

## Diversitas dan Potensi Jamur Lignolitik Asal Seresah Daun

Arif Rahman Hikam<sup>1\*</sup>, Dwiana Muflihah Yulianti<sup>2</sup>, Rhevi Raditya  
Ginanjari<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

### Abstract

One of the biological agents in the biodegradation of organic waste is fungi. Some fungi have the Lignase enzyme which can degrade Lignin (one of the main constituents of organic waste) into simple sugars. The diversity and potential of organic waste degrading fungi still need much research, in order to obtain potential types of fungi that can be developed in organic waste management. The purpose of this study was to determine the diversity and potential of lignolytic fungi in the biodegradation of organic waste. The research was conducted using a descriptive method with the stages of taking leaf and soil litter samples, isolating and purifying fungi, testing lignolytic potential. Based on the isolation results from leaf litter samples, 16 types of fungal isolates were obtained. The lignolytic potential test was carried out using the Bavendamm method. In screening for potential lignolytic ability using the bavendamm method, 7 isolates were found to be positive. The highest lignolytic activity ratio was SR4BD isolate with a ratio value of 1.9. The results showed that the SR4BD isolate was *Fusarium* sp.

Keywords: biodegradation, organic waste, lignolytic fungi

### Abstrak

Salah satu agen hayati dalam biodegradasi sampah organik adalah jamur. Beberapa jamur memiliki enzim Lignase yang dapat mendegradasi Lignin (salah satu penyusun utama sampah organik) menjadi gula sederhana. Keanekaragaman dan potensi jamur pendegradasi sampah organik masih perlu banyak diteliti, guna memperoleh jenis jamur potensial yang dapat dikembangkan dalam pengelolaan sampah organik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui diversitas dan potensi jamur Lignolitik dalam biodegradasi sampah organik. Penelitian dilakukan dengan metode deskriptif dengan tahapan pengambilan sampel seresah daun dan tanah, isolasi dan pemurnian jamur, uji potensi lignolitik. Berdasarkan hasil isolasi dari sampel seresah daun didapatkan 16 jenis isolat jamur. Uji potensi lignolitik dilakukan menggunakan metode Bavendamm. Dalam skrining potensi kemampuan lignolitik dengan metode bavendamm didapatkan hasil positif pada 7 isolat jamur. Rasio aktifitas lignolitik tertinggi adalah isolat SR4BD dengan nilai rasio 1,9. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa isolat SR4BD adalah *Fusarium* sp.

Kata kunci: biodegradasi, sampah organik, jamur lignolitik

---

\*Corresponding Author: Arif Rahman Hikam, email: [arahmanhikam@unsoed.ac.id](mailto:arahmanhikam@unsoed.ac.id), Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman, Jl. dr. Suparno 63 Grendeng Purwokerto Utara Kabupaten Banyumas Jawa Tengah, 53122, Indonesia.

## Pendahuluan

Masalah sampah sudah menjadi persoalan nasional di Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk, aktivitas sosial, ekonomi dan industri telah meningkatkan volume sampah yang dihasilkan. Data SIPSN Kementerian LHK tahun 2019 menunjukkan bahwa jumlah timbulan sampah nasional mencapai 27,569,454 ton. Komposisi sampah tersebut terdiri Sisa Makanan (40,74%), Kayu-Ranting (14,29%), Kertas-Karton (11,43%), Plastik (16,7%), Logam (3,26%), Kain (2,72%), Karet-Kulit (1,76%), Kaca (2,24%), Lainnya (6,86%) (SIPSN, 2019). Data sampah tersebut didominasi oleh sampah organik dengan persentase lebih dari 60%.

Sampah organik dapat secara alami terdegradasi oleh bakteri atau jamur dengan cara merombak sampah dari senyawa kompleks menjadi unsur yang lebih sederhana. Proses perombakan ini disebut biodegradasi sampah. Proses biodegradasi sampah organik memiliki waktu cukup lama karena sampah organik mengandung beberapa bahan yang sulit terdegradasi. Sampah organik yang berasal dari tumbuhan, seperti serasah daun, sayuran sisa makanan, atau sisa hasil pertanian, umumnya mengandung lignin, hemiselulosa dan selulosa (Woo et al., 2014).

