbagai jamur patogen dengan mendegradasi senyawa kitin yang ada pada dinding sel jamur patogen (El-Katatny et al. 2001). Kitin merupakan salah satu komponen terbesar penyusun dinding sel *Ganoderma*. Bakteri yang memiliki enzim kitinase dapat membentuk zona bening, besar kecilnya zona bening yang terbentuk sesuai dengan aktivitas enzim kitinase mikroba tersebut. Zona bening terbentuk karena adanya pemutusan ikatan β -1,4 homopolimer *N*-asetilglukosamin pada kitin menjadi monomer *N*-asetilglukosamin.

Pada pengujian enzim selulase, sebanyak 9×10^7 cfu bakteri *S. rhizophila* diinokulasikan ke dalam media *CMC agar* yang telah dilubangi, kemudian diinkubasi selama 72 jam. Setelah inkubasi, media tersebut diwarnai dengan menggunakan *Congo red* dan dibilas dengan menggunakan aquades steril. Dari hasil pengamatan terdapat zona bening di sekitar koloni bakteri. Dari perhitungan diameter zona



Gambar 2. Pengujian aktivitas enzim; (A) kitinase yang dilakukan dalam media kitin agar terhadap pembentukan zona bening di sekitar koloni bakteri. (B) enzim selulase terdapat koloni bakteri dan menghasilkan zona bening

bening dengan diameter koloni bakteri diperoleh indeks selulase sebesar 0.46 (Gambar 2B). Zona bening menunjukkan zona tempat terputusnya ikatan β -1,4-glikosidik yang menghubungkan monomer D-glukosa pada CMC (Haryati et al. 2010). Hal ini menunjukkan bahwa isolat yang memiliki zona bening merupakan isolat yang memiliki kemampuan dalam mendegradasi selulosa. Dinding sel *Ganoderma* juga tersusun oleh beberapa polisakarida. Polisakarida penyusun dinding sel *Ganoderma* diantaranya adalah glukosa, galaktosa, arabinosa, xylosa dan manosa. Ikatan polisakarida dari *Ganoderma* berupa β -glukan yang cukup melimpah pada dinding selnya. β -glukan merupakan salah satu penyusun rantai dari selulosa. β -glukan akan terdegradasi oleh enzim selulase, dengan memutus ikatan β -1,4-glikosidik. Penggunaan bakteri antagonis dapat menghambat pertumbuhan miselium *Ganoderma* karena bakteri antagonis memproduksi enzim selulase yang mampu memotong ikatan β -glukan pada *Ganoderma*.

Efektivitas *S. rhizophila*

Berdasarkan pengamatan terhadap tinggi tanaman kelapa sawit, diperoleh hasil yang berbeda signifikan antar perlakuan. Pertumbuhan kelapa sawit dengan rerataan tertinggi terdapat pada perlakuan tanaman kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *G.*

boninense dan dengan *Trichoderma* (G_0T_1) sebesar $33,13 \pm 1,71$ cm dan rerataan terendah pada perlakuan tanaman kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *G. boninense* dan dengan bakteri *S. rhizophila* (G_0B_1) sebesar $25,15 \pm 1,60$ cm (Tabel 3).

Pada pengamatan jumlah daun terdapat perbedaan yang signifikan pada semua perlakuan. Jumlah rerataan daun tertinggi terdapat pada perlakuan tanaman kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *Ganoderma* dan dengan *Trichoderma* (G_0T_1) sebesar $6,27 \pm 0,48$ cm dan rerataan terendah pada perlakuan tanaman kelapa sawit dengan *Ganoderma* dan tanpa bakteri *S. rhizophila* (G_0B_1) sebesar $4,71 \pm 0,16$ cm. Pertumbuhan daun kelapa sawit pada minggu keenam dan minggu duabelas tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan pada semua perlakuan. Pada minggu terakhir terdapat perbedaan antara perlakuan kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *Ganoderma* dan dengan *Trichoderma* (G_0T_1) (Tabel 4).

