



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
SURAT PENCATATAN CIPTAAN

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia Republik Indonesia, berdasarkan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2014 tentang Hak Cipta yaitu Undang-Undang tentang perlindungan ciptaan di bidang ilmu pengetahuan, seni dan sastra (tidak melindungi kekayaan intelektual lainnya), dengan ini menerangkan bahwa hal-hal tersebut di bawah ini telah tercatat dalam Daftar Umum Ciptaan:

- I. Nomor dan tanggal permohonan : C00201604105, 18 Oktober 2016
- II. Pencipta
Nama : **1. ABUBAKAR SIDIK KATILI, S.Pd., M.Sc.;**
Alamat : **2. YULIANA RETNOWATI, S.Si., M.Si.**
Kewarganegaraan : Jalan Kalimantan No.60 Rt.002 Rw.001
Kel. Dulalowo Timur, Kec. Kota Tengah
Kota Gorontalo, Gorontalo.
Indonesia
- III. Pemegang Hak Cipta
Nama : **1. ABUBAKAR SIDIK KATILI, S.Pd., M.Sc.;**
Alamat : **2. YULIANA RETNOWATI, S.Si., M.Si.**
Kewarganegaraan : Jalan Kalimantan No.60 Rt.002 Rw.001
Kel. Dulalowo Timur, Kec. Kota Tengah
Kota Gorontalo, Gorontalo.
Indonesia
- IV. Jenis Ciptaan : Karya Tulis
- V. Judul Ciptaan : **DIVERSITAS ACTINOMYCETES DAN EKSPLORASI SENYAWA BIOAKTIF DARI KAWASAN MANGROVE DESA TOROSIAJE GORONTALO**
- VI. Tanggal dan tempat diumumkan untuk pertama kali di wilayah Indonesia atau di luar wilayah Indonesia : 17 September 2016, di Bogor
- VII. Jangka waktu perlindungan : Berlaku selama hidup Pencipta dan terus berlangsung hingga 70 (tujuh puluh) tahun setelah Pencipta meninggal dunia.
- VIII. Nomor pencatatan : 085836

Pencatatan Ciptaan atau produk Hak Terkait dalam Daftar Umum Ciptaan bukan merupakan pengesahan atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang dicatat. Menteri tidak bertanggung jawab atas isi, arti, maksud, atau bentuk dari Ciptaan atau produk Hak Terkait yang terdaftar. (Pasal 72 dan Penjelasan Pasal 72 Undang-undang Nomor 28 Tahun 2014 Tentang Hak Cipta)

a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
REPUBLIK INDONESIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL
u.b.
DIREKTUR HAK CIPTA DAN DESAIN INDUSTRI

Dr. Dra. Erni Widhyastari, Apt., M.Si.
NIP. 196003181991032001

DIVERSITAS ACTINOMYCETES DAN EKSPLORASI SENYAWA BIOAKTIF DARI KAWASAN MANGROVE DESA TOROSIAJE GORONTALO

Abubakar Sidik Katili^{1,2*}, Yuliana Retnowati^{1,2}

¹ Biology Department, Mathematics and Science Faculty, State University Of Gorontalo

²Coastal Ecology Based Local Wisdom Research Center Biology Departement SUG, Gorontalo, Indonesia

*Email: dikykatili@gmail.com

Abstrak

Actinomycetes merupakan bakteri Gram-positif penghasil antibiotik yang terdistribusi secara luas, baik di ekosistem terestrial maupun akuatik, termasuk sedimen hutan bakau. Hutan bakau Torosiaje di Gorontalo merupakan ekosistem hutan bakau kars yang memiliki kondisi geomorfologi unik dengan tipe hutan *fringe* dan *overwash mangrove*. Penelitian ini bertujuan untuk mengungkap diversitas *culturable Actinomycetes* pada tanah rhizosfer berbagai jenis pohon bakau dan menganalisis potensinya sebagai penghasil antibiotik. Sampel tanah dikoleksi dari rhizosfer pohon bakau dewasa jenis *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Avicennia marina*, *Sonneratia Alba*, dan *Xylocarpus sp* pada tipe hutan *fringe mangrove*. Sampel tanah diambil pada kedalaman 0-10 cm. Sampel tanah di analisis sifat fisik kimia tanah meliputi pH, salinitas, tekstur tanah, C-organik, N-total, N-NO₃, Fe, Mn, Zn, Cu, P, K₂O dan S total. Isolasi selektif *Actinomycetes* menggunakan medium *Starch Casein Agar* yang disuplementasi dengan cyclohexamide dan nystatin. Jumlah *Actinomycetes* ditentukan berdasar jumlah koloni actinomycetes pada medium tumbuh. Potensi antimikrobia isolat *Actinomycetes* sebagai penghasil antibiotik dianalisis berdasar *well diffusion agar method* melawan mikrobia patogen. Jenis antibiotik diidentifikasi menggunakan metode KLT. Penelitian berhasil mendapatkan lima isolat *Actinomycetes* dari sedimen rizosfer tiga tumbuhan bakau jenis *Ceriops tagal*, *Bruguera gymnorizha*, dan *Xylocarpus s.* Berdasar karakter karakter morfologi koloni, colour grouping pada medium oatmeal agar, kemampuan tumbuh pada berbagai medium tumbuh dan morfologi spora, kelima isolat *Actinomycetes* diduga sebagai anggota genus *Streptomyces*. Hasil skrining potensi antimikroba menunjukkan isolat C2 dan X2 masing-masing dari rhizosfer *Ceriop tagal* dan *Xylocarpus sp* menunjukkan potensi antibakteri dengan tipe narrow spectrum. Isolat C2 dan X2 tidak menunjukkan efek antifungi. Hasil analisis KLT menunjukkan bahwa antibiotik yang dihasilkan oleh kedua isolat diduga memiliki karakter yang serupa dengan antibakteri chloramfenikol dan amphysilin dan antifungi cyclohexamide dan nystatin.