Dalam degradasi sampah organik diperlukan peran dari mikroba untuk mempercepat proses degradasinya. Biodegradasi sampah organik oleh mikroba dengan cara mensekresi enzim ekstraseluler yang dapat menghidrolisis molekul kompleks berukuran besar menjadi molekul lebih kecil. Sistem enzimatik dari mikroba menentukan proses penguraian biomassa tanaman sesuai komponen penyusunnya yaitu lignin, selulosa dan hemiselulosa (Agustini, 2011). Lignin

merupakan komponen yang sulit didegradasi karena strukturnya yang kompleks dan heterogen yang berikatan dengan selulosa dan hemiselulosa (Orth et al., 1993).

Beberapa mikroba terutama dari kelompok jamur atau kapang memiliki kemampuan untuk mendegradasi lignin alami melalui aktivitas lignolitik yang dimilikinya. Ada tiga enzim lignolitik dari kapang yaitu Lignin Peroxidase (LiP), Mangan Peroxidase (MnP), dan Laccase. Terdapat beberapa jamur yang hanya mampu mensintesis dua atau satu enzim saja (Singh, 2006)

Beberapa penelitian telah dilakukan tentang jamur lignolitik dalam degradasi sampah organik antara lain *Trichoderma sp.*, *Penicillium sp.*, dan *Aspergillus spp* (Gautam et al., 2012; Siddiqui et al., 2010). *Trichoderma viridae* memiliki efek yang menjanjikan dalam dekomposisi sampah padat organik, terlihat dari biokonversi lebih besar dari degradasi alami tanpa inokulasi jamur (Gautam et al., 2012).

Mengingat pentingnya keberadaan jamur perombak bahan organik, maka dilakukan penelitian tentang keanekaragaman jamur lignolitik dari berbagai substrat seperti serasah daun di Kabupaten Banyumas. Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui diversitas jamur lignolitik dan potensinya dalam biodegradasi sampah organik. Hasil dari penelitian ini dapat dijadikan sebagai dasar untuk penelitian biodegradasi sampah organik serta dapat dimanfaatkan untuk pengelolaan dan pengendalian sampah.

## Metode Penelitian

### Lokasi dan Waktu Penelitian

Lokasi pengambilan sampel isolat adalah serasah daun di Kabupaten

Banyumas, Jawa Tengah. Sampel ditangani lebih lanjut di Laboratorium Mikologi dan Fitopatologi, Fakultas Biologi, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.

### **Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan antara lain medium PDA (*Potato Dextrose Agar*), asam tanat, dan sampah serasah daun (diambil dari lingkungan kampus Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman). Alat-alat yang digunakan meliputi autoklaf, *laminar air flow*, cawan Petri, tabung reaksi, labu Erlenmeyer, *beaker glass*, ose, pipet tetes, *micropipette*, hotplate, timbangan analitik, *object glass* dan mikroskop.

### **Tahap Penelitian**

#### **Pengambilan sampel**

Sampel dikumpulkan dari serasah daun di lingkungan kampus Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Sampel dibawa ke laboratorium dalam kantong plastik yang disterilkan. Sampel serasah daun dibersihkan dari kotoran atau tanah yang ikut menempel, kemudian sampel serasah diblender sehingga menjadi serbuk.

#### **Isolasi dan pembuatan kultur murni**

Sampel serasah daun yang sudah halus ditimbang sebanyak 10 gram. Selanjutnya dibuat pengenceran sampel  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , dan  $10^{-6}$  dalam 10 ml aquades steril. Setelah itu sebanyak 0,1mL dari masing-masing pengenceran sampel dimasukkan ke dalam cawan Petri dan dituangkan medium PDA. Selanjutnya diinkubasi pada suhu kamar atau dimasukkan ke dalam inkubator dengan suhu 22-30 °C, selama 3 x 24 jam. Koloni dengan ciri yang berbeda, diisolasi dan diinokulasi kembali secara berulang hingga benar-benar diperoleh kultur murni.

### **Uji Skrining Potensi Lignolitik**

Skrining aktivitas lignolitik secara kualitatif dilakukan dengan uji Bavendamm. Kultur murni ditumbuhkan pada media PDA yang ditambahkan 0,1% asam tanat. Bila terbentuk endapan coklat pada media, mengindikasikan adanya aktivitas fenol oksidase, maka fungi tersebut memiliki potensi mendegradasi lignin dan termasuk dalam kelompok fungi pelapuk putih.

