

HUBUNGAN KONSEPTUAL ANTARA KERAGAMAN DAN PEROLEHAN GENETIK

Oleh

IRWANTO

Yogyakarta, 2006

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Saat ini Indonesia kehilangan sekitar 2 juta hektar hutan setiap tahun. Skala dan laju deforestasi sebesar ini belum pernah terjadi sebelumnya. Organisasi-organisasi lingkungan kadangkala dituduh melebih-lebihkan kekhawatiran mereka mengenai kerusakan yang terjadi. Dalam kasus Indonesia, berbagai prediksi bencana akibat hilangnya habitat dan penurunan jumlah spesies tidak dibesar-besarkan. Survey terbaru dan bisa dipertanggungjawabkan hasilnya mengenai tutupan hutan Indonesia memprediksikan, bahwa hutan-hutan *Dipterocarpaceae* dataran rendah akan lenyap dari Sumatera dan Kalimantan pada tahun 2010 jika kecenderungan-kecenderungan saat ini tetap tidak dicegah (Holmes, 2000).

Kerusakan hutan di Indonesia yang mencapai kira-kira 2 juta hektar per tahun mengakibatkan kerugian sekitar Rp 83 miliar per hari atau Rp 30,3 triliun per tahun. Penyebab utama kerusakan itu yakni penebangan liar (*illegal logging*). Padahal, kemampuan pemerintah dalam merehabilitasi hutan sangat minim dibandingkan tingkat degradasi hutan (Anonim 2004).

Berdasarkan hasil citra landsat tahun 1999-2000 mengindikasikan terdapat lahan kritis yang perlu direhabilitasi seluas 101,73 juta ha. Dari luas tersebut 42,11 juta ha berada di luar kawasan hutan, dan seluas 59,62 juta ha berada di dalam kawasan hutan.

Untuk menanggulangi Kerusakan hutan yang semakin parah Pemerintah menetapkan Program GNRHL (Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan).

GNRHL secara resmi dicanangkan pada tahun 2003 oleh Presiden Megawati Soekarnoputri di desa Karangduwet, Kecamatan Paliyan, Kabupaten Gunung Kidul Yogyakarta, dengan Tema "*Gerakan Nasional Rehabilitasi Hutan dan Lahan Sebagai Komitmen Bangsa Untuk Meningkatkan Kualitas Lingkungan dan Kesejahteraan Rakyat*".

GNRHL bertujuan untuk melakukan upaya rehabilitasi hutan dan lahan secara terpadu dan terencana dengan melibatkan semua instansi pemerintah terkait, swasta dan masyarakat, agar kondisi lingkungan hulu dapat kembali berfungsi sebagai daerah resapan air hujan secara normal dan baik.

Program GNRHL akan dilaksanakan pada daerah aliran sungai yang kondisinya kritis, dengan luas 3 juta hektar di seluruh Indonesia dalam kurun waktu 5 tahun dimulai tahun 2003 dengan rincian tahun 2003 seluas 300.000 ha, tahun 2004 seluas 500.00 ha, 2005 seluas 600.00 ha, tahun 2006 seluas 700.000 ha, tahun seluas 900.000.

Kondisi hutan dan lahan di sekitar DAS telah mengalami degradasi yang cukup parah sehingga mengakibatkan bencana pada dekade terakhir seperti banjir, kekeringan, tanah longsor, erosi, dan sedimentasi. Musibah banjir telah terjadi hampir di seluruh Indonesia.

Salah satu penyebab terjadinya bencana hidrometeorologi seperti banjir, tanah longsor, dan kekeringan adalah akibat rusaknya daerah hulu sungai akibat ulah manusia seperti perambahan hutan secara liar serta pendirian bangunan

yang tidak mengikuti kaidah tata ruang yang ada. Dampak dari bencana yang terjadi adalah antara lain gagal panen, kebakaran lahan dan hutan, serta menurunnya kesehatan dan taraf hidup masyarakat terutama di pedesaan. Kerusakan akibat hidrometeorologi selama 10 tahun yaitu dari tahun 1991 s/d 2000 ditaksir sekitar US\$17.6 milyar (Bakornas PBP 2003)

Faktor yang ikut menentukan keberhasilan Gerhan adalah tersedianya bibit yang berkualitas dalam jumlah yang cukup dan tepat waktu. Pemilihan bibit unggul merupakan suatu prioritas untuk menyiapkan tanaman yang berkualitas. Selain itu juga kebutuhan kayu bagi industri dalam jumlah besar sesuai dengan spesifikasi tertentu secara terus menerus, lestari dan berkelanjutan. Jenis pohon yang ditanam harus optimal, sesuai dengan kondisi tempat tumbuh dan menghasilkan riap pertumbuhan yang ekonomis.

Kegiatan Pemuliaan Pohon memegang peranan penting dalam menjawab permasalahan yang ada. Tujuan utama pemuliaan pohon adalah mengoptimalkan atau memaksimalkan perolehan genetik untuk sifat-sifat tertentu seperti persen jadi tanaman, pertumbuhan, bentuk batang, kemampuan adaptabilitas dan sifat-sifat lain yang diinginkan (Zobel and Talbert, 1984; Burley, 1993 dalam Na'iem, 2001). Keragaman genetik menempati posisi kunci dalam program pemuliaan, karena optimalisasi atau maksimalisasi perolehan genetik akan sifat-sifat tertentu akan dapat dicapai manakala ada cukup peluang untuk melakukan seleksi gen untuk sifat yang diinginkan (Na'iem 2001).

Dari permasalahan diatas dianggap penting suatu penulisan tentang "Hubungan konseptual antara keragaman dan perolehan genetik.

1.2. Tujuan dan Manfaat

1.2.1. Tujuan

- (1) Mengetahui hubungan konseptual antara keragaman dan perolehan genetik.
- (2) Mengetahui keragaman yang mempengaruhi pertumbuhan pohon hutan.

1.2.2. Manfaat

Dengan didapatkan data dan informasi ini diharapkan:

- (1) Meningkatkan pengetahuan tentang manfaat keragaman dalam kegiatan Pemuliaan pohon.
- (2) Dapat diketahui upaya-upaya untuk menjaga dan memelihara keragaman sumber genetik.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Penyebab dan Bentuk Keragaman/Variasi

Pada dasarnya semua perbedaan diantara pohon adalah hasil tiga faktor, perbedaan lingkungan dimana pohon itu tumbuh, perbedaan genetik diantara pohon dan interaksi antara kedua faktor itu. Beberapa variasi genetik dapat diramalkan dan digunakan sebaliknya bentuk lain dari random dan banyak kesulitan dalam penggunaan untuk breeder pohon (Zobel and Talbert, 1984).

Dalam pohon hutan ada sejumlah kategori keragaman/variasi dan dapat dikelompokkan secara luas ke dalam spesies, Sumber Geografi (Provenance), tapak, lokasi, individu pohon dan variabilitas dalam individu pohon (Zobel et al. 1960b).

Keragaman/Variasi lingkungan dapat dipahami oleh banyak forester, dan merupakan manajemen dasar dari banyak tindakan silvikultur. Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh dapat dikontrol dan dimanipulasi, sebaliknya ada yang tidak bisa.

Keragaman/Variasi Genetik sangat kompleks, tetapi besar dan typenya dapat diketahui dan yang baik dapat digunakan, variasi genetik dapat dimanipulasi untuk menghasilkan keuntungan dalam beberapa karakteristik pohon. Variasi genetik dapat dibagi secara umum kedalam komponen additif dan nonadditif dengan demikian variasi genetik adalah variasi additif ditambah variasi non additif

Wright (1976) mengemukakan bahwa di atas area yang lebih kecil, terutama area yang tidak ada pengaruh besar dari variasi iklim, perbedaan geografi yang kecil sering terjadi. Pohon dari beberapa beberapa tapak mungkin tumbuh lebih cepat 10 hingga 15 % dari pohon di lain tapak sederhana atau resistensi hama dan lain-lain. Biasanya dalam situasi demikian tidak mungkin untuk terjadi hubungan antara variasi genetik dan lingkungan.

2.2. Keragaman/Variasi di Alam

Rimbawan luarbiasa beruntung pada umumnya bekerja dengan suatu kelompok yang tak terganggu pada variabilitas alami tinggi yang telah berkembang di atas beribu-ribu tahun (Perry, 1978). Studi variasi intensive di dalam jenis penting agar berhasil bagi program peningkatan pohon. Banyak dilaksanakan, seperti pada Pinus loblolly oleh Thor (1961), pada Pinus Virginia (*Pinus virginiana*) oleh Lamb (1973), Barnes et al. (1977) dan yang lain pada *Pinus caribaea*, dan oleh Yeatman (1967) pada Pinus jack (*f. banksiana*).

Penentuan jumlah dan bentuk variabilitas di dalam suatu jenis adalah suatu pekerjaan besar dan harus dilakukan secara hati-hati. Tidak ada satu "kebenaran" cara untuk menilai pola variabilitas di dalam tapak alami, tetapi waktu dan pengalaman membuktikan pekerjaan itu suatu sekumpulan prosedur sampling adalah sangat baik.

