

POTENSI BAKTERI KITINOLITIK DALAM PENGENDALIAN *Aspergillus niger* PENYEBAB PENYAKIT BUSUK PANGKAL AKAR PADA TANAMAN KACANG TANAH

Arifda Ayu¹, Dwi Suryanto² dan Isnaini Nurwahyuni²

¹Mahasiswa Sarjana, Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara Jln. Bioteknologi No.1, Kampus USU, Padang Bulan, Medan 20155

²Departemen Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara Jln. Bioteknologi No.1, Kampus USU, Padang Bulan, Medan 20155. Email: d.suryanto@lycos.com

Abstract

A study of chitinolytic bacteria ability to control *Aspergillus niger*, a causal agent of basal root rot of peanut seedlings was conducted in Pest and Disease Laboratory, Medan Johor and Laboratory of Microbiology, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, University of Sumatera Utara, Medan. The purpose of study is to evaluate the ability of *Bacillus* sp. BK13, *Enterobacter* sp. BK15, *Bacillus* sp. BK17, *Enterobacter cloacae* LK08, *Bacillus* sp. KR05, and *Enterobacter* sp. PB17 to inhibit the growth of *A. niger* on the peanut seedling. Antagonistic test showed that the most effective bacteria in inhibiting the growth of *A. niger* was BK15 isolate with inhibition zone of 2,88 cm and BK13 isolate with inhibition zone of 2,69 cm, whereas the least effective bacteria was BK17, with inhibition zone of 2,30 cm. Chitinolytic bacterial isolates used to cover peanut seed through soaking enabled to reduce seed basal root rot. BK15 isolate showed potential to reduce the basal root rot by 58,82% while the lowest inhibition was BK13 by 47,06%.

Keywords: *Aspergillus niger*, *Bacillus* sp., chitinolytic bacteria, *Enterobacter* sp., peanut

Pendahuluan

Produksi kacang tanah di Indonesia pada tahun 2009 tergolong masih rendah yaitu 1,25 ton/ha polong kering (BPS, 2009), jika dibandingkan dengan hasil kacang tanah di Amerika Serikat dan Australia yang mencapai 3 ton/ha polong kering. Secara teoritis, hasil kacang tanah di Indonesia masih dapat ditingkatkan (Suryadi & Rais, 2009). Ada beberapa faktor yang menyebabkan rendahnya produktivitas kacang tanah di Indonesia seperti: teknologi yang digunakan masih sederhana, keterbatasan modal, penggunaan lahan kering dengan kesuburan tanah yang rendah dan gangguan hama penyebab penyakit yang belum dapat diatasi (Saleh, 2010).

Mengingat dampak serius dari pemakaian pestisida kimia terhadap kesehatan manusia, lingkungan dan lahan pertanian, dan kepedulian terhadap pelestarian lingkungan perlu dipelajari dan dikembangkan agen biokontrol sebagai produser berbagai senyawa antibiotik yang aman digunakan untuk mengatasi masalah penyakit

tanaman. Kesempatan untuk menemukan agen biokontrol yang potensial untuk jamur patogen sangat besar, mengingat Indonesia merupakan negara dengan biodiversitas yang tinggi (Yuliar, 2008).

Pengendalian secara biologis merupakan alternatif yang menarik karena banyaknya kekuatiran tentang penggunaan pestisida secara umum (Haggag & Timmusk, 2007). Oleh karena itu, upaya pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan perlu dilakukan, salah satunya adalah dengan menggunakan bakteri kitinolitik (pendegradasi kitin) yang melibatkan enzim kitinase (Muharni & Widjajanti, 2011). Pengendalian hayati jamur dengan menggunakan mikroorganisme kitinolitik didasarkan pada kemampuan mikroorganisme menghasilkan kitinase yang dapat melisis sel jamur (El-Katatny *et al.*, 2000). Beberapa genus bakteri kitinolitik adalah *Aeromonas*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Vibrio*, *Xanthomonas* dan *Serratia* (Gohel *et al.* 2003). *Aeromonas caviae* dan *Serratia*

marcescens mampu menghambat pertumbuhan miselia *F. oxysporum* pada kecambah tomat (Prihatna, 2003). Ferniah *et al.* (2003) melanjutkan penggunaan bakteri kitinolitik untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* dan *Alternaria solani*. Bakteri kitinolitik berfungsi sebagai agen biokontrol terhadap jamur patogen yang umumnya memiliki komponen kitin pada dinding selnya (Muharni, 2009).