### **Identifikasi Isolat Jamur**

Identifikasi isolat jamur dengan pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dengan melihat karakter morfologi pada biakan di cawan petri. Preparasi pengamatan mikroskopis menggunakan metode *slide culture* dan karakter mikroskopis diamati menggunakan mikroskop. Identifikasi mengacu pada kunci determinasi jamur (Alexopoulos *et al.*, (1996), dan Malloch (1997).

### **Hasil Penelitian dan Pembahasan**

Penelitian dilakukan dengan mengisolasi jamur berasal dari serasah daun tumbuhan disekitar Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman. Sampel serasah daun yang sudah disiapkan dengan pengenceran  $10^{-3}$  dan  $10^{-4}$  ditumbuhkan di medium PDA pada cawan petri dengan metode *spread plate*. Pertumbuhan koloni jamur pada media PDA dengan inkubasi suhu kamar pada hari ketiga memiliki pertumbuhan yang padat dan terdapat bermacam-macam koloni dengan karakter yang berbeda. Koloni yang tumbuh dapat dilihat pada Gambar 1.

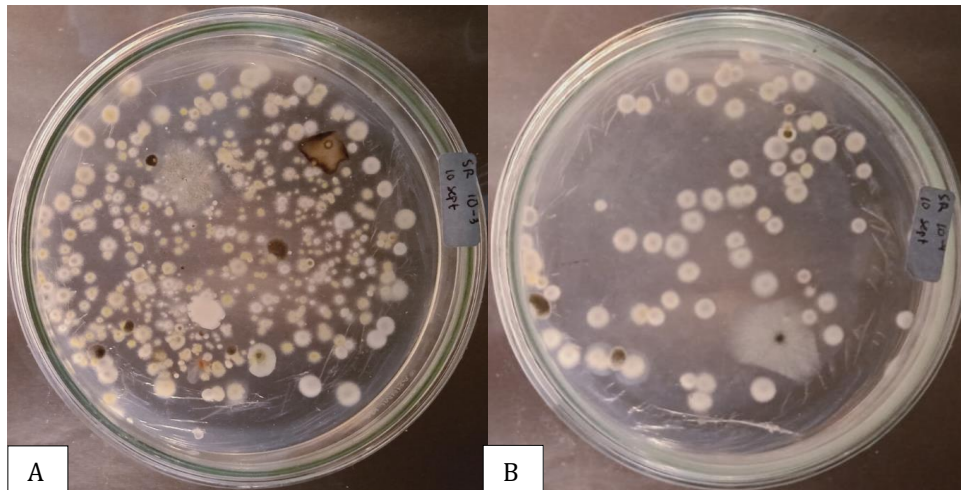
Berdasarkan pengamatan karakter koloni yang tumbuh di cawan petri pengenceran  $10^{-3}$  dan  $10^{-4}$  didapatkan 16 jenis koloni jamur dengan karakter berbeda. Koloni jamur yang didapatkan tersebut kemudian dimurnikan untuk diidentifikasi

dan disimpan. Setiap koloni yang tumbuh memiliki morfologi makroskopis yang berbeda-beda berdasarkan jenisnya, serta memiliki kecepatan tumbuh yang berbeda

pada proses inkubasi. Pertumbuhan koloni pada medium PDA dengan suhu kamar pada hari ke-empat dapat dilihat pada Gambar 2.

