

Studi Pendahuluan Keragaman Genetik Spesies yang Rentan *Johannesteijsmannia altifrons* di Hutan Sikundur, Sumatera Utara
(Preliminary Study on Genetic Variation in Vulnerable Species of *Johannesteijsmannia altifrons* in Sikundur Forest, North Sumatra)

Mohammad Basyuni^{a*}, Suci Rahayu^b, Jayusman^c

^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)

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

^cBalai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan, Jl. Palagan Tentara Pelajar Km. 15 Yogyakarta 55582

Diterima: 8 Februari 2012. Disetujui: 1 Maret 2012

Abstract

Johannesteijsmannia altifrons is vulnerable species according to Red Data Book from IUCN. This species may have two sub populations namely sang minyak and sang gajah. For conservation strategy, study on the genetic variation of this species was needed. The study aimed to examine the genetic variation of *J. altifrons* in Sikundur Forest, Gunung Leuser National Park, North Sumatera, using Isozymes marker. From three enzyme systems used (ACP, MDH, and PGD), two polymorphic loci were detected. Highest estimate of genetic variation parameters i.e. observed and expected heterozygosity were found in sang gajah, whereas sang minyak showed lower genetic diversity. This preliminary result suggested that this species had low average of polymorphic (40 %). Based on polymorphic level and expected heterozygosity, both sub populations genetically closed to each other. The differences of both sub populations lay on the wide leaf. Understanding of genetic variation suggested the importance of conservation effort of this species to increase number of populations.

Key words: vulnerable species, genetic variation, *Johannesteijsmannia altifrons*., preliminary results

PENDAHULUAN

Populasi *Johannesteijsmannia altifrons* di Hutan Sikundur, Kawasan Taman Nasional Gunung Leuser, Langkat Sumatera Utara sebagai salah spesies dari famili Palmae telah mengalami penyusutan yang diduga disebabkan oleh kehilangan habitat dan fragmentasi habitat serta aktivitas manusia yakni aktivitas penebangan dan pembukaan hutan (Qomar et al., 2006). Menurut data IUCN pada spesies-spesies yang terancam kepunahan (*Red Data Book*) spesies tumbuhan ini telah masuk kedalam kategori *vulnerable* (rentan), yaitu spesies yang genting dalam waktu dekat, karena populasinya menurun dan sebarannya menyusut.

Untuk itu kegiatan pelestarian spesies ini perlu dilakukan untuk menjaga kelangsungan spesies tumbuhan yang dilindungi menurut Peraturan Pemerintah No. 7 Tahun 1999. Usaha ini memerlukan survei populasi *J. altifrons* dan keragaman genetik populasinya. Survei populasi tumbuhan ini sangat penting dilakukan untuk memperkirakan distribusi dan kelimpahannya. Dengan melakukan survei secara berkala, pola perubahan populasi dapat ditentukan.

Hal ini merupakan cara efektif untuk menunjukkan respon suatu populasi terhadap perubahan lingkungan.

Sedangkan keragaman genetik suatu populasi merupakan bufer dan sangat menentukan keberhasilan dan daya tahan populasi untuk bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrim, sehingga populasi tersebut tidak punah (Haig, 1998). Produksi, terjaganya dan hilangnya keragaman genetik yang diduga pada spesies ini amat ditentukan oleh ukuran dan struktur populasinya. Populasi *J. altifrons* diduga berukuran kecil dan strukturnya sederhana sehingga cenderung lebih mudah kehilangan keragaman genetiknya sehingga dapat mengurangi peluang kelangsungan hidup populasi. Oleh karena itu diperlukan penelitian keragaman genetik *J. altifrons* untuk menunjang pelestariannya sehingga dapat ditentukan strategi terpadu konservasi spesies ini.

Penelitian sebelumnya menunjukkan keragaman genetik mempengaruhi ketahanan terhadap penyusutan populasi individu dan serangan hama dan penyakit. Populasi hutan mangrove Muara Angke yang memiliki keragaman genetik terendah dan indeks fiksasi tertinggi, ternyata lebih rentan terhadap kondisi lingkungan dan mengalami penyusutan

populasi lebih besar. Sedangkan populasi hutan mangrove Cilacap yang memiliki keragaman genetik yang tinggi lebih plastis terhadap tekanan ekologis dan bisa beradaptasi dengan lingkungan yang kurang menguntungkan melalui sifat-sifat genetik tertentu (Hamzah, 1999).