Berdasarkan hal di atas, dilakukan penelitian dengan tujuan utama untuk melihat kemampuan bakteri kitinolitik dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal akar dengan cara menghambat pertumbuhan jamur *Aspergillus niger* yang terdapat pada tanaman kacang tanah.

Bahan dan Metode

Isolat Bakteri Kitinolitik

Isolat bakteri kitinolitik yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Mikrobiologi Departemen Biologi, FMIPA USU yaitu *Bacillus* sp. BK13, *Enterobacter* sp. BK15, *Bacillus* sp. BK17, *Enterobacter cloacae* LK08, *Bacillus* sp. KR05, dan *Enterobacter* sp. PB17. Kultur ditumbuhkan pada Medium Garam Minimum Kitin (MGMK) (0,7 g K₂HPO₄, 0,3 g KH₂PO₄, 0,5 g MgSO₄.7H₂O, 0,01 g FeSO₄.7H₂O, 0,001 g ZnSO₄, 0,001 g MnCl₂, 0,2 % koloidal kitin dalam 1000 ml akuades) dan diinkubasi pada suhu 28-30°C, selanjutnya disimpan dalam kulkas hingga saatnya digunakan.

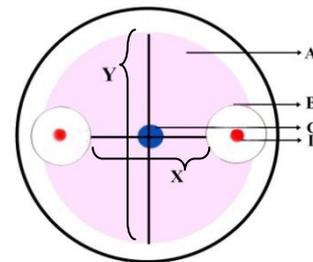
Isolasi Jamur Patogen *Aspergillus niger*

Bagian tanaman yang sakit menunjukkan gejala penyakit busuk di bagian pangkal batang yang disebabkan oleh *A. niger* diambil, kemudian bagian tanaman didesinfeksi dengan larutan 2% NaClO selama 10 detik, dicuci dengan air steril sebanyak tiga kali dan ditumbuhkan dalam media *Potatoes Dextrose Agar* (PDA). Setelah diinkubasi selama dua hari, biakan jamur diinokulasikan kembali pada media PDA baru untuk mendapatkan biakan murni. Pengamatan dilakukan untuk mengidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis (Suryanto *et al.*, 2010).

Uji Antagonisme Isolat Bakteri Kitinolitik Terhadap *Aspergillus niger*

Biakan jamur diinokulasikan di tengah media MGMK+2% ekstrak khamir dengan jarak 3,5 cm

dari cakram tempat inokulum bakteri. Selanjutnya suspensi bakteri kitinolitik yang telah dibuat dengan konsentrasi $\approx 10^8$ sel/ml (standar 0,5 *McFarland*) diinokulasikan pada cakram dengan diameter 0,6 cm di bagian tepi media sebanyak 10 μ l, dibuat 2 kali pengulangan. Biakan diinkubasi pada suhu 28-30°C. Aktivitas penghambatan ditentukan berdasarkan besarnya zona hambat yang terbentuk di sekitar koloni. Pengamatan dimulai dari hari ke-2 sampai hari ke-7 (Suryanto *et al.*, 2011). Pengukuran dilakukan dengan cara mengukur batas akhir pertumbuhan dari jamur patogen pada sumbu X dan batas akhir pertumbuhan jamur patogen pada sumbu Y (Gambar 1), yang dilakukan setelah terjadi penghambatan bakteri kitinolitik terhadap jamur patogen dengan rumus uji antagonis $\left[\frac{Y-X}{2} \right]$ = hasil.