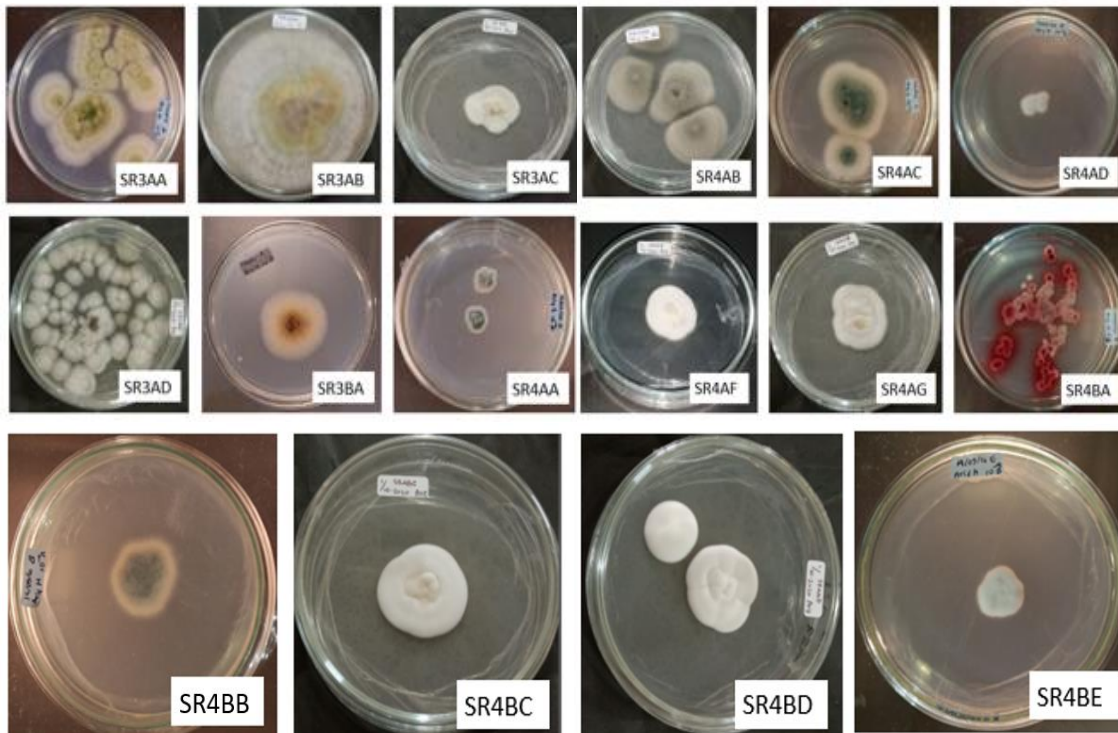
**Gambar 1.**

Foto koloni jamur hasil isolasi dari sampel seresah daun dengan pengenceran  $10^{-3}$  dan  $10^{-4}$ .  
Keterangan : A = Pengenceran  $10^{-3}$  dan B = Pengenceran  $10^{-4}$