Studi sebelumnya tentang tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria*) di Kebun benih Parung Panjang Bogor juga ditunjukkan bahwa keragaman genetik yang rendah cenderung rentan terhadap hama dan penyakit. Sub populasi Wamena yang memiliki keragaman genetik terendah cenderung lebih rentan terhadap penyusutan jumlah individu. Selain itu tingginya indeks fiksasi serta rendahnya jumlah alel efektif per lokus rata-rata pada sub populasi Wamena mengakibatkan cenderung rentan terhadap hama dan penyakit. Tanaman sengon yang diserang ulat kantong (*Cryptothoelea variegata*) adalah sub populasi Wamena. (Basyuni et al., 2002).

Dengan demikian tujuan dari studi ini ialah menentukan keragaman genetik populasi *J. altifrons* di kawasan hutan Sikundur. Penentuan keragaman genetik tersebut menggunakan penanda isozim yang bersifat kodominan sehingga dapat menunjukkan keragaman pola pita pada populasi dan dapat digunakan sebagai dasar pemuliaan tanaman dan strategi konservasi spesies ini.

BAHAN DAN METODE

Studi ini terdiri dari dua percobaan yakni di Hutan Sikundur, Langkat, Sumatera Utara untuk pengambilan sampel daun populasi *J. altifrons* yang diduga terdiri dari sub populasi sang minyak (daun lebar) dan sub populasi sang gajah (daun sempit) dan analisis isozim dilaksanakan di laboratorium Biologi Molekular Kelti Pemuliaan dan Agronomi Balai Penelitian Marihat, Pematang Siantar.

Prosedur kerja pada penelitian ini meliputi pengambilan contoh daun, penyiapan larutan bufer (bufer pengekstrak, bufer gel), pembuatan gel pati, ekstraksi enzim, elektroforesis, pewarnaan, pengamatan dan pembuatan zimogram, pembuatan foto pola pita pada gel dan pengemasan serta penyimpanan gel seluruh prosedur kerja mengikuti penelitian sebelumnya (Arulsekar dan Parfit, 1986; Basyuni et al., 2002). Analisis terhadap data yang diperoleh dilakukan dengan bantuan program Popgene-1 (University of Alberita dan CIFOR, 1996), yang meliputi parameter keragaman genetik dalam populasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Interpretasi Genetik dari Bandmorph yang Diperoleh pada 3 Sistem Enzim yang Dianalisis (ACP, MDH, dan PGD)

Hasil analisis terhadap seluruh bandmorph yang diperoleh dari 3 sistem enzim yang dipelajari (ACP, MDH, dan PGD) dan interpretasi genetik dapat diintisarikan seperti pada Tabel 1. Pada bandmorph yang diamati pada 3 sistem enzim yang dipelajari diinterpretasikan sebagai sistem polimorfik dan masing-masing sistem enzim terbagi ke dalam zona-zona aktivitas yang diinterpretasikan sebagai lokus yang terdiri dari beberapa alel. Sistem enzim ACP dikontrol tiga lokus yang aktif di semua sub populasi (sang minyak dan sang gajah), sistem enzim MDH dikontrol oleh satu lokus dan sistem enzim PGD dikontrol satu lokus

Tabel 1. Hasil interpretasi genetik dari bandmorph yang diperoleh dari 3 sistem enzim yang dianalisis

Sistem enzim	Jumlah lokus	Jumlah alel	Jumlah genotip
ACP	3	6	9
MDH	1	1	2
PGD	1	1	2

Polimorfisme (lokus yang terdiri dari lebih satu macam pola pita atau memiliki bentuk-bentuk pita yang berbeda mobilitas elektroforesisi) isozim *J. altifrons* terjadi pada lokus ACP-1 dan ACP-3. Sedangkan pada lokus ACP-2, MDH-1, dan PGD-1 bersifat monomorfik (terdiri dari satu bentuk pita pada seluruh individu).

Dari Tabel 1 terlihat bahwa sistem enzim ACP dapat memberikan jumlah lokus, jumlah alel, dan jumlah geneotip lebih besar dibandingkan dengan sistem enzim lainnya. Hal ini dapat diartikan bahwa sistem enzim ACP cukup baik digunakan untuk mempelajari keragaman genetik populasi *J. altifrons*.

