

Pengaruh Aktivitas Antropogenik terhadap Keragaman Genetik *Rhizophora mucronata* Lamk. di Hutan Mangrove Secanggang, Sumatera Utara
(Effect of Anthropogenic Activities on Genetic Variation of *Rhizophora mucronata* Lamk. in Secanggang Mangrove Forest, North Sumatra)

Mohammad Basyuni^a, Hamzah^b, Suci Rahayu^c, Ulfah J. Siregar^d

^aProgram Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Jl. Tri Dharma Ujung No. 1 Kampus USU Medan 20155 (*Penulis korespondensi, E-mail: m.basyuni@usu.ac.id)

^bFakultas Pertanian Universitas Jambi Jl. Lintas Jambi Ma. Bulian Km. 15, Mendalo-Jambi

^cJurusan Biologi FMIPA Universitas Sumatera Utara, Jl. Bioteknologi Kampus USU Medan 20155

^dDepartemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor, Jl. Raya Darmaga, Kampus IPB Darmaga Bogor 16680

Diterima: 4 Maret 2012. Disetujui: 18 Mei 2012

Abstract

Deforestation and fragmentation of mangrove forests in Indonesia are widespread that resulted in losing biodiversity including genetic variation. *Rhizophora mucronata* Lamk. is a common mangrove species in Secanggang, Langkat, North Sumatra and have been degrading due to anthropogenic disturbance. The aim of this study is to determine the genetic variation in natural population of *R. mucronata* in Secanggang, North Sumatra using isozyme markers. From five enzymes systems used namely aspartate aminotransferase (AAT), alcohol dehydrogenase (ADH), esterase (EST), malate dehydrogenase (MDH), and peroksidase (PER); eleven loci was found and five polymorphic loci were detected. The estimate value of genetic variation parameters i.e. observed and expected heterozygosity, average alel per loci, and average polymorphic (95% criteria) were 0.1386, 0.1724, 1.5455, and 45.45 % respectively. The low genetic variation of *R. mucronata* found in this study suggested that genetic variation may be influenced by anthropogenic activities such as illegal logging, conversion into shrimp pond and agricultural farm.

Keywords: Anthropogenic, genetic variation, isozyme, mangrove, *Rhizophora mucronata*

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki hutan mangrove terluas di dunia yakni 21% dari luas total global yang tersebar hampir di seluruh pulau-pulau besar mulai dari Sumatera, Jawa, Kalimantan, Sulawesi sampai ke Papua (Spalding et al., 2010). Mangrove adalah tumbuhan berkayu yang hidup diantara daratan dan lautan daerah pasang surut, kondisi tanah berlumpur dan salinitas tinggi di daerah tropis dan subtropis (Kathiresan and Bingham, 2001). Hutan mangrove merupakan salah satu ekosistem yang paling terancam di dunia saat ini karena kerusakan langsung maupun antropogenik tidak langsung (Alongi et al., 2002; Duke et al., 2007), dan telah mengakibatkan perubahan keragaman genetik dalam populasi alaminya di ekosistem hutan dan mangrove (Maguire et al. 2002; Schaberg et al., 2008; Triest et al., 2008)

Di Propinsi Sumatera Utara luas hutan mangrove pada tahun 1993 adalah 98.340 ha (Badan Inventarisasi dan Tata Guna Hutan, 1993). Namun pada tahun 1997 berdasarkan tingkat kerusakannya, status kawasan mangrove di Sumatera Utara adalah: (1) kawasan mangrove tidak rusak berjumlah 386,94

ha; (2) kawasan mangrove rusak berjumlah 33.515,09 ha; dan (3) kawasan mangrove rusak berat adalah 2.006,31 ha (Dirjen RRL Dephut, 1997). Pada tahun 2005 luas hutan mangrove di Sumatera Utara dilaporkan mengalami penurunan menjadi 25.000 ha dan areal tambaknya seluas 34.000 ha (Noor et al., 2006). Bersamaan dengan terjadinya laju penurunan luas areal mangrove dan kerusakan pada sebagian besar hutan mangrove di Indonesia (Noor et al., 2006; Giesen et al., 2007), populasi jenis tanaman yang membentuk mangrove juga mengalami penurunan, salah satunya adalah *Rhizophora mucronata* Lamk.

R. mucronata merupakan jenis mangrove umum yang ditemukan dalam populasi alaminya di Secanggang, Sumatera Utara yang masuk dalam kawasan Suaka Margasatwa (SM) Karang Gading dan Langkat Timur Laut sebagai salah satu spesies terpenting penyangga hutan mangrove telah mengalami penyusutan dan kerusakan yang disebabkan oleh aktivitas antropogenik seperti aktivitas penebangan dan reklamasi menjadi tambak (UKSDA Sumatera Utara I, 2001). Untuk itu kegiatan rehabilitasi dan konservasi ekosistem mangrove perlu

dilakukan untuk menjaga dan menyangga kawasan pesisir laut dan menata kembali kawasan yang mengalami kerusakan. Usaha ini memerlukan studi keragaman genetik populasi alaminya.