Kata Kunci : Diversitas, actinomycetes, *fringe mangrove*, senyawa bioaktif

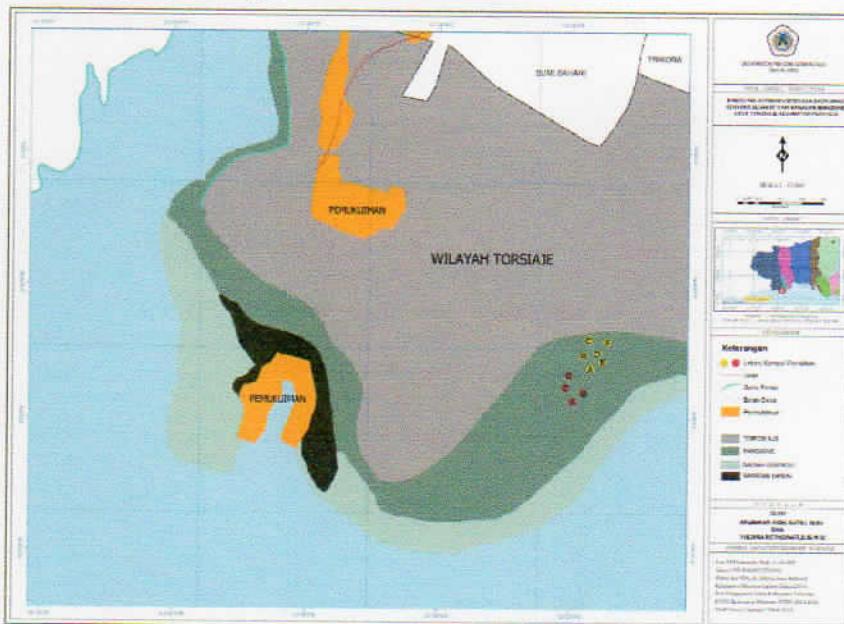
PENDAHULUAN

Hutan mangrove merupakan hutan lahan basah pesisir yang terdapat pada zona intertidal pada estuari, delta, anak sungai, laguna, rawa-rawa, lumpur khususnya di daerah tropis dan subtropis (Sahoo et al., 2009). Adanya pengaruh salinitas yang cukup tinggi, suhu tinggi, pasang surut air laut, sedimentasi tinggi dan evaporasi tinggi menyebabkan sedimen hutan bakau bersifat anaerobik dan kondisi tersebut sangat berbeda dengan lingkungan terestrial (Das et al., 2014). Ekosistem rawa bakau sangat potensial untuk distribusi dan keberlangsungan mikroba. Mereka dianggap sebagai ekosistem yang produktif dan habitat untuk beragam mikroba yang belum di eksplorasi meliputi actinomycetes (Rao et al., 2012).

Actinomycetes merupakan kelompok bakteri gram positif yang telah diketahui sebagai penghasil metabolit sekunder (senyawa bioaktif) dengan aktivitas sebagai antibiotik, antifungi, antivirus, dan antikanker yang penting dalam dunia industri (Amrita et al., 2012). *Actinomycetes* tersebar luas di lingkungan terestrial, freshwater dan lingkungan laut (Das et al., 2014). Mereka berperan penting dalam proses dekomposisi senyawa organik dan dengan demikian mengisi kembali suplai nutrien di dalam tanah (Mabrouk dan Saleh 2014). Namun kajian actinomycetes di lingkungan laut khususnya rawa bakau masih sangat sedikit dibandingkan dengan lingkungan terestrial (Das et al., 2014). Kondisi lingkungan ekosistem rawa bakau yang masih jarang di eksplorasi memberikan peluang untuk eksplorasi *Actinomycetes* jenis baru dengan kemampuan untuk menghasilkan senyawa bioaktif baru seperti antibiotik, enzim dan agen antitumor (Das et al. 2014).