Pada studi ini sampel yang digunakan adalah daun. Kendala terbesar penggunaan sampel daun untuk analisis isozim adalah munculnya senyawa fenolik. 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 kedalam bentuk quinon akan menghambat aktifitas enzim. Proses oksidasi dapat dicegah dengan berbagai cara diantaranya dengan penambahan senyawa beberapa jenis polimer yang mampu

mengabsorpsi senyawa phenolik tersebut, kontrol pH untuk interaksi ionik, penambahan senyawa seperti cystein, merkaptotetanol serta senyawa sejenis seperti asam askorbat dan BSA (*bumin serum albumin*) terutama untuk pembuatan buffer ekstrak

Profil pola pita isozim yang diintrepetasikan dalam bentuk zimogram menunjukkan bahwa kajian genetik menghasilkan jumlah lokus dan alel beragam dimana struktur enzim mulai dari monomer sampai dimer. Arulsekar dan Parfit (1986) menyebutkan bahwa isozim pada dasarnya teknis yang mampu digunakan untuk struktur genetik pada level gen dan dapat dipadukan dengan teknik konvensional lainnya seperti penanda morfologi-agronomi. Bahkan dilaporkan studi pada species yang rentan (*vulnerable*), teknik isozim paling sering dipergunakan untuk menggambarkan struktur populasinya (Haig, 1998).

Penyebaran frekuensi Alel dan Keragaman Genetik Di Dalam Sub Populasi

Secara umum penyebaran frekuensi alel untuk kedua sub populasi *J. altifrons* (sang minyak dan sang gajah) disajikan pada Tabel 2. Dari 5 lokus yang diamati, 2 lokus diantaranya (ACP-1 dan ACP-3) bersifat polimorfik di kedua sub populasi. Artinya kedua lokus tersebut bersifat aktif. Dilihat dari pola penyebaran alel dalam suatu lokus, terlihat bahwa 3 lokus (PGD-1, ACP-2, dan MDH-1) didominasi alel pertama dengan frekuensi sama di kedua sub populasi. Hal tersebut menunjukkan keragaman antar sub populasi untuk lokus tersebut kecil (F_{ST} kecil).

Tabel 2. Frekuensi alel 2 sub populasi *J. altifrons* untuk setiap lokus yang dipelajari.

Lokus	Alel	Sub Populasi	
		Sang Minyak	Sang Gajah
PGD-1	a	1.000	1.000
ACP-1	a,b	0.500	0.500
	a,b	0.500	0.500
ACP-2	a	1.000	1.000
ACP-3	a	0.800	0.100
	a,b	0.100	0.850
	a,b,c	0.100	0.050
MDH-1	a	1.000	1.000

Brown dan Weir (1983) telah mengidentifikasi adanya dua komponen keragaman genetik yaitu alel lengkap yang diindikasikan sejumlah alel nyata yang ditemukan di dalam ukuran contoh dan keserasian yang berhubungan dengan penyebaran alel dalam suatu lokus. Berdasarkan frekuensinya Jusuf et al. (1990) mengklasifikasikan dua alel yang berbeda yang diamati, yaitu alel yang umum (*major bands*) yang memiliki nilai frekuensi alel paling sedikit 20%/lebih

dan alel jarang (*minor bands*) yang memiliki nilai frekuensi alel kurang dari 20%.

Sementara itu, dijumpai pula adanya dominasi alel tertentu dalam suatu lokus, seperti PGD-1, ACP-2, dan MDH-1 (kedua sub populasi) oleh alel pertama, lokus ACP-3 oleh alel pertama (sub populasi sang minyak) dan lokus ACP-3 oleh alel kedua (sub populasi sang gajah). Alel satu dan dua dalam lokus-lokus tersebut termasuk alel umum (*major bands*) yang akan selalu muncul dan bersifat khas dan tetap.

Dominasi suatu alel pada suatu lokus akan berakibat sifat lokus sangat dikontrol oleh alel dominan tersebut. Akibatnya alel tersebut menentukan sifat individu serta menampilkan karakter tertentu pada populasi. Karena bersifat dominan maka sifat genetic yang dimiliki umumnya sama sehingga dapat dikatakan keragaman populasinya yang diteliti kecil.

Adanya dominasi alel dala satu lokus didukung pula oleh hasil uji penyebaran genotip dengan uji χ^2 (*Chi-square test*) untuk keseimbangan Hardy-weinberg. Misalnya lokus ACP-3 untuk sub populasi sang minyak dominasi alel a sebesar 0.8, hasil uji χ^2 menunjukkan hasil nyata. Hal ini berarti frekuensi genotip yang terdapat pada lokus tersebut tidak berada pada keseimbangan Hardy-Weinberg (Lee et al., 2000). Ketidakseimbangan ini berarti menjadi gangguan terhadap kondisi genotip populasi yang stabil. Kondisi ini tentu akan berpengaruh terhadap sifat genetic yang dimiliki populasi.