Keragaman genetik suatu populasi merupakan bufer dan sangat menentukan daya tahan populasi tersebut untuk bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrim, sehingga populasi tersebut tidak punah. Untuk meneliti keragaman genetik diperlukan penanda molekuler (*marker*) yang bersifat genetik yakni isozim yang terpaut dengan karakter kuantitatif. Analisis isozim yang relative cepat, murah dan sederhana serta sangat berguna untuk memonitor pengaruh dari pengelolaan hutan dan perubahan lingkungan lainnya terhadap keragaman genetik suatu populasi (Millar and Westfall, 1992). Analisis isozim terdiri dari sejumlah sistem enzim. Untuk itu perlu diuji beberapa sistem enzim yang telah terbukti dapat menunjukkan keragaman pola pita pada beberapa jenis tanaman kehutanan seperti peroksidase (PER), esterase (EST), aspartate aminotransferase (AAT), malate dehydrogenase (MDH), alcohol dehydrogenase (ADH), isocitric acid dehydrogenase (IDH), phosphoglucumutase (PGM), dan shikimic acid dehydrogenase (SKDH) (Hamrick and Loveless, 1986; Hartati and Prana, 1996; Huang et al., 1998; Maki et al., 2001; Hamzah et al., 2009; Fuchs and Hamricks, 2010; Basyuni et al., 2002, 2012).

Tujuan dari studi ini adalah untuk menentukan keragaman genetik populasi alami *R. mucronata* terhadap aktivitas antropogenik dengan analisis isozim, di hutan mangrove Secanggang, Sumatera Utara. Hasil penelitian ini diharapkan dapat digunakan sebagai landasan program konservasi, pemuliaan pohon, dan pemilihan sumber perbanyakan untuk penanaman *R. mucronata* dalam memperbaiki hutan mangrove yang mengalami kerusakan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Silvikultur Fakultas Kehutanan IPB Bogor. Daun contoh untuk keperluan analisis isozim diambil dari populasi alami *R. mucronata* Lamk. di hutan mangrove Secanggang, Langkat, Sumatera Utara.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian berupa daun muda tanaman *R. mucronata*. Bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini adalah asam borat, asam sitrat, asam askorbat Na-salt, asam asetat, natrium asetat, asam malat, asam α -ketoglutarat, asam aspartat, natrium hidroksida, litium

hidroksida, Na₂EDTA, mononatrium fosfat, di-natrium fosfat, natrium tetra borat, tris hydroximethyl aminomethane, tris-HCl, sukrose, serum albumin, PVP-40, natrium diethyldithiocarbomate, triton x-100, magnesium klorida, kalsium klorida, L-aspartat, α -naphthyl asetat, β -naphthyl asetat, 3-amino-9-ethyl carbazole, fast blue BB salt, fast blue RR salt, β -NAD, MTT (tetrazolium thiozoyl blue), PMS (phenazine methosulfate), 2-mercapto-etanol, etanol, aseton, bromphenol biru, parafin cair, pati kentang dan akuadestilata. Bahan lain yang digunakan adalah pasir kuarsa, kertas saring whatman, kertas tissue, aluminium foil, plastik saran wrap, selotipe dan negatif film.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cetakan gel ukuran 21 cm x 14 cm x 0,3 cm dan 22 cm x 20 cm x 0,3 cm, *tray*, *microwave*, spatula, pinset, pompa vakum, *refrigerator*, *power supply*, pH meter, timbangan, pengaduk magnet, mortar dan pestle, labu erlenmeyer, gelas piala, gelas ukur, pipet, pembelah gel, nampan/wadah plastik, gunting stek, kantong plastik klip, kuas, cat, tali plastik, lampu pengamatan, wadah potongan daun contoh, kamera dan alat-alat tulis, dan perangkat komputer.

Metode Penelitian

Analisis isozim menggunakan elektroforesis gel pati model horizontal. Isozim yang diuji dalam penelitian ini meliputi peroksidase (PER), esterase (EST), aspartate amino transferase (AAT), malate dehydrogenase (MDH) dan alcohol dehydrogenase (ADH). Prosedur kerja pada penelitian ini mengikuti modifikasi Arulsekar dan Parfit (1986); Basyuni et al. (2012) meliputi pengambilan contoh daun, pembuatan larutan bufer (bufer pengestrak, bufer gel dan bufer elektrode), pembuatan gel pati, ekstraksi enzim, elektroforesis, pembuatan larutan pewarna, pewarnaan, pengamatan dan pembuatan zimogram, pembuatan foto pola pita pada gel dan pengemasan serta penyimpanan gel.

Setiap langkah dalam prosedur kerja tersebut dilaksanakan sebagai berikut:

1. Pengambilan daun contoh

Dari setiap pohon contoh diambil daun contoh dengan tingkat perkembangan daun yang muda. Untuk keperluan analisis hubungan keragaman fenotipik dengan marka isozim dilakukan pengambilan daun contoh dari 40 pohon contoh *R. mucronata* di hutan mangrove Secanggang, Langkat Sumatera Utara. Pohon contoh ini dibedakan antara diameter besar dan diameter kecil dari lokasi dengan tempat tumbuh (kesuburan) yang relatif sama, masing-masing

berjumlah 20 pohon. Pengambilan daun contoh dilakukan dengan menggunakan gunting stek. Daun contoh dimasukkan ke dalam kantong plastik klip dalam *cool box*. Daun contoh segera dibawa ke laboratorium untuk disimpan dalam -20 °C .

