

Identifikasi Aktinomisetes Tanah Hutan Pasca Kebakaran Bukit Bangkirai Kalimantan Timur dan Potensinya Sebagai Pendegradasi Selulosa dan Pelarut Fosfat

Identification of soil actinomycetes in Bukit Bangkirai fire forest East Kalimantan and its potention as cellulolitic and phosphate solubilizing

ARIF NURKANTO

Bidang Mikrobiologi Puslit Biologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Cibinong 16911

Diterima: 04 Agustus 2007. Disetujui: 20 September 2007.

ABSTRACT

Some actinomycetes which were isolated from Bukit Bangkirai fire forest in East Kalimantan have been identified. Those isoates were also characterized for its cellulolitic and phosphate solubilizing ability. Identification was based on Miyadoh (1997) and Holt (1994) methods. Actinomycetes could be identified by microscopic observation on spores, chain spore, hypha, aerial hypha and its pigmentation. The cellulolitic ability was observed by clear zone ratio in CMC medium and phosphate solubilizing activity by same approach in Pikovskaya medium. From 91 Bukit Bangkirai's actinomycetes isolates which had been deposited in LIPI Microbial Collection (LIPIMC) were identified as 7 genera (*Streptomyces*, *Nocardia*, *Microbiospora*, *Micromonospora*, *Microtetraspora*, *Streptosporangium* and *Actinoplanes*). 57,14 % phosphate solubilizing actinomycetes and 38,46 % cellulolitic actinomycetes were detected with clear zone ratio average of 1,48 and 1,59 respectively.

© 2007 Jurusan Biologi FMIPA UNS Surakarta

Key words: Actinomycetes, spore, chain spore, aereal hypha, phosphate solubilizing, cellulase

PENDAHULUAN

Bukit Bangkirai merupakan salah satu hutan di wilayah Kalimantan Timur yang mengalami kebakaran secara terus menerus. Kebakaran di Kalimantan Timur ini tercatat sebagai kebakaran terbesar ke dua di dunia (Guhardja *et al.*, 2000). Kebakaran ini mengakibatkan imbas yang besar dan secara umum merugikan dalam berbagai sektor, termasuk biodiversitas yang ada di dalamnya. Perubahan kondisi fisik dan kimia tanah akibat kebakaran akan berakibat terhadap organisme tanah, termasuk mikroba yang berperan sebagai dekomposisi dalam tanah. Mikroba ini mendegradasi senyawa-senyawa kompleks dalam tanah menjadi unsur yang lebih sederhana sehingga dapat dimanfaatkan oleh tumbuhan dan dekomposer lain sebagai sumber nutrisi. Dengan demikian peranan mikroba penting sebagai penunjang suksesi dalam hutan pasca kebakaran. Salah satu peranan mikroba tanah ini adalah mendegradasi selulosa dan melarutkan fosfat inorganik. Selulosa memegang peranan penting dalam siklus karbon di alam (Schwarz, 2001) dan merupakan senyawa terbesar. Selulosa dari sisa tumbuhan dan organisme lain diurai oleh mikroba menjadi senyawa sederhana berupa glukosa, CO₂ dan hidrogen yang sangat berguna sebagai zat hara bagi tumbuhan dan organisme tanah lainnya. Proses penguraiannya

selulosa terjadi secara enzimatik ekstraseluler yang dilakukan oleh beberapa mikroba selulolitik. Kebanyakan mikroba selulolitik hidup pada lapisan atas dari tanah pada kedalaman 0 – 30 cm dan bersifat aerob (Jensen, 2001). Sedangkan fosfat merupakan senyawa esensial yang sangat diperlukan oleh tumbuhan dan juga mikroba tanah. Fosfat yang bisa digunakan tumbuhan sebagai nutrisi adalah fosfat dalam bentuk bebas, sedangkan fosfat yang dalam bentuk terikat tidak mampu dimanfaatkan oleh tumbuhan (Scheffer and Scachtschabel, 1992 *dalam* Peix *et al.*, 2001). Beberapa mikroba tanah ada yang mampu melarutkan fosfat terikat menjadi fosfat bebas dalam tanah yang dapat diserap oleh tumbuhan.

Aktinomisetes merupakan salah satu mikroba tanah yang memiliki kelimpahan terbesar dan berperan penting dalam proses dekomposisi. Sampai saat ini belum pernah dilakukan penelitian yang mengkaji diversitas aktinomisetes dalam tanah hutan Bukit Bangkirai. Penelitian ini bertujuan untuk mengkarakterisasi dan mengidentifikasi isolat aktinomisetes dari Hutan Bukit bangkirai serta menguji potensinya sebagai pelarut fosfat dan pengurai selulosa.