Pada Tabel 3 terlihat bahwa rata-rata alel per lokus dari kedua sub populasi 1.600 dan nilai tersebut nampaknya tidak tergantung dari ukuran contoh. Rata-rata presentasi lokus polimorfik dengan kriteria 95 % adalah 40 %. Rata-rata nilai heterozigositas pengamatan (H_o) adalah 0.072 dan nilai harapannya (H_e) berdasarkan nilai dari keseimbangan Hardy-Weinberg yang menyatakan keragaman genetik dalam sub populasi adalah 0.169. Nilai heterozigositas harapan terbesar dimiliki oleh sub populasi sang minyak (0.177) dan nilai lebih kecil dimiliki oleh sub populasi sang gajah (0.161).

Tabel 3. Keragaman genetik dari 2 sub populasi *J. altifrons*

Sub Populasi	N	Na	Ne	P	Ho	He
Sang Minyak	20	1.600	1.303	40	0.044	0.177
Sang Gajah	20	1.600	1.272	40	0.100	0.161

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

Rata-rata polimorfik, heterozigositas pengamatan dan heterozigositas harapan pada kedua sub populasi sebesar 40 %, 0.072, dan 0.169 dapat dikatakan hampir sebanding dengan hasil penelitian Hamzah (1999) pada tanaman *Rhizophora mucronata* sebesar 45,45 %, 0,21 dan 0,61. Demikian pula yang diperoleh Siregar et al., (1998) untuk tanaman *Paraserianthes falcataria* sebesar 47.63 %, 0.119, dan 0.167. Demikian pula yang diperoleh Hamrick and Loveless (1986) menemukan rata-rata persentase polimorfik dan heterozigositas harapan pada 29 spesies non *Dipterocarpaceae* sebesar 28 % dan 0.111 serta heterozigositas *Dryobalanops aromatica* sebesar 0.292. Lebih lanjut, Murawski dan Bawa (1984) juga mendapatkan nilai heterozigositas harapan yang sebanding pada *Stemonoporus oblingofolius* (Dipterocarpaceae) sebesar 0.282. Lebih jauh tentang persentase polimorfik telah diringkaskan oleh Parker et al., (1998) pada beberapa kategori organisme 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 4). Sub populasi sang gajah memiliki rata-rata indeks fiksasi (2.278) lebih besar dibandingkan sub populasi sang minyak (1.955). Nilai indeks fiksasi negatif terjadi pada lokus ACP-3 alel c (sub populasi sang minyak) dan lokus ACP-3 alel b dan c (sub populasi sang gajah). Nilai indeks fiksasi yang negatif menyatakan bahwa pada lokus-lokus tersebut terjadi kelebihan tingkat heterozigositas dan nilai indeks fiksasi positif menunjukkan adanya kecenderungan sub populasi tersebut kekurangan tingkat heterosigositas (seperti pada lokus ACP-1 alel a pada kedua sub populasi). Adanya kekurangan heterozigositas berarti sub populasi tersebut lebih rentan terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan.

Keragaman genetik turut menentukan keberhasilan populasi untuk dapat beradaptasi ke dalam lingkungan yang berubah-ubah. Studi ini menunjukkan tingkat polimorfik tanaman *J. altifrons* cukup rendah (40%) dan kedua populasi (sang minyak dan sang gajah) secara genetik berdekatan satu sama lain. Diduga populasi *J. altifrons* berukuran kecil. Dalam populasi kecil, frekuensi alel dapat berubah-ubah dari satu generasi ke generasi berikutnya.

Tabel 4. Nilai indeks fiksasi (F) sub populasi *J. altifrons* untuk setiap lokus yang dipelajari

No	Lokus/Alel	Sub Populasi	
		Sang minyak	Sang gajah
1.	PGD-1	-	-
2.	ACP-1/a	0.200	1.000
	ACP-1/b	0.200	1.000
3.	ACP-2	-	-
4.	ACP-3/a	1.000	1.000
	ACP-3/b	0.608	-0.111
	ACP-3/c	-0.053	-0.111
5.	MDH-1	-	-
Rata-rata		1.955	2.778

Data lapangan pun menunjukkan bahwa populasi yang berukuran kecil telah mendorong kehilangan alel dari populasi secara melaju. Beberapa penelitian membuktikan hal ini, seperti pada suatu jenis konifer di Selandia Baru, populasi yang kecil lebih sering menanggung kehilangan keragaman genetik dibandingkan populasi yang berukuran besar (Billington, 1991). Dalam studi pada 11 jenis, tumbuhan langka selalu mempunyai keragaman genetik yang lebih rendah dibandingkan dengan tumbuhan yang melimpah yang berasal dari marga yang sama (Karron, 1987)

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 aktifitas enzim) dengan sifat genotipe suatu individu (yaitu individu dengan sifat genotipe tertentu). Fenomena variabilitas genetik yang rendah pada populasi diantaranya dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti daya adaptasi, varaisi kesuburan tanah dan lingkungan tempat tumbuh (tapak) (Karron, 1987).