2. Pembuatan larutan bufer

Larutan bufer terdiri dari bufer pengestrak (ekstraktan), bufer gel dan bufer elektroda. Bufer pengestrak berguna untuk ekstraksi enzim dari daun contoh, bufer gel berguna sebagai pelarut pati kentang dalam pembuatan gel. Pada penelitian ini bufer gel terdiri dari bufer gel Gadrinab dan bufer gel Soltis dan Soltis. Bufer elektroda digunakan untuk elektroforesis enzim. Bufer elektroda juga terdiri bufer elektroda Gadrinab dan bufer elektroda Soltis dan Soltis. Bufer gel dan bufer elektroda Gadrinab digunakan untuk elektroforesis isozim PER dan EST, sedangkan bufer gel dan bufer elektroda Soltis dan Soltis digunakan untuk elektroforesis isozim AAT, MDH dan ADH.

3. Pembuatan gel pati

Gel dibuat dari pati kentang yang khusus digunakan untuk elektroforesis. Jumlah pati kentang yang diperlukan untuk setiap cetakan adalah 22.5 g yang dilarutkan dalam 225 ml larutan bufer gel (10 % w/v). Pati kentang dan bufer gel diaduk sampai tercampur rata dan langsung dimasak pada *microwave*. Larutan gel yang telah masak ditandai dengan perubahan warna dari keruh menjadi bening secara merata. Selanjutnya larutan gel yang telah masak dikeluarkan gelembung udaranya dengan pompa vakum sekitar setengah menit. Kemudian larutan gel dituang secara merata pada cetakan gel yang telah disiapkan. Lubang pada kaki cetakan telah ditutup dengan selotip dan permukaan cetakan telah diolesi dengan parafin cair. Gel didinginkan, lalu ditutup dengan plastik saran wrap dan disimpan semalam sebelum dipergunakan.

4. Ekstraksi Enzim

Ekstraksi enzim tanaman dilakukan dari 150 mg daun segar. Daun dipotong kecil-kecil dan dimasukkan ke dalam mortar, kemudian ditambahkan 20 mg pasir kuarsa dan 0.5 ml bufer pengestrak lalu digerus dengan pestle sampai hancur. Setelah daun hancur, cairannya diserap pada kertas saring whatman dengan ukuran 0.5 x 0.5 cm² dan selanjutnya siap untuk disisipkan (dimuat) pada sumur gel dengan terlebih dahulu kertas saring dibersihkan dari sisa hancuran daun. Demikian seterusnya untuk setiap kertas saring yang mengandung ekstrak enzim dari daun contoh.

5. Pembuatan dan pemuatan sumur gel

Bersamaan dengan ekstraksi enzim, gel dimasukkan ke dalam refrigerator selama sekitar 30 menit. Kemudian dibuat sumur gel (*well*) ukuran 0.5 cm x 0.5 cm dan jarak 0.5 cm dengan pembuat sumur yang terbuat dari mistar. Kertas saring yang mengandung ekstrak enzim daun contoh disisipkan/dimuatkan pada sumur gel secara berurutan. Pada salah satu sisi paling pinggir dibuat satu sumur lagi dan disisipkan kertas saring yang telah diberi indikator mobilitas elektroforesis (bromphenol biru).

6. Elektroforesis

Elektroforesis dilaksanakan di dalam refrigerator (suhu sekitar 4 °C). Selotip pada kaki cetakan gel dilepaskan dan gel yang sudah dimuat dimasukkan ke dalam *tray* yang telah diisi larutan bufer elektroda. Setiap *tray* memerlukan satu liter larutan bufer elektroda atau 500 ml untuk setiap kaki atau sisi elektroda (anoda dan katoda). Bufer elektroda ini maksimum digunakan untuk tiga kali elektroforesis. Kaki cetakan harus terbenam di dalam larutan bufer elektroda. Kemudian *tray* dihubungkan dengan *power supply* dan gel dielektroforesis selama 4 – 5 jam dengan tegangan awal 100 volt, dan setelah 1 jam dengan tegangan dinaikkan menjadi 125 – 150 volt sampai indikator mobilitas mencapai jarak 8 cm.

7. Pembuatan larutan pewarna

Larutan pewarna untuk suatu isozim bersifat spesifik. Larutan pewarna disiapkan setengah jam sebelum elektroforesis selesai.

8. Pewarnaan

Setelah elektroforesis selesai, aliran listrik dimatikan dan cetakan gel dikeluarkan dari *tray*. Kertas saring yang terdapat pada sumur gel dikeluarkan dan gel bagian anoda dan katoda dipisahkan. Potongan gel diiris (*slice*) horizontal menjadi dua lembaran dengan ketebalan masing-masing 2 mm dan setiap lembaran dimasukkan ke dalam wadah/nampan plastik. Larutan pewarna dituangkan ke dalam wadah plastik sampai gel terendam dengan baik. Selanjutnya wadah dimasukkan ke dalam ruang gelap selama dua jam atau lebih sampai pita-pita dari isozim kelihatan dengan jelas. Setelah itu dilakukan pencucian dengan air yang mengalir.

9. Pengamatan dan pembuatan zimogram

Pola pita isozim yang diperoleh diamati dengan bantuan lampu pengamatan dan digambar di atas kertas grafik. Berdasarkan gambar yang dihasilkan, dilakukan pembuatan zimogram dengan terlebih dahulu menentukan jumlah dan posisi lokus serta posisi alel pada masing-masing lokus.