BAHAN DAN METODE

Sumber Isolat

Isolat didapatkan dari *LIPI Microbiology Culture Collection* (LIPIMC) yang belum teridentifikasi. Isolat ini

▼ Alamat Korespondensi:

Jl. Raya Jakarta – Bogor KM 46
Tel. +62-021-8754587. Fax: +62-21-8754588
Email: arief_nurkanto@yahoo.com

diisolasi dari tanah hutan Bukit Bangkirai Kalimantan Timur, yang telah mengalami kebakaran.

Identifikasi Aktinomisetes

Isolat dalam bentuk slan di *pick up* secara aseptis dan di *streak* ke medium *Yeast Strach Agar* (YSA) padacawan petri diameter 5 cm. Komposisi Media YSA tiap mL adalah 2 g yeast ekstrak, 10 g *soluble strach*, 15 g Agar, 1 L aquades dan pH 7,2. Inkubasi dilakukan pada temperatur ruang selama 2 minggu untuk memberi kesempatan isolat tumbuh dengan sempurna. Identifikasi sampai pada level genus dapat dilakukan dengan pengamatan makroskopik dan mikroskopik isolat. Isolat murni yang telah tumbuh dilakukan pengamatan berupa bentuk dan warna koloni, pigmen yang dihasilkan, bentuk spora, letak spora dan bentuk rantai spora. Identifikasi berdasarkan metode Miyadoh (1997) dan Holt *et al.* (1994).

Uji Potensi Isolat Pendegradasi Selulosa

Isolat ditumbuhkan dalam bentuk koloni bulat pada medium Carboxil Methyl Cellulose (CMC). Komposisi media ini adalah : 1 g/L (NH₄)₂SO₄, 1 g/L MgSO₄.7H₂O, 1 g/L MnSO₄.H₂O, 0,1 g/L glukosa, 1 g/L yeast ekstrak, 10 g/L CMC, 1 g/L FeCl₃, agar 18 g/L dan pH 7,0. Media dalam cawan petri yang sudah ditanami isolat dinkubasi selama 2 minggu dalam temperatur ruang. Koloni yang sudah tumbuh dicuci dengan larutan *congo red* 0,1% selama 10 menit dan dibilas dengan menggunakan NaCl 1%. Pengukuran yang dilakukan berupa diameter koloni, dan diameter zona bening bila terbentuk. Rasio aktivitas selulolitik ditentukan dengan perbandingan diameter zona bening dan diameter koloni.

Uji Potensi Isolat Pelarut Fosfat

Isolat ditumbuhkan dengan cara yang sama pada perlakuan uji aktivitas pendegradasi selulosa. Media yang digunakan adalah Pikovskaya dengan komposisi 10 g/L glukosa, 5 g/L Ca₃PO₄, 0,5 g/L (NH₄)₂SO₄, 0,2 g/L KCl, 0,1 g/L MgSO₄.7H₂O, 0,01 g/L MnSO₄.H₂O, 0,5 g/L yeast ekstrak dan 0,01 g/L FeCl₃.6H₂O pada pH 7,0. Pengukuran yang dilakukan berupa rasio zona bening dengan membandingkan diameter zona bening dan diameter koloni setelah dinkubasi selama 2 minggu pada temperatur ruang

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktinomisetes tanah Bukit Bangkirai Kalimantan Timur sebanyak 91 isolat telah diidentifikasi sampai pada tingkat genus dan diuji potensinya sebagai agen pendegradasi selulase dan kemampuannya dalam melarutkan fospat (Tabel 01). Isolat didapatkan dari 3 plot tanah hutan, dengan pengelompokan tanah dari hutan terbakar berat (HD), terbakar ringan (LD) dan kontrol (K).

Banyak isolat aktinomisetes yang telah teridentifikasi yang memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat. Total isolat yang mampu melarutkan fosfat terikat sebanyak 52 isolat (57,14 %) dengan rata-rata rasio zona bening 1,48. Isolat aktinomisetes yang juga diuji aktivitas selulolitiknya menunjukkan hasil yang positif. Sebanyak 35 (38,46 %) isolat mampu mendegradasi selulosa dengan rata-rata rasio zona bening 1,59.

Aktinomisetes telah teridentifikasi sampai pada level genus sebanyak 91 isolat. Ditemukan tujuh genus yaitu *Streptomyces*, *Nocardia*, *Microbiospora*, *Micromonospora*, *Microtetraspora*, *Streptosporangium* dan *Actinoplanes*.