Gambar 1. Metode pengukuran zona hambat bakteri kitinolitik terhadap koloni jamur; A. Koloni jamur; B. Zona hambat bakteri kitinolitik terhadap koloni jamur; C. Titik penempatan jamur; D. Koloni bakteri kitinolitik; X. Diameter koloni jamur yang terhambat pertumbuhannya; Y. Diameter koloni jamur normal (Suryanto, 2010)

Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan cara mengamati ujung miselium pada daerah zona hambat jamur patogen. Ujung miselium *A. niger* yang tumbuh pada permukaan media dipotong berbentuk bujur sangkar, kemudian diletakkan pada gelas objek. Selanjutnya dilakukan pengamatan abnormalitas pertumbuhan, berupa pembengkokan ujung miselium, miselium pecah, miselium berbelah, miselium bercabang, miselium lisis dan miselium kerdil (Lorito *et al.*, 1992).

Uji Potensi Serangan *Aspergillus niger* pada Kacang Tanah

Biakan *A. niger* yang telah diremajakan selama 7 hari di cawan petri diinokulasikan pada 120 ml media *Glucose Yeast Broth* (GYB) dengan kerapatan spora $\approx 10^6$ CFU/ml yang diinkubasi selama 10 hari (28-30° C). Suspensi biakan *A.*

niger tersebut dicampurkan dengan 600 g campuran tanah dan kompos steril (nisbah 3:1) di dalam nampan plastik berukuran 38x30x7 cm dijadikan kontrol (+). Benih yang ditanam ke dalam media yang tidak diinokulasikan *A. niger* dijadikan sebagai kontrol (-). Ulangan dilakukan sebanyak 3 kali tiap perlakuan. Peubah yang diamati adalah tanaman yang terserang busuk pangkal akar selama persemaian 30 hari. Persentase busuk pangkal akar dihitung dari jumlah kecambah yang mati karena terinfeksi dibagi jumlah seluruh kecambah yang tumbuh (Suryanto *et al.*, 2010).

Untuk melihat *A. niger* sebagai penyebab penyakit, maka dilakukan reisolasi *A. niger* dengan memotong jaringan pada pangkal akar yang terinfeksi busuk pangkal akar. Jaringan tersebut didisinfeksi dengan larutan 2% NaClO, dicuci dengan air steril sebanyak 3 kali (Suryanto *et al.*, 2010) dan diinokulasikan pada media PDA. Isolat yang diperoleh dibandingkan dengan isolat sebelum jamur digunakan dalam uji patogenitas.

Penghambatan Serangan *A. niger* pada Benih Kacang Tanah

Sebanyak 120 ml inokulum *A. niger* dengan kerapatan spora 4×10^6 konidia/ml dicampur dengan 600 g campuran tanah dan kompos steril (nisbah 3:1) dalam nampan plastik berukuran 38x30x7 cm. Ke dalam tiap nampan ditanam 30 bibit tanaman yang telah direndam dengan campuran suspensi bakteri kitinolitik selama 30 menit. Ulangan dilakukan sebanyak tiga kali untuk masing-masing perlakuan. Parameter yang diamati adalah tanaman yang mati terserang busuk pangkal akar, tinggi tanaman dan jumlah daun kecambah selama persemaian 30 hari. Menurut Suryanto *et al.*, (2010), pengurangan persentase kematian tanaman dihitung dari rumus: Persentase kematian tanaman =

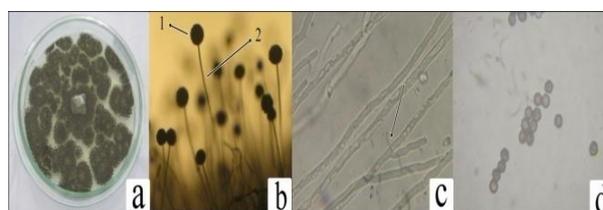
$$\frac{[\{\sum(\text{Kontrol}(+) - \sum(\text{Kontrol}(-)) - \sum \text{perlakuan}]}{\sum(\text{Kontrol}(+) - \sum(\text{Kontrol}(-))} \times 100 \%$$