10. Dokumentasi, pengemasan, dan penyimpanan gel

Gel dengan pola pita yang telah digambar pada kertas grafik, diletakkan di atas plastik ternasparan. Kemudian gel ditempatkan di atas lampu pengamatan difoto dengan menampakkan pola pitanya dengan jelas. Setelah dibungkus dengan plastik saran wrap, gel dimasukkan ke dalam nampan plastik dan disimpan di dalam refrigerator.

Analisis Data

Analisis terhadap data yang diperoleh dilakukan dengan bantuan program Popgene-1 (University of Alberta and CIFOR, 1996), yang meliputi parameter keragaman genetik dalam populasi dan antar populasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi genetik dan bandmorph yang diperoleh dari lima sistem enzim yang digunakan

Hasil analisis terhadap seluruh pola pita yang diperoleh dari lima sistem enzim yang digunakan (AAT, ADH, EST, MDH, dan PER) dan interpretasi genetik disajikan pada Tabel 1. Pola pita yang diamati diinterpretasikan sebagai sistem polimorfik dan masing-masing sistem enzim terbagi ke dalam zona-zona aktivitas yang direpresentasikan sebagai lokus yang terdiri dari beberapa alel. Sistem enzim AAT dikendalikan oleh empat lokus, sistem enzim ADH, MDH dan PER masing-masing dikontrol oleh dua lokus dan sistem enzim EST dikontrol oleh satu lokus.

Dari lima sistem enzim yang diuji, sebelas lokus ditemukan (Tabel 1), lima diantaranya bersifat polimorfik/beragam (lokus yang terdiri dari lebih satu macam pola pita atau memiliki bentuk-bentuk pita yang berbeda mobilitas elektroforesisnya) yakni lokus AAT-1, EST-1, MDH-1, PER-1, dan PER-2 dengan jumlah alel yang bervariasi 2-7 alel. Sedangkan pada lokus AAT-2, AAT-3, AAT-4, ADH-1, ADH-2, dan MDH-2 bersifat monomorfik/seragam (terdiri dari satu bentuk pola pita pada seluruh individu). Pada Tabel 1 juga ditunjukkan jumlah genotip yang ditemukan di tiap sistem enzim dikarenakan kemungkinan adanya rekombinasi masing-masing alel di tiap lokus.

Tabel 1. Interpretasi genetik dari pola pita *Rhizophora mucronata* dari lima sistem enzim.

| Sistem Enzim | Jumlah Lokus | Jumlah Alel | Jumlah Genotip |
|--------------|--------------|-------------|----------------|
| AAT | 4 | 5 | 9 |
| ADH | 2 | 2 | 4 |
| EST | 1 | 2 | 3 |
| MDH | 2 | 3 | 5 |
| PER | 2 | 7 | 9 |

Selain itu, dari Tabel 1 terlihat bahwa sistem enzim AAT dan PER dapat memberikan jumlah lokus, jumlah alel, dan jumlah genotip lebih besar

dibandingkan dengan sistem enzim lainnya. Hal ini berarti bahwa kedua sistem enzim tersebut cukup baik digunakan untuk mempelajari keragaman genetik populasi *R. mucronata*. Sementara itu, Huang (2002) pada hasil studinya melaporkan pada 5 populasi dari Pantai Selatan China dan pada 2 populasi di Taiwan pada tanaman *Kandelia candel* dengan 17 sistem enzim menghasilkan 5 lokus bersifat polimorfik.

Pada studi ini sampel yang digunakan adalah daun, kendala terbesar penggunaan sampel daun untuk analisis isozim adalah munculnya senyawa fenolik. Liengsiri et al. (1992) menyatakan setiap material sampel memiliki aktivitas biokimia yang berbeda. Pada jaringan dengan kandungan metabolit sekunder tinggi misalnya pada daun, kerusakan enzim dapat dicegah dengan menghilangkan senyawa fenolik, karena senyawa ini melalui oksidasi yang cepat ke dalam bentuk quinon akan menghambat aktivitas enzim. Proses oksidasi dapat dicegah dengan berbagai cara diantaranya dengan penambahan senyawa beberapa jenis polimer yang mengasorpsi senyawa fenolik tersebut, kontrol pH untuk interaksi ionik, penambahan senyawa tial seperti cytein, merkaptotanol serta senyawa sejenis seperti asam askorbat dan BSA (*bumin serum albumin*) terutama untuk pembuatan buffer ekstrak.

Penyebaran frekuensi alel dan keragaman genetik populasi *R. mucronata*

Penyebaran frekuensi alel populasi *R. mucronata* dapat dilihat pada Tabel 2. Dari 11 lokus yang diamati, lima lokus bersifat polimorfik dan aktif. Ditinjau dari pola penyebaran alel dalam suatu lokus, terlihat bahwa 4 lokus (AAT-2, AAT-3, ADH-1, ADH-2) didominasi oleh alel pertama dengan frekuensi 1.000, sedangkan lokus AAT-4 mendominasi alel kedua dengan frekuensi 1.000 dan lokus MSDH-2 didominasi oleh alel ketiga dengan frekuensi sama. Hal ini menunjukkan struktur keragaman genetik populasi *R. mucronata* untuk lokus tersebut kecil (F_{ST} kecil). Alel pertama dan kedua dalam lokus-lokus tersebut termasuk alel umum yang akan selalu muncul dan bersifat khas dan tetap.