Streptomyces merupakan genus yang paling dominan dengan jumlah sekitar 86%. Pada kondisi tanah normal dan dengan menggunakan metode isolasi universal maka akan diperoleh *Streptomyces* dengan kelimpahan lebih dari 70 %, bahkan ada yang mencapai 95% (Madigan *et al.*, 2003; Kurbake, 2001) tergantung metode isolasi yang digunakan. Dari banyak penelitian yang dilakukan sebelumnya, genus lain yang memiliki kelimpahan tinggi adalah *Nocardia* dan *Micromonospora* dengan kelimpahan sekitar 1 % (Lechevalier dan Lechevalier, 1967; Nonomura dan Ohara, 1971; Madigan *et al.*, 2003).

Banyaknya isolat *Streptomyces* yang ditemukan dalam tanah karena genus ini mampu tumbuh lebih cepat dan jumlah jenis yang tinggi (Madigan *et al.*, 2003; Kurbake, 2001; Lechevalier dan Lechevalier, 1967). Sampai saat ini sudah ditemukan sekitar 500 jenis *Streptomyces* dari seluruh dunia. Disamping itu streptomices tersebar di semua tipe habitat terutama tanah. Genus ini memiliki rantai spora pada hifa aerial dan memiliki miselium yang lengkap. Kelimpahan miselium yang tinggi dan rantai sporanya panjang. Spora tersusun dalam bentuk kumparan yang menggulung atau berpilin. Ada juga yang berbentuk untaian panjang melengkung. Rantai spora *Streptomyces* sangat jelas terlihat pada pengamatan mikroskopik, karena memiliki bentuk yang khas (Gambar 1.A). Hifa vegetatif memproduksi miselium bercabang sangat banyak dan jarang yang berfragmen dengan diameter 0,5 – 2 µm. Miselium aerial saat dewasa membentuk rantai spora berjumlah tiga atau lebih. Memiliki spora nonmotil. Kebanyakan memproduksi berbagai macam pigmen yang memberikan warna pada miselium aerial dan miselium vegetatif. Banyak jenis dari aktinomisetes mampu memproduksi antibiotik. Bersifat aerob kemoorganotrofik dan tipe metabolisme oksidatif. Mampu menggunakan berbagai macam sumber karbon sebagai energi untuk pertumbuhannya. Temperatur optimum berkisar antara 25° – 35° C. beberapa spesies tumbuh pada temperatur rentang psikrofilik dan termofilik. Melimpah pada habitat tanah dan kompos dengan pH optimum 6,5 – 8,0. Beberapa spesies bersifat patogen dan fitopatogen dengan prosentase GC 69 – 75. *Streptomyces* yang diisolasi sebagian besar memiliki kemampuan dalam mendegradasi selulosa dan melarutkan fosfat. Genus ini paling efisien dalam mendegradasi selulosa dan melarutkan fosfat karena kecepatan pertumbuhannya dan aktivitas yang tinggi dibanding genus lain.

Nocardia merupakan genus terbesar kedua yang ditemukan dengan kelimpahan 6,6 %. Genus ini memiliki hifa vegetatif yang bercabang dengan diameter 0,5 – 1,2 µm. Koloni berbentuk bakteroid dan kokoid. Memiliki hifa aerial dengan spora rantai pendek yang tersusun atas beberapa spora. Rantai spora terpilin dan jelas teramati dibawah mikroskop (Gambar 1.B). Terdapat melimpah di habitat tanah yang bersifat obligat aerob dan beberapa ada yang bersifat patogen pada manusia dan hewan. Prosentase GC dari *Nocardia* adalah 61 – 72. genus ini juga aktif dalam mendegradasi selulosa dan melarutkan fosfat. enam isolat yang ditemukan, semua memiliki aktivitas enzim yang relatif tinggi.

Micromonospora ditemukan sekitar 3,3 % dengan karakteristiknya adalah memiliki miselium yang berseptat dan bercabang dengan diameter 0,5 µm. Spora nonmotil dan sering dijumpai dalam susunan tunggal pada sporofor (Gambar 1.C). Genus ini tidak memiliki hifa aerial dengan sifat aerobik sampai mikroaerobik. Beberapa spesies bersifat anaerob dan sering dijumpai pada intestinum rayap dan rumen domba. Bersifat acidofilik dengan pH lingkungan

pertumbuhan di bawah 6. Temperatur optimum untuk pertumbuhannya $20^{\circ} - 40^{\circ} \text{C}$. Genus ini memiliki prosentase GC 54 – 79. Habitat penyebaran *Micromonospora* cukup luas, baik di tanah, air, air laut ataupun sedimen. *Micromonospora* merupakan genus terbaik ke-dua setelah *Streptomyces* yang memiliki potensi tinggi sebagai pendegradasi selulosa dan pelarut fosfat. Aktivitas enzim selulase dari beberapa spesies mencapai 34 unit/mL (Chowdhury *et al.*, 1991). Beberapa spesies dari genus ini telah dimanfaatkan sebagai agen hayati dalam pengolahan limbah.