Zobel dan Talbert (1984) mengemukakan bahwa di dalam pohon hutan biasanya terdiri dari penentuan kehadiran variasi, mengikuti kategori:

1. Variasi Geographic (provenance)
2. Lokasi dalam provenances

3. Tapak dalam lokasi
4. Individu Pohon dalam tapak
5. Di dalam Pohon (Ketika bisa dilakukan)

Suatu studi variasi alami dari jenis ditentukan pertama penentuan perbedaan Geografi yang ada dan kemudian variasi yang mungkin hadir di dalam kategori yang lebih sedikit. Suatu pengetahuan tentang menjadi penting pada keberadaan variasi mengindikasikan banyak tentang pengembangan suatu ciri khas dan bagaimana itu bisa terbaik digunakan suatu breeding program. Ini menjadi penekanan sebab komponen variasi lingkungan dan genetik tidak bisa dipisahkan oleh suatu studi pada tapak alami, tidak ada kesimpulan pasti tentang derajat tingkat pewarisan tentang segala karakteristik dapat dibuat dari studi nested sampling .

2.3. Keragaman/Variasi yang disebabkan Oleh Manusia

Sebagai tambahan terhadap bentuk variasi yang normal yang terjadi dalam populasi alami, banyak perubahan bentuk variasi pohon hutan dapat disebabkan oleh manusia. Hal-Hal seperti seleksi dysgenic, dimana pohon yang terbaik dipindahkan dan pohon yang lemah/miskin ditinggalkan untuk bereproduksi, atau suatu metode memilih hanya yang terbaik ditinggalkan, akhirnya menyebabkan suatu pergeseran di dalam frekwensi gen, dengan begitu terbentuk variasi. Tindakan yang dapat menyebabkan suatu perubahan sangat cepat di dalam variabilitas ketika diterapkan seleksi intensive dan praktek breeding. Sebab sasaran breeding pohon yang utama adalah untuk merubah persentase dari karakteristik tertentu di dalam suatu arah yang diinginkan dalam

suatu populasi, Seperti kemajuan program breeding, akan jadi penting bagi improver pohon dengan sengaja meningkatkan variabilitas. Ada sejumlah pilihan yang dapat diikuti ketika variabilitas alami terlalu terbatas untuk suatu program breeding (Zobel dan Talbert, 1984).

2.4. Pemanfaatan Keragaman/Variasi

Suatu program pemuliaan pohon adalah untuk memelihara dan meningkatkan variabilitas Genetik di dalam populasi pohon hutan yang digunakan. Jika diterapkan, suatu program pemilihan intensive akan mengurangi variabilitas karakteristik yang terlibat. Tentu saja, sasaran manipulasi Genetik di dalam kehutanan adalah untuk menghasilkan dengan cepat produk yang diinginkan dengan keseragaman yang besar. Suksesnya program breeding akan merubah frekwensi gen; jika ini tidak terjadi berarti program akan gagal (Zobel dan Talbert, 1984).

Kebanyakan jenis pohon hutan berisi variabilitas besar untuk karakteristik yang penting seperti pohon yang lurus atau berat jenis kayu, untuk kemampuan beradaptasi seperti toleransi cuaca dingin atau musim kering, dan untuk resistensi penyakit atau serangga dan untuk pertumbuhan. Dengan jelas dinyatakan sebelumnya, suatu kekuatan utama peningkatan pohon adalah bahwa banyaknya karakteristik berharga untuk para breeder pohon kompleks dan dasar utama pewarisan dengan bebas, maka mungkin untuk "merajut" pohon dengan kombinasi karakteristik yang diinginkan.

Menurut Na'iem (2001), Keragaman genetik menempati posisi kunci dalam program pemuliaan, karena optimalisasi atau maksimalisasi perolehan

genetik akan sifat-sifat tertentu akan dapat dicapai manakala ada cukup peluang untuk melakukan seleksi gen untuk sifat yang diinginkan. Kegiatan seleksi ini jelas dapat mempersempit basis genetik, yang umumnya membawa resiko tinggi terhadap serangan hama dan penyakit, perubahan lingkungan maupun perubahan permintaan pasar. Untuk mencegah hal tersebut maka belakangan ini para breeder telah mengambil dan mengembangkan strategi multi-populasi breeding, yaitu mengelola variasi genetik secara optimal sementara itu pada waktu bersamaan konservasi genetik tetap menjadi target yang selalu dipertimbangkan (Burley, 1992; 1993).

2.5. Pemeliharaan Keragaman/Variasi Genetik

Hutan alam tropika di Indonesia dewasa ini menghadapi masalah kerusakan yang menjadi semakin parah karena adanya penebangan kayu secara besar-besaran dan kebakaran hutan yang terjadi setiap musim kemarau tiba. Kerusakan yang terjadi secara cepat menyebabkan banyak ahli kehutanan berpendapat bahwa hutan alam tropika di Indonesia akan segera punah pada tahun 2010, terutama di Sumatra dan Kalimantan (Holmes, 2000).

Rusak/punahnya hutan alam tropika di Indonesia, selain tampak pada kerusakan fisik secara nyata juga tercakup di dalamnya sumber genetik tumbuhan yang merupakan salah satu aspek yang sangat berpengaruh pada regenerasi hutan di masa yang akan datang. Padahal kelestarian hutan alam tergantung dari kemampuan hutan tersebut untuk meremajakan diri.

Terkait dengan hal strategi breeding maka basis genetik akan dikendalikan sesempit mungkin untuk menghasilkan sifat-sifat yang secara ekonomis

menguntungkan, namun basis genetik juga akan tetap dipertahankan bahkan diperluas untuk mendapatkan perbaikan sifat yang sekaligus memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan yang beragam (Wright, 1976; Zobel and Talbert , 1984; Zobel et al. 1987). Dengan demikian suatu program pemuliaan yang dirancang untuk beberapa generasi tidak akan banyak berarti manakala langkah yang diambil tidak melibatkan upaya pengelolaan dan peningkatan variasi genetik secara cukup. Seorang breeder dapat saja melakukan kegiatan breeding untuk beberapa sifat secara simultan. Sifat kelurusan dan kesilindrisan batang yang secara ekonomis menguntungkan misalnya, dapat dikembangkan bersamaan dengan sifat lainnya secara serentak pada skala luas. Evaluasi akan ekspresi sifat-sifat tersebut dapat dilakukan lewat penampilan fenotipe-nya secara konsisten untuk sifat pertumbuhan, ketahanan terhadap hama dan penyakit dan kemampuan adaptasinya di berbagai lingkungan (Na'iem, 2001).

III. STRATEGI DAN RANCANGAN

3.1. Strategi Pemuliaan Pohon

Tujuan umum dari suatu program pemuliaan pohon adalah sebagai berikut : (1) memuliakan secara progressif populasi dasar dan populasi pemuliaan ; (2) membiakkan material yang dimuliakan untuk membuat populasi produksi yang unggul; (3) menjaga variabilitas dan ukuran populasi pada populasi dasar dan populasi pemuliaan ; (4) semuanya ini dicapai secara ekonomis. Perolehan yang terbesar dalam jangka panjang dicapai melalui seleksi yang efektif, populasi yang besar, variabel dengan pengendalian kekerabatan (co-ancestry) dalam generasi mendatang. Populasi dasar dapat berupa hutan alam atau hutan tanaman atau pertanaman uji genetik dari mana seleksi dilakukan. Populasi pemuliaan (200 pohon terpilih atau lebih) adalah kelompok individu yang diseleksi dan menjadi tetua generasi berikutnya. Perkawinan diikuti oleh seleksi dengan memanfaatkan variasi genetik untuk mendapatkan frekuensi gen-gen baik dalam populasi, secara berkesinambungan. Populasi produksi terdiri 20-30 individu terpilih, dari populasi pemuliaan yang dipergunakan untuk menghasilkan benih atau propagul vegetatif untuk pembuatan pertanaman komersial.

Menentukan sistem yang paling efisien pada suatu program pemuliaan dengan kendala waktu dan sumberdaya yang ada merupakan masalah yang perlu penyelesaian dengan memperhatikan berbagai kepentingan. Skema yang dibuat untuk mencapai tujuan yang diinginkan dalam program pemuliaan dengan memperhatikan semua kondisi dinamakan strategi pemuliaan. Proses

untuk mengimplementasikan strategi pemuliaan disebut metode pemuliaan. Prosedur biologis (penyerbukan terkendali, okulasi, penanaman dll) merupakan teknik pemuliaan.

Metode pemuliaan yang umumnya diterapkan pada tumbuh-tumbuhan ialah pemuliaan mutasi, inbreeding, hibridisasi, pemuliaan silang balik dan seleksi (Alard, 1960). Morgernstern et al., (1975), menyatakan bahwa metode pemuliaan yang cocok untuk suatu jenis tanaman tergantung kepada sistem penyerbukan, besarnya variabilitas, tujuan pemuliaan serta produksi biji. Seleksi merupakan metode yang paling umum diterapkan untuk pohon-pohon hutan. Metode ini sesuai bagi kebanyakan jenis-jenis penyerbukan silang dan yang variabilitasnya besar seperti halnya jenis jenis yang masih liar. Menurut Shelbourne dan van Buijtenen (Morgernstern et. al., 1975) seleksi merupakan metode pemuliaan yang paling sederhana dan yang paling memberi harapan untuk memperoleh hasil-hasil genetik yang agak besar pada generasi pertama servt untuk memenuhi kebutuhan benih unggul dalam jumlah besar.