**Gambar 2.**

Koloni isolat jamur dari seresah daun yang telah dimurnikan

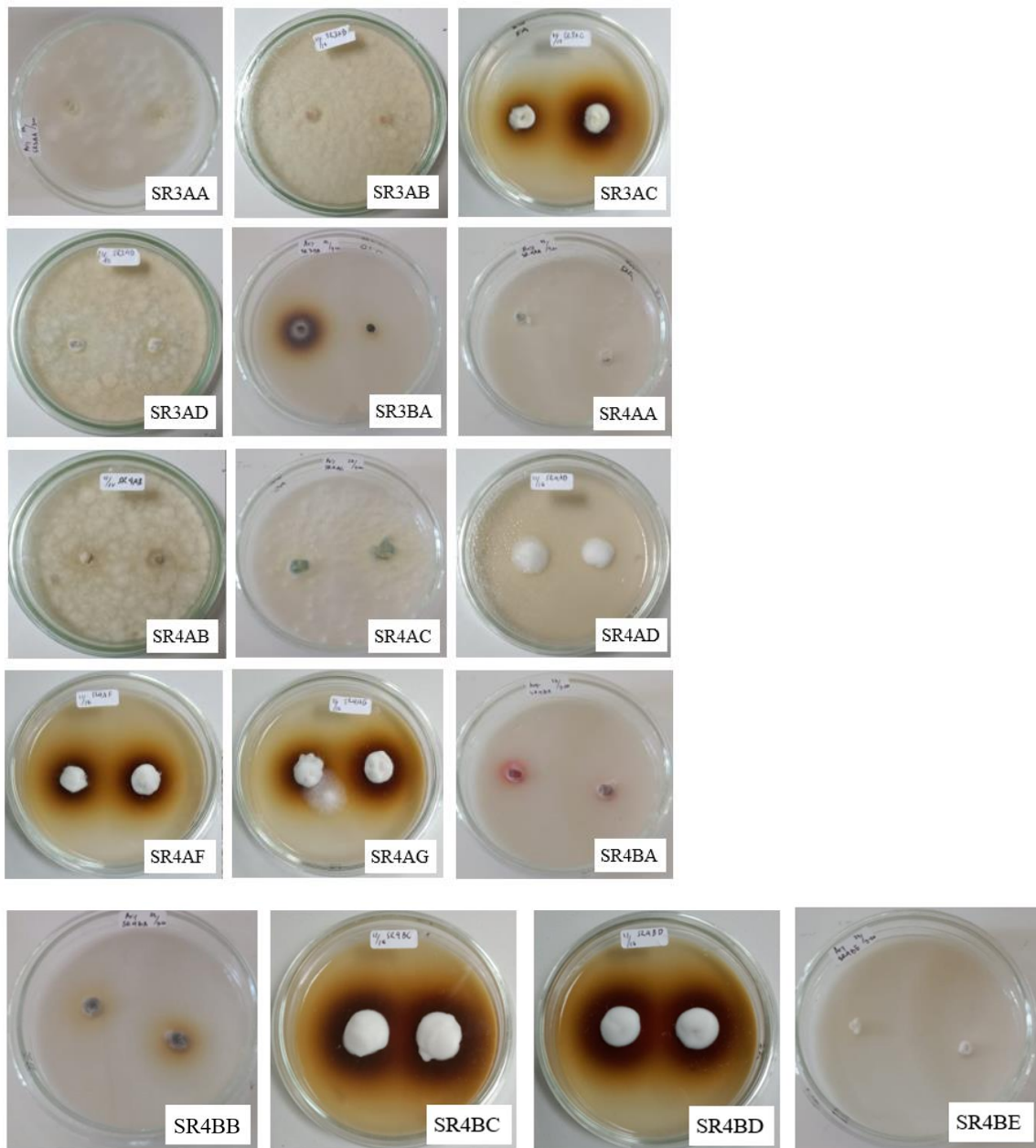


Dalam tahapan skrining telah dilakukan uji kemampuan lignolitik dari isolat jamur dengan menggunakan metode bavendamm. Dalam uji Bavendamm, isolat jamur ditumbuhkan pada media PDA yang ditambahkan 0,1% asam tanat. Berdasarkan kemiripan struktur kimia antara asam tanat dan lignin,

beberapa enzim yang mampu mendegradasi asam tanat, juga diperlukan dalam degradasi lignin (Rao, 1982). Sehingga jamur yang dapat mendegradasi asam tanat juga dapat mendegradasi lignin. Hasil uji bavendamm dapat dilihat pada Gambar 3.

**Gambar 3.**

*Hasil skrining potensi kemampuan lignolitik isolat jamur berasal dari seresah daun dengan metode uji bavendamm pada hari ke-7*



Berdasarkan hasil uji skrining potensi kemampuan lignolitik isolat jamur yang ditunjukkan pada gambar 1. didapatkan 7 isolat memiliki kemampuan lignolitik. Hasil tersebut ditandai dengan terbentuknya endapan berwarna coklat disekitar koloni. Uji Bavendamm bertujuan untuk mengetahui kemampuan jamur pelapuk putih yang diperoleh dalam menghasilkan enzim ekstraselular oksidase. Kemampuan tersebut digunakan untuk membedakan antara jamur pelapuk putih dengan fungi pelapuk coklat. Bila terbentuk warna coklat pada permukaan media agar, maka mengindikasikan adanya aktivitas fenoloksidase yang berarti terdapat aktivitas dari jamur pelapuk putih dalam mendegradasi lignin (Rayner et al, 1988).