Populasi yang memiliki keragaman genetik tinggi lebih plastis terhadap tekanan ekologis seperti keadaan lingkungan yang kurang menguntungkan. Untuk meningkatkan plastisitas ini sutau 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.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Dari studi ini dapat disimpulkan:

1. Keragaman genetik populasi *J. altifrons* di dalam dan antar sub populasi (sang minyak dan sang gajah) umumnya sebanding dengan keragaman

genetik beberapa tumbuhan tropika lainnya. Nilai keragaman genetiknya masing-masing ($H_e = 1.69$) dan ($F_{ST} = 24.7\%$).

2. Berdasarkan tingkat polimorfik dan nilai heterozigositas harapan, kedua sub populasi (sang minyak dan sang gajah) secara genetik berdekatan satu sama lain. Perbedaan fenotip hanya terletak pada lebar daun.

B. Saran

Berdasarkan hasil studi ini maka dapat dikemukakan beberapa saran:

1. Studi keragaman genetik selanjutnya perlu tambahan penggunaan sistem enzim yang lebih banyak yang telah terbukti cukup baik agar cukup banyak lokus yang dapat dideteksi.
2. Perlunya penggunaan marka DNA untuk menduga keragaman genetik populasi *J. altifrons* agar data jenis yang rentan ini lebih lengkap dari aspek genetik.
3. Diperlukan studi lanjutan dalam aspek ekologi dan geografi jenis ini untuk mendukung aspek genetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Studi ini dapat terselenggara atas dukungan hibah penelitian dari RMID UML (Unit Manajemen Leuser) Medan dan Dana Rutin (DIPA) USU.

DAFTAR PUSTAKA

- Arulsekhar, S., Parfitt, D.E., 1986. Isozymes analysis procedures for stone fruits, almond, walnut, piltachio, and fig. Hort. Sci. 21, 923-933.
- 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.
- Billington, H.L., 1991. Effect of population size on genetic variation in a dioecious conifer. Conservation Biol. 5: 115-119
- Brown, A.H.D., Weir, B.S., 1983. Measuring variability in plant population. In: Tanksley, S.D., Ordon, T.J., (eds). Isozymes in Plant Genetics and Breeding. Part A. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, pp. 219-239.
- Haig, S.M., 1998. Molecular contributions to conservation. Ecology 79, 413-425.
- Hamrick, J.L., Loveless, M.D., 1986. Isozyme variation in tropical trees: procedure and preliminary results. Biotropica 18, 201-207.
- Hamzah., 1999. Studi keragaman genetik *Rhizophora mucronata* Lamk. berdasarkan analisis isozim. Tesis. Program Pascasarjana IPB. Bogor.
- Jusuf, M., Marina, N., Widyastuti, U., Girindra, A., 1990. Analisis keragaman beberapa mutan dan varietas kedelai II. Studi elektroforesis globulin dan albumin pada biji. Forum Pascasarjana IPB Bogor. 13, 1-16.
- Karron, J.D., 1987. A Comparison of levels of genetic polymorphisms and self-compatibility in geographically restricted and widespread plants congeners. Evol. Ecol. 1, 47-58.
- Lee, S.L., Ang, K.C., Norwati M., 2000. Genetic diversity of *Dryobalanops aromatica* Gaertn. F. (Dipterocarpaceae) in Peninsular Malaysia and its pertinence to genetic conservation and tree improvement. Forest Genetics 7, 211-219.
- Murawski, D.A., Bawa, K.S., 1994. Genetic structure and mating system of *Stemonoporus oblongifolius* (Dipterocarpaceae) in Srilangka. Am. J. Bot. 81, 155-160.
- 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.
- Qomar, N., Setyawatiningsih, R.S.C., Hamzah, Z., 2006. Karakteristik habitat mikro Salo (*Johannesteijsmannia altifrons*) di sekitar Taman Nasional Bukit Tigapuluh, Kabupaten Indragiri Hulu, Provinsi Riau. J. Natur Indones. 8, 100-104.
- Siregar, U.J. Basyuni, M., Sudarmonowati, E., Irianto, D., 1998. Genetic diversity in a *Paraserianthes falcataria* provenance trial in Parungpanjang, Bogor Indonesia. Proceed. Third Nat. Congress Genet., 18-19 November 1998. pp. 114-117. Bangi, Malaysia.
- University of Alberta, CIFOR., 1996. Population Genetic Analysis-1. Forest Genetic Laboratory University of Alberta and CIFOR.