Hasil dan Pembahasan

Isolasi Jamur Patogen *A. niger*

Dari hasil isolasi jamur patogen pada kecambah yang terserang busuk pangkal akar dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis. Berdasarkan pengamatan makroskopis, jamur patogen yang telah diisolasi di media PDA

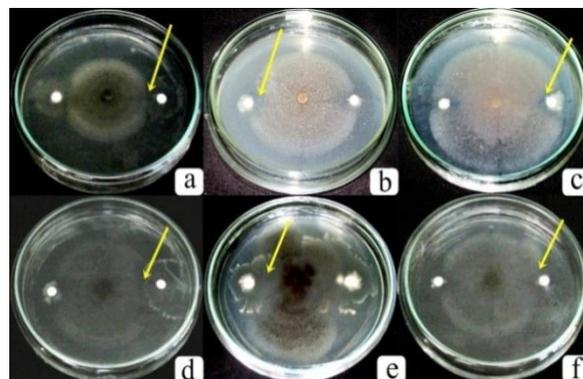
menunjukkan miselium berwarna putih dan konidia berwarna coklat kehitaman, secara mikroskopis menunjukkan konidiospora bulat, berwarna coklat, hifa bercabang dan bersekat. Menurut Pitt & Hocking (2009), miselium koloni *A. niger* berwarna putih, kepala konidia bulat dan berwarna coklat tua sampai hitam. Setelah dilakukan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis (Gambar 2) dan diidentifikasi menggunakan buku identifikasi jamur *Fungi and Food Spoilage* (Pitt & Hocking, 2009), dapat diketahui bahwa jamur hasil isolasi adalah *A. niger*.



Gambar 2. Jamur *A. niger* yang diisolasi (a) koloni jamur pada media PDA umur 4 hari, (b) konidia (1) kepala konidia, (2) tangkai konidia (konidiofor), (c) hifa bersekat dan bercabang, dan (d) konidiospora *A. niger* (Perbesaran 10x40)

Uji Antagonisme Isolat Bakteri Kitinolitik terhadap *A. niger*

Hasil uji antagonisme 6 isolat bakteri kitinolitik terhadap *A. niger* menunjukkan bahwa enam isolat bakteri kitinolitik mampu menghambat pertumbuhan *A. niger* dengan kemampuan yang berbeda-beda. Mekanisme penghambatan dari uji antagonisme dapat diamati dengan adanya zona hambat yang terbentuk. Zona hambat yang terbentuk berupa cerukan penipisan elevasi yang dapat dilihat pada Gambar 3 berikut:



Gambar 3. Uji antagonis bakteri kitinolitik terhadap *A. niger* dengan isolat (a) KR05, (b) LK08, (c) PB17, (d) BK13, (e) BK15 dan (f) BK17. Anak panah menunjukkan zona hambat yang terbentuk

Aktivitas kitinase yang tinggi selama mekanisme antagonisme efektif menghambat pertumbuhan jamur *A. niger*. Enzim kitinase yang dihasilkan dapat menghidrolisis ikatan β -1,4 antar subunit N-asetilglukosamin (NAcGlc) pada polimer kitin. Mekanisme hidrolisis polimer kitin yang merupakan salah satu komponen dinding sel hifa jamur dapat menghambat pertumbuhan hifa (Wang *et al.*, 2005). Pengamatan pada hari ketujuh menunjukkan keenam isolat bakteri kitinolitik dapat menghambat pertumbuhan *A. niger*.