Uji potensi lignolitik tidak hanya dilihat dengan ada tidaknya zona coklat yang terbentuk saja namun dapat juga diukur dengan mengukur intensitas warna dan rasio zona coklat tersebut. Perbedaan intensitas warna coklat yang terbentuk menunjukkan tinggi atau rendahnya aktivitas jamur dalam mendegradasi asam tanat yang juga mencerminkan aktivitas degradasi lignin (Martani, 2003). Rasio zona coklat merupakan perbandingan antara diameter zona coklat dengan diameter

koloni jamur. Semakin besar nilai rasio menunjukkan semakin besar pula aktivitas lignolitik yang dimiliki isolat tersebut. Oleh karena itu, intensitas warna coklat dan rasio antara diameter zona dengan diameter koloni digunakan sebagai kriteria uji potensi aktivitas lignolitik isolat jamur

Berdasarkan pengukuran intensitas warna dan rasio zona aktifitas lignolitik hasil uji bavendamm yang ditunjukkan pada tabel 1. diketahui rasio aktifitas lignolitik paling tinggi adalah isolat SR4BD dengan nilai rata-rata rasio zona sebesar 1,90. Intensitas warna coklat yang ditunjukkan oleh isolat SR4BD juga sangat tinggi.

Aktivitas Lignolitik dari jamur diperankan oleh 3 enzim lignase yakni lignin peroksidase (LiP) dan mangan peroksidase (MnP) dan lakase. Lignin peroksidase dan mangan peroksidase adalah enzim peroksidase ekstraseluler yang menggunakan H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dalam mendegradasi lignin, sedangkan lakase merupakan enzim yang mengandung tembaga dengan menggunakan molekul oksigen dalam mendegradasi lignin (Hattaka, 1994). Lakase bekerja bersama dengan lignin peroksidase dan mangan peroksidase untuk proses degradasi lignin secara menyeluruh (Madadi dan Abbas, 2017)..

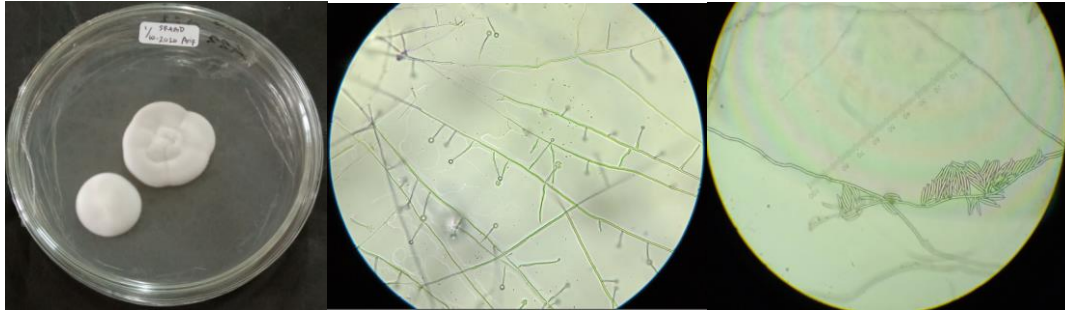
**Tabel 1.**

*Pengukuran intensitas warna coklat dan rasio zona aktivitas lignolitik dari hasil uji bavendamm*

No	Isolat	Diameter koloni (cm)		Diameter Zona (cm)		Rasio		Rata-rata Rasio	Intensitas warna coklat
		1	2	1	2	1	2		
1	SR3AC	1,10	1,15	1,70	2,50	1,55	2,17	<b>1,86</b>	++
2	SR3BA	2,70	2,70	3,90	3,90	1,44	1,44	<b>1,44</b>	++
3	SR4AF	1,25	1,40	1,95	2,25	1,56	1,61	<b>1,58</b>	++
4	SR4AG	1,20	1,55	2,20	2,75	1,83	1,77	<b>1,80</b>	++
5	SR4BB	3,20	3,20	3,40	3,40	1,06	1,06	<b>1,06</b>	+
6	SR4BC	1,80	1,90	3,55	3,40	1,97	1,79	<b>1,88</b>	+++
7	SR4BD	1,70	1,80	3,40	3,25	2,00	1,81	<b>1,90</b>	+++

**Gambar 4.**

Penampakan morfologi isolat SR4BD. Keterangan : A. Penampakan Makroskopis, B. Penampakan Mikroskopis perbesaran 10x10, C. Penampakan Mikroskopis perbesaran 40x10



Isolat SR4BD kemudian diidentifikasi dengan melihat karakteristik dari jamur secara makroskopis dan mikroskopis. Karakter makroskopis yang diperoleh antara lain warna permukaan koloni putih, warna sebalik koloni putih kekuningan, tekstur koloni seperti kapas, margin koloni bergerigi, pola penyebaran koloni konsentris, dan pertumbuhan koloni kesamping. Menurut Sari et al. (2017) warna koloni untuk setiap kelompok *Fusarium* spp. didominasi oleh warna putih, tekstur koloni didominasi oleh tipe seperti kapas.