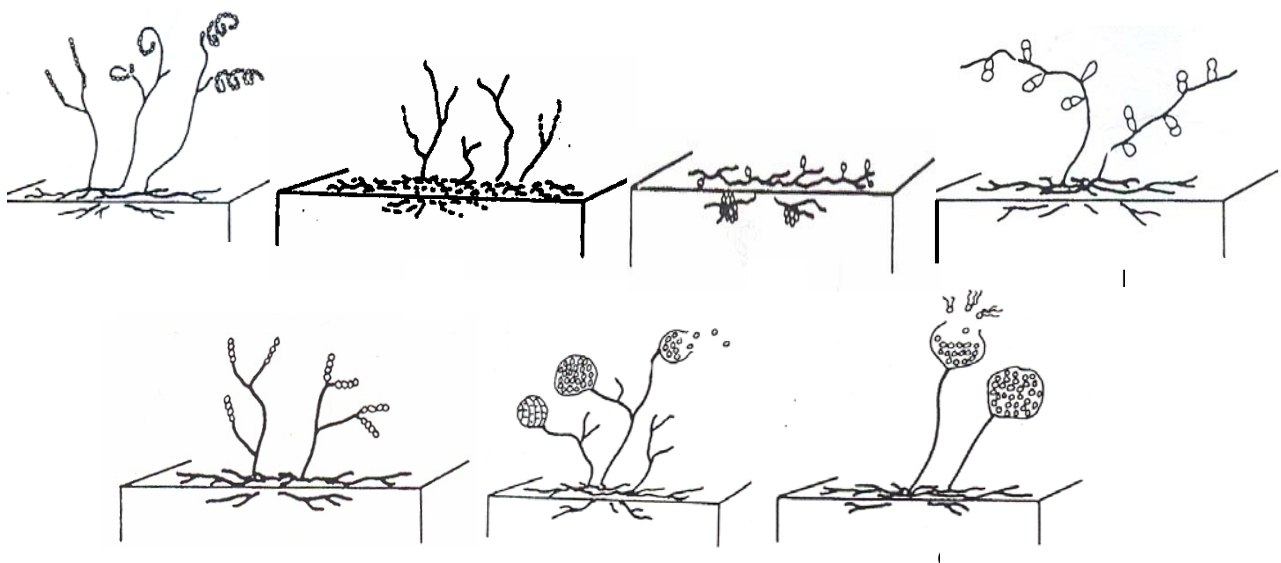
Microbiospora teridentifikasi dengan kelimpahan 1,1%. Genus ini memiliki miselia bercabang yang terdapat spora dalam susunan longitudinal berpasangan. Spora tersusun duplet pada sporofor yang pendek dengan bentuk spora sperik sampai oval yang berdiameter $1,2 - 1,6 \mu\text{m}$ (Gambar 1.D). Spora *Microbiospora* bersifat nonmotil dengan permukaan yang halus. Umumnya dijumpai pada tanah yang bersifat mesofil dan termofil. Genus ini memiliki prosentase GC 54 – 79. walaupun hanya dijumpai satu isolat namun memiliki kemampuan dalam mendegradasi selulosa. Beberapa jenis juga banyak digunakan sebagai agen biologi dalam pengolahan limbah terutama untuk mendekomposisi jerami padi di daerah pertanian.

Mikrotetraspora juga dijumpai dengan kelimpahan 1,1%. Ciri karakteristik genus ini adalah memiliki miselium vegetatif yang bercabang banyak. Memiliki aereal hifa yang dapat menghasilkan rantai spora dengan 30 spora nonmotil dengan susunan 4 butir spora tiap rantai. Rantai spora berbentuk lurus, spiral terbuka atau spiral tertutup (Gambar 1.E). Permukaan spora ada yang berbentuk terlipat tak beraturan atau halus. Miselium aereal berwarna abu-abu kebiruan, krem, abu-abu, pink, violet, kuning atau putih. Temperatur optimum pertumbuhan $20 - 45^{\circ} \text{C}$, walaupun ada beberapa spesies yang mampu tumbuh pada 55°C . Distribusi utama dari genus ini adalah tanah dengan prosentase GC 54 - 79. Sifat fisiologi genus ini hampir sama dengan mikromonospora dan mikrobiospora. Isolat yang ditemukan juga memiliki kemampuan dalam mendegradasi selulosa sekaligus melarutkan fosfat.