Sedangkan pada studi *Paraserianthes falcataria* di Cibinong dengan dua sistem enzim yaitu EST dan PER, dilaporkan pada zimogram PER terdapat tiga pola yang dapat dikategorikan sebagai pola pita umum, karena dimiliki oleh semua contoh yang dianalisis yaitu pita a, c, dan g. Sedangkan pada zimogram EST pita yang dapat dikategorikan umum adalah pita a, b, dan c (Hartati and Prana, 1996).

Dominansi suatu alel pada suatu lokus akan mengakibatkan sifat lokus tersebut sangat dikuasai

oleh alel dominan tersebut. Akibatnya alel tersebut menentukan sifat individu serta menampilkan karakter tertentu pada populasi. Karena bersifat dominan maka sifat genetik yang dimiliki umumnya sama sehingga dapat dikatakan keragaman populasi *R. mucronata* di hutan mangrove Secanggang yang diteliti kecil. Adanya dominansi alel dalam suatu lokus didukung pula oleh hasil uji penyebaran genotip dengan uji χ^2 (Chi-square test) untuk keseimbangan Hardy-Weinberg. Misalnya lokus MDH-2 yang didominasi oleh alel kedua sebesar 0.9250, hasil uji χ^2 menunjukkan hasil nyata (data tidak ditunjukkan). Hal ini berarti frekuensi genotip yang terdapat pada lokus tersebut tidak berada pada keseimbangan Hardy-Weinberg. Ketidakseimbangan ini berarti menjadi gangguan terhadap kondisi genotip populasi yang stabil. Kondisi ini tentu akan berpengaruh terhadap sifat genetik yang dimiliki populasi *R. mucronata* tersebut.

Tabel 2. Keragaman genetik populasi *R. mucronata* di Secanggang

| No | Lokus | N | Na | Ne | P(%) | Ho | He |
|-----------|-------|----|--------|--------|-------|--------|--------|
| 1. | AAT-1 | 40 | 2.0000 | 1.4382 | | 0.1750 | 0.3085 |
| 2. | AAT-2 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.0000 |
| 3. | AAT-3 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.0000 |
| 4. | AAT-4 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.0000 |
| 5. | EST | 40 | 2.0000 | 1.9802 | | 0.0000 | 0.5013 |
| 6. | ADH-1 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.0000 |
| 7. | ADH-2 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.0000 |
| 8. | MDH-1 | 40 | 2.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.1405 |
| 9. | MDH-2 | 40 | 1.0000 | 1.0000 | | 0.0000 | 0.0000 |
| 10. | PER-1 | 40 | 2.0000 | 1.7534 | | 0.5750 | 0.4351 |
| 11. | PER-2 | 40 | 3.0000 | 2.0164 | | 0.7750 | 0.5104 |
| Rata-rata | | 40 | 1.5455 | 1.3045 | 45.45 | 0.1386 | 0.1724 |

Keterangan

N = ukuran contoh

Na = rata-rata jumlah alel per lokus

Ne = Rata-rata jumlah alel efektif

P = Presentase lokus polimorfik (kriteria 95%)

Ho = Rata-rata heterozigositas pengamatan

He = Rata-rata heterozigositas harapan

Parameter keragaman genetik di dalam populasi yaitu persentase lokus polimorfik (kriteria 95 %), jumlah alel per lokus, dan heterozigositas harapan. Pada Tabel 2 terlihat bahwa rata-rata alel per lokus adalah 1.5455. Rata-rata polimorfik dengan kriteria 95%, heterozigositas pengamatan dan heterozigositas harapan pada populasi ini adalah 45.45 %; 0.1386 dan 0.1724. Hasil studi ini dapat dikatakan hampir sebanding dengan penelitian sebelumnya yang dilaporkan oleh Basyuni et al. (2012) pada tanaman *Johannesteijsmannia altifrons* masing-masing 40%, 0.072 dan 0.169, juga pada penelitian Hamzah et al. (2009) pada tanaman *R. mucronata* di Jawa sebesar

45.45%, 0.21 dan 0.61. Demikian juga yang diperoleh Siregar et al. (1998) untuk tanaman *Paraserianthes falcataria* sebesar 47.63%, 0.119 dan 0.167. Hasil yang sama diperoleh Hamrick dan Loveless (1986), melaporkan bahwa rata-rata persentase polimorfik dan heterozigositas harapan pada 29 spesies non Dipterocarpaceae di Pulau Barro Colorado sebesar 28% dan 0.111 serta heterozigositas *Dryobalanops aromatica* sebesar 0.292. Lebih lanjut, Murawski dan Bawa (1984) mendapatkan heterozigositas harapan yang juga setara pada *Stemonoporus oblingofolius* (Dipterocarpaceae) sebesar 0.282.

Sedangkan studi Maki (2001) pada spesies *Aster miyagii* di Pulau Ryukyu, Okinawa ditemukan persentase lokus polimorfik 0.199, jumlah alel per lokus 1.314, dan heterozigositas harapan 0.077. Studi Huang et al. (1998) pada 12 populasi tanaman *Costanea dentata* di Alabama dan New York mendapatkan persentase polimorfik 59.7 %, alel per lokus 1.69 dan heterozigositas harapan 0,151. Berkaitan dengan persentase polimorfik yang menggunakan analisis isozim, telah diulas oleh Parker (1998) pada beberapa kategori organisma seperti tanaman gimnospermae pada 56 jenis yang dipelajari rata-rata persentase polimorfik sebesar 58%, tanaman monokotil pada 80 jenis yang dipelajari sebesar 40% dan pada tanaman dikotiledon pada 338 jenis yang dipelajari sebesar 29%.