Hasil dari identifikasi secara mikroskopis diperoleh karakter mikroskopis antara lain hifa bersekat, pigmentasi hifa hialin, hifa bercabang, makrokonidia berbentuk bulan sabit berukuran 25-28 x 4 µm, mikrokonidia berbentuk bulat, warna konidia hialin. Semangun (2007) menyatakan bahwa jamur *Fusarium* sp. memiliki alat reproduksi berupa makrokonidia dan mikrokonidia. Makrokonidia memiliki bentuk melengkung seperti bulan sabit, tersusun dari 4 sel, berwarna hialin dan berukuran 22-36 x 4-5 µm. Mikrokonidia yang dihasilkan umumnya terdiri dari 1 sel, berbentuk bulat atau silinder dan tersusun menjadi rantai atau gumpalan. Jamur ini juga mempunyai ciri

struktur tubuh berupa miselium bercabang, hialin dan bersekat (septa).

*Fusarium oxysporum* tumbuh baik pada medium tanat sebagai sumber karbon tunggal dalam kondisi mikroaerob dengan penurunan nilai pH yang cukup besar (Silva et al, 2010). *Fusarium oxysporum* juga telah diuji aktivitas lignolitiknya dengan hasil dapat memineralisasi lignin berlabel 14 C yang dibuat dari jerami gandum sebesar 22,6% (Bugg et al, 2011). Penelitian oleh Lozovaya et al. (2006) menunjukkan bahwa *Fusarium solani* dapat mendegradasi lignin dengan memproduksi lakase dan lignin peroksidase yang dapat mengkatalisis pelepasan CO<sub>2</sub> dari 4C-labeled Klason lignin yang berasal dari dinding sel akar.

**Simpulan**

Hasil skrining potensi lignolitik dari isolat jamur yang berasal dari sampel seresah daun di kabupaten banyumas menggunakan metode bavendamm didapatkan 7 isolat dengan hasil positif atau memiliki aktivitas mendegradasi lignin. Hasil positif ditunjukkan dengan adanya zona berwarna coklat disekitar isolat. Nilai rasio zona coklat terbesar ditunjukkan pada isolat SR4BD dengan nilai rasio 1,90. Hasil identifikasi diduga bahwa isolat SR4BD adalah *Fusarium* sp.

### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terimakasih diucapkan kepada LPPM Unsoed atas dana BLU Unsoed yang telah membiayai penelitian ini.