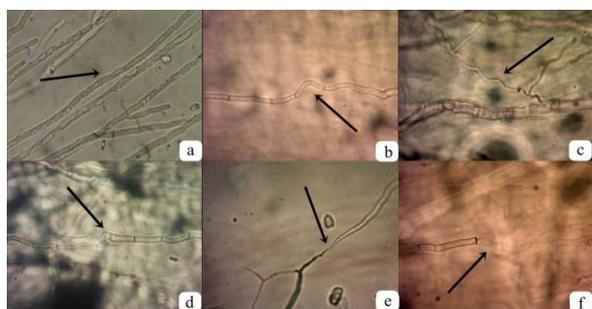
Penghambatan yang paling besar ditunjukkan oleh isolat BK15 dengan besar zona hambat 2,88 cm diikuti oleh BK13 dengan besar zona hambat 2,69 cm dan penghambatan paling kecil ditunjukkan oleh isolat BK17 dengan besar zona hambat 2,30 cm. Isolat BK15 dan BK13 memiliki zona hambat yang paling besar (Tabel 1). Oleh sebab itu, kedua isolat ini digunakan untuk uji lanjut *in vivo*.

Tabel 1. Hasil uji antagonisme antara enam isolat bakteri kitinolitik dengan *A. niger*

Isolat Bakteri	Zona Hambat (cm)/hari					
	2	3	4	5	6	7
BK13	0,31	0,96	1,50	1,99	2,62	2,69
BK15	0,44	1,14	1,85	2,55	2,75	2,88
BK17	0,25	0,26	0,64	1,36	2,15	2,30
KR05	0,25	0,54	1,10	1,76	2,60	2,68
LK08	0,15	0,70	1,39	1,90	2,50	2,48
PB17	0,05	0,61	1,35	2,09	2,41	2,43

Pengamatan Mikroskopis

Pengamatan mikroskopis dilakukan pada hari ketujuh untuk melihat hifa yang abnormal (Gambar 4).



Gambar 4. Hifa abnormal hasil uji antagonis *A. niger* dengan bakteri kitinolitik (a) hifa normal (b) hifa membengkok, (c) hifa keriting dan mengecil, (d) percabangan hifa mengecil, (e) hifa mengecil, dan (f) hifa lisis (perbesaran 10x40).

Dari hasil di atas, dapat disimpulkan bahwa enam isolat bakteri kitinolitik memiliki kemampuan merusak dinding sel jamur patogen tanaman. Pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa beberapa isolat bakteri kitinolitik mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen *Ganoderma boninense*, *Penicillium citrinum* and *Fusarium oxysporum*. *Fusarium oxysporum* penyebab rebah kecambah pada cabai secara invitro (Suryanto *et al.*, 2010). Aktivitas antagonisme bakteri kitinolitik dengan mekanisme enzimatik dapat menghambat pertumbuhan hifa *A. niger* dengan cara merusak dinding selnya sehingga hifa *A. niger* membengkak, membengkok, mengeriting, mengecil, dan melisis. Hal ini dapat ditemukan pada uji antagonis keenam isolat bakteri kitinolitik terhadap *A. niger*.

Uji antagonisme bakteri kitinolitik BK15 terhadap *A. niger* banyak memperlihatkan hifa jamur yang lisis dibandingkan dengan isolat bakteri kitinolitik lainnya. Kerusakan hifa berupa perubahan bentuk dari hifa jamur patogen yang membentuk spiral dan melengkung tidak beraturan dan mengalami pemendekan. Selain itu, ada juga hifa yang mengalami pembengkakan dinding sel. Hifa yang mengalami kerusakan tersebut tidak ada ditemukan konidia jamur (Indratmi, 2008).

Potensi Serangan *A. niger* pada Benih Kacang Tanah

Dari hasil potensi serangan *A. niger* terhadap benih kacang tanah diperoleh bahwa *A. niger* sebagai penyebab patogen, dengan persentase busuk pangkal akar yang cukup tinggi yaitu 62,96 %. Menurut Agrios (2004), infeksi pada pangkal akar oleh jamur patogen mampu menghambat perkembangan kecambah. Jamur patogen menghambat produksi akar rambut, sehingga mengurangi penyerapan air, dan mengubah permeabilitas sel akar.