BAHAN DAN METODE

Koleksi sampel -- Sampel sedimen dikoleksi berdasarkan pada metode *purposive sampling* atau *stratified random sampling* pada tipe hutan *fringe mangrove* khususnya pada rizosfer tumbuhan bakau jenis *Rhizophora apiculata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Xylocarpus sp*, *Ceriops tagal*, *Soneratia alba* dan *Avicennia marina* masing-masing sebanyak 5 titik pengambilan (Gambar 1). Sampel sedimen dikoleksi menggunakan *modified soil core* pada kedalaman 0-10 cm. Selanjutnya dari lima titik pengambilan sampel dari masing-masing rizosfer dilakukan komposit dan diambil sekitar 500 gram. Sampel sedimen yang telah dikomposit selanjutnya dimasukkan dalam kantung sampel steril dan disimpan didalam *colling box* dengan *ice pack* untuk mempertahankan kualitas sampel. Sampel sedimen dilakukan analisis fisikokimia meliputi pH, salinitas, kadar karbon organik, nitrogen, fosfor, potassium, Seng, Besi, mangan, tembaga, dan tekstur tanah.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel sedimen di hutan mangrove Torosiaje Gorontalo.

Isolasi Actinomycetes -- Sampel sedimen dikering-anginkan pada suhu kamar. Selanjutnya dilakukan pre-treatmen dengan cara menimbang 10 gr sampel dan dimasukkan kedalam larutan ringer, dipanaskan pada water bath suhu 55-60°C selama 15 menit. Suspensi tanah yang telah dilakukan pre-treatmen dilakukan pengenceran berseri pada taraf pengenceran 10^{-1} - 10^{-5} . Hasil pengenceran sebanyak 100 µl ditanam dengan teknik *surface plate* pada medium Starch Casein Agar (SCA) g/L: pati 10 g/L, casein powder 1 g/L, agar 15 g/L, air laut 50% dan pH7,2 ± 0,2 ([Baskaran et al., 2011](#)) yang disuplementasi dengan 25 µg/ml cycloheximide dan 25 µg/ml nystatin untuk meminimalkan pertumbuhan bakteri lain dan fungi. Kemudian diinkubasi pada suhu 28 ± 2 °C selama 28 hari. Koloni yang muncul dihitung menggunakan *colony counter* dan koloni yang berbeda secara morfologi dimurnikan untuk mendapatkan isolat murni dengan cara menggoreskan pada medium Yeast extract malt extract dextrosa agar (ISP 2). Koloni yang telah murni selanjutnya di sub-kultur pada medium agar miring sebagai kultur murni.

Seleksi isolat Actinomycetes penghasil antibiotik – seleksi isolat actinomycetes penghasil antibiotik berasarkan metode agar blok melawan bakteri uji gram negatif *Escherichia coli* dan Gram positif *Staphylococcus aureus* dan *Bacillus subtilis*. Kemampuan menghasilkan antibiotik ditandai dengan pembentukan zona hambat disekitar pertumbuhan isolat Actinomycetes. Isolat dengan potensi tinggi digunakan untuk uji produksi antibiotik. Produksi antibiotik – produksi antibiotik dilakukan secara fermentasi oleh isolat terpilih pada medium cair Yeast extract Malt extract Dextrosa Broth yang diinkubasi pada rotary shaker 125 rpm suhu 30C selama 7-10 hari. Antibiotik diperpanjang secara

sentrifugasi pada 7000rpm. Supernatan yang diperoleh diekstraksi menggunakan solvent ethyl acetate (1:1 v/v). Fase cair dan fase ethyl acetate dipisahkan secara evaporasi pada water bath suhu 80-90C.

Uji aktivitas antimikrobia – ekstrak kasar pada fase ethyl acetat diuji aktivitas antimikrobia berdasar metode paper disk dengan kontrol negatif aquades, dan khloramfenikol, amfisilin, cyclohexamide dan nystatin sebagai kontrol positif. Analisis kualitatif antibiotik – karakterisasi dan identifikasi antibiotik yang dihasilkan isolat C2 dan X2 dilakukan menggunakan KLT dengan fase diam silika gel dan solvent hexane-ethyl acetate (1:9), khloroform:methanol (4:1), methanol:25% ammonia:khloroform (3:2:1). Bercak yang dihasilkan divisualisasi di bawah UV 254 nm. Nilai Rf masing-masing sampel ditentukan berdasar perbandingan jarak migrasi sampel dengan solvent. Senyawa standar yang digunakan adalah khloramfenikol, amfisilin, cyclohexamide dan nystatin.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hutan bakau Torosiaje Gorontalo yang merupakan ekosistem kars pada zona *lower* dan *middle* memiliki kondisi fisikokimia sebagaimana tabel 1.

Tabel 1. Sifat fisik dan kimia sedimen hutan mangrove zona middle dan lower

No	Parameter	Zona Middle	Zona Lower
1	pH	5,33	5,76
2	Salinitas	18,57	19,21
3	Tekstur:		
	Pasir	62	84
	Debu	31	10
	Liat	7	6
4	C-organik	6,24	1,43
5	N-total	0,25	0,06
6	Sulfur (S)	0,38	0,20
7	Nitrat (NO ₃)	0,07	0,01
8	Besi (Fe)	58	53
9	Mn	9	3
10	Zeng (Zn)	2	0,3
11	Tembaga (Cu)	2	1

- Data dianalisis di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Yogyakarta.