### Daftar Pustaka

- Agustini, L., Irianto, R., Turjaman, M., & Santoso, E. 2016. Isolat Dan Karakterisasi Enzimatis Mikroba Lignoselulolitik Di Tiga Tipe Ekosistem Taman Nasional. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 8(2): 197-210
- Anuja, S., Neeraj, K.A., & Anita, Y. 2017. Isolation and Screening of Lignolytic Fungi from Various Ecological Niches. *Universal Journal of Microbiology Research*, 5(2): 25-34
- Brown, J., A.S.A. Collin, & T.M. Wood. 1987. Development of a medium for high cellulase, xylanase and  $\beta$ -glucosidase production by a mutant strain (NTG III/6) of the cellulolytic fungus *Penicillium pinophilum*. *Enzyme and Microbial Technology*, 9 (6): 355-360
- Bugg T.D., Ahmad, M., Hardiman, E.M., Rahmanpour, R. 2011. Pathways for degradation of lignin in bacteria and fungi. *Natural Product Report*, 28: 1883-1896
- Evans, C.S., M.V. Dutton, F. Guillen & R.G. Veness. 1994. Enzymes and small molecular mass agents involved with lignocelluloses degradation. *FEMS Microbiology Reviews*, 13: 235-240
- Gautam, S.P., P.S. Bundela, A.K. Pandey, M.K. Awasthi, & S. Sarsaiya. 2010. Effect of different carbon sources on production of Cellulases by *Aspergillus niger*. *Journal of Applied Science Environmental Sanitation*, 5(3): 277-281
- Gautam, S.P., P.S. Bundela, A.K. Pandey, Jamaluddin, M.K. Awasthi, & S. Sarsaiya. 2012. Diversity of Cellulolytic Microbes and the Biodegradation of Municipal Solid Waste by a Potential Strain. *International Journal of Microbiology*: 1-12
- Hattaka, A. 1994. Modifying Enzymes from Selected White-Rot Fungi: Production and Role in Lignin Degradation. *Microbiology*, 13: 125-135
- Klemm, D., Schuman, D., Kramer, F., Hebler, N., Hornung, M., Schmauder, H.P., & Marsch, S. 2006. Nanocelluloses as Innovative Polymers in Research and Application. *Adv Polym Sci*. Springer Berlin Heidelberg, 205: 49-96
- Lozovaya, V.V., Lygin, A.V., Zernova, O.V., Li, S., Widholm, J.M., & Hartman, G.L. 2006. Lignin degradation by *Fusarium solani* f. sp. *glycines*. *Plant Disease*, 90: 77-82
- Madadi, M., and Abbas, A. 2017. Lignin Degradation by Fungal Pretreatment: A Review. *Journal of Plant Pathology & Microbiology*, 8(2): 1-6
- Martani, E., Haedar, N., & Margino, S. 2003. Isolasi dan karakterisasi bakteri pendegradasi lignin dari beberapa substrat alami. *Gama Sains*, 5(2): 97-107
- Nyanhongo, G.S, Gübitz, G., Sukyai, P., Leitner, C., Haltrich, D., & Ludwig, R. 2007. Oxidoreductases from *Trametes* spp. in biotechnology: A wealth of catalytic activity. *Food Technol Biotechnol*, 45: 250-268
- Orth, A.B., Royse, D.J. & Tien M. 1993. Ubiquity of Lignin-Degrading Peroxidases among Various Wood-Degrading Fungi. *Applied and Environmental Microbiology* : 4017-4023
- Rao, N.S.S. 1982. *Biofertilizer in Agriculture*. Oxford & IBH Publisher Co. New Delhi.
- Rayner, A.D.M. and L. Boddy. 1988. *Fungal*



- Decomposition of Wood. Its Biology and Ecology. New York : John Wiley and Sons.
- Sari, W., Wiyono, S., Nurmansyah, A., Munif, A. & Poerwanto, R. 2017. Keanekaragaman dan Patogenisitas *Fusarium* spp. Asal Beberapa Kultivar Pisang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, XIII(6): 216-228
- Semangun, H. 2007. Penyakit-Penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia Edisi ke 2. Yogyakarta: Gajah Mada Univ Press
- Silva, I., Menezes, C., Franciscon, E., Eder & Durrant, L. 2010. Degradation of Lignosulfonic and Tannic Acids by Ligninolytic Soil Fungi Cultivated under Icroaerobic Conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53 : 693-699
- Singh, H. 2006. *Mycoremediation*, John Wiley & Sons, Inc. America : 358-375
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. 2019. *Data Pengelolaan Sampah dan RTH*. Diakses pada:<http://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- Woo, H.L., Hazen, T.C., Simmons, B.A., DeAngelis, K.M. 2014. Enzyme Activities of Aerobic Lignocellulolytic Bacteria Isolated from Wet Tropical Forest Soils. *Systematic and Applied Microbiology*, 37: 60- 6
- Silva, I., Menezes, C., Franciscon, E., Eder & Durrant, L. 2010. Degradation of Lignosulfonic and Tannic Acids by Ligninolytic Soil Fungi Cultivated under Icroaerobic Conditions. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 53 : 693-699
- Singh, H. 2006. *Mycoremediation*, John Wiley & Sons, Inc. America : 358-375
- Sistem Informasi Pengelolaan Sampah Nasional. 2019. *Data Pengelolaan Sampah dan RTH*. Diakses pada : <http://sipsn.menlhk.go.id/sipsn/public/data/timbulan>
- Woo, H.L., Hazen, T.C., Simmons, B.A., DeAngelis, K.M. 2014. Enzyme Activities of Aerobic Lignocellulolytic Bacteria Isolated from Wet Tropical Forest Soils. *Systematic and Applied Microbiology*, 37: 60- 6