Jumlah klorofil diamati pada minggu terakhir pengamatan. Pada Tabel 5 terlihat bahwa terdapat perbedaan yang signifikan jumlah klorofil dari setiap perlakuan. Jumlah klorofil tertinggi terdapat pada perlakuan tanaman kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *Ganoderma* dan dengan bakteri *S. rhizophila* (G_0B_1) dengan rerataan sebesar $28,05 \pm 2,95$ cm dan jumlah klorofil terendah pada perlakuan tanaman kelapa sawit yang

Tabel 3. Rerataan tinggi tanaman kelapa sawit setelah 18 minggu pengamatan

Pengamatan	N	Tinggi tanaman (rerata ± SE cm)							
		G ₀ B ₀	G ₀ B ₁	G ₀ T ₁	G ₀ K ₁	G ₁ B ₀	G ₁ B ₁	G ₁ T ₁	G ₁ K ₁
4 minggu	120	6,57 ^{ab} ± 0,48	5,57 ^a ± 0,34	7,67 ^c ± 0,34	6,10 ^{ab} ± 0,56	7,33 ^{bc} ± 0,22	6,40 ^{ab} ± 0,35	6,11 ^{ab} ± 0,32	7,09 ^{bc} ± 0,43
6 minggu	120	12,76 ^b ± 1,15	9,53 ^a ± 0,98	13,13 ^b ± 0,72	11,15 ^{ab} ± 0,96	12,43 ^b ± 0,63	11,60 ^{ab} ± 0,57	11,46 ^{ab} ± 0,73	11,69 ^{ab} ± 0,77
8 minggu	120	16,83 ^a ± 1,57	14,28 ^a ± 1,19	20,95 ^b ± 0,98	17,54 ^a ± 0,75	16,93 ^a ± 0,96	17,13 ^a ± 0,72	16,68 ^a ± 0,90	16,66 ^a ± 1,20
10 minggu	120	18,30 ^b ± 1,66	14,70 ^a ± 1,16	22,04 ^c ± 0,81	18,00 ^b ± 0,97	17,60 ^{ab} ± 0,91	18,10 ^b ± 0,74	17,86 ^{ab} ± 0,85	18,27 ^b ± 1,07
12 minggu	120	20,40 ^{ab} ± 1,84	17,10 ^a ± 1,24	22,73 ^b ± 0,82	19,59 ^{ab} ± 1,06	20,25 ^{ab} ± 0,85	19,73 ^{ab} ± 0,84	20,53 ^{ab} ± 0,85	20,53 ^{ab} ± 1,09
13 minggu	120	23,13 ^{ab} ± 1,97	19,60 ^a ± 1,43	25,17 ^b ± 1,04	22,18 ^{ab} ± 1,09	22,36 ^{ab} ± 1,21	21,17 ^{ab} ± 0,94	22,57 ^{ab} ± 0,95	22,53 ^{ab} ± 1,17
14 minggu	120	25,50 ^{ab} ± 1,98	21,50 ^a ± 1,46	27,57 ^b ± 1,23	23,59 ^{ab} ± 1,13	23,89 ^{ab} ± 1,21	23,67 ^{ab} ± 0,89	24,64 ^{ab} ± 1,15	24,57 ^{ab} ± 1,22
15 minggu	120	26,33 ^{ab} ± 1,89	22,07 ^a ± 1,39	27,90 ^b ± 1,23	24,72 ^{ab} ± 1,13	25,00 ^{ab} ± 1,22	25,20 ^{ab} ± 0,86	25,92 ^{ab} ± 1,31	25,92 ^{ab} ± 1,18
16 minggu	120	28,27 ^{ab} ± 2,04	23,70 ^a ± 1,44	30,17 ^b ± 1,53	26,00 ^{ab} ± 1,18	26,53 ^{ab} ± 1,28	27,00 ^{ab} ± 0,91	27,71 ^{ab} ± 1,47	27,50 ^{ab} ± 1,36
17 minggu	120	29,83 ^b ± 2,12	24,70 ^a ± 1,56	32,07 ^b ± 1,71	27,27 ^{ab} ± 1,16	27,53 ^{ab} ± 1,29	28,80 ^{ab} ± 1,02	28,35 ^{ab} ± 1,57	28,54 ^{ab} ± 1,58
18 minggu	120	30,50 ^{bc} ± 2,03	25,15 ^a ± 1,60	33,13 ^c ± 1,71	28,68 ^b ± 0,97	28,14 ^b ± 1,29	3 ± 0,10 ^b ± 0,84	29,57 ^b ± 1,62	29,19 ^b ± 1,42