Keragaman genetik populasi juga dapat dipelajari dari nilai indeks fiksasi yang diperoleh (Tabel 3). Nilai indeks fiksasi negatif terjadi pada lokus PER-1 alel a (-0.3382), alel b (-0.3382) dan PER-2 pada alel a (-0.6327) dan alel b (-0.5990). Nilai indeks fiksasi yang negatif terjadi pada lokus-lokus yang memiliki kelebihan tingkat heterozigositas. Sedangkan nilai indeks fiksasi yang positif menunjukkan adanya kecenderungan populasi tersebut kekurangan tingkat heterozigositas seperti pada lokus PER-2 pada alel c (1.0000), lokus EST alel a, b (1.0000), lokus AAT-1 pada alel a (0.4256), alel b (0.4256), dan lokus MDH-1 pada alel b (1.0000). Adanya kekurangan heterozigositas berarti populasi tersebut lebih rentan terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan.

Tabel 3. Nilai fiksasi (F_{IS}) pada tiap lokus yang diteliti.

| No | Lokus | Alel | | | Total |
|-----|-------|---------|---------|--------|---------|
| | | Pertama | Kedua | Ketiga | |
| 1. | AAT-1 | 0.4256 | 0.4256 | - | 0.4256 |
| 2. | AAT-2 | - | - | - | - |
| 3. | AAT-3 | - | - | - | - |
| 4. | AAT-4 | - | - | - | - |
| 5. | ADH-1 | - | - | - | - |
| 6. | ADH-2 | - | - | - | - |
| 7. | EST | 1.0000 | 1.0000 | - | 1,0000 |
| 8. | MDH-1 | 1.0000 | 1.0000 | - | 1,0000 |
| 9. | MDH-2 | - | - | - | - |
| 10. | PER-1 | -0.3382 | -0.3382 | - | -0.3382 |
| 11. | PER-2 | -0.6327 | -0.5990 | 1.0000 | -0.5375 |

Terjadinya variabilitas pola pita isozim dalam populasi disebabkan adanya alel-alel yang terfiksasi, salah satunya yaitu pengaruh dari hubungan antara kinetik enzim (pengaruh temperatur terhadap aktivitas enzim) dengan sifat genotip suatu individu (yaitu individu dengan sifat genotip tertentu). Hartati et al. (1997) menjelaskan bahwa fenomena variabilitas genetik yang rendah pada populasi diantaranya dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti daya adaptasi, variasi kesuburan tanah dan lingkungan tempat tumbuh (tapak).

Populasi yang memiliki keragaman genetik yang tinggi lebih plastis terhadap tekanan ekologis seperti keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan. Untuk meningkatkan plastisitas ini suatu populasi berusaha beradaptasi dengan lingkungan melalui sifat-sifat genetik tertentu. Faktor adaptasi dengan lingkungan yang khas menyebabkan suatu populasi memiliki sifat genetik khas untuk keperluan adaptasi.

Pengaruh aktivitas antropogenik terhadap keragaman genetik *R. mucronata*

Hutan mangrove merupakan ekosistem yang unik karena melingkupi tiga kawasan daratan, pantai, dan laut tropika dan subtropika dan ketiganya saling berkaitan. Ekosistem mangrove menjembatani komunitas darat dan komunitas laut. (Tomlinson, 1986). "Jembatan" itu kadangkala sangat jauh menjorok ke darat –bisa ratusan bahkan ribuan meter jauhnya dari bibir pantai. Sebaliknya "jembatan" itu bisa pula menjorok ke laut, ratusan bahkan ribuan meter jauhnya dari pantai. Kondisi seperti itulah yang menjadikan ekosistem mangrove sangat unik dan khas berbagai biodiversitas (genetik, jenis dan ekosistem) yang tipikal dan memiliki karakteristik sendiri. Dengan kondisi demikian ekosistem mangrove memiliki peran sangat penting untuk dilestarikan sehingga memberikan kesejahteraan masyarakat (Alikodra, 2003).

Kawasan SM Karang Gading dan Langkat Timur Laut merupakan satu-satunya SM di Sumatera Utara

yang semuanya bertipe hutan mangrove yang juga memiliki fungsi sebagai penyangga/buffer dari abrasi dan erosi, mencegah intrusi air laut, menahan angin kencang dari laut lepas, mencegah gelombang besar samudera yang menghempas ke darat, menyerap limpahan air bah dari daratan, menetralkan polusi air laut, tempat pemijahan pelbagai jenis biota laut (UKSDA Sumatera Utara I, 2001; Alikodra, 2003). Namun, areal mangrove di SM Karang Gading dan Langkat Timur Laut hampir seluruhnya telah berubah menjadi habitat sekunder (Noor et al., 2006).