Streptosporangium juga hanya ditemukan satu isolat dengan kelimpahan 1,1%. Genus ini memiliki ciri miseliumnya bercabang dengan sporangia berbentuk globus dan berukuran cukup besar ($10 \mu\text{m}$) yang terbentuk pada aereal miselium (Gambar 1.F). Artrospora terbentuk dengan cara septasi hifa yang tak bercabang dan menggulung. Artrospora berbentuk sperik, oval atau batang dan bersifat nonmotil. Kebanyakan spesies adalah mesofilik dan beberapa ada yang termotoleran. Gula khas penyusun dinding sel adalah madurosa dengan habitat utamanya adalah tanah, serasah dan kotoran hewan. Walaupun hanya dijumpai satu isolat, namun memiliki kemampuan mendegradasi selulosa dengan rasio zona bening paling tinggi. Disamping itu juga memiliki kemampuan dalam melarutkan fosfat terikat.

Actinoplanes dijumpai dengan kelimpahan 1,1% Spora dari *Actinoplanes* berbentuk sperik atau sub sperik atau batang pendek (Gambar 1.G). Spora bersifat motil dalam air dan memiliki flagel polar. Miseliumnya bercabang, namun tidak memiliki aereal miselium. Hifa tersusun dalam bentuk palisade. Banyak menghasilkan pigmen yang disekresikan ke media. Dinding sel tersusun atas D-xilosa dan L-arabinosa. Memiliki prosentase GC 69 – 71 dan bersifat aerob. Kebanyakan jenis dari aktinoplanes tidak membutuhkan faktor tumbuh organik. Habitat utamanya pada tanah dan serasah dengan temperatur pertumbuhan $15 - 35^{\circ} \text{C}$ (Miyadoh, 1997; Holt *et al.*, 1994). Pengujian terhadap kemampuan melarutkan fosfat dan selulolitik, isolat yang ditemukan menunjukkan hasil yang negatif. Walaupun demikian, banyak dari spesies dari genus ini yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat dan selulolitik.

Proses pelarutan fosfat ini terjadi dalam tanah atau rizosfer tanaman dan menghasilkan fosfat yang melebihi kebutuhan untuk pertumbuhan sel aktinomisetes ini sendiri. Surplus fosfat bebas akan dimanfaatkan oleh tumbuhan (Rao, 1982). Fosfat merupakan unsur esensial yang sangat penting bagi tumbuhan. Bersama dengan unsur nitrogen, fosfor merupakan unsur utama dalam pembentukan biji pada tumbuhan (Vassilev *et al.*, 2001). Dari sekian banyak fosfat di alam, hanya 0,1% yang dapat digunakan oleh tumbuhan maupun mikroba lain, sisanya dalam bentuk

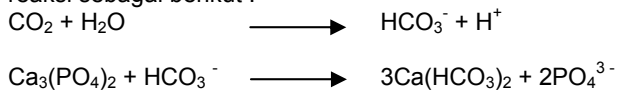


Gambar 1. Penampakan mikroskopik spora dan rantai spora dari beberapa genus aktinomisetes. (A : *Streptomyces*, B : *Nocardia*, C : *Micromonospora*, D : *Microbiospora*, E : *Mikrotetraspora*, F : *Streptosporangium* dan G : *Actinoplanes*).

fosfat terikat yang yang tidak dapat dimanfaatkan (Peix *et al.*, 2001).

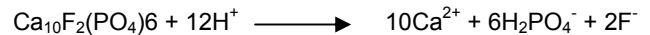
Proses pelarutan fosfat oleh aktivitas mikroorganisme terjadi melalui banyak cara. Proses ini berkaitan dengan pelepasan ion H⁺ dari sitoplasma ke luar sel. Hal ini disebabkan oleh serapan kation khususnya NH₄⁺ dan melalui bantuan ATPase pemindah H⁺ (Goenardi *et al.*, 1993). Pelarutan sumber fosfat akan terjadi secara langsung di permukaan sel dan dihasilkan fosfat terlarut dalam bentuk H₂PO₄⁻ atau HPO₄²⁻.

Mekanisme pelarutan fosfat yang berupa pelepasan CO₂ hasil respirasi bakteri dapat terjadi melalui mekanisme reaksi sebagai berikut :



Pelarutan fosfat disebabkan oleh asam-asam organik “non-volatile” yang dihasilkan oleh mikroba. Asam-asam ini diperoleh dari metabolisme glukosa sebagai sumber karbon. Asam organik tersebut antara lain asam sitrat, asam glutamat, asam suksinat, asam laktat, asam oksalat, asam glioksalat, asam malat, asam fumarat, asam tartrat dan asam α-ketobutirat. Asam organik tersebut akan mengkelat kation dalam bentuk kompleks yang stabil dengan Ca²⁺, Mg²⁺, Fe³⁺ dan Al³⁺ (Pareek and Gaur (1973), Subba Rao (1994) dalam Suciati (1999)). Proses

penguraian fosfat (Arcand and Schneider, 2006) adalah sebagai berikut :



Selulosa merupakan unsur terbesar di alam yang terdapat dalam jumlah melimpah. Unsur yang merupakan penyusun dinding sel tumbuhan kemudian terdekomposisi dalam tanah. Selulosa merupakan sumber karbon potensial bagi mikroba tanah, namun tidak semua mikroba tanah mampu menggunakannya, karena memerlukan perombakan kompleks untuk menjadi glukosa yang siap di serap oleh sel. Beberapa jenis aktinomisetes memiliki kemampuan dalam mengurai selulosa menjadi glukosa yang dapat dimanfaatkan oleh mikroba lain, sehingga sangat membantu dalam proses daur nutrisi dalam tanah.

Sistem enzim selulitik yang terdapat pada mikroba ini terdiri dari tiga tipe aktivitas yaitu : selobiohidrolase, endo – β-glukonase dan β-glukosidase. Aktivitas tersebut berperan secara sinergis dalam hidrolisis selulosa. Tiap aktivitas terdiri dari beberapa enzim. Selobiohidrolase I dan II menghidrolisis selulosa yang tidak larut menjadi selo dekstrin dan selobiosa yang terlarut. Endo β glukonase I dan II berperan dalam mengubah selodekstrin menjadi selobiosa. Selobiosa kemudian dipecah menjadi 2 unit glukosa oleh β-glukosidase (Persson *et al.*, 1991).

Tabel 1. Hasil identifikasi dan karakterisasi morfologi isolat Aktinomisetes serta potensinya sebagai pelarut fosfat dan selulolitik pada tanah hutan Bukit Bangkirai Kalimantan Timur.

| No. | Genus Teridentifikasi | Nomor Koleksi | Pigmen | Warna Koloni | Aktivitas Enzim | |
|-----|-----------------------|---------------|------------|-------------------|-----------------|----------|
| | | | | | fosfatase | selulase |
| 1 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0001 | coklat tua | abu-abu keputihan | - | - |
| 2 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0006 | - | ungu keabuan | - | - |
| 3 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0008 | - | putih | - | - |
| 4 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0011 | coklat | putih | 1.6 | - |
| 5 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0012 | kuning | hijau tua | 1.5 | - |
| 6 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0014 | coklat | coklat keabuan | - | - |
| 7 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0015 | - | coklat tua | - | - |
| 8 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0016 | - | abu-abu | 1.31 | 1.14 |
| 9 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0017 | - | coklat | 2.2 | - |
| 10 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0019 | - | abu-abu | 1.18 | - |
| 11 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0020 | - | putih keabuan | 1.18 | 1.68 |
| 12 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0023 | - | putih | - | - |
| 13 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0024 | - | putih | 1.25 | 2.3 |
| 14 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0025 | - | coklat tua | - | - |
| 15 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0026 | - | abu-abu keputihan | - | - |
| 16 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0028 | - | abu-abu keputihan | 1.26 | 1.21 |
| 17 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0030 | - | abu-abu | 1.49 | - |
| 18 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0032 | hijau | coklat keputihan | 1.8 | - |
| 19 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0033 | - | abu-abu | 1.29 | 2.03 |
| 20 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0034 | - | putih | - | - |
| 21 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0035 | coklat | coklat abu-abu | - | - |
| 22 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0036 | - | putih | 0.78 | 1.68 |
| 23 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0037 | - | putih transparan | 2 | - |
| 24 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0038 | - | putih kecoklatan | 1.61 | - |
| 25 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0039 | - | coklat | - | - |
| 26 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0040 | - | putih | 3 | 1.2 |
| 27 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0122 | - | abu-abu keputihan | 1.28 | - |
| 28 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0041 | coklat | coklat keabuan | - | - |
| 29 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0042 | coklat | coklat keabuan | - | - |
| 30 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0043 | - | abu-abu | - | - |
| 31 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0046 | coklat | abu-abu putih | - | - |
| 32 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0047 | - | coklat muda | - | - |
| 33 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0050 | - | putih | - | - |
| 34 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0051 | coklat | coklat | - | - |