Keterangan:

- SE = *standard error*
- N = jumlah tanaman yang diinokulasi
- G₀B₀ = tanpa *Ganoderma*, tanpa mikroba antagonis (kontrol); G₀B₁= tanpa *Ganoderma*, dengan *S. rhizophila*; G₀T₁= tanpa *Ganoderma*, dengan *Trichoderma*;
- G₀K₁ = tanpa *Ganoderma*, dengan konsorsium mikroba antagonis, G₁B₀= *Ganoderma*, tanpa *S. rhizophila*; G₁B₁= dengan *Ganoderma* dan *S. rhizophila*;
- G₁T₁ = dengan *Ganoderma* dan *Trichoderma*; G₁K₁= dengan *Ganoderma* dan konsorsium mikroba antagonis
- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda signifikan.

Tabel 4. Jumlah daun kelapa sawit setelah 18 minggu tanam

Pengamatan	N	Jumlah daun (rerata ± SE cm)							
		G ₀ B ₀	G ₀ B ₁	G ₀ T ₁	G ₀ K ₁	G ₁ B ₀	G ₁ B ₁	G ₁ T ₁	G ₁ K ₁
4 minggu	120	1,93 ^{ab} ± 0,11	1,87 ^{ab} ± 0,09	2,20 ^b ± 0,32	2,00 ^{ab} ± 0,13	2,00 ^{ab} ± 0,09	1,93 ^{ab} ± 0,06	1,86 ^{ab} ± 0,09	1,69 ^a ± 0,12
6 minggu	120	2,33 ^a ± 0,12	2,27 ^a ± 0,15	2,33 ^a ± 0,18	2,31 ^a ± 0,13	2,13 ^a ± 0,91	2,13 ^a ± 0,91	2,07 ^a ± 0,71	2,46 ^a ± 0,18
8 minggu	120	2,87 ^{ab} ± 0,13	2,80 ^{ab} ± 0,10	3,33 ^b ± 0,28	3,82 ^{ab} ± 0,18	2,67 ^a ± 0,12	3,00 ^{ab} ± 0,09	3,00 ^{ab} ± 0,21	3,08 ^{ab} ± 0,28
10 minggu	120	2,93 ^{ab} ± 0,15	2,73 ^a ± 0,12	3,40 ^b ± 0,27	3,09 ^{ab} ± 0,91	2,87 ^{ab} ± 0,16	3,13 ^{ab} ± 0,09	3,07 ^{ab} ± 0,19	3,23 ^{ab} ± 0,23
12 minggu	120	3,27 ^a ± 0,2	3,20 ^a ± 0,14	3,80 ^a ± 0,20	3,36 ^a ± 0,15	3,29 ^a ± 0,16	3,33 ^a ± 0,12	3,29 ^a ± 0,19	3,46 ^a ± 0,26
13 minggu	120	3,60 ^{ab} ± 0,21	3,53 ^a ± 0,13	4,27 ^b ± 0,33	4,00 ^{ab} ± 0,13	3,64 ^{ab} ± 0,13	3,87 ^{ab} ± 0,16	3,64 ^{ab} ± 0,16	3,77 ^{ab} ± 0,28
14 minggu	120	3,80 ^{ab} ± 0,22	3,53 ^a ± 0,19	4,40 ^b ± 0,32	4,18 ^{ab} ± 0,18	3,86 ^{ab} ± 0,14	4,40 ^b ± 0,21	3,93 ^{ab} ± 0,19	4,31 ^b ± 0,28
15 minggu	120	4,00 ^{ab} ± 0,25	3,67 ^a ± 0,15	4,67 ^b ± 0,33	4,09 ^{ab} ± 0,15	4,07 ^{ab} ± 0,16	4,47 ^b ± 0,16	4,14 ^{ab} ± 0,23	4,23 ^{ab} ± 0,28
16 minggu	120	4,40 ^a ± 0,28	4,27 ^a ± 0,20	5,27 ^b ± 0,35	4,91 ^{ab} ± 0,10	4,36 ^a ± 0,16	4,93 ^{ab} ± 0,18	4,36 ^a ± 0,28	4,77 ^{ab} ± 0,32
17 minggu	120	4,67 ^a ± 0,28	5,00 ^{ab} ± 0,37	5,67 ^b ± 0,42	5,72 ^{ab} ± 0,14	4,93 ^{ab} ± 0,19	4,93 ^{ab} ± 0,20	5,00 ^{ab} ± 0,27	4,92 ^{ab} ± 0,34
18 minggu	120	5,00 ^{ab} ± 0,27	5,27 ^b ± 0,38	6,27 ^c ± 0,48	5,09 ^b ± 0,21	4,71 ^a ± 0,16	5,40 ^b ± 0,16	5,00 ^{ab} ± 0,25	5,31 ^b ± 0,34