Hasil pengukuran menunjukkan adanya perbedaan kondisi fisikokimia sedimen yang cukup signifikan antara kedua lokasi pengambilan sampel. Kondisi tersebut dapat mempengaruhi distribusi dan diversitas Actinomycetes. Isolasi Actinomycetes dari sampel sedimen rizosfer tumbuhan bakau pada zona *middle* dan *lower* diperoleh isolat Actinomycetes sebanyak 5 isolat. Isolat actinomycetes diperoleh dari rizosfer tumbuhan bakau jenis *Xylocarpus sp*, *Ceriops tagal*, dan *Bruguera gymnorhiza*. Hasil perhitungan densitas Actinomycetes pada masing-masing rizosfer tumbuhan bakau menunjukkan hasil yang berbeda sebagaimana ditunjukkan pada tabel 2.

Tabel 2. Jumlah total bakteri dan Actinomycetes yang ditumbuhkan pada medium SCA inkubasi selama 30 hari

No	Asal Sampel	Jumlah total bakteri (CFU/gr)	Jumlah Actinomycetes (CFU/gr)	Macam Actinomycetes
1	Rizosfer <i>Soneratia alba</i>	25×10^3	0	0
2	Rizosfer <i>Avicennia marina</i>	$155,7 \times 10^3$	0	0
3	Rizosfer <i>Xylocarpus sp</i>	$7,5 \times 10^5$	2×10^5	2
4	Rizosfer <i>Ceriops tagal</i>	11×10^5	2×10^5	2
5	Rizosfer <i>Bruguera gymnorhiza</i>	12×10^5	1×10^5	1
6	Rizosfer <i>Rhizophora apiculata</i>	30×10^3	0	0

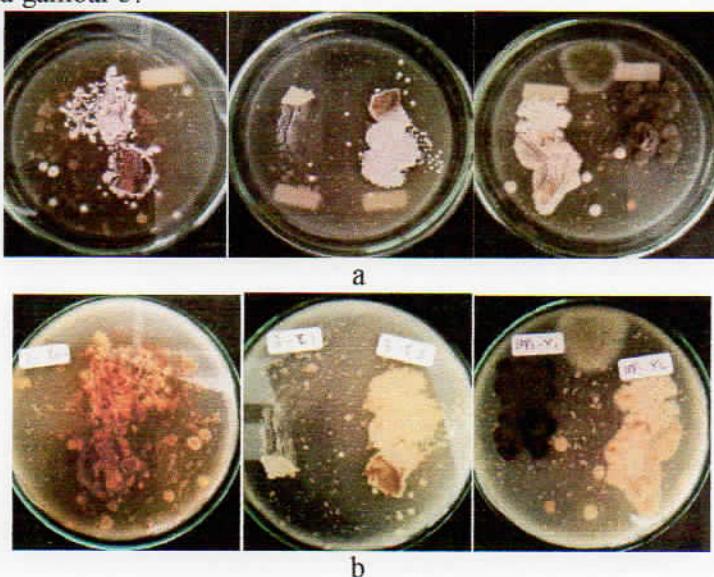
Perbedaan densitas Actinomycetes pada masing-masing rizosfer tumbuhan bakau menunjukkan bahwa rizosfer sangat berpengaruh terhadap distribusi dan diversitas Actinomycetes. Holguin et al. 2001 menyatakan bahwa akar tanaman mangrove menghasilkan eksudat yang dapat digunakan oleh komunitas bakteri baik dalam sedimen dan rhizosphere. Dalam sedimen mangrove, aktivitas bakteri yang tinggi ditemukan pada daerah dengan kehadiran tanaman. Dalam sebuah ekosistem mangrove India, bakteri yang terlibat dalam transformasi nitrogen (ammonification, nitrifikasi, dan denitrifikasi) ditemukan dalam jumlah lebih besar pada sedimen dengan tanaman daripada sedimen tanpa tanaman. Demikian halnya pada ekosistem mangrove di Florida, populasi bakteri fiksasi Nitrogen ditemukan dalam jumlah yang lebih banyak pada sedimen yang adanya tanaman daripada sedimen tanpa tanaman.

Isolat Actinomycetes yang tumbuh pada medium isolasi menunjukkan morfologi koloni Actinomycetes yang berbeda. Hal tersebut merupakan salah satu parameter yang menunjukkan sebagai isolat yang berbeda. Isolat Actinomycetes yang berhasil diisolasi sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.