Tabel 1 (lanjutan). Hasil identifikasi dan karakterisasi morfologi isolat Aktinomisetes serta potensinya sebagai pelarut fosfat dan selulolitik pada tanah hutan Bukit Bangkirai Kalimantan Timur.

| No. | Genus Teridentifikasi | Nomor Koleksi | Pigmen | Warna Koloni | Aktivitas Enzim | |
|-----|--------------------------|---------------|-------------|------------------|-----------------|----------|
| | | | | | fosfatase | selulase |
| 35 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0052 | - | putih kecoklatan | - | 1.25 |
| 36 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0053 | coklat | abu-abu | 1.38 | - |
| 37 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0054 | - | putih | 1.63 | 2.5 |
| 38 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0055 | - | putih | - | 1.18 |
| 39 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0056 | - | coklat | 1.63 | - |
| 40 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0057 | coklat | coklat kehitaman | - | - |
| 41 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0058 | coklat | coklat putih | - | 1.28 |
| 42 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0059 | - | putih | - | - |
| 43 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0060 | coklat | abu-abu | - | 1.2 |
| 44 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0064 | - | putih | 1.2 | 1.23 |
| 45 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0067 | - | coklat | 1.47 | - |
| 46 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0069 | coklat | coklat | 1.18 | 1.2 |
| 47 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0071 | coklat tua | putih | 1.14 | 1.9 |
| 48 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0072 | - | coklat | - | - |
| 49 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0074 | putih keruh | coklat | 1.42 | 1.28 |
| 50 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0079 | coklat | coklat | - | 1.7 |
| 51 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0084 | coklat | putih | 1.6 | 2.18 |
| 52 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0086 | - | abu-abu | 1.53 | - |
| 53 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0087 | - | ungu | 1.29 | - |
| 54 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0089 | coklat | abu-abu | 1.88 | 1.55 |
| 55 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0092 | coklat | abu-abu | 1.57 | - |
| 56 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0093 | coklat tua | putih | 1.56 | 1.25 |
| 57 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0094 | coklat | putih abu-abu | 2.13 | 1.18 |
| 58 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0095 | - | abu-abu | 1.47 | - |
| 59 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0097 | kuning | putih | 1.26 | - |
| 60 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0099 | - | putih | - | - |
| 61 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0100 | coklat | putih | 2.4 | - |
| 62 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0101 | - | coklat | 1.64 | - |
| 63 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0102 | - | coklat keabuan | - | 1.75 |
| 64 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0104 | - | putih | 1.5 | - |
| 65 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0106 | kuning | abu-abu putih | - | - |
| 66 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0107 | abu-abu | putih abu-abu | 1.5 | - |
| 67 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0108 | coklat tua | abu-abu | - | - |
| 68 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0109 | coklat | abu-abu | 1.35 | 1.9 |
| 69 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0110 | abu-abu | abu-abu | 1.2 | - |
| 70 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0111 | abu-abu | abu-abu | - | - |
| 71 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0112 | coklat | coklat keputihan | - | 1.5 |
| 72 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0113 | coklat | coklat keputihan | 1.5 | - |
| 73 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0115 | kuning | kuning | 1.08 | - |
| 74 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0116 | coklat | putih | 1.46 | 1.18 |
| 75 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0118 | ungu | ungu | 1.5 | 1.28 |
| 76 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0119 | coklat | coklat | 1.57 | - |
| 77 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0120 | - | coklat tua | - | 1.68 |
| 78 | <i>Streptomyces</i> | LIPIMC-A-0121 | - | putih keabuan | 1.16 | - |
| 79 | <i>Streptosporangium</i> | LIPIMC-A-0005 | coklat | putih | 1.25 | 2.5 |
| 80 | <i>Nocardia</i> | LIPIMC-A-0007 | ungu | hitam keputihan | - | 1.6 |
| 81 | <i>Nocardia</i> | LIPIMC-A-0010 | - | putih | 1.14 | - |
| 82 | <i>Nocardia</i> | LIPIMC-A-0061 | ungu | hitam | - | 2.14 |
| 83 | <i>Nocardia</i> | LIPIMC-A-0062 | - | coklat tua | 1.19 | 1.38 |
| 84 | <i>Nocardia</i> | LIPIMC-A-0080 | - | putih | 1.4 | 1.4 |
| 85 | <i>Nocardia</i> | LIPIMC-A-0096 | coklat | putih | 1.38 | - |
| 86 | <i>Microtetraspora</i> | LIPIMC-A-0044 | kuning | kuning keputihan | 1.28 | 1.28 |
| 87 | <i>Micromonospora</i> | LIPIMC-A-0082 | coklat | putih | 1.17 | - |
| 88 | <i>Micromonospora</i> | LIPIMC-A-0085 | coklat | putih | - | 1.9 |
| 89 | <i>Micromonospora</i> | LIPIMC-A-0114 | coklat | putih | - | - |
| 90 | <i>Microbiospora</i> | LIPIMC-A-0021 | - | putih kemerahan | - | 2 |
| 91 | <i>Actinoplanes</i> | LIPIMC-A-0073 | coklat | putih | - | - |