Patogen juga mengganggu penyerapan air dan nutrisi melalui akar-akarnya. Reisolasi jamur dilakukan pada pangkal kecambah yang terserang busuk dengan gejala serangan (Gambar 5), bagian pangkal akar rusak, dipenuhi oleh koloni *A. niger*, bagian daun muda menguning, kecambah layu dan akhirnya mati.

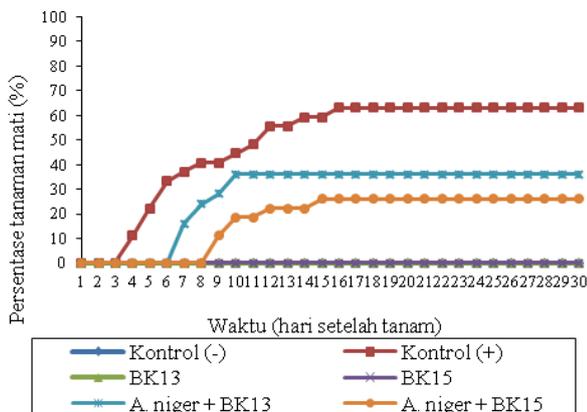


Gambar 5. Isolat *A. niger* dan serangannya terhadap kecambah kacang tanah (a) isolat *A. niger* di media PDA, (b) kecambah yang terserang busuk pangkal akar (1) bagian pangkal akar yang membusuk, dan (c) hasil reisolasi (2) koloni *A. niger*

Hasil reisolasi dari kecambah uji potensi serangan didapat jamur patogen yang sama dengan hasil isolasi sebelumnya yaitu *A. niger*. Dengan demikian *A. niger* merupakan jamur patogen penyebab busuk pangkal akar kecambah kacang tanah.

Penghambatan Serangan *A. niger* pada Benih Kacang Tanah

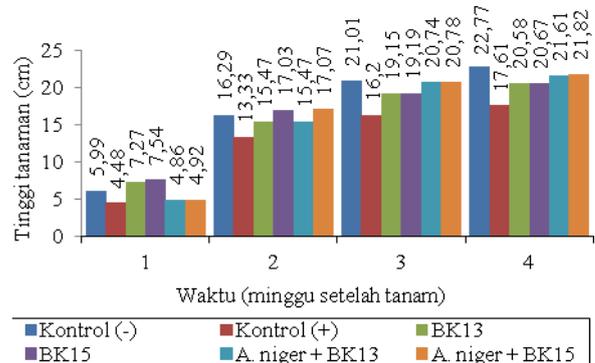
Benih kacang tanah yang telah direndam dalam suspensi bakteri kitinolitik ditumbuhkan pada media tanah yang telah dicampur oleh inokulum *A. niger*. Pengamatan dilakukan terhadap persentase busuk pangkal akar, tinggi kecambah, dan jumlah daun dari minggu ke-0 sampai minggu ke-4. Kecambah yang ditumbuhkan pada tanah yang telah dicampur dengan *A. niger* banyak mati akibat terserang busuk pangkal akar pada perlakuan kontrol (+), jika dibandingkan dengan kontrol (-), untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini:



Gambar 6. Persentase kecambah mati yang disebabkan oleh *A. niger* dengan perlakuan bakteri kitinolitik

Kecambah mulai mengalami busuk pangkal akar setelah memasuki minggu pertama pengamatan dan terus meningkat jumlahnya sampai minggu kedua. Penyerangan *A. niger* penyebab busuk pangkal akar pada tanaman kacang tanah berhenti pada hari ke-16 karena tidak ada tanaman mati setelah terserang busuk pangkal akar pada hari selanjutnya. Menurut Kishore *et al.* (2005), kecambah kacang tanah mulai terserang busuk pangkal akar oleh *A. niger* dari hari ke-7 sampai hari ke-20 setelah tanam.