Pekerjaan pemuliaan selektif meliputi : seleksi individu pohon superior; penyilangan pohon-pohon yang diseleksi; pengujian keturunan; seleksi lanjutan serta penyilangan pohon-pohon yang diseleksi untuk generasi yang akan datang (Wright, 1962). Dari tulisan-tulisan terakhir menunjukkan bahwa pemuliaan pohon hutan dengan seleksi, dapat dilakukan dengan:

1. Seleksi massa
 - a. pada areal produksi benih
 - b. pada program pemuliaan

2. Seleksi famili :

(1) Seleksi famili half-sib (saudara tiri)

- a. hasil penyerbukan terbuka
- b. hasil penyerbukan terkendali

(2) Seleksi famili full-sib (saudara penuh)

Menurut van Buijtenen *et. al.* (1971), pemuliaan pohon dapat diperoleh juga dengan : "mutation breeding"; hibrid dan penggunaan jenis eksot. Meskipun pemuliaan dengan mutasi ini telah digunakan dengan berhasil untuk program pemuliaan tanaman pertanian, namun bagi pemuliaan pohon hutan sampai saat, ini cara tersebut belum bermanfaat. Pemuliaan dengan pembuatan dan penanaman hibrid dalam program pemuliaan pohon hutan sudah banyak dilakukan.

3.2. Sistematika Penulisan

Adapun sistematika dalam penulisan "Hubungan Konseptual antara Keragaman dan Perolehan Genetik adalah sebagai berikut :

- KATA PENGANTAR
- BAB. I. PENDAHULUAN
- BAB. II. TINJAUAN PUSTAKA
- BAB.III. STRATEGI DAN RANCANGAN
- BAB.IV.PEMBAHASAN
- BAB. V. KESIMPULAN
- DAFTAR PUSTAKA

3.3. Metode Penulisan

Metode yang dipakai untuk menyusun penulisan ini adalah Metode Kepustakaan. Metode ini dilakukan dengan studi pustaka dari berbagai macam literatur dan penelitian yang mendukung judul Penulisan.

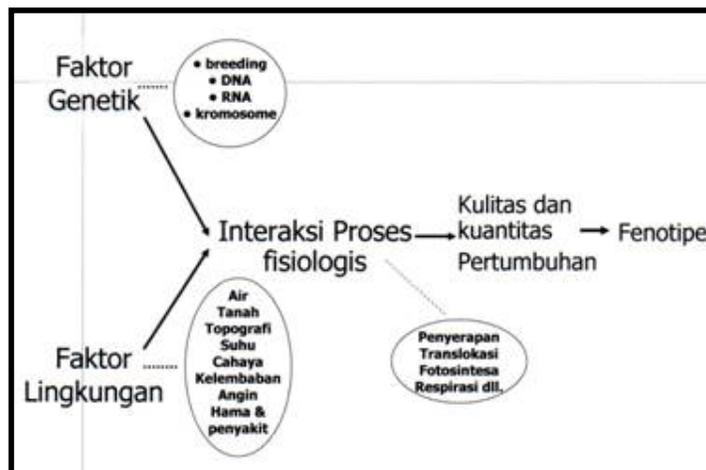
Penulisan ditambah dan dilengkapi dengan materi mata kuliah Pemuliaan Pohon Strata-2 Ilmu Kehutanan dari Dosen Pengasuh Bapak Prof. Dr. Ir. Moh. Na'iem.

IV. PEMBAHASAN

4.1. Penyebab dan Bentuk Keragaman/Variasi

Dalam pohon hutan ada sejumlah kategori variasi dan dapat dikelompokkan secara luas ke dalam spesies, Sumber Geografi (Provenance), tapak, lokasi, individu pohon dan variabilitas dalam individu pohon (Zobel et al. 1960b). Variasi lingkungan dapat dipahami oleh banyak forester, dan merupakan manajemen dasar dari banyak tindakan silvikultur. Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh dapat dikontrol dan dimanipulasi, sebaliknya ada yang tidak bisa. Variasi Genetik sangat kompleks, tetapi besar dan typenya dapat diketahui dan yang baik dapat digunakan, variasi genetik dapat dimanipulasi untuk menghasilkan keuntungan dalam beberapa karakteristik pohon. Variasi genetik dapat dibagi secara umum kedalam komponen additif dan nonadditif dengan demikian variasi genetik adalah variasi additif ditambah variasi non additif.

Pada Gambar 1 dapat dilihat bahwa fenotip pohon dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan.



Gambar. 1. Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan pohon

4.2. Keragaman/Variasi di Alam

Rimbawan pada umumnya sangat beruntung bekerja dengan suatu kelompok yang tak terganggu pada variabilitas alami tinggi yang telah berkembang di atas beribu-ribu tahun (Perry, 1978). Studi variasi intensive di dalam jenis penting agar berhasil bagi program peningkatan pohon. Banyak dilaksanakan, seperti pada Pinus loblolly oleh Thor (1961), pada Pinus Virginia (*Pinus virginiana*) oleh Lamb (1973), Barnes et al. (1977) dan yang lain pada *Pinus caribaea*, dan oleh Yeatman (1967) pada Pinus jack (*f. banksiana*).

Penentuan jumlah dan bentuk variabilitas di dalam suatu jenis adalah suatu pekerjaan besar dan harus dilakukan secara hati-hati. Tidak ada satu "kebenaran" cara untuk menilai pola variabilitas di dalam tapak alami, tetapi waktu dan pengalaman membuktikan pekerjaan itu suatu sekumpulan prosedur sampling adalah sangat baik.

Metoda Nested Sampling terdiri dari penentuan variabilitas di dalam suatu jenis antar bermacam-macam pengelompokan dari kelompok yang besar sampai beberapa yang lebih kecil ke individu dan di dalam individu. Di dalam pohon hutan biasanya terdiri dari penentuan kehadiran variasi, mengikuti kategori:

1. Variasi Geographic (provenance)
2. Lokasi dalam provenances
3. Tapak dalam lokasi
4. Individu Pohon dalam tapak
5. Di dalam Pohon (Ketika bisa dilakukan)

Suatu studi variasi alami dari jenis ditentukan pertama penentuan perbedaan Geografi yang ada dan kemudian variasi yang mungkin hadir di dalam kategori yang lebih sedikit. Suatu pengetahuan tentang menjadi penting pada keberadaan variasi mengindikasikan banyak tentang pengembangan suatu ciri khas dan bagaimana itu bisa terbaik digunakan suatu breeding program. Ini menjadi penekanan sebab komponen variasi lingkungan dan genetik tidak bisa dipisahkan oleh suatu studi pada tapak alami, tidak ada kesimpulan pasti tentang derajat tingkat pewarisan tentang segala karakteristik dapat dibuat dari studi nested sampling .

4.2.1. Variasi Geografi (atau Provenance)

Control genetik perbedaan geografi sangat besar, terutama untuk ciri berhubungan dengan kemampuan beradaptasi. Perbedaan dapat arti penting kunci, dan sukses tentang segala program peningkatan pohon tergantung pada pengetahuan dan penggunaan variasi Geografi di dalam minat jenis.

Perbedaan Geografi di dalam jenis sering tidak mudah untuk digambarkan, dan batasan-batasan yang pada umumnya tidaklah jelas, kecuali jika ada suatu pemisahan lingkungan jelas. Oleh karena itu, penentuan dari apa yang mendasari suatu sumber Geografi merupakan suatu pertimbangan dan opini.

4.2.2. Variabilitas antar Lokasi

Provenance ditentukan dapat kadang-kadang berisi perbedaan yang sangat besar berhubungan dengan lokasi berbeda; sering, ini

tidaklah tepat faktor genetic dan hanya hadir efek dari lingkungan bervariasi pada pertumbuhan dan pengembangan hutan. Sebagai contoh, pohon akibat Provenance tumbuh seperti semak belukar pada bukit pasir menghadap ke laut dimana angin yang konstan mungkin pertumbuhannya bila ditanam di daerah pedalaman. Apakah pohon bukit pasir yang kerdil benar-benar genetik berbeda dari pohon yang lebih tinggi di pedalaman, hanya dapat ditentukan hingga diuji pada dua lokasi.

Secara umum, studi pinus menunjukkan perbedaan lokasi kontribusinya sangat kecil diantara total variasi genetik yang dibandingkan sampai faktor lain karena variasi Genetik. Bagaimanapun, perbedaan lokasi di dalam suatu Provenance adalah cukup umum dan besar sehingga harus penting dipertimbangkan ketika populasi alami diambil sampel, sungguhpun mereka pada umumnya ternyata adalah faktor lingkungan bukanlah faktor genetik penyebabnya.