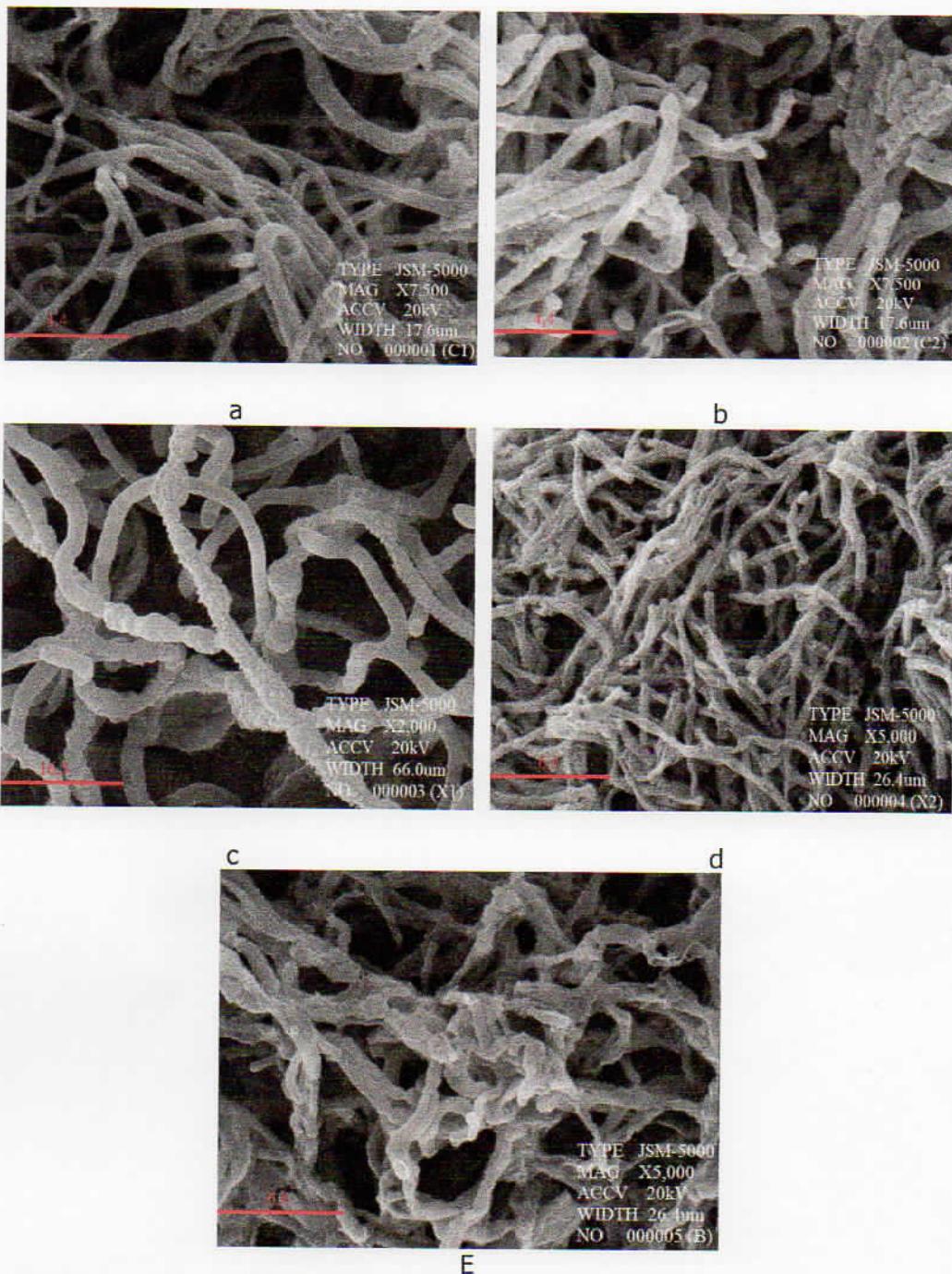
Gambar 2. Morfologi koloni isolat Actinomycetes dari rizosfer tumbuhan bakau pada medium SCA.

Karakterisasi isolat actinomycetes secara makroskopis berdasar colour grouping pada medium ISP3 ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Hasil colour grouping isolat Actinomycetes pada medium ISP3

Isolat actinomycetes dikarakterisasi berdasar morfologi spora sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 4. Berikut ini.



Gambar 4. SEM morfologi spora dari isolat Actinomycetes rizosfer tumbuhan mangrove. a. Isolat C1; b. Isolat C2; c. Isolat X1; d. Isolat X2; e. Isolat B

Gambar 3 dan gambar 4 menunjukkan bahwa hasil karakterisasi berdasar colour grouping pada medium ISP 3 dan morfologi spora menunjukkan bahwa isolat actinomycetes yang diisolasi dari rhizosfer beberapa jenis pohon bakau di ekosistem mangrove Torosiaje menunjukkan karakter sebagai anggota genus *Streptomyces*.

Sterptomyces merupakan salah satu genus yang sebagian besar anggotanya merupakan penghasil antibiotik. Hasil uji potensi antimikroba isolat actinomycetes terhadap bakteri uji sebagaimana ditunjukkan pada tabel 3.

Tabel 3 . Diameter zona hambat isolat actinomycetes

Isolat Actnomyces	Diameter zona hambat (mm)		
	<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B.subtilis</i>
Isolat B1	0	0	0
Isolat C1	0	0	0
Isolat C2	0	15	14
Isolat X1	0	0	0
Isolat X2	0	12	11

Tabel 3 menunjukkan bahwa isolat yang berpotensi antimikroba adalah isolat C2 dan X2 yang masing-masing diisolasi dari rhizosfer bakau jenis *Ceriops tagal* dan *Xylocarpus* sp. Biosistesis antibiotik didalam sel actinomycetes dipengaruhi oleh beberapa faktor baik fisik maupun kimia lingkungan tumbuh. Disamping itu bioasistes antibiotik di kluater pada DNA kromosomal dan atau plasmid. Isolat B1, C1 dan X1 tidak menunjukkan kemampuan antimikroba, kemungkinan tidak terdapat gen yang mengatur biosistesis antibiotik didalam DNA kromosomal maupun plasmid.