Keragaman genetik penting untuk persyaratan pengelolaan hutan secara lestari, juga sumberdaya biologi yang dipergunakan dalam praktek silvikultur. Oleh karena itu diperlukan usaha nyata untuk mengkonservasi sumber daya genetik hutan mangrove demi masa depan penyelamatan hutan mangrove yang tersisa. Aktivitas antropogenik yang terjadi di kawasan SM Karang Gading dan Langkat Timur Laut seperti penebangan liar/pencurian kayu yang didorong oleh banyaknya kilang-kilang arang di sekitar kawasan, pemanfaatan yang tidak berkelanjutan dan pengalihan peruntukan lain misalnya tambak, telah mengakibatkan kerusakan dan memberikan pengaruh terhadap rendahnya keragaman genetik populasi alami *R. mucronata* di Secanggih, Kabupaten Langkat. Kondisi hutan akibat penebangan liar memang tidak separah akibat pertambakan dan konversi lainnya, sehingga dengan proses suksesi alam dan kegiatan pengayaan jenis, kondisinya akan segera pulih. Hal ini sangat sesuai dengan sifat ekosistem hutan mangrove yang sangat reproduktif (Clough et al., 2000).

Ditambah pula dengan perambahan dalam kawasan SM Langkat Timur sudah berlangsung sejak tahun 1993 hingga sekarang dan untuk SM Karang Gading berlangsung sejak tahun 1985 hingga sekarang. Berdasarkan data yang dihimpun di lapangan perambahan dalam kawasan SM Langkat Timur telah mencapai ± 1.381 ha dan di SM Karang Gading telah mencapai ± 3.229 ha yang terdiri dari persawahan, kebun sawit dan tambak udang alam/intensif. Faktor-faktor yang mendorong perambahan hutan mangrove adalah tapal batas yang hilang/dihilangkan, ketidaktahuan masyarakat, tidak ada koordinasi penentuan batas tambak inti rakyat, serta adanya surat keterangan tanah dari kepala desa dan camat (UKSDA Sumatera Utara I, 2001). Populasi manusia yang terus berlanjut, areal yang terfragmentasi cenderung meningkat, hal ini mengakibatkan pengurangan keragaman genetik seperti yang terjadi pada studi ini yang diduga

populasi *R. mucronata* mengalami penurunan keragaman genetik. Hutan mangrove hanya akan rusak secara permanen apabila dikonversi menjadi peruntukan lain dan hutan mangrove juga akan menurun potensinya apabila terjadi over eksploitasi.

KESIMPULAN

Dari studi ini dapat disimpulkan, dari lima sistem enzim yang diuji, 11 lokus ditemukan, lima diantaranya bersifat polimorfik yakni lokus AAT-1, EST-1, MDH-1, PER-1, dan PER-2 dengan jumlah alel yang bervariasi antara 2-7 alel. Sedangkan pada lokus AAT-2, AAT-3, AAT-4, ADH-1, ADH-2, dan MDH-2 bersifat monomorfik. Selain itu, sistem enzim AAT dan PER dapat memberikan jumlah lokus, jumlah alel, dan jumlah genotip lebih besar dibandingkan dengan sistem enzim lainnya. Hal ini berarti bahwa sistem enzim tersebut cukup baik digunakan untuk mempelajari keragaman genetik populasi *R. mucronata* pada wilayah penyebaran geografis lainnya. Parameter keragaman genetik di dalam populasi adalah persentase lokus polimorfik (kriteria 95%), jumlah alel per lokus, dan heterozigositas harapan. Pada studi ini rata-rata alel per lokus adalah 1.5455, rata-rata polimorfik dengan kriteria 95%, heterozigositas pengamatan dan heterozigositas harapan pada populasi ini adalah 45.45 %; 0.1386; dan 0.1724. Meskipun nilai ini sebanding dengan hasil studi lainnya yang menggunakan marka isozim, namun dikarenakan sampel penelitian ini diambil dari populasi alami, seharusnya populasi *R. mucronata* memiliki keragaman genetik yang lebih tinggi, sehingga aktivitas antropogenik diduga mempengaruhi pengurangan keragaman genetik jenis ini.

UCAPAN TERIMA KASIH

Para penulis mengucapkan terima kasih kepada DP2M, Ditjen Dikti atas dukungan dana Hibah Penelitian Dosen Muda (PDM) tahun 2003 untuk kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

Alikodra, H.S., 2003. Hutan mangrove, burung dan keselamatan penerbangan. Kompas hal. 34.
Alongi, D.M., (2002) Present state and future of the world's mangrove forests. Environ Conserv 29, 331-349.
Arulsekhar, S., Parfitt, D.E., 1986. Isozymes analysis procedures for stone fruits, almond, walnut, piltachio, and fig. Hort. Sci. 21, 923-933.
Badan Inventarisasi dan Tata Guna Hutan. 1993. Statistik Kehutanan Propinsi Sumatera Utara.