Benih yang telah diberi perlakuan bakteri kitinolitik menunjukkan penurunan persentase tanaman mati karena terserang busuk pangkal akar oleh *A. niger*. Penurunan tanaman mati karena terserang busuk pangkal akar dengan perlakuan *A. niger*+BK15 mencapai nilai tertinggi yaitu 58,82%, jika dibandingkan dengan perlakuan *A. niger*+BK13 yaitu 47,06%. Hasil pengamatan tinggi tanaman dari minggu pertama sampai minggu keempat, dapat dilihat bahwa kecambah kacang tanah mengalami pertambahan



tinggi (Gambar 7).

Gambar 7. Perbedaan tinggi kecambah kacang tanah setelah diinokulasi *A. niger* dengan perlakuan bakteri kitinolitik

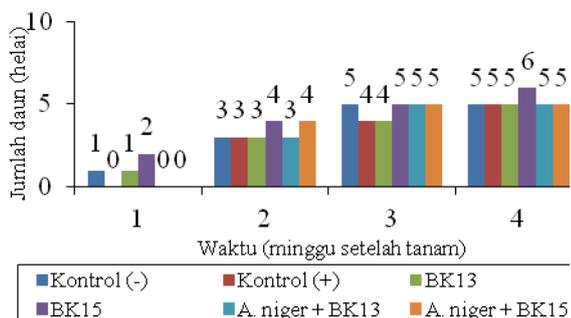
Pada pengamatan minggu keempat, kecambah tertinggi terlihat pada kontrol (-) yaitu 22,77 cm, diikuti *A. niger*+BK15 yaitu 21,82 cm, perlakuan *A. niger*+BK13 yaitu 21,61 cm, lalu perlakuan BK15 yaitu 20,67 cm, perlakuan BK13 yaitu 20,58 cm, dan kecambah yang terendah terlihat pada kontrol (+) yaitu 17,61 cm. Perbedaan tinggi kecambah dari masing-masing perlakuan berbeda. Hal ini mungkin disebabkan adanya pengaruh jamur patogen yang menghambat penyerapan air dan nutrisi yang mengganggu pertumbuhan tanaman kacang tanah.

Agrios (2004) menyatakan bahwa jamur patogen yang merusak bagian akar tanaman atau menyumbat xilem atau floem, sangat mengganggu penyerapan air dan nutrisi anorganik dan organik di dalam tanaman. Terganggunya penyerapan air dan nutrisi dapat menyebabkan tanaman yang terserang jamur patogen akan mati. Perbedaan tinggi tanaman antara perlakuan dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Perbedaan tinggi kecambah kacang tanah minggu keempat (a) kontrol (-), (b) kontrol (+), (c) *A. niger*+BK13, dan (d) *A. niger*+BK15

Dari hasil pengamatan rata-rata jumlah daun tidak terdapat perbedaan jumlah daun yang signifikan dari masing-masing perlakuan (Gambar 9). Pada pengamatan minggu keempat, perlakuan BK15 memiliki jumlah daun terbanyak yaitu 6 helai. Sementara itu, tanaman kacang tanah pada perlakuan lain memiliki jumlah daun yang sama.



Gambar 9. Perbedaan jumlah daun kecambah kacang tanah setelah diinokulasi *A. niger* dengan perlakuan bakteri kitinolitik

Kesimpulan

Semua isolat bakteri kitinolitik yang digunakan mampu menghambat pertumbuhan dan

perkembangan jamur *A. niger* penyebab busuk pangkal akar pada kecambah kacang tanah secara *in vitro*. Isolat bakteri yang paling besar dalam penghambatan *A. niger* adalah *Enterobacter* sp. BK15 dan *Bacillus* sp. BK13, sedangkan isolat dengan penghambatan terkecil adalah *Bacillus* sp. BK17. Persentase pengurangan kematian tanaman yang terbesar adalah isolat BK15 yaitu 58,82 %. Isolat BK15 sangat berpotensi sebagai agen pengendali hayati.