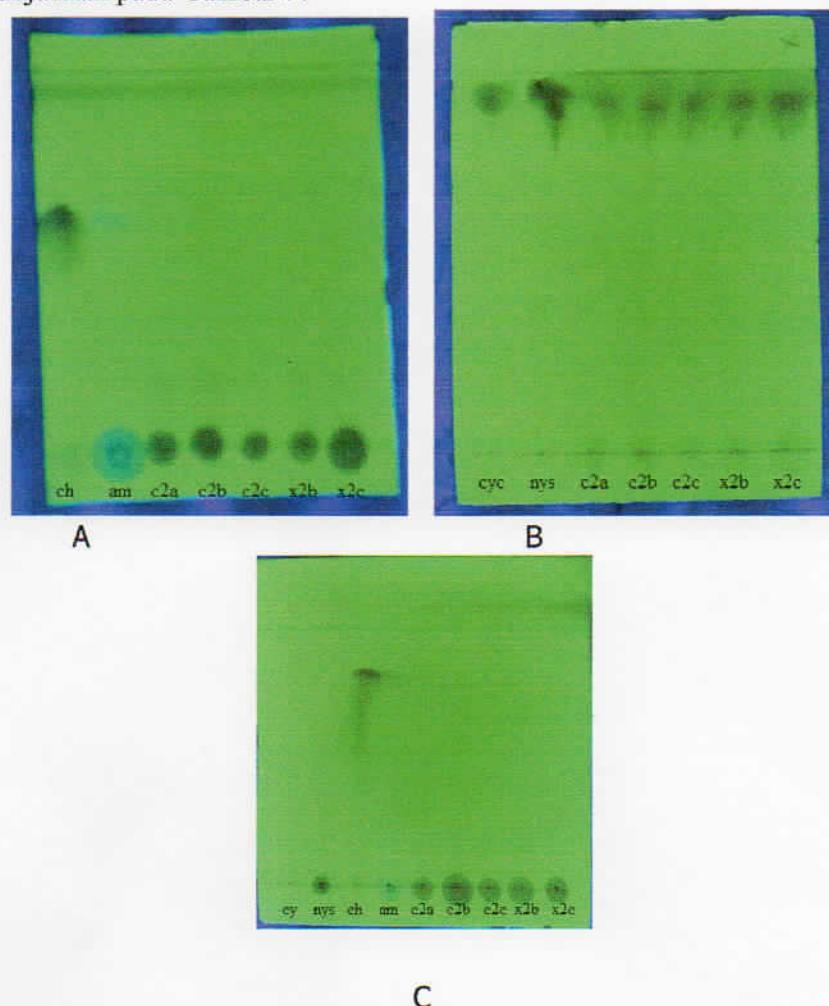
Tabel 3 juga menunjukkan bahwa efek antimikroba oleh isolat actinomycetes tergolong narrow spectrum, hanya mampu menghambat bakteri Gram positif dan tidak menghambat bakteri Gram negatif. Daya penghambatan senyawa metabolit sekunder terhadap bakteri salah satunya dipengaruhi oleh struktur dinding sel bakteri. Terdapat perbedaan mendasar pada struktur dinding sel bakteri Gram positif dan negatif. Berdasar hasil penelitian diduga terdapat beberapa kemungkinan mekanisme kerja senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh isolat C2 dan X2. Diantaranya adalah senyawa antimikroba mempengaruhi stabilitas dinding sel bakteri dengan cara merusak struktur dinding sel atau merubah muatan molekul komponen penyusun dinding sel, sehingga sel bakteri kehilangan viabilitasnya dan menyebabkan kematian sel. Dalam kasus tersebut memungkinkan bahwa senyawa antimikroba hanya menghambat bakteri Gram positif yang memiliki struktur dasar lapisan terluar adalah peptidoglikan tebal yang rentan dipengaruhi oleh senyawa antimikroba dengan target sasaran dinding sel. Oleh karena itu senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh isolat C2 dan X2 efektif untuk menghambat pertumbuhan bakteri Gram positif.

Diameter zona hambat di sekitar isolat C2 dan X2 dapat dikategorikan kedalam penghambatan sedang dengan kisaran diameter zona hambat 10-15 mm. Hal tersebut menunjukkan bahwa antibiotik yang dihasilkan oleh kedua isolat actinomycetes bersifat bakteriostatik. Antibiotik dapat diproduksi dalam skala laboratorium maupun industri secara fermentasi. Hasil uji aktivitas antimikroba ekstrak kasar antibiotik pada fase ethyl acetate menunjukkan penghambatan yang relatif rendah dengan diameter 5-8 mm (Tabel 4). Produksi antibiotik secara fermentasi dipengaruhi oleh faktor lingkungan antara lain komposisi medium yang mendukung untuk pertumbuhan dan biosistesis antibiotik. penghambatan yang rendah oleh ekstrak kasar fase ethyl acetate kemungkinan dipengaruhi oleh faktor medium yang kurang mendukung untuk produksi antibiotik, pemilihan solvent pada proses ekstraksi yang kurang optimal sehingga tidak dapat memisahkan seluruh antibiotik dari fase cair.

Tabel 4. Diameter zona hambat ekstrak kasar fase ethyl acetate

Isolat Actinomycetes	Diameter zona hambat (mm)			
	<i>E.coli</i>	<i>B.subtilis</i>	<i>St.aureus</i>	<i>A.niger</i>
Ceriops 2	5	8	6	0
Xylocarpus 2	5	7	7	0
Aquades	0	0	0	0
Amphicylin	9	11	11	-
Chloramphenicol	15	17	15	-
Cyclohexamide	-	-	-	9
Nystatin	-	-	-	17

Tabel 4 juga menunjukkan bahwa ekstrak kasar fase ethyl acetate tidak memiliki aktifitas antifungi terhadap kapang *Aspergillus niger*. Hal tersebut diduga kemungkinan karena antibiotik yang dihasilkan oleh kedua isolat actinomycetes tidak memiliki kapasitas untuk menembus ataupun merusak khitin pada dinding sel kapang. Senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh isolat actinomycetes terpilih dilakukan karakterisasi dan identifikasi dengan KLT menggunakan 3 solvent berbeda. Hasil visualisasi dibawah sinar UV 254 menunjukkan pembentukan spot yang berbeda sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Pembentukan spot hasil KLT pada 3 jenis solvent berbeda dibawah UV 254. A. Solvent hexane:ethyl acetate; B. Methanol:25% ammonia:Chloroform; C. Methanol:chlorofom.

Gambar 5 menunjukkan bahwa senyawa bioaktif yang terdapat dalam fase ethyl acetate memiliki perbedaan kelarutan pada solvent berbeda. Visualisasi dengan UV 254 memberikan hasil pemendaran membentuk spot yang menunjukkan migrasi senyawa didalam solvent. Berdasarkan jarak migrasi sampel yang ditunjukkan dengan spot maka dapat ditentukan nilai *Retention Factor* (*Rf*). Hasil pengukuran nilai *Rf* terhadap hasil KLT menggunakan 3 macam solvent sebagaimana ditunjukkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data Rf senyawa bioaktif yang dihasilkan isolat terpilih pada solvent berbeda

Jenis Senyawa bioaktif	Rf (Cm) pada Jenis solvent		
	Hexane:ethyl acetate (1:9)	Chloroform:met-hanol (4:1)	Methanol:25% ammonia:chloroform (3:2;1)
Isolat C2	0,258	0,7125	0,937
Isolat X2	0,258	0	0,937
Cloramfenikol	0,709	0,725	-
Amphicylin	0,745	0,718	-
Nystatin	-	0	1
Cyclohexamide	-	0	1

Tabel 5 menunjukkan bahwa senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh isolat C2 dan C3 memiliki nilai Rf tertentu. Data Rf pada masing-masing senyawa dibandingkan dengan nilai Rf kontrol atau senyawa antimikrobia standart dapat digunakan untuk menduga kandungan senyawa bioaktif ddidalam fase ethyl acetate. Isolat C2 diduga mampu menghasilkan 4 macam senyawa bioaktif yaitu chloramfenikol, amphicylin, nystatin dan cyclohexamide atau sejenisnya yang memiliki karakter serupa dengan keempat jenis antimikrobia standard tersebut. Sedangkan isolat X2 mampu menghasilkan 2 jenis antimikrobia yaitu nystatin dan cyclohexamide.

KESIMPULAN

Ekosistem hutan mangrove Torosiaje Gorontalo menyimpan sumber daya alam hayati berupa strain anggota kelompok Actinomycetes pada rizosfer tumbuhan bakau jenis *Xylocarpus sp*, *Ceriops tagal*, dan *Bruguera gymnorhiza* yang diduga sebagai anggota genus *Streptomyces* yang memiliki potensi menghasilkan senyawa bioaktif yang memiliki karakter serupa dengan chloramfenicol, amphycilin, cyclohexamide dan nystatin.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tim peneliti menyampaikan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah memberikan dukungan pada penelitian antara lain Direktorat Jenderal Pendidikan Dtinggi (Dikt) Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi yang telah mendukung dalam pembiayaan penelitian kim fundamental ini, Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo (LPPM-UNG), Jurusan Biologi, Fakultas MIPA Universitas Negeri Gorontalo, Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Biologi UGM.

DAFTAR PUSTAKA

- A.Kavitha, M. Vijayalakshmi, P. Sudhakar and G. Narasimha. 2010. Screening of Actinomycete strains for the production of antifungal metabolites. *African Journal of Microbiology Research*. 4:027-032.
- Adegboye, M. F and O. O Babalola. 2012. Taxonomy and ecology of antibiotic producing *Actinomycetes*. *African Journal of Agricultural Research*. 7(15) : 2255-2261.
- Ahamed MI.N. 2012. Isolation and identification of secondary metabolites producing organisms from marine sponge. *Discovery*. 1(1):14-17
- Amrita K; J. Nitin and C.S Devi. 2012. Novel bioactive compounds from mangrove dirived *Actinomycetes*. *International research journal of pharmacy*. 3(2): 25-29
- Arifuzzaman, M. M. R. Khatun and H. Rahman. 2010. Isolation and screening of *Actinomycetes* from Sundarbans soil for antibacterial activity. *African Journal of Biotechnology*. 9(29) : 4615-4619
- Baskaran, R; R Vijayakumar, and P.M Mohan. 2011. Enrichment method for the isolation of bioactive *Actinomycetes* from mangrove sediments of Andaman Islands, India. *Malaysian Journal of Microbiology*. 7(1): 26-32