Pusat Inventarisasi Hutan, Departemen Kehutanan. Jakarta.
Basyuni, M., Siregar, U.J., Sudarmonowati, E., 2002. Korelasi antara keragaman fenotipik dengan marka isozim pada Sengon (*Paraserianthes falcataria*) di kebun benih Parung Panjang, Bogor. J. Ilmu Pertanian KULTURA 36, 8-14.
Basyuni, M., Rahayu, S., Jayusman 2012. Studi pendahuluan keragaman genetik spesies yang rentan *Johannesteijsmannia altifrons* di hutan Sikundur, Sumatera Utara. FORESTA Indones. J. For. I (1), 7-11.
Clough, B., Tan, D.T., Phuong, D.X., Buu, D.C., 2000. Canopy leaf area index and litter fall in stands of the mangrove *Rhizophora apiculata* of different age in the Mekong Delta, Vietnam. Aquat. Bot. 66, 311-320.
Dirjen RRL Departemen Kehutanan. 1997. Laporan Akhir Hasil Inventarisasi Hutan Bakau (Mangrove) yang Rusak di Propinsi Sumatera Utara. PT Insan Mandiri Konsultan. Jakarta.
Duke, N.C., Meynecke, J.-O., Dittmann, S., Ellison, A.M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K.C., Field, C.D., Koedam, N., Lee, S.Y., Marchand, C., Nordhaus, I., Dahdouh-Guebas, F., 2007. A world without mangroves? Science 317, 41-42.
Fuchs, E.J., Hamrick, J.L., 2010. Genetic diversity in the endangered tropical tree, *Guaiaacum sanctum* (Zygophyllaceae). J. Hered.101(3), 284-291
Giesen, W., Wulffraat, S., Zieren, M., Scholten, L., 2007. Mangrove Guidebook for Southaest Asia. FAO and Wetlands International, Bangkok.
Graudal, L., Kjaer, E., Thomsen, A., Larsen, A.B., 1997. Planning national programmes for conservation of forest genetic resources. Danida Forest Seed Centre. Technical Note 48, 9-25.
Hamrick, J.L., Loveless, M.D., 1986. Isozyme variation in tropical trees: procedure and preliminary results. Biotropica 18, 201-207.
Hamzah, Siregar, U.J., Siregar, C.A., 2009. Sistem perkawinan bakau bandul (*Rhizophora mucronata* Lamk) berdasarkan analisis isozim. J Penelitian Hutan Konservasi Alam VI (2), 115-123.
Hartati, N.S., Prana M.S., 1996. Studies on Isozymes of Sengon (*Paraserianthes falcataria* [L.] NIELSEN). Annales Bogorienses V (1): 41-46.
Huang, S. 2002. Genetic variation of mangrove forests, *Kandelia candel* in Southern China. Proceeding of the symposium on the phylogeny

- biogeography and conservation of fauna and flora of East Asian region.
- Huang, H. F. Dane, and T.L. Kubisiak, 1998. Allozyme and RAPD analysis of the genetic diversity and geographic variation in wild populations of the American Chesnut (Fagaceae). *Am. J. Bot.* 85 (7), 1013-1021.
- Kathiresan, K., Bingham, B.L., 2001. Biology of mangrove and mangrove ecosystem. *Adv. Mar. Biol.* 40, 81-151.
- Liengsiri, C., Piewluang C., Boyle, T.J.B., 1996. Starch gel electrophoresis of tropical trees a manual. Asean-Canada Forest Tree Seed Centre. 1-52.
- Maguire TL, Peakall R, Saenger P (2002) Comparative analysis of genetic diversity in the mangrove species *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. (Avicenniaceae) detected by AFLPs and SSRs. *Theor. Appl. Genet.* 104, 388-398.
- Maki, M., 2001. Genetic differentiation within and among island populations of the endangered plant *Aster miyagii* (Asteraceae), an endemic to the Ryukyu Islands. *Am. J. Bot.* 88 (12), 2189-2194.
- Millar, C.I., Westfall, R.D., 1992. Allozyme markers in forest genetic conservation. *New Forests* 6, 347-371.
- Murawski, D.A., Bawa, K.S., 1994. Genetic structure and mating system of *Stemonoporus oblongifolius* (Dipterocarpaceae) in Srilangka. *Am. J. Bot.* 81, 155-160.
- Noor, Y.R., Khazali, M., Suryadiputra, I.N.N., 2006. Panduan Pengenalan Mangrove di Indonesia. PHKA/WI-IP, Bogor.
- Parker, P.G., Snow, A.A., Schug, M.D., Booton, G.C., Fuerst. P.A., 1998. What molecules can tell us about populations choosing and using a molecular marker. *Ecology* 79, 361-382.
- Spalding, M., Kainuma, M., Collins, L., 2010. World Atlas of Mangroves. Earthscan. London.
- Schaberg PG, DeHayes DH, Hawley GJ, Nijensohn SE. 2008. Anthropogenic alterations of genetic diversity within tree populations: Implications for forest ecosystem resilience. *Forest Ecol. Manag.* 256, 855-862.
- Stuber, C.W., 1989. Isozymes as Markers for Studying and Manipulating Quantitative Traits. *In* D.E. Soltis, Soltis, P.S., (eds): *Isozymes in Plant Biology*. Diocorides Press. Portland, Oregon. p. 206-220.
- Tomlinson, P.B., 1986. *The Botany of Mangroves*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Triest, L., 2008. Molecular ecology and biogeography of mangrove trees towards conceptual insights on gene flow and barriers: A review. *Aquat. Bot.* 89, 138-154
- UKSDA Sumatera Utara I., 2001. Data dan Informasi Kawasan Suaka Margasatwa Langkat Timur Laut/Karang Gading di Kabupaten Deli Serdang dan Langkat. UKSDA SU I. Dirjen PHKA Dephut.
- University of Alberta, CIFOR., 1996. Population Genetic Analysis-1. Forest Genetic Laboratory University of Alberta and CIFOR.