Daftar Pustaka

- Agrios GN. 2004. *Plant Pathology*. Fifth Edition. Elsevier Academic Press, California. hlm. 106-108.
- Badan Pusat Statistik. 2009. Luas Panen, Produktivitas dan Produksi Tanaman Kacang Tanah Seluruh Provinsi. <http://www.bps.go.id>. (17 Maret 2012).
- Cappucino JG & N Sherman. 1996. *Microbiology: A Laboratory Manual*. 4th Ed. Addison-Wesley Publishing Company, California. hlm. 254-255.
- El-Katatny MH, W Somitsch, KH Robra, MS El-Katatny & GM Gubitz. 2000. Production of chitinase and β -1,3-glucanase by *Trichoderma harzianum* for control of the phytopathogenic fungus *Sclerotium rolfsii*. *Food Technol Biotechnol* 38:173-180.
- Ferniah RS, S Purwantisari, S Pujiyanto. 2003. Uji potensi bakteri kitinolitik sebagai pengendali hayati patogen kapang penyebab penyakit tanaman kentang (*Solanum tuberosum*). Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Diponegoro. Semarang.
- Gohel V, A Singh, M Vimal, D Ashwini, HS Chhatpar. 2003. Bioprospecting and antifungal potential of chitinolytic microorganism. *African J Biotechnol*. 5:54-72.
- Haggag WM & S Timmusk. 2007. Colonization of peanut roots by biofilm forming *Paenibacillus polymyxa* initiates biocontrol against crown rot disease. *J Appl Microbiol* 104: 961-969.
- Indratmi D. 2008. Mekanisme penghambatan *Colletotrichum gloeosporioides* patogen penyakit antraknosa pada cabai dengan khamir *Debaryomyces* sp. Draft publikasi penelitian pengembangan IPTEKS. Malang: Universitas Muhammadiyah.

- Kishore GK, S Pande, & AR Podile. 2005. Biological control of collar rot disease with broadspectrum antifungal bacteria associated with groundnut. *Can J Microbiol* 51:123-132.
- Lorito MG, E Harman, CK Hayes, RM Broadway, SL Tronsmo, Woo & A Di Pietro. 1992. Chitinolytic enzymes produced by *Trichoderma harzianum*: antifungal activity or purified endochitinase and chitobiosidase. *Phytopathol* 83:302-307.
- Muharni. 2009. Isolasi dan identifikasi bakteri penghasil kitinase dari sumber air panas Danau Ranau Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains* 09:12-15.
- Muharni & H Widjajanti. 2011. Skrining bakteri kitinolitik antagonis terhadap pertumbuhan jamur akar putih (*Rigidoporus lignosus*) dari rizosfir tanaman karet. *Jurnal Penelitian Sains* 14(1):50-56.
- Prihatna C. 2003. Antagonisme *Serratia marcescens* DS-8 dan *Aeromonas caviae* WS7b terhadap *Fusarium oxysporum*. *Skripsi*. IPB. Bogor. hlm. 6.
- Pitt JI & AD Hocking. 2009. *Fungi and Food Spoilage*. Second Edition. Springer, New York. hlm. 313-315.
- Saleh N. 2010. Optimalisasi pengendalian terpadu penyakit bercak daun dan karat pada kacang tanah. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 3(4):289-290.
- Suryadi Y & SA Rais. 2009. Respon beberapa genotipe kacang tanah terhadap penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) di rumah kaca. *Buletin Plasma Nutfah* 15(1):20-26.
- Suryanto D, N Irawati, & E Munir. 2011. Isolation and characterization of chitinolytic bacteria and their potential to inhibit plant pathogenic fungi. *Microbiol Indones* 5(3):144-148.
- Suryanto D, S Patonah, & E Munir. 2010. Control of fusarium wilt of chili with chitinolytic bacteria. *Hayati J Biosci* 17(1):5-8.
- Wang S, J Wu, P Rao, TB Ng, & X Ye. 2005. A chitinase with antifungal activity from the mung bean. *Protein Expr Purif* 40:230-236.
- Yuliar. 2008. Skrining bioantagonistik bakteri untuk agen biokontrol *Rhizoctonia solani* dan kemampuannya dalam menghasilkan surfaktin. *Biodiversitas* 9(2):83-86.