- Berdy J. 2005. Bioactive Microbial Metabolites. *Journal Antibiotics*. **58**(1): 1–26
- Chaudhary H.S, B. Soni, A. R Shrivastava, and S. Shrivastava. 2013. Diversity and Versatility of *Actinomycetes* and its Role in Antibiotic Production. *Journal of Applied Pharmaceutical Science*. **3** (1): S83-S94
- Das A., S. Bhattacharya., A.Y.H Mohammed and S.S. Rajan. 2014. In vitro antimicrobial activity and characterization of mangrove isolates of *Streptomyces* effective against bacteria and fungi of nosocomial origin. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. (57)3:349-356.
- Demain A.L. and A. Fang . 2000. The natural functions of secondary metabolites. *Adv Biochem Eng Biotechnol*. 69:1-39. Abstrak
- Karlovsky P. 2008. Secondary metabolit in soil ecology. *Soil Ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidenberg. Germany.
- Mabrouk M.I and N.M. Saleh. 2014. Molecular identification and characterization of antimicrobial active *Actinomycetes* strains from some Egyptian soils. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.* 14 (10): 954 – 963
- Madigan M, J. Martinko, D. Stahl and D. Clark. 2012. *Brock Biology of Microorganisms*. 13th ed. Pearson Education, Inc, publishing as Benjamin Cummings, San Francisco.
- Mangamuri, U. K. V. Muvva, S. Poda, S. Kamma. 2012. Isolation, Identification and Molecular Characterization of Rare *Actinomycetes* from Mangrove Ecosystem of Nizampatnam. *Malaysian Journal of Microbiology*. 8(2) : 83-91
- Mangamuri, U. K., M. Vijayalakshmil, and S. Poda. 2014. Exploration of Actinobacteria from Mangrove Ecosystems of Nizampatnam and Coringa for Antimicrobial Compounds and Industrial Enzymes. *British Biotechnology Journal*. 4(2) :
- Naikpatil, S.V and J. L. Rathod. 2011. Selective isolation and antimicrobial activity of rare *Actinomycetes* from mangrove sediment of Karwar. *Journal of Ecobiotechnology*. 3(10) : 48-53
- Phongsopitanum W., K. Suwanborirux and S. Tanasupawat. 2014. Identification and antimicrobial activity of *Streptomyces* strains from Thai mangrove sediment. *The Thai Journal of Pharmaceutical Sciences*. **38**(1):49-56
- Raja and P.Prabakarana. 2011. *Actinomycetes* and Drug-An Overview. *American Journal of Drug Discovery and Development*. 1(2):75-84
- Rajamanickam, U. K. K Mala, C. K Venil and M. Palaniswamy. 2011. Screening of *Actinomycetes* from Mangrove Ecosystem for L-asparaginase Activity and Optimization by Response Surface Methodology. *Polish Journal of Microbiology*. 60(3) : 213–221.
- Rao K.V.R and T.R Rao. 2013. Molecular characterization and its antioxidant activity of a newly isolated *Streptomyces coelicoflavus* BC 01 from mangrove soil. *Journal of Young Pharmacists*. 5:121-126
- Ravikumar. S, S.J Ibaneson, M. Uthiraselvam, S. R. Priya, A. Ramu ang M.B Banerjee. 2011. Diversity of endophytic *Actinomycetes* from Karangkadu mangrove ecosystem and its antibacterial potential againts bacterial pathogens. *Journal of Pharmacy Research*. 4(1): 294-296
- Ravikumar S., M. Fredimoses, and R. Gokulakrishnan. 2011. Biodiversity of *Actinomycetes* in Manakkudi mangrove ecosystem, Southwest coast of India. *Annals of Biological Research*. 2(1): 76-82
- Sahoo K and N.K Dhal. 2009. Potential microbial diversity in mangrove ecosystem. A review. *Indian journal of marine sciences*. **38**(2): 249 – 256
- Sateesh V.N and J.L Rathod. 2011. Selective isolation and antimicrobial activity of rare *Actinomycetes* from mangrove sediment of Karwar. *Journal of Ecobiotechnology*. 3(10):48-53
- Suthindhiran, K. and K. Kannabiran. 2010. Diversity and exploration of bioactive marine *Actinomycetes* in the Bay of Bengal of the Puducherry coast of India. *Indian J Microbiol*. 50(1) : 76–82
- Whelis M.L. 2008. Principles of modern microbiology. Jones and Bartlett Publisher, Inc. London
- Willey J.M, L.M. Sherwood and C.J. Woolverton. 2008. Prescoot, Harley, and Klein's. *Microbiology*. 7th. Ed. Mc Graw Hill Companies, Inc. New York.