KESIMPULAN

Hasil identifikasi yang dilakukan terhadap isolat aktinomisetes Hutan Pasca kebakaran Bukit Bangkirai Kalimantan Timur di peroleh tujuh genus yaitu *Streptomyces*, *Nocardia*, *Microbispora*, *Micromonospora*, *Microtetraspora*, *Streptosporangium* dan *Actinoplanes*. Sebagian dari Isolat tersebut mempunyai kemampuan dalam melarutkan fosfat dan mendegradasi selulosa, sehingga berpotensi sebagai agen hayati dalam menjaga kesehatan ekosistem dan berpeluang untuk pengembangan pupuk hayati yang ramah lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada Dr. I Made Sudiana, APU, Atit Kanti, MSc, Dr. Herwin Simbolon dari Puslit Biologi LIPI dan Dr. Otsuka serta Kazuo Isobe dari Tokyo University, atas bantuan dan dukungan selama penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Arcand, M. M. and K. D. Schneider. 2006. Plant – Microbials Based Mechanism to Improve The Agronomic Effectiveness of Phosphate Rock : a review. *Annals of The Brazilian Academy of Sciences* 78(4) : 791 - 807
- Chowdhury, M. Moniruzzaman, N. Nahar and N. Choudhury. 1991. Production of Cellulases and Saccharification of Lignocellulolytic by *Micromonospora*. *Journal Microbiology and Biotechnology* 7(6). Springer, Netherland.
- Guhardja, E.M., M. Fatawi, M. Sutisna and T.M.S. Ohta. 2000. Rainforest ecosystem of East Kalimantan : El nino, Drought, Fire and Human Impact. Tokyo.
- Holt, J.G., N.R. Krieg, P.H.A. Sneath, J.T. Staley and S.T. Williams. 1994. *Bergey's Determinative Bacteriology*. Ninth Edition. Lippincott Williams & A Walters Kluwer Company. Baltimore.
- Kurtbake, I. 2001. Selective isolation of rare actinomycetes. Queensland. Australia.
- Lechevalier, M.P., and H.A. Lechevalier. 1967. Biology of Actinomycetes. *Annual Review on Microbiology* 21 :71 – 100.
- Madigan, M.T., J.M. Martiko and J. Parker. 2003. *Biology of Microorganisms*. Tenth Edition. Pearson Education, Inc. USA.
- Miyadoh, S. 1997. *Atlas of Actinomycetes*. Asakura Publishing Co Ltd. Japan.
- Nanomura, H. and Y. Ohara. 1971. Distribution of Soil Actinomycetes. VIII. Green Spore Group of *Microtetraspora*, its preferential isolation and taxonomic characteristics 49 : 1 – 7.
- Jensen, R.A. 2001. General Soil Information. <http://www.fs.fed.us/r6/centraloregon/resourinfo/soil.html>.
- Persson, I., F. Tjerneld and B. H. Hagerdal. 1991. Fungal Cellulolytic Enzyme Production: A Review. *Process Biochemistry* 26 : 65-74.
- Peix, A. A. Rivas-Boyerob, P.F. Mateosb, C. Rodriguez-Barruecoa, E. Martınez-Molinab, E. Velazquezb. 2001. Growth promotion of chickpea and barley by a phosphate solubilizing strain of *Mesorhizobium mediterraneum* under growth chamber conditions. *Journal of Soil Biology and Biochemistry* 33 : 103 – 110.
- Rao, S. 1982. *Biofertilizer in Agriculture*. Oxford & IBH Published. New Delhi.
- Swartz, W.H. 2001. The Cellulosome and Cellulose degrading Anaerobic Bacteria. *Journal of Appl. Microbiol, Biotechnol* 56 : 634 – 649.
- Suciatmih. 1999. Keanekaragaman Jamur Tanah dan Kemampuannya Melarutkan Fosfat pada Lahan Bekas Tambang Timah Singkep. *Jurnal Mikrobiologi Tropika* 2 (1) : 51 54.
- Vassilev, N., M. Vassileva, M. Fenice and F. Federici. 2001. Immobilized cell technology applied in solubilization of Insoluble Inorganic (rock) Phosphates and P Plant Acquisition. *J. Bioresource Technology* 79 : 263 – 27.