4.2.3. Perbedaan antar tapak di dalam Lokasi

Kadang tapak pada pohon memberikan kedudukan berbeda; Umumnya perbedaan Genetik relatif kecil, tetapi sering tidak dapat dijelaskan bentuk variasi yang ditemukan (Ledig dan Fryer, 1971). Ini terutama nyata untuk karakteristik bentuk, yang pada umumnya berbeda sangat kecil faktor genetik untuk pohon pada lokasi umum. Kekuatan seleksi alami yang dapat menyebabkan pembedaan dari tapak ke tapak adalah kecil. Kadang-Kadang variasi tapak ke tapak mengakibatkan

kesalahan sampling disebabkan oleh ukuran populasi yang kecil. Umumnya, tapak ke tapak perbedaan di dalam suatu lokasi kecil pengaruh yang dapat diabaikan, tetapi ini tidak selalu benar, terutama ketika manusia sudah turut serta dengan mengubah populasi melalui penebangan selektif, penjarangan atau aktivitas lain manajemen hutan. Sebagai contoh, untuk temukan tapak dari pohon lurus yang bertumbuh dekat tapak dari pohon bengkok, perbedaan menjadi penting disebabkan oleh kegiatan yang meninggalkan hanya pohon bengkok untuk parental di tapak yang dimanfaatkan.

4.2.4. Perbedaan Pohon di dalam suatu tapak

Individu pohon suatu jenis sering sangat bervariasi dari satu sama lain bahkan ketika tumbuh tapak yang sama. Ini adalah type utama pada variasi genetik, ahli genetika menggunakan dalam program seleksi dan breeding. Banyak perbedaan pohon individu. ciri terutama berkualitas seperti bentuk dan kemampuan beradaptasi, betul-betul dikendalikan genetically. Mengagumkan bagaimana dua pohon umur yang sama, tumbuh bersama pada akarnya menyatu, dan tetap sangat berbeda diluarnya, kualitas kayu, resistensi hama, dan bahkan dalam bentuk pertumbuhan.

Secara umum, karakteristik ekonomi nilai khusus hutan pohon mempunyai sejumlah besar variabilitas pohon individu yang akan tersedia untuk para breeder pohon. Ini nyata bahkan untuk karakteristik yang kompleks. Suatu jenis pohon sekali-kali, seperti Pinus resinosa

(cemara merah), akan menunjukkan hanya suatu jumlah kecil variasi Genetik pohon ke pohon (Fowler dan Morris, 1977), tetapi kasus ini adalah khusus bukan yang berlaku.

4.2.5. Variasi di dalam Pohon

Di dalam suatu pohon, variabilitas dapat terjadi hanya untuk beberapa karakteristik. Suatu pohon sangat tinggi atau hanya mempunyai satu diameter pada garis setinggi dada (dbh); oleh karena itu, tidak ada variasi untuk tingginya atau dbh. Tetapi untuk lain karakteristik, dalam pohon pantas dipertimbangkan perbedaan dapat terjadi. Sebagai contoh, berat jenis kayu di selatan pinus memperlihatkan perbedaan patut dipertimbangkan, tergantung ketinggian pohon di mana sampel kayu diambil (Zobel et al., 1960A).

Dalam pohon besar perbedaan terjadi untuk karakteristik daun-daunan, sebagai contoh, daun terbuka dan daun ternaung pada pohon yang sama. Variasi dalam pohon penting dimana itu terjadi, sebab mempengaruhi type pengukuran dan posisi pengukuran harus diambil untuk memperoleh secara penilaian statistik pada perbedaan yang sesungguhnya pohon satu dengan yang lain.

Secara umum, variasi provenance dan perbedaan pohon satu dengan yang lain meliputi bagian besar variasi genetik yang ditemukan di dalam suatu jenis pohon yang bertumbuh pada tapak alami; dua varian ini boleh meliputi hampir 90% dari semua variasi pengamatan. Itu adalah penting untuk memberi penekanan lagi bahwa suatu studi variasi di dalam tapak alami dapat tidak

memberi apapun bukti intensitas kendali genetik suatu karakteristik sebab, dalam suatu studi, tidak bisa memisahkan efek lingkungan dan genetika atau interaksi keduanya. Tetapi pola variasi tapak alami dapat memberi indikasi yang baik tentang kemungkinan keuntungan Genetik.

Suatu studi nested sampling intensive menunjukkan variasi di dalam berat jenis kayu adalah dari pohon ke pohon di dalam suatu Provenance. Di samping perbedaan beberapa antar letak Geografi, hampir yang sama penting variasi individu pohon yang ditemukan semua lokasi Geografi. Variasi Pohon Individu konsisten di utara dan selatan, pada pantai dan pedalaman, dan tanah berpasir dan lahan tanah liat mengisyaratkan bahwa ada suatu luas dan kemungkinan alasan kuat dikendalikan genetik pada berat jenis khusus pada individu pohon. Didasarkan pada Asumsi ini, Kayu dimasukkan sebagai karakteristik utama di dalam operasional program peningkatan kayu Pinus loblolly. Relatif mahal tetapi, dengan gembira, riset kemudian menunjukkan berat jenis kayu itu betul-betul dikendalikan faktor genetik dengan demikian keuntungan sempurna itu bisa didapat melalui seleksi.

4.3. Mendeteksi Variasi Asal Usul/Silsilah Tapak

Metoda untuk menilai variabilitas di dalam tapak pohon dengan silsilah direkam dan dikenal. Seperti setengah kerabat atau kerabat penuh famili, sangat utama sama halnya untuk tapak hutan, tetapi jauh lebih banyak informasi tersedia dari analisa itu. Berlawanan dengan tapak hutan tidak dapat diketahui silsilah di mana hanya total (atau phenotypic) variasi berhubungan dengan Provenance, lokasi, tapak, dan pohon dapat ditentukan, seseorang dapat menilai

penting relatif dan kontribusi dari lingkungan dan variasi dari genetik dalam silsilah tapak. Dari informasi ini, kemudian dapat memperoleh suatu penilaian nilai genetik yang melibatkan parental.

Jika silsilah meliputi informasi kedua ibu dan ayah pohon, kemudian mungkin untuk memisahkan variabilitas genetik ke dalam bagian komponen perbedaan aditif dan non aditif dan bahkan untuk menilai jenis yang berbeda bukan perbedaan aditif. Rincian uraian ini menjadi agak kompleks secara statistik dan ditangani bidang yang khusus disebut "genetika kuantitatif".

Pertanyaan sering muncul apakah Provenance berbeda di dalam suatu jenis dapat diperlakukan sebagai suatu silsilah yang dapat ditaksir dengan cara yang serupa untuk famili dalam perhitungan variasi. Kadang-kadang dapat dilaksanakan, tetapi memerlukan beberapa perbedaan penafsiran dan menggunakan nilai-nilai yang diperoleh.

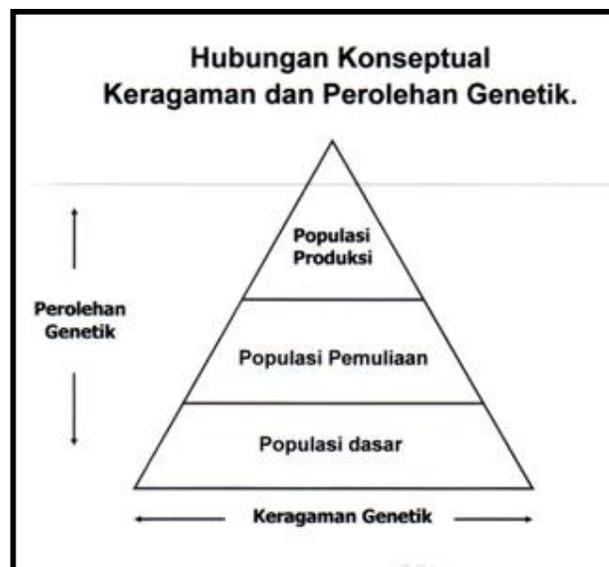
4.4. Pemeliharaan dan Penggunaan Variasi

Suatu program pemuliaan pohon adalah untuk memelihara dan meningkatkan variabilitas Genetik di dalam populasi pohon hutan yang digunakan. Jika diterapkan, suatu program pemilihan intensive akan mengurangi variabilitas karakteristik yang terlibat.

Tentu saja, sasaran manipulasi Genetik di dalam kehutanan adalah untuk menghasilkan dengan cepat produk yang diinginkan dengan keseragaman yang besar. Suksesnya program breeding akan merubah frekwensi gen; jika ini tidak terjadi berarti program akan gagal.

Kebanyakan jenis pohon hutan berisi variabilitas besar untuk karakteristik yang penting seperti pohon yang lurus atau berat jenis kayu, untuk kemampuan beradaptasi seperti toleransi cuaca dingin atau musim kering, dan untuk resistensi penyakit atau serangga dan untuk pertumbuhan. Dengan jelas dinyatakan sebelumnya, suatu kekuatan utama peningkatan pohon adalah bahwa banyaknya karakteristik berharga untuk para breeder pohon kompleks dan dasar utama pewarisan dengan bebas, maka mungkin untuk "merajut" pohon dengan kombinasi karakteristik yang diinginkan.

Tetapi melanjutkan pengembangan di dalam generasi selanjutnya tidaklah mungkin kecuali jika variabilitas di dalam breeding populasi dipelihara, dan ini pekerjaan tidak gampang. Pemeliharaan dan bahkan peningkatan variabilitas adalah suatu sasaran kunci pengembangan, atau riset; tahap suatu program peningkatan pohon. Gambar 2 menunjukkan bagaimana hubungan konseptual antara Keragaman dan Perolehan Genetik.



Gambar. 2. Hubungan Konseptual antara Keragaman dan Perolehan Genetik

4.4.1. Kekuatan yang Membentuk Variasi Genetik

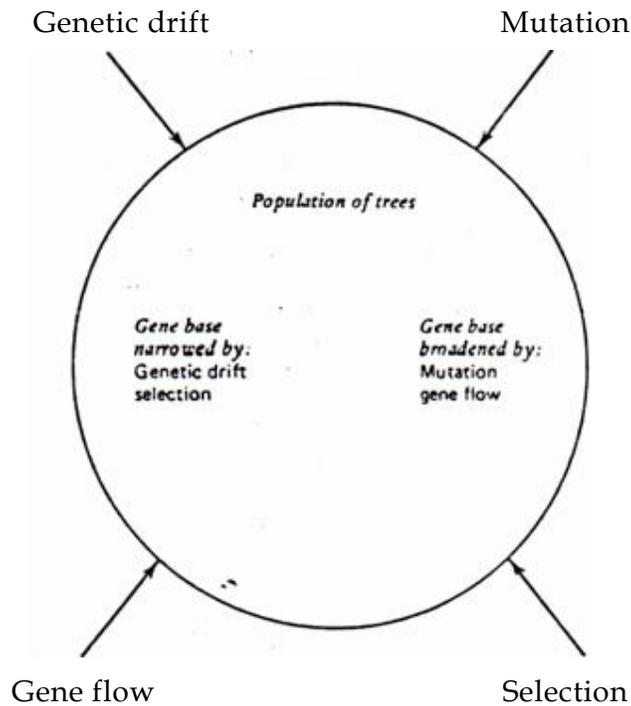
Semua variasi di dalam tapak hutan terbentuk sebagai hasil kekuatan alami. Hal itu tersedia untuk digunakan rimbawan jika dapat dikenali dan dikemas ke dalam individu pohon dalam wujud peningkatan genotip. Sumber terakhir dari semua variabilitas adalah mutasi, tetapi kekuatan lain yang kuat yang bekerja untuk lain peningkatan maupun pengurangan variasi di dalam suatu tapak.

Sebagai tambahan variabilitas yang ditemukan pada tapak alami, manusia dapat menghilangkan dan menciptakan baik variabilitas baru maupun membentuk bersama-sama genotypes untuk menciptakan kombinasi Genetik baru dan bermanfaat.

Walaupun variasi di dalam hutan hari ini terutama semata hasil kekuatan alami di mana rimbawan hanya mempunyai sedikit kendali, adalah penting bahwa kekuatan ini; dipahami. Mereka menentukan jumlah dan macam variasi Genetik ditemukan antar dan di dalam populasi. Bentuk Kekuatan ini dasar untuk area speciation yang khusus dan evolusi.

Di dalam terminologi yang paling disederhanakan, variabilitas di dalam tapak alami disebabkan oleh empat kekuatan utama, dua yang meningkatkan variasi dan dua yang mengurangi. Kekuatan secara alami aktif untuk meningkatkan variasi adalah mutasi dan gen flow; yang menguranginya adalah seleksi alami dan Genetik drift.

Kekuatan yang bekerja digambarkan secara sistematik pada Gambar 3.



Gambar 3. Kekuatan Yang Bekerja Secara Alami

4.4.1.1. Mutasi

Mutasi merupakan sumber variasi yang terakhir. Suatu mutasi adalah suatu perubahan turunan di dalam konstitusi Genetik dari suatu organisme, pada umumnya di tingkat gen. Sejak total genetik diperbaiki pada suatu pohon (genotipnya) ditentukan oleh tindakan dan interaksi beribu-ribu kombinasi allelic dan genic, mutasi dapat terjadi di suatu tempat dalam suatu organisme dengan frekwensi patut dipertimbangkan, tetapi ini tidak akan sering terjadi untuk gen spesifik dan gen lain yang kompleks atau untuk memberikan karakteristik pohon.

Walaupun membicarakan tentang frekwensi mutasi nyata jumlah tak lain hanya suatu latihan akademis, sebab mereka sangat bertukar-tukar oleh jenis dan loci di dalam jenis, suatu figur umum sering dikutip adalah 1 dalam 10,000 sampai 1 dalam 100,000 gen. Ketika seseorang mempertimbangkan bahwa pohon mempunyai sepuluh ribu gen, biasa untuk pohon tunggal mempunyai beberapa mutasi. Kebanyakan tersimpan dan hanya mempunyai sedikit efek pada phenotype pohon itu.

Mutasi terjadi kurang lebih secara acak. Kebanyakan mutasi adalah mengganggu, dan banyak yang hilang dari populasi itu. Melewati waktu, kekuatan evolusi sudah membuat banyak populasi yang baik menyesuaikan diri dengan lingkungan, dengan gen dan gen kompleks populasi yang lebih sesuai untuk pertumbuhan dan reproduksi. Kesempatan mutasi acak akan meningkatkan sistem koordinasi yang baik adalah sangat kecil.

Ada sejumlah kekuatan yang mengubah pola variasi dalam populasi. Meningkat dengan mutasi dan gen flow dan yang dikurangi oleh seleksi alami dan genetik drift.

Beberapa Mutasi tertahan dalam populasi, sungguhpun merupakan gangguan, sebab mereka dari type yang resesif dan tidaklah dapat ditemukan atau dikenali kecuali jika terbentuk homozygous. Nilai mutasi macam ini tidak mungkin yang diketahui. Mungkin hanya menjadi penting kemudian ketika kekuatan berbeda mempengaruhi lingkungan

dan mutasi yang tadinya sia-sia, membuat pohon lebih cocok untuk tumbuh dan atau bereproduksi.

Mutasi netral atau resesif ini tidak secara normal mengganggu suatu sistem genetik terintegrasi seperti akan suatu yang dominan. Oleh karena itu, mereka dapat terbawa sepanjang populasi untuk banyak generasi. Walaupun mutasi mungkin kecil dan jarang, akan menghasilkan variasi yang mungkin membuat suatu pohon dapat menyesuaikan diri seperti pada perubahan lingkungan.

4.4.1.2. Gen Flow (Migrasi Gen)

Tindakan lain dalam suatu populasi yang meningkatkan variasi disebut gen flow, migrasi alleles dari satu populasi atau spesies lain dimana mereka mungkin hadir atau pada suatu frekwensi berbeda. Gen flow dapat diakibatkan oleh beberapa penyebab, tetapi yang paling umum adalah Bergeraknya pollen atau benih. Adakalanya, arus gen atau perpindahan gen berlangsung pada tingkatan spesies melalui suatu proses yang disebut introgression bahwa kadang-kadang terjadi antara dua jenis setelah hybridisasi (Anderson, 1949).

Hybridisasi membawa bersama-sama dua kompleks genetik parental berlainan, dengan begitu menciptakan suatu genotip baru. Organisma baru ini mungkin tidak dengan baik menyesuaikan diri dengan bersaing dengan jenis parental, tetapi kadang-kadang itu akan ditemukan suatu " relung" lingkungan itu khususnya cocok dan itu memungkinkan genotype baru untuk tumbuh dan bereproduksi.

Sebab genotype yang baru adalah jarang, atau salah satu dari suatu bentuk, pada umumnya pertukaran gen dengan salah satu parent untuk menghasilkan suatu backcross untuk salah satu jenis parental itu. Setelah proses ini terjadi beberapa kali, menghasilkan populasi pohon serupa dengan parental asli, walaupun mereka akan berisi beberapa gen atau gen kompleks yang ditransfer dari satu jenis parental kepada yang lain.

Konsep gen flow dapat digunakan pada program breeding (Sluder,1969). Sebagai contoh, *Pinus Jeffreyi* adalah suatu bentuk yang baik jenis peka kepada kumbang penggerek reproduksi cemara. *Pinus Coulteri*, pada sisi lain, mempunyai bentuk lebih miskin sebab kulit batangnya lebih tebal, hambatan kepada kumbang penggerek itu. Jika kita menciptakan suatu persilangan *P. Coulteri* x *P. Jeffreyi* dan kemudian backcross untuk *P. Jeffreyi* beberapa kali dan memilih individu yang paling diinginkan, suatu pohon yang adalah serupa ke *Pinus Jeffrey* dapat diproduksi bahwa masih membawa resistensi kumbang penggerek patut dipertimbangkan. Gen yang kompleks untuk kulit batang lebih tebal ditransfer dari *Pinus Coulteri* ke *Pinus Jeffrey*.

Gen flow dapat menjadi penting dalam populasi alami, dan akan merubah perbedaan dalam bentuk variasi. Gen flow bersama dengan rekombinasi adalah sumber yang segera meningkatkan bentuk variasi dalam banyak populasi, sungguhpun sumber variasi yang terakhir adalah mutasi.

4.4.1.3. Seleksi

Seleksi alami adalah suatu kekuatan kuat yang pada umumnya mengurangi variabilitas (Mason dan Langenhiem,1961). Sebab menentukan pohon yang akan tumbuh dan bereproduksi, mempunyai suatu directional (nonrandom) mempengaruhi perbaikan genetik pohon dalam suatu populasi. Seleksi alami menyokong fittest, kombinasi gen membuat lebih cocok untuk tumbuh dan bereproduksi pada lingkungan yang ditentukan.

Seleksi alami memelihara dan mengakibatkan suatu peningkatan dibanyak genotypes yang paling cocok untuk suatu lingkungan spesifik. Walaupun seperti umumnya proses yang mengurangi variabilitas, seleksi alami dapat benar-benar memelihara atau meningkatkan variasi jika seleksi menyokong heterozygotes.

Apakah seleksi alami bekerja untuk menyokong heterozygotes (memelihara variabilitas) atau homozygotes (mengurangi variabilitas) sekarang ini suatu topik patut dipertimbangkan (lihat, sebagai contoh, Lewinton,1974), walaupun kebanyakan ahli genetika berpikir bahwa seleksi bekerja mengurangi variasi dengan kebaikan alleles terbaik dalam suatu kondisi homozygous.

Sering sukar untuk menilai efek seleksi sebab sangat banyak faktor terlibat dalam penentuan pohon yang terbaik dicoba untuk tumbuh dan bereproduksi. Masing-Masing karakteristik baik mempunyai nilai seleksi sendiri, dan adaptasi yang diciptakan oleh satu faktor positif lain atau dengan mengurangi pengaruh yang lain. Secara umum, seleksi alami

dianggap sebagai suatu kekuatan kuat untuk mengurangi variabilitas di dalam suatu populasi dalam arah yang ditentukan.

4.4.1.4. Genetic Drift

Genetik drift adalah suatu mekanisme kompleks yang beroperasi melalui fluktuasi kesempatan (maupun fluktuasi yang disebabkan tekanan seleksi) dalam frekwensi allele di dalam suatu populasi. Sangat penting suatu peristiwa sampling dimana frekwensi gen populasi keturunan kebetulan menyimpang dari yang ditemukan pada populasi parental.

Dengan demikian populasi hampir selalu kecil dan mempunyai suatu kecenderungan ke arah maksud mendalam atau hilangnya suatu allele yang mempengaruhi suatu karakteristik. Seperti Genetik drift cenderung mengurangi variasi dengan perbaikan atau kehilangan alleles.

Genetik drift adalah bukanlah arah dan cenderung menciptakan "kekacauan" gen atau alleles diperbaiki atau hilang dengan cepat pada suatu kesempatan. Walaupun teori Genetik drift adalah masuk akal, operasinya sukar untuk membuktikan dengan pohon berumur panjang dan banyak pertimbangan dapat dikutip mengapa tidak bisa menjadi suatu faktor di dalam variasi pohon hutan yang alami. Tetapi di samping keberatan ini, beberapa tapak alami menunjukkan bentuk variasi yang bisa menjadi hasil genetik drift jika terlaksana. Genetik drift pada umumnya sangat penting dalam breeding populasi kecil barangkali 25 atau lebih sedikit individu, suatu situasi yang sering terjadi dalam kehutanan dalam kaitan catastrophies alami atau pengaruh manusia.

4.5. Variasi disebabkan oleh Manusia

Sebagai tambahan terhadap bentuk variasi yang normal yang terjadi dalam populasi alami, banyak perubahan bentuk variasi pohon hutan dapat disebabkan oleh manusia. Hal-Hal seperti seleksi dysgenic, dimana pohon yang terbaik dipindahkan dan pohon yang lemah/miskin ditinggalkan untuk bereproduksi, atau suatu metode memilih hanya yang terbaik ditinggalkan, akhirnya menyebabkan suatu pergeseran di dalam frekwensi gen, dengan begitu terbentuk variasi. Tindakan yang dapat menyebabkan suatu perubahan sangat cepat di dalam variabilitas ketika diterapkan seleksi intensive dan praktek breeding.

Sebab sasaran breeding pohon yang utama adalah untuk merubah persentase dari karakteristik tertentu di dalam suatu arah yang diinginkan dalam suatu populasi, Seperti kemajuan program breeding, akan jadi penting bagi improver pohon dengan sengaja meningkatkan variabilitas. Ada sejumlah pilihan yang dapat diikuti ketika variabilitas alami terlalu terbatas untuk suatu program breeding.

Yang pertama untuk meyakinkan bahwa semua variabilitas di dalam suatu jenis dikenal. Persilangan luas mungkin dibuat di dalam jenis untuk memberi bersama genotypes yang tidak pernah terjadi pada kondisi alami. Persilangan Interspecific dan backcross dapat diproduksi untuk mengembangkan kombinasi Genetik baru. Akhirnya, program untuk meningkatkan variasi atas pertolongan mutasi akhirnya bisa terjadi. Sasaran dari

semua pilihan di atas adalah untuk meyakinkan adanya variasi genetik yang cukup sehingga program produktif breeding dapat dikejar.

Titik kunci untuk diingat adalah bahwa aktivitas dapat terjadi karena besarnya perubahan dalam variasi yang begitu cepat, ada hal positif dan negatif. Dengan demikian adalah mungkin melalui suatu usaha untuk membuat keuntungan genetik cepat dan besar diperlukan pemeliharaan program padat peningkatan pohon.

4.6. Perlunya Memelihara Keragaman Genetik

Keragaman genetik menempati posisi kunci dalam program pemuliaan, karena optimalisasi atau maksimalisasi perolehan genetik akan sifat-sifat tertentu akan dapat dicapai manakala ada cukup peluang untuk melakukan seleksi gen untuk sifat yang diinginkan. Kegiatan seleksi ini jelas dapat mempersempit basis genetik, yang umumnya membawa resiko tinggi terhadap serangan hama dan penyakit, perubahan lingkungan maupun perubahan permintaan pasar. Untuk mencegah hal tersebut maka belakangan ini para breeder telah mengambil dan mengembangkan strategi multi-populasi breeding, yaitu mengelola variasi genetik secara optimal sementara itu pada waktu bersamaan konservasi genetik tetap menjadi target yang selalu dipertimbangkan (Burley, 1992; 1993).

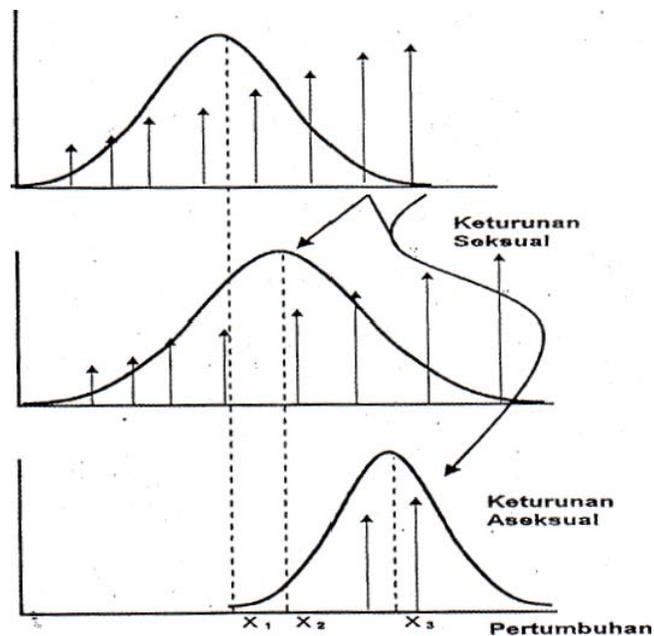
Terkait dengan hal strategi breeding tersebut maka basis genetik akan dikendalikan sesempit mungkin untuk menghasilkan sifat-sifat yang secara ekonomis menguntungkan, namun basis genetik juga akan tetap dipertahankan bahkan diperluas untuk mendapatkan perbaikan sifat yang sekaligus memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan. yang beragam (Wright, 1976; Zobel

and Talbert , 1984; Zobel et al. 1987). Dengan demikian suatu program pemuliaan yang dirancang untuk beberapa generasi tidak akan banyak berarti manakala langkah yang diambil tidak melibatkan upaya pengelolaan dan peningkatan variasi genetik secara cukup.

Perlu diketahui bahwa, seorang breeder dapat saja melakukan kegiatan breeding untuk beberapa sifat secara simultan. Sifat kelurusan dan kesilindrisan batang yang secara ekonomis menguntungkan misalnya, dapat dikembangkan bersamaan dengan sifat lainnya secara serentak pada skala luas. Evaluasi akan ekspresi sifat-sifat tersebut dapat dilakukan lewat penampilan fenotipenya secara konsisten untuk sifat pertumbuhan, ketahanan terhadap hama dan penyakit dan kemampuan adaptasinya di berbagai lingkungan.

Hal ini dapat terjadi karena pada kebanyakan sifat ada ketidaktergantungan genetik yang cukup besar antara sifat-sifat yang menguntungkan secara ekonomis dengan kemampuan adaptasinya terhadap keragaman lingkungan. Tujuan semacam ini dapat dicapai baik melalui kegiatan seleksi akan sifat yang diinginkan pada suatu provenans yang memiliki kemampuan adaptasi yang baik lewat suatu uji provenans atau sebaliknya melakukan seleksi secara intensif untuk sifat yang diinginkan dan memilih individu yang memiliki sifat yang dimaksud dari suatu populasi yang dari aspek adaptabilitas cocok untuk dikembangkan (Zobel and Talbert, 1984). Oleh karena itu untuk suksesnya suatu program pemuliaan pohon untuk suatu jenis, penting sekali bila dimulai dari suatu basis genetik yang luas dan menggunakan strategi breeding yang concern akan upaya konservasi genetik terhadap sifat-sifat

potensi yang telah tersedia di dalam populasi. Dengan perkataan lain kemajuan program pemuliaan pohon akan sangat ditentukan oleh materi genetik yang tersedia. Semakin luas, basis genetik yang dilibatkan dalam program pemuliaan suatu spesies, semakin besar peluang untuk mendapatkan peningkatan perolehan genetik (genetic gain) dari sifat yang diinginkan. Besarnya perolehan genetik dari generasi ke generasi tersebut telah dilukiskan oleh van Wyk (1985) sebagaimana pada Gambar 4.



Gambar 4. Pengaruh genetik dari metoda perbanyakan yang berbeda.

Gambar atas menunjukkan suatu populasi dengan distribusi normal untuk pertumbuhan; Bila dua genotipe terpilih (grafik atas) diperbanyak secara generatif, maka keturunannya akan memperlihatkan perbaikan (gain) yang moderat (grafik tengah). Tetapi bila diperbanyak secara vegetatif, perolehan genetik yang lebih besar akan dicapai (grafik bawah).

Tekait dengan tujuan tersebut maka keberadaan sumberdaya genetik suatu jenis dengan basis yang luas menjadi suatu keharusan dan memiliki arti yang sangat penting agar program pemuliaan dari generasi ke generasi berikutnya tetap terjamin kelangsungannya.

4.7. Pelestarian Sumberdaya Genetik

Arti penting pelestarian sumberdaya genetik menjadi sangat jelas dan tidak dapat dibantah kebenarannya. Walaupun alasan pentingnya pelestarian tersebut kadang-kadang masih diperdebatkan dan metode konservasi yang harus diikuti masih menjadi topik hangat yang perlu didiskusikan (Zobel and Talbert, 1984). Namun keinginan melestarikan materi genetik untuk keperluan breeding pada saat sekarang dan keperluan untuk mendapatkan jenis tanaman dengan sifat adaptasi tinggi terhadap lingkungan walaupun sifat tersebut masih belum terlihat kemanfaatannya saat ini, menjadi sangat mendesak untuk dilakukan.

Adapun sifat yang bernilai ekonomi tinggi tersebut yang hingga kini masih belum dikaji secara intensif, misalnya adalah jenis jenis yang berpotensi untuk menghasilkan zat bioaktif, penghara industri masa depan, bahan konstruksi, penyerap CO₂ optimal dan lain sebagainya. Jenis tersebut pada kondisi sekarang mengalami ancaman kemusnahan dalam bentuk menyusutnya individu-individu ataupun populasi jenis target, terisolasinya populasi jenis target menjadi fragmentasi populasi yang berukuran kecil-kecil dan masing masing terpisah satu dengan lainnya. karena deforestasi, fragmentasi, dan bencana alam.

Secara umum -konservasi keragaman genetik dapat dilakukan, melalui dua pendekatan, yaitu secara *in-situ*, dan *ex-situ*. *In-situ* berarti melestarikan pohon dan tegakan pada sebaran alamnya, sedangkan *ex-situ* adalah melindungi gene atau gene complexes di kondisi buatan atau setidaknya diluar kondisinya. Sering kali digunakan juga istilah gene bank sebagai pengganti istilah *ex-situ*, bilamana materi konservasi genetik yang dibangun berbentuk koleksi klon yang ada di lapangan,, kebun benih maupun pertanaman (Chomchalow, 1985). Konservasi *exsitu* termasuk juga didalamnya didalamnya adalah penyimpanan tepungsari (pollen) dan teknik-teknik *In-vitro* seperti kultur jaringan.

Berbicara tentang luasan ideal untuk konservasi *in-situ*, Hedegrat (1976) dalam Zobel et al. (1987), mengatakan bahwa hal itu sangat sulit dan hampir tidak mungkin, karena akan sangat tergantung dari potensi genetik, spesies yang ditangani dan kelimpahannya didalam hutan. Sebagai contoh disarankan bahwa areal 10 ha dianggap memadai untuk areal konservasi *in situ* jati, karena areal tersebut akan dapat mengkonservasi antara 1.000- 6.000 individu dewasa, yang jumlah ini dianggap cukup besar untuk mewakili subpopulasi jati terutama untuk *Tectona hamiltoniana* dan *T. philipinensis*. Ukuran luasan ini semakin sulit ditentukan untuk hutan tropis seperti di Amazon, Brazil yang jumlah maupun jenis floranya relatif belum banyak dikenal (Davidson, 1983).

Untuk mengantisipasi kebutuhan akan materi genetik jenis hutan tropis pada saat ini Pemerintah Indonesia juga telah menunjuk Areal Sumber Daya Genetik dalam dua katagori, yaitu : (1) Tegakan benih yang terletak di hutan produksi tetap, seluas 100 hektar setiap RKL, dan (2) Kawasan Pelestarian

Plasma Nutfah juga terletak di hutan produksi tetap seluas 100 - 300 hektar setiap HPH. Kedua areal tersebut dapat dijadikan sumber benih bagi kegiatan tanam pengkayaan di areal bekas tebangan (Soekotjo, 1999), hanya saja hingga saat ini keberadaan areal perlu diinventarisir dan ditetapkan ulang, demikian pula cara pengelolaan dan pemanfataannya perlu dikaji lebih lanjut.

Berdasarkan pengalaman berbagai International Institusi seperti Austarlian Tree Seed Centre (ATSC), Central America and Mexican Conifer and Hardwood Species (CAMCORE), Oxford Forestry Institute (OCI) dan Danish International Devevopment Agency (DANIIDA), yang telah memanfaatkan areal sumberdaya genetik in-sitar sebagai sumber benih (materi genetak) Nikles (1992), mengajukan beberapa pertimbangan dalam kaitannya dengan pemanfaatan benih untuk program breeding suatu jenis sbb: 1). Jumlah pohon induk yang akan dikoleksi benihnya berkisar 30-50 potion per provenan dan tersebar secara merata mewakili populasi sedemikian sehingga sekaligus dapat difungsikan sebagai bagian dari ex sitir, multipopulasi maupun sub-line dalam strategi breeding, 2). Stategi samplingnya harus diarahkan untuk memperoleh beberapa provenans per areal sumberdaya genetik, dan mencakup seluruh sebaran alam species atau jenis tersebut, 3). Kumpulkan benih per potion, per provenan secara cukup. Benih dengan jumlah yang sama per pohon dicampur (bulked) untuk setiap provenans, dan penanaman antar provenan harus disolasi untuk menjaga keaslian provenans. 4). Bila mungkin dikumpulkan benih sebanyak

banyaknya per portion untuk setiap provenans, sehingga memungkinkan untuk dibangunnya populasi dasar dengan masing-masing provenan seluas beberapa ratus Ha. Dengan demikian program pemuliaan dapat dimulai dengan lebih awal (1,5). Bila memungkinkan data dan informasi dari pertanaman uji genetik yang dibangun untuk seluruh lokasi dan seluruh institusi yang terlibat dikumpulkan dan didistribusikan untuk dianalisis. Dengan demikian sumberdaya genetik yang memiliki prospek baik dapat dipantau secara terpisah, sehingga akan sangat bermanfaat dimasa mendatang.

4.8. Kontribusi Konservasi Genetik Dalam Program Pemuliaan Pohon Di Indonesia

Pengelolaan materi genetik lewat program selfing untuk sifat tertentu dan out-crossing untuk memperluas basis genetik sangat bermanfaat dalam memantau populasi breeding, sehingga kinerja program pemuliaannya dapat diprediksi secara lebih akurat.

Pentingnya pengelolaan sumberdaya genetik untuk beberapa komoditas penting tanaman kehutanan beberapa kiranya dapat dicontohkan. Diantaranya adalah dari analisis isoenzyme dengan 3 sistem enzim (EST, GOT, ShDH) dan 7 alle pada populasi hutan tanaman dan kebun benih *Pirzis merkzrsii* di Jawa memiliki variasi genetik yang moderat, H_e (expected heterozygosity) berkisar 0,259 (Naiem and Indrioko, 1996). Sedangkan pada populasi hutan alam di Aceh variasi genetik sangat besar yaitu sebesar 0,304 (Naiem, 2000). Untuk keperluan breeding lebih lanjut maka adanya infusi genetik dari populasi alami kiranya perlu dilakukan.

Demikian juga observasi yang dilakukan pada Jati (*Tectona grandis*), di Indonesia, menunjukkan bahwa dengan menggunakan 10 allozyme loci ditemukan bahwa jati di Indonesia memiliki keragaman genetik yang rendah dibanding dengan jati India maupun Thailand (Kartadikara, 1995). Namun demikian penampilan dilapangan menunjukkan hal yang sebaliknya, seperti veneer, doreng, sungu, lengo, keling, more, kapur, duri dll. Pada saat ini konsumen hanya memerlukan jati veneer karena berbatang lurus, dengan tekstur halus dan tidak berwarna. Namun bukan tidak mungkin karena perubahan pasar varietas lain juga akan dicari oleh konsumen. Sehubungan dengan itu konservasi plasma nutfah jati yang saat ini sedang dirintis, serta rencana pertukaran materi genetik untuk memperluas basis genetik dari negara sebaran alami jati dari negara menjadi hal yang sangat penting.

Keragaman genetik *Acacia mangium* sebagai species andalan Indonesia dalam memproduksi bubur kertas, dilaporkan bahwa antara populasi ras lahan di Subanjeriji, di Sumatra Selatan dengan beberapa populasi alam Maluku, Irian Jaya, Papua New Guinea dan Queensland dengan menggunakan penanda IZFLP (restriction fragment length polymorphism) menunjukkan bahwa hutan tanaman di Subanjeriji hanya memiliki 56% dari tingkat keragaman yang dimiliki oleh populasi alami (Butcher et al. 1996). Sementara dibanding dengan *Acacia* lainnya yaitu *A. ardacocarpa*, *A. crassicarpa*, *A. auriculiformis*, dengan menggunakan penanda RAPD (random amplified polymorphic DNA) maupun dengan penanda isozyme (Rimbowanto, 2000; Moran et al. 1989), ternyata *A. mangium* memiliki

keragaman yang paling rendah. Dengan hasil ini jeias keberaan areal plasma nutfah baik *A. mangium* sebagai bahan infusi genetik maupun jenis *Acasia* lainnya sebagai materi untuk hibridisasi sangat diperlukan.

Demikian halnya dengan *Paraserianthes falcataria*, species primadona kayu pertukangan yang saat ini banyak dikembangkan di hutan rakyat terutama pada areal-areal dengan elevasi tinggi, juga menunjukkan kecenderungan bahwa hutan tanaman memiliki variasi genetik yang rendah. Seido et al. (1993), melaporkan bahwa keragaman genetik dengan 4 allozyme loci sebagai penanda menunjukkan bahwa populasi hutan tanaman *P. falcataria* di Jawa (Bogor, Purworejo dan Kediri) memiliki keragaman yang rendah dan hampir sama antar populasi. Tingkat keragaman ini jauh lebih rendah dibanding keragaman populasi alami dari Wamena Irian Jaya. Hasil uji provenan dan uji keturunan *P. falcataria* di beberapa lokasi juga menunjukkan bahwa provenan Wamena dan Solomon memiliki pertumbuhan yang jauh lebih bagus dibanding provenan sargon dari Jawa. Perpaduan antara hasil penelitian molekuler genetik di laboratorium dan observasi pertumbuhan langsung di lapangan ini memberikan informasi yang lebih lengkap tentang pentingnya konservasi sumberdaya genetik dalam meningkatkan produktivitas hutan.

Dalam upaya pembudidayaan dan pengembangan indigenous species seperti jenis-jenis *Shorea* atau fam. *Dipterocarpaceae* secara umum, perlunya konservasi areal plasma nutfah kiranya tidak dapat ditunda lagi. Informasi pelaksanaan proyek *Exsitu Conservation of Shorea leprosula and Lophopetalum multinerviium and their*

use for Future Breeding and Biotechnology, menunjukkan bahwa upaya mengumpulkan materi *S. leprosula* baik dalam bentuk biji maupun wilding bukan lagi merupakan pekerjaan yang mudah karena deforestasi, fragmentasi, dan bencana alam (ITTO project PD 16/96 Rev. 4(F)). Siring dengan semakin sulitnya pengumpulan materi genetik berbagai shorea yang umumnya bernilai ekonomis tinggi, beberapa jenis species rawa dan pantai seperti pule (*Alstonia* sp.) jelutung (*Diera* sp), prupuk (*Lophopetalum* sp) dan Nyamplung (*Canophyllum* sp.) dan ramin (*Gorrostilus* sp) juga sudah semakin langka. Melengkapi informasi kelangkaan , tersebut, maka keberadaan beberapa kayu mewah seperti kayu besi (*Etrsideroxylon zwageri*), , Cendana (*Santalum album*), Eboni (*Diospyros celebica*), Kayu kuku (*Pericopsis moonia*WZ), merbau (*Instia bijuga*), damar (*Agathis* sp), *Dipterocarpus* sp dan jenis *Shorea* lainnya juga sudah mulai sulit ditemukan.

Padahal kelangkaan jenis jenis ini selalu diikuti oleh perubahan atau hilangnya jenis asosiasi yang sebelumnya ada dalam habitat klimak. Dan apabila ini terjadi maka pasti sangat banyak materi genetik yang belum sempat dikembangkan dan dimanfaatkan terutama untuk keperluan industri hutan non kayu (obat-obatan, kosmetik, rempah-rempah, industri warna alami dll.) telah terlanjur punah sebelum sempat dimanfaatkan.

Adanya perkembangan baru bidang bioteknologi menghasilkan hubungan yang sangat potensial dan produktif dalam memanfaatkan keragaman sumberdaya genetik secara lestari. Dengan bioteknologi akan dapat meningkatkan nilai keragaman genetik suatu species baik yang terdapat

dialam maupun pada tanaman yang telah terdomestikasi. Bioteknologi dapat berperan dalam mentransfer materi genetik dari suatu negara atau tempat dimana mereka berasal ke negara atau tempat dimana mereka diperlukan. Untuk komoditas tanaman perkebunan yang telah lama didomestikasi dan dimuliakan serta secara umumnya lebih bernilai ekonomis, teknik ini telah dimanfaatkan dengan baik. Seperti sawit, coklat, ketela pohon, karet, jagung, umbi-umbian dan beberapa buah buahan yang sebenarnya berasal dari Africa atau America Latin telah dikembangkan secara besar besaran di Asia. Sebaliknya beberapa tanaman yang berasal dari negara berkembang seperti kopi, pisang tebu telah optimal dikembangkan di America (Mc. Neely, 1993). Sudah barang tentu untuk upaya pemuliaan lebih lanjut dari komoditas perkebunan ini perlu ditunjang dengan pertukaran materi genetik secara kontinyu. Demikian pula halnya dengan komoditas kehutanan, terutama untuk tujuan breeding dan pengembangan jenis jenis yang bernilai ekonomis tinggi , benih bersifat recalsitran ataupun jenis jenis yang sudah mulai langka dan terancam keberadaanya dimasa mendatang, maka peran bioteknologi menjadi alternatif pilihan yang layak dipertimbangkan. Untuk itu semua keberadaan areal sumber daya genetik menjadi sangat penting dan perlu dipertahankan.

V. KESIMPULAN

Kesimpulan

1. Keragaman/variasi pertumbuhan pohon adalah hasil faktor, perbedaan lingkungan dimana pohon itu tumbuh, perbedaan genetik diantara pohon dan interaksi antara kedua faktor itu.
2. Beberapa faktor lingkungan yang berpengaruh dapat dikontrol dan dimanipulasi, sebaliknya ada yang tidak bisa. Variasi Genetik sangat kompleks, tetapi besar dan typenya dapat diketahui dan yang baik dapat digunakan, variasi genetik dapat dimanipulasi untuk menghasilkan keuntungan dalam beberapa karakteristik pohon. Variasi genetik dapat dibagi secara umum kedalam komponen additif dan nonadditif dengan demikian variasi genetik adalah variasi additif ditambah variasi non additif.
3. Di dalam pohon hutan biasanya terdiri dari penentuan kehadiran variasi, mengikuti kategori:
 - Variasi Geographic (provenance)
 - Lokasi dalam provenances
 - Tapak dalam lokasi
 - Individu Pohon dalam tapak
 - Di dalam Pohon (Ketika bisa dilakukan)
4. Suatu program pemuliaan pohon adalah untuk memelihara dan meningkatkan variabilitas Genetik di dalam populasi pohon hutan yang

digunakan. Jika diterapkan, suatu program pemilihan intensive akan mengurangi variabilitas karakteristik yang terlibat.

5. Keragaman genetik menempati posisi kunci dalam program pemuliaan, karena optimalisasi atau maksimalisasi perolehan genetik akan sifat-sifat tertentu akan dapat dicapai manakala ada cukup peluang untuk melakukan seleksi gen untuk sifat yang diinginkan. Kegiatan seleksi ini jelas dapat mempersempit basis genetik, yang umumnya membawa resiko tinggi terhadap serangan hama dan penyakit, perubahan lingkungan maupun perubahan permintaan pasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Na'iem, M, 2001. Konsevasi Sumberdaya Genetik untuk Pemuliaan Pohon. Seminar Sehari 70 Tahun Prof. Oemi H. Suseno; Peletakan Dasar-dasar dan Strategi Pemuliaan Pohon Hutan di Indonesia. Yogyