
BIOFARM
Jurnal Ilmiah Pertanian
ISSN Print: 0216-5430; ISSN Online: 2301-6442
Vol. 15, No. 1, April 2019

Pengendalian Penyakit Karat Tumor pada Semaian Sengon dengan *Bacillus subtilis* Formula Mikroenkapsulasi

Tumor Rust Disease Control in Sengon Seedlings with Bacillus subtilis Microencapsulation Formulas

Rahayu Saraswati*
Cabang dinas Kehutanan Wilayah V DLHK Provinsi Jawa Tengah
*Korespondensi Penulis: mahersi.saraswati@gmail.com

ABSTRAK

Penelitian dilaksanakan di laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman dan di persemaian desa Bantarbolang Kab. Pemalang. Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Lengkap dan Rancangan Acak Berkelompok. Variabel yang diamati adalah jumlah koloni bakteri yang tumbuh dalam formula mikroenkapsulasi, jumlah spora yang berkecambah dan jumlah semai yang menunjukkan gejala penyakit karat tumor. Hasil penelitiannya adalah ukuran butiran mikroenkapsulan bakteri B211 dan B209 adalah 0,05 – 0,1 mm, bakteri B211 di dalam formula mikroenkapsulan dapat bertahan selama 4 minggu dan mikroenkapsulan B209 bertahan hidup selama 5 minggu, daya hidupnya menurun dengan rata-rata koloni pada minggu keempat pengamatan adalah B211 7,79.106 cfu/g formula dan B209 10,01.106 cfu/g formula, B. subtilis dapat menghambat perkecambahan spora jamur U. tepperianum yang menyebabkan penyakit karat tumor pada sengon, isolat B211 menghambat perkecambahan 100% dan B209 konsentrasi 1 gL-1 menghambat 93% sedangkan konsentrasi 2 gL-1 menghambat 87,53%, masa inkubasi tercepat adalah 30 hari dan intensitas gejala penyakit rata-rata sebesar 1,2%. Perlakuan dengan pemberian isolat B211 maupun B209 tidak berpengaruh nyata pada munculnya gejala penyakit.

Kata kunci: penyakit karat tumor, spora, mikroenkapsulan

ABSTRACT
The research was conducted at the Plant Protection laboratory, Faculty of Agriculture, Jenderal Sudirman University and in the Bantarbolang village nursery, Kab. Pemalang. The design used was a completely randomized design and randomized group design. The variables that are known are the number of bacterial colonies that grow in microencapsulation formulas, the number of spores that occur and the number of seedlings that show symptoms of rust tumors. The results of this study were the microencapsular granules size of B211 and B209 were 0.05 - 0.1 mm, B211 bacteria in the microencapsular formula could last for 4 weeks and microencapsules B209 survived for 5 weeks, life force decreased with the average colony in the week B2 is 7,9,10,106 cfu / g formula and B209 10,01,106 cfu / g formula, B. subtilis can inhibit the germination of fungal spore fungi. in accordance with rust tumors in sengon, B211 isolates inhibited 100% germination and B209 concentration of 1 gL-1 inhibited 93% while concentration of 2 gL-1 directed 87.53%, the fastest incubation period was 30 days and clinical symptoms averaged 1 , 2%. Treatment by eating isolates B211 or B209 cannot make a reality.

Keywords: *rust disease of tumors, spores, microencapsules*

PENDAHULUAN

Gejala penyakit karat tumor yang paling kelihatan adalah adanya benjolan berbentuk bulat pada batang, cabang atau ranting pohon. Karat tumor disebabkan oleh jamur karat yaitu Uromycladium tepperianum. Jamur karat tumor mudah menginfeksi tanaman muda yang jaringannya masih aktif (Rahayu, 2014). Pengendalian yang sering dilakukan adalah pengedalian secara mekanik dan kimiawi.

Pengendalian dengan cara membuang/mengerok karat puru kemudian mengubur atau membakarnya adalah pengendalian mekanik (Anggraeni et al., 2011). Pengendalian secara kimiawi sejauh ini adalah dengan menyemprot atau mengoles bagian yang terkena jamur karat tumor dengan fungisida, salah satunya dengan campuran belerang, kapur dan garam dapur yang dilarutkan dalam air (Abidin et al., 2012).

Pengendalian menggunakan agen biokontrol belum popular dilakukan, padahal untuk pengendalian hama ulat penggerek batang sudah menggunakan bakteri Bacillus thuringiensis. Beberapa jenis bakteri dari genus Bacillus seperti Bacillus subtilis merupakan bakteri yang dapat dimanfaatkan sebagai pengendali penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur.

Bacillus subtilis adalah salah satu bakteri antagonis. Bakteri antagonis adalah bakteri yang mempunyai sifat mampu mengendalikan pathogen dan meningkatkan pertumbuhan tanaman yang disebut juga dengan PGPR (Plant growth promoting rhizobacteria) (Prihatiningsih et al., 2017). B. subtilis dapat menghambat perkem- bangan pathogen melalui mekanisme persaingan, antibiosis dan pemacuan pertumbuhan (Suriani & Muis, 2016).

Bakteri B. subtilis yang sudah dimurnikan tentunya tidak selalu langsung diaplikasikan, sehingga perlu formula atau medium penyimpanan yang tepat Salah satu cara metode penyimpanan bahan adalah dengan metode enkapsulasi (Schisler et al., 2004). Enkapsulasi adalah suatu proses pembungkusan (coating) suatu bahan inti menggunakan bahan enkapsulasi tertentu yang bermanfaat mempertahankan viabilitas dan melindungi bakteri dari kerusakan akibat kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan (Sumanti et al., 2016). Bahan penyalut yang dipilih adalah susu skim, maltodextrin dan CMC (Carboxymethylcellulose). Menurut Rizqiati (2006) penggunaan protein sebagai penyalut dapat mempertahankan ketahanan bakteri, sedangkan penggunaan karbohidrat sebagai bahan penyalut dapat memperbaiki tekstur pada mikrokapsul serta dapat mempertahankan ketahanan bakteri. Susu skim merupakan protein dan maltodextrin merupakan karbohidrat. Pemilihan bahan penyalut ini karena mudah didapatkan dan juga murah.

BAHAN DAN METODE

Percobaan dilakukan di laboratorium Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Unsoed dan di persemaian desa Bantarbolang Kab. Pemalang. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai bulan Juli 2018. Bahan yang digunakan adalah 15 g maltodextrin, 5 g susu skim, 10 g CMC, 105 mL air steril, 10 ml suspensi bakteri dalam medium YP cair, 150 g kecambah, 20 g agar-agar, 10 g glukosa, 1 L air suling, 4,25 g NaCl, 500 mL air 1 g B. subtilis isolat B211 dan B209 dalam formula mikroenkapsulasi, alkohol 70%, 40 g kerokan karat tumor, 3 g formula B211, 3 g formula B209 dan air 4 L, 81 semai sengon umur 3 minggu, medium tanam berupa campuran sekam padi, pupuk kandang dan tanah, plastik untuk sungkup dan bambu.Alat yang dibutuhkan adalah 2 erlenmeyer 250 mL, 5 pengaduk kaca, 1 gelas ukur 50 mL, 6 nampan plastik, 2 botol kaca, 1 gelas beker 1000 mL, 2 panci aluminium, 1 saringan, 5 botol kaca kapasitas 100 mL, 1 gelas beker 500 mL, 1 erlenmeyer 500 mL, 12 tabung reaksi, 1 rak tabung reaksi, 18 cawan petri, 1 mikropipet, 2 drigalski, 1 Vortex, 1 lampu spiritus, 12 jarum suntik ukuran 1 mL, 2 gelas beker 100 mL, 25 botol plastik kecil, 1 pisau, 1 sikat kawat, 2 sendok pengaduk, 1 mikroskop, 5 mangkok plastic, 1 kotak kontainer kecil, 5 handsprayer, 1 sikat kawat dan 5 kuas kecil. Rancangan Percobaan yaitu dengan pembuatan formula mikroenkapsulasi bakteri dan Pengujian daya tahan bakteri B. subtilis isolat B211 dan B209 dalam formula. Percobaan pertama dilakukan dengan skala cawan petri di laboratorium. Perlakuan yang dicoba yaitu isolat B211 dan B209 yang disimpan selama 1, 2, 3, 4 dan 5 minggu. Rancangan lingkungan yang digunakan adalah RAL (Rancangan Acak Lengkap), masing-masing perlakuan 9 ulangan. Pengujian perkecambahan spora jamur U. tepperianum dengan perlakuan biopestisida formula mikroenkapsulasi bakteri B. subtilis isolat B211 dan B209.

Percobaan dilakukan di laboratorium dengan rancangan lingkungan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan yang dicob-akan yaitu isolat bakteri B. subtilis isolat B211 x konsentrasi spora jamur U. tepperianum 1 g.L-1, isolat B209 x konsentrasi spora jamur U. tepperianum 1 g.L-1, isolat B211 x konsentrasi spora jamur U. tepperianum 2 g.L-1 isolat B209 x konsentrasi spora jamur U. tepperianum 2 g.L-1 dan kontrol. Ulangan setiap perlakuan sebanyak 5 kali. Pengujian kemampuan mikroenkapsulan B. subtilis isolat B211 dan B209 dalam pengendalian karat tumor pada semai sengon umur 3 minggu. Percobaan dilaksanakan di persemaian dengan menggunakan sungkup plastik skala pot/-polybag. Rancangan lingkungannya adalah Rancangan Acak Kelompok Lengkap (RAKL). Faktor yang diperhatikan ada 2 yaitu Spora jamur U. tepperianum (A) dan isolate bakteri (B), A0 = tanpa spora jamur U. tepperianum , A1 = spora jamur U. tepperianum 4.106, A2 = spora jamur U.

tepperianum 4.105, B0 = tanpa bakteri, B1 = mikroenkapsulan isolat B211, dan B2 = mikroenkapsulan isolat B209. Perlakuan yang dicobakan adalah kontrol (A0B0), tanpa spora jamur U. tepperianum x isolat B211 (A0B1) , tanpa spora jamur U. tepperianum x mikroenkapsulan isolat B209 (A0B2), spora jamur U. tepperianum 4.106 spora.mL-1 x tanpa bakteri (A1B0), spora jamur U. tepperianum 4.106 spora.mL-1 x mikroenkapsulan isolat B211 (A1B1), spora jamur U. tepperianum 4.106 spora.mL-1 x mikroenkapsulan isolat B209 (A1B2), spora jamur U. tepperianum 4.105 spora.mL-1 x tanpa bakteri (A2B0), spora jamur U. tepperianum 4.105 spora.mL-1 x mikroenkapsulan isolat B211 (A2B1) dan spora jamur U. tepperianum 4.105 sporamL-1 x mikroenkapsulan isolat B209 (A2B2). Setiap perlakuan 3 ulanga.

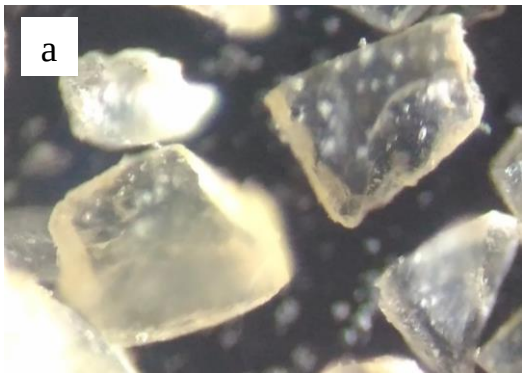
HASIL dan PEMBAHASAN

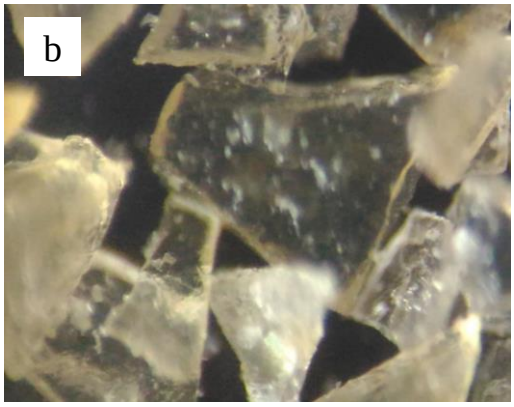
A. Pembuatan Formula Mikroenkapsulan Bakteri

Hasil pembuatan formula enkapsulasi bakteri dapat dilihat pada Gambar 1 - 2. Pengeringan enkapsulan bakteri dilakukan selama 3 hari pada suhu 35 - 40ºC dalam oven. bakteri ini relatif mudah dibiakkan sehingga dapat dikembangkan secara industry, dapat bertahan pada suhu -5 sampai 75ºC, waktu penggandaan atau waktu generasi adalah 28,5 menit pada suhu 40ºC (Soesanto, 2008). Setelah dilakukan pengeringan maka enkapsulan bakteri dihaluskan.



Gambar.1. Butiran mikroenkapsulasi bakteri B. subtilis





Gambar 2. Partikel mikroenkapsulasi bakteri B. subtilis perbesaran 100x (a)isolat B211, (b) isolat B209

Bentuk serbuk mikroenkapsulan bakteri B. subtilis isolat B211 dan B209 tidak beraturan dan ukurannya bervariasi antara 0,05 – 0,1 mm. Menurut Rizqiati (2006) mikrokapsul mempunyai ukuran dari sub mikron hingga beberapa millimeter serta mempunyai bentuk yang bervariasi tergantung pada bahan dan cara pembuatannya.

B. Pengujian Daya Tahan Bakteri B. subtilis Isolat B211 dan B209 dalam Formula Mikroenkapsulasi.

Pemilihan bahan penyalut merupakan faktor yang penting dalam proses mikroenkapsulasi karena akan melindungi bahan inti (Sumanti et al, 2016). Daya tahan B. subtilis dalam formula mikroenkapsulasi mengalami penurunan selama penyimpanan seperti tersaji dalam Tabel 1.

Jumlah koloni tiap isolat B. subtilis yang tumbuh tiap waktu pengamatan berbeda nyata. Zat makanan yang terkandung dalam fomula akan semakin berkurang sehingga mempengaruhi jumlah bakteri yang bertahan hidup. Faktor yang

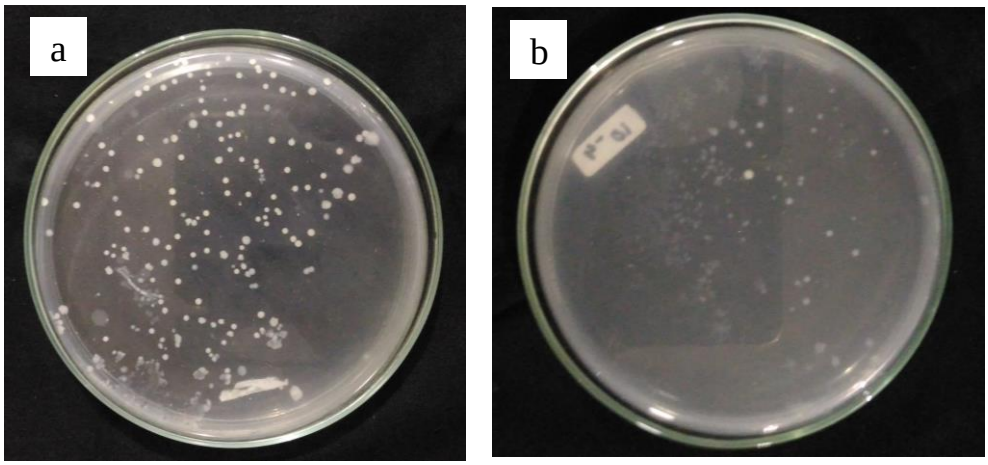
mempengaruhi pertumbuhan bakteri selain kandungan nutrisi dalam medium adalah aerasi, agitasi, pH, suhu dan lama penyimpanan (Suriani & Muis, 2016).

Lama penyimpanan juga berpengaruh nyata pada jumlah koloni bakteri yang tumbuh pada setiap waktu pengamatan. Waktu penyimpanan akan memperbanyak eksudat bakteri dan berpengaruh pada kondisi zat penyalut sebagai sumber energi dan pelindung bakteri. Perbedaan suhu dan lama penyimpanan suatu formula dapat mempengaruhi konsentrasi nutrisi sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan mikroba (Suriani & Muis, 2016). Koloni bakteri yang tumbuh pada waktu pengamatan dapat dilihat pada Gambar 3.

Tabel 1. Jumlah koloni B. subtilis isolat B211 dan B209 pada pengujian daya tahan dalam bentuk mikrienkapsulan

Waktu simpan (minggu)	Jumlah koloni B. subtilis dalam formula mikroenkapsulasi (10^6 cfu/g formula)	
	B211	B209
I	402,22 a	126,67 ab
II	3,44 ab	119,72 bc
III	23,59 ab	20,13 abc
IV	10,01 abc	7,79 bc
V	0 c	7,91 bc

Keterangan : Angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata menurut Uji Jarak Ganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Data jumlah koloni bakteri ditransformasi menggunakan (log X) + 0,5 ditransformasi lagi menggunakan √transformasi1 sampai dua kali transformasi.



Gambar 3. Koloni bakteri B. subtilis, isolat B211 (a), isolat B209 (b)

C. Pengujian perkecambahan spora jamur U. tepperianum dengan perlakuan biopestisida formula mikroenkapsulan B. subtilis isolat B211 dan B209.

Berdasarkan dari hasil pengamatan perkecambahan spora jamur U. tepperianum maka dapat terlihat bahwa kontrol berbeda nyata dengan spora yang mendapat perlakuan bakteri B. subtilis isolat B211 dan B209. Persentase perkecambahan dan efektifitas penghambatan disajikan dalam Tabel 3.

Pengamatan perkecambahan spora jamur karat dilakukan 24 jam setelah dilakukan pengecambahan. Spora jamur karat yang berkecambah pada kontrol sebanyak 13,39% dari total spora, kemampuan perkecambahan spora jamur U. tepperianum rendah. Faktor yang mempengaruhi perkecambahan spora adalah air dan oksigen. Teliospora yang berkecambah membentuk basidiospora. Pada kondisi lingkungan yang sesuai terutama kelembaban di atas 95% pembentukan basidiospora hanya memerlukan waktu kurang dari 10 jam

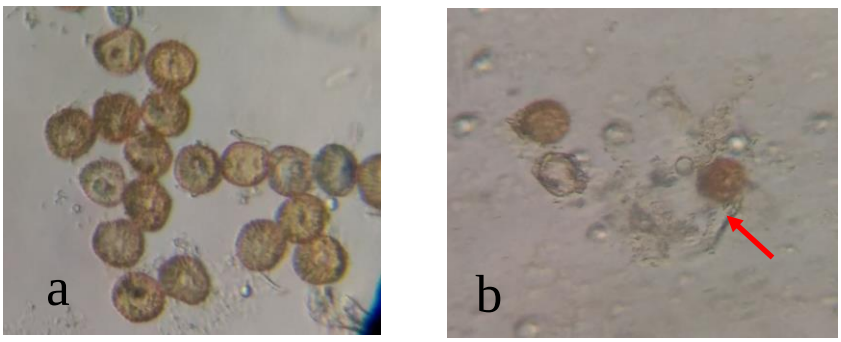
Tabel 2. Persentase perkecambahan spora jamur U. tepperianum dan efektifitas penghambatan perkecambahan B. subtilis Isolat B211 dan B209

Perlakuan	Perkecambahan (%)	Efektifitas penghambatan (%)
Kontrol	13,39 a	0 a
B211 konsentrasi 1 g.L-1	0,00 b	100 b
B211 konsentrasi 2 g.L-1	0,00 b	100 b
B209 konsentrasi 1 g.L-1	0,91 b	93,2 b
B209 konsentrasi 2 g.L-1	1,67 b	87,5 b

Keterangan : angka pada kolomyang sama diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata antar perlakuan pada uji jarak Ganda Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Data sebelum dianalisis ditransformasikan ke arc sin √0,5+X

(Rahayu, 2014). Teliosopra dan basidospora yang berkecambah dapat dilihat pada gambar 4.

Tanaman berespon terhadap pathogen dengan mempertahankan diri, salah satu responnya yaitu hipersensitif/nekrosis dengan cara mempercepat kematian sel. Lestari & Prihatiningsih (2017) menyatakan bahwa isolat bakteri B. subtilis B211 menghasilkan enzim kitinase. Enzim kitinase mendegradasi kitin yang terdapat dalam dinding sel jamur sehingga menyebabkan lisisnya dinding sel jamur tersebut. Bakteri B. subtilis juga dapat menghambat perkecambahan konidium dan pembentukan apresorium pathogen, serta menghambat perkembangan haustorium dan pemanjangan miselium (Suriani & Muis, 2016). Gambar dinding spora yang mengalami lisis ditunjukkan pada Gambar 5.

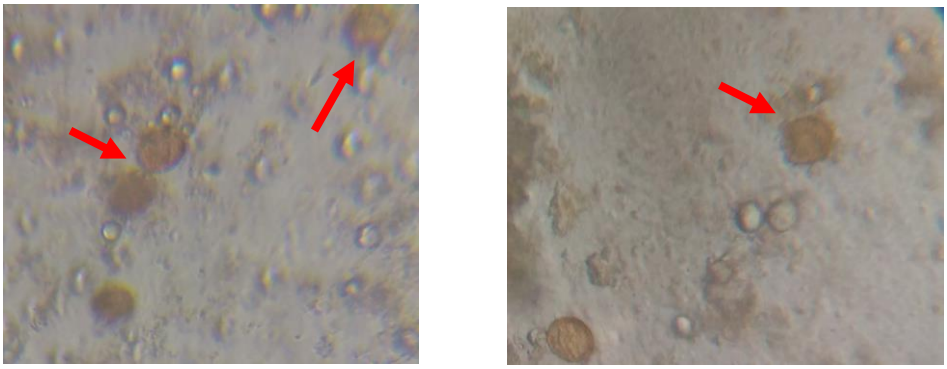


Gambar 4. Spora jamur U. tepperianum (a), Teliospora yang sudah berkecambah membentuk basidospora (b), gambar diambil dengan perbesaran 400x

Bentuk spora yang tidak beraturan karena pengaruh fungisida akan mempengaruhi kemampuan berkecambah dan menginfeksi tanaman. Spora yang terpapar fungisida sebagian ada yang mampu berkecambah tetapi tidak mampu melakukan infeksi (Rahayu, 2014).

D. Pengujian kemampuan mikroen kapsulan B. subtilis isolat B211 dan B209 dalam pengendalian penyakit karat tumor pada semai sengon.

Hasil dari pengamatan perkembangan kondisi semai di persemaian dapat dilihat pada Tabel 3. Suhu udara di dalam sungkup setelah inkubasi antara 23,7 dan 31,7ºC dan kelembaban udaranya antara 59 dan 94%. Berdasarkan penelitian Wiryadiputra (2007) gejala karat tumor banyak ditemukan sekitar bulan Februari sampai dengan Juni 2005, suhu udara pada waktu jam 06.00 adalah 16,2 – 21,9ºC, suhu pada jam 14.00 adalah 23,7 – 24,4ºC dan suhu pada jam 18.00 adalah 19,7 – 21,1ºC. Wiryadiputra juga menyatakan kelembaban relatif pada kurun waktu pengamatan tersebut sekitar 71,4% sampai dengan 100%. Lapisan air yang diam pada permukaan jaringan tanaman sekurang - kurangnya 2 jam merupakan syarat utama untuk memacu perkecambahan teliospora menjadi basidiospora. Kabut yang terjadi pada malam hari dapat menjaga tersedianya air yang dibutuhkan. Intensitas cahaya matahari yang tinggi dapat menghambat perkecambahan (Rahayu, 2014). Basidispora yang terbentuk dari perkecambahan spora yang dapat melakukan penetrasi dan menginfeksi jaringan tanaman.



Gambar 5. Spora jamur U. tepperianum yang mengalami lisis (ditunjukkan panah warna merah) karena dinding selnya didegradasi oleh bakteri B. subtilis

Basidiospora melakukan penetrasi menembus epidermis melalui lubang-lubang alami seperti stomata, retakan epidermis maupun lentisel (Serdani, 2001 dalam Rahayu, 2014). Basidiospora yang sudah menetrasi sel jaringan tanaman akan membentuk pikniaspora atau badan buah berupa pustul atau spot berwarna coklat.

Gejala penyakit karat tumor merupakan hasil dari reaksi tanaman terhadap patogen. Reaksi tanaman biasanya berupa pertumbuhan yang tidak normal, hal ini karena hormon atau enzim yang dikeluarkan jamur karat tumor merangsang pembentukan sel yang berlebihan. Semai yang menunjukkan munculnya gejala awal perkembangan penyakit karat tumor sangat sedikit. Semai yang memunculkan gejala penyakit karat tumor dapat dilihat pada gambar 6.

Tabel 3. Masa inkubasi, pertambahan tinggi dan intensitas penyakit pada semai sengon di persemaian

Perlakuan	Masa Inkubasi (hsi)	Pertambahan tinggi semai (cm)	Intensitas penyakit (%)
A_0B_0	0,0	1,5	0,0
A_0B_1	0,0	-0,1	0,0
A_0B_2	0,0	0,2	0,0
A_1B_0	3,3	1,7	1,2
A_1B_1	3,3	1,4	1,2
A_1B_2	3,3	0,6	1,2
A_2B_0	0,0	0,2	0,0
A_2B_1	3,3	1,0	1,2
A_2B_2	3,3	-0,1	1,2



Gambar 6. Daun pada semai kaku dan menebal ditunjukkan oleh anak panah merah (gejala awal terjadinya penyakit karat tumor pada semai umur < 1 tahun)

Berdasarkan data pertambahan tinggi tanaman selama masa pengamatan maka dari semua perlakuan maka pada perlakuan dengan mikroenkapsulan B211 dan kontrol berbeda nyata dengan perlakuan B209 dan tanpa bakteri. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Wulansari et al. (2017) maka aplikasi perlakuan B211 terhadap tanaman cabe menunjukkan kemampuan meningkatkan tinggi tanaman yang terbaik dan juga meningkatkan diameter dan luas daun dengan angka tertinggi. Hal ini disebabkan karena kemampuan setiap mikroorganisme berbeda dalam mensintesis hormon pertumbuhan yaitu IAA (Indole acetate acid) dan giberelin.

SIMPULAN

1. Bentuk butiran mikroenkapsulan bakteri B. subtilis isolate B211 dan B209 tidak beraturan dan ukurannya bervariasi antara 0,05 – 0,1 mm.
2. Bakteri B. subtilis isolat B211 di dalam formula mikroenkapsulasi dapat bertahan 4 minggu dan isolat B209 bertahan selama 5 minggu, daya hidupnya menurun dengan rata-rata koloni pada minggu keempat pengamatan adalah B211 7,79.106 cfu/g formula dan B209 10,01.106 cfu/g formula.
3. Bakteri B. subtilis dapat menghambat perkecambahan spora jamur U. tepperianum (yang menyebabkan penyakit karat tumor pada sengon), isolat B211 menghambat perkecambahan 100%, B209 konsentrasi 1 gL-1 meng- hambat perkambahan 93% dan B209 konsentrasi 2 gL-1 menghambat 87,53%.
4. Masa inkubasi tercepat adalah 30 hari dan intesitas penyakit rata-rata 1,2%. Perlakuan dengan pemberian mikroenkapsulan B211 dan B209 tidak mempegaruhi terhadap munculnya gejala penyakit pada tingkat semai di persemaian.

DAFTAR PUSTAKA

Abidin, AZ., V. Winarto & IS., Fatmawati. 2012. Pengendalian Karat Puru (Karat Tumor) pada Sengon. Badan Penyuluhan dan Pengembanagn SDM Kehutanan, Pusat Penyuluhan Kehutanan, Kememtrian Kehutanan. Jakarta.

Anggraeni, I. & NE. Lelana,. 2011. Penyakit karat tumor pada sengon. Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan. Jakarta

Lestari, P. & N. Prihatiningsih. 2017. Kemamouan Bacillus subtilis B211 dalam Menghasilkan Enzim Kitinase Ekstraseluler. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian VII. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta

Prihatiningsih, N., Djatmika, HA., & Lestari, P., 2017. Aktivitas Siderofor Bacillus subtilis sebagai Pemacu Pertumbuhan dan Pengendali Patogen Tanaman Terung. J. HPT Tropika.17 : 170 – 178.

Prihatiningsih, N. & P. Lestari. 2017. Kemampuan Bacillus subtilis B211 dalam Menghasilkan Enzim Kitinase Ekstraselular. Prosiding Seminar Nasional Hasil Penelitian Pertanian VII. Hal : 298 – 303.

Rahayu, S. 2014. Strategi Pengelolaan Penyakit Tanaman Hutan di Indonesia : Penyakit Karat Tumor pada Tanaman Sengon (Falcataria moluccana). Gadjah Mada University Press. Yogyakarta

Rizqiati, H. 2006. Ketahanan dan Viabilitas Lactobacillus plantarum yang Dienkapsulasi dengan Susu Skim dan Gum Arab setelah Pengeringan dan Penyimapanan. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor

Schisler, D.A., P.J. Slininger, R.W. Behle & M.A. Jackson. 2004. Formulation of Bacillus spp. for biological control of plant diseases. National Centre for Agricultural Utilization Researh (NCAUR). 94 : 11. <http: apsjournals.apsnet.org>

Soesanto L., 2008. Pengantar pengendalian hayati penyakit tanaman. PT. RajaGrafindo Persada. Jakarta.

Sumanti, D.M., I. Lanti, I. Hamidah, E. Sukarminah & A. Giovanni. 2016. Pengaruh konsentrasi susu skim dan maltodekstrin sebagai penyalut

terhadap viabilitas dan karakteristik mikroenkapsulasi suspensi bakteri Lactobacillus plantarum menggunakan metode freeze drying. Jurnal Penelitian Pangan. 1 : 7 – 13.

Suriani & A. Muis. 2016. Prospek Bacillus subtillis sebagai agen pengendali hayati patogen tular tanah pada tanaman jagung. Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 35 : 37 – 45. <http:www.ejournal.litbang. pertanian.go.id> (diakses 21 April 2017)

Wiryadiputra, S. 2007. Epidemi Penyakit Karat Tumor pada Sengon (Paraserianthes falcataria) di Jawa Timur, Indonesia. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. Jember

Wulansari, NK., N. Prihatiningsih, & HA. Djatmika. 2017. Efektivitas Lima Isolat Bacillus subtilis sebagai PGPR dalam Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Cabai Merah. Prosiding Seminar Nasional dan Call for Papers. Purwokerto. 17 – 18 November 2017.