Ket erangan:

- SE = *standard error*
- *N = jumlah tanaman yang diinokulasi
- *G₀B₀ = tanpa *Ganoderma*, tanpa mikroba antagonis (kontrol); G₀B₁= tanpa *Ganoderma*, dengan *S. rhizophila*; G₀T₁= tanpa *Ganoderma*, dengan *Trichoderma*;
- G₀K₁ = tanpa *Ganoderma*, dengan konsorsium mikroba antagonis, G₁B₀= *Ganoderma*, tanpa *S. rhizophila*; G₁B₁= dengan *Ganoderma* dan *S. rhizophila*;
- G₁T₁ = dengan *Ganoderma* dan *Trichoderma*; G₁K₁= dengan *Ganoderma* dan konsorsium mikroba antagonis
- Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda signifikan.

ditumbuhkan tanpa *Ganoderma* dan dengan *Trichoderma* (G_0T_1) dengan rerataan sebesar $15,03 \pm 2,63$ cm (Tabel 4). Pengamatan jumlah klorofil berbanding terbalik dengan hasil pengamatan tinggi tanaman dan jumlah daun. Ukuran daun tidak menentukan kuantitas klorofil. Pada perlakuan kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *Ganoderma* dan dengan *Trichoderma* (G_0T_1), daun yang dihasilkan memiliki ukuran yang lebih besar namun warna hijau pada daunnya tidak terlalu pekat, sedangkan pada perlakuan kelapa sawit yang ditumbuhkan tanpa *Ganoderma* dan dengan bakteri *S. rhizophila* (G_0B_1) walaupun memiliki daun dengan ukuran yang relatif kecil, namun memiliki warna hijau yang lebih pekat pada daunnya.

Pengujian keparahan dan kejadian penyakit juga dilakukan untuk melihat seberapa besar kemampuan patogen *Ganoderma* dalam menyerang tanaman kelapa sawit. Hingga minggu ke-18 sejak kelapa sawit ditanam, kejadian dan keparahan penyakit tercatat bervariasi pada tiap-tiap perlakuan. Kejadian penyakit tertinggi terdapat pada perlakuan G_1B_0 sebesar 28% dan keparahan penyakit sebesar 18%. Skoring tertinggi untuk keparahan penyakit sebesar 2 (lebih dari tiga helai daun klorosis/nekrosis) (Tabel 6). Untuk melihat keparahan penyakit minimal dilakukan hingga usia kelapa sawit mencapai kurang lebih satu tahun dari penanaman. Untuk mencapai tumbuhnya tubuh buah *Ganoderma* pada batang kelapa sawit dibutuhkan waktu yang cukup lama, kurang lebih sekitar satu tahun dari

penanaman kelapa sawit.

Penggunaan *Trichoderma* mampu meningkatkan pertumbuhan tinggi dan jumlah daun tanaman kelapa sawit di rumah kaca dibandingkan perlakuan lainnya. *Trichoderma* merupakan jamur tanah yang berperan dalam menguraikan bahan organik tanah, dimana bahan organik tanah ini mengandung beberapa komponen zat seperti N, P, S dan Mg dan unsur hara lain yang dibutuhkan tanaman dalam pertumbuhannya. *Trichoderma* dapat menguraikan posfat dari Al, Fe dan Mn.

Beberapa mikroba antagonis biasanya mampu mengatasi efek fungistatis tanah yang berasal dari metabolit yang dihasilkan oleh spesies lain, termasuk tanaman, dan dapat hidup pada kondisi ekstrem pada lingkungan yang tidak menguntungkan. *Trichoderma* tumbuh dengan cepat di dalam tanah, karena mereka secara alami resisten terhadap berbagai senyawa beracun, termasuk herbisida, fungisida dan insektisida seperti DDT, dan senyawa fenolik.

Inokulasi bakteri *S. rhizophila* dapat meningkatkan jumlah klorofil pada tanaman kelapa sawit. Menurut Anggarwulan et al. (2008) bakteri yang dikemas dalam bentuk pupuk hayati lebih efektif dalam meningkatkan pertumbuhan, pembentukan nutrisi, kandungan klorofil dan produksi biomassa. Mikroba antagonis dapat mempengaruhi proses metabolisme sehingga dapat meningkatkan suplai P, dan konsentrasi P yang tinggi akan meningkatkan penambatan nitrogen. Kadar klorofil dapat dijadikan indikator sensitif pada kondisi fisiologis tumbuhan, karena kandungan klorofil berkorelasi positif dengan kandungan nitrogen daun, sehingga dapat

Tabel 5. Jumlah klorofil tanaman kelapa sawit pada minggu ke 18 pasca tanam

No.	Perlakuan	N	Jumlah klorofil
			(rerataan \pm SE)
1	G_0B_0	15	$18,41^{ab} \pm 3,04$
2	G_0B_1	15	$28,05^c \pm 2,95$
3	G_0T_1	15	$15,03^a \pm 2,63$
4	G_0K_1	15	$20,58^b \pm 1,69$
5	G_1B_0	15	$22,26^b \pm 2,83$
6	G_1B_1	15	$22,17^b \pm 2,05$
7	G_1T_1	15	$19,91^{ab} \pm 2,90$
8	G_1K_1	15	$22,59^{bc} \pm 3,47$

Tabel 6. Indeks kejadian dan keparahan penyakit busuk pangkal batang pada minggu ke-20

No.	Perlakuan	% Kejadian Penyakit	% Keparahhan Penyakit
		1	G_0B_0
2	G_0B_1	0%	0%
3	G_0T_1	0%	0%
4	G_0K_1	7%	9%
5	G_1B_0	28%	18%
6	G_1B_1	13%	13%
7	G_1T_1	7%	7%
8	G_1K_1	13%	16%

dijadikan indikator laju fotosintesis. Jika pada tanaman mengalami peningkatan laju fotosintesis maka semakin banyak karbohidrat yang terbentuk. Unsur P dalam tanah berperan penting dalam meningkatkan efisiensi kerja kloroplas yang berfungsi sebagai penyerap energi matahari dalam proses fotosintesis, hal tersebut dikarenakan unsur P berperan aktif mentransfer energi dalam sel tanaman. Energi yang dihasilkan dalam proses fotosintesis disebarkan pada jaringan-jaringan tanaman yang mengakibatkan terjadinya pembelahan sel untuk membentuk anakan baru.

Berdasarkan keseluruhan percobaan, perlakuan dengan menggunakan *Trichoderma* menunjukkan hasil yang paling baik dibandingkan perlakuan lainnya. *Trichoderma* telah diakui sebagai mikroba yang baik untuk pertumbuhan tanaman dan sebagai biokontrol untuk menghambat pertumbuhan dari mikroba patogen lainnya terutama jamur.

KESIMPULAN

Bakteri *S. rhizophila* yang diregenerasi sebanyak 6 kali tidak menurunkan kemampuan bakteri dalam menghambat pertumbuhan *G. boninense*. Berdasarkan hasil pengujian, tidak terdeteksi bahwa bakteri *S. rhizophila* memiliki aktivitas enzim kitinase, namun memiliki kemampuan menghasilkan enzim selulase dengan indeks selulase sebesar 0,46. Pada pengujian di rumah kaca, bakteri *S. rhizophila* mampu meningkatkan jumlah klorofil dan *Trichoderma* sp. unggul dalam meningkatkan tinggi tanaman dan jumlah daun tanaman kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah F, Ilias GNM, Nelson M, Izzati NAMZ, Yusuf UK (2003) Disease assessment and the efficacy of *Trichoderma* as a biocontrol agent of basal stem rot of oil palms. Res Bul Sci Putra 11: 31-33

Alexander A, Dayou J, Chong KP (2015) Morphological changes of *Ganoderma boninense* mycelia after challenged by *Trichoderma* and *Bacillus*. AIP Conference Proceedings 1669: 020075

Anggarwulan E, Solichatun, Mudyantini W (2008) Karakter fisiologi kimpul (*Xanthosoma sagittifolium* (L.) Schott) pada variasi naungan dan ketersediaan air. Biodiversitas 9: 264-268. doi: 10.13057/biodiv/d090405

Dirjen Perkebunan (2015) Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2014-2016. Kementerian Pertanian

El-Katatny MH, Gudelj M, Robra KH, Elnaghy MA, Gübitz GM (2001). Characterization of a chitinase and an endo- β -1, 3-glucanase from *Trichoderma harzianum* Rifai T24 involved in control of the phytopathogen *Sclerotium rolfsii*. Appl Microbiol Biotechnol 56: 137-143. PMID: 11499921

Harris LK, Theriot JA (2016) Relative rates of surface and volume synthesis set bacterial cell size. Cell 165: 1479-1492. doi: 10.1016/j.cell.2016.05.045

Haryati T, Marbun PA, Purwadaria T (2010) Preservasi xilanase *Bacillus pumilus* PU4-2 dengan teknik imobilisasi pada pollard dan penambahan kation. JITV 15: 63-71

Musa H, Ali NBS (2017) *Trichoderma* spp consortium and its efficacy as biological control agent of Ganoderma disease of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacquin). World Academy of Science, Engineering and Technology. Proceeding 19th International Conference on Forest Mycology and Plant Pathology. November 13-14, 2017, Tokyo

Naher L, Yusuf UK, Siddiquee S, Ferdous J, Rahman MA (2012) Effect of media on growth and antagonistic activity of selected *Trichoderma* strains against *Ganoderma*. Afr J Microbiol Res 6: 7449-7453. doi: 10.5897/AJMR12.1216

Naher L, Yusuf UK, Ismail A, Tan SG, Mondal MMA (2013) Ecological status of *Ganoderma* and basal stem rot disease of oil palms (*Elaeis guineensis* Jacq.). Aust J Crop Sci 7: 1723-1727

Naher L, Mokhtar SI, Sidek N (2015). *Trichoderma harzianum* T32 growth and antagonistic performance against *Ganoderma boninense* on different culture media. Pp 33-35. Proceeding

- 3rd International Conference on Biological, Chemical and Environmental Sciences (BCES-2015). September 21-22, 2015, Kuala Lumpur Malaysia
- Paterson RRM (2007) Ganoderma disease of oil palm: A white rot perspective necessary for integrated control. *Crop Protect* 26: 1369-1376. doi: 10.1016/j.cropro.2006.11.009
- Susanto A (2011) *Ganoderma* di perkebunan kelapa sawit dari waktu ke waktu. Simposium Nasional dan Lokakarya *Ganoderma*: Sebagai Patogen Penyakit Tanaman dan Bahan Baku Obat Tradisional. 2-3 November 2011, Bogor
- Umrah, Anggraeni T, Esyanti RR, Aryantha INP (2009) Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao. *Agroland* 16: 9-16. doi: 10.22487/J.24077607.2009.v16.i1.211
- Yaqub F, Shahzad S (2011) Efficacy and persistence of microbial antagonists against *Sclerotium rolfsii* under field conditions. *Pak J Bot* 43: 2627-2634
- Ziedan EH, Elewa IS, Mostafa MH, Sahab AF (2011) Application of mycorrhizae for controlling root diseases of sesame. *J Plant Protect Res* 51: 355-361. doi: 10.2478/v10045-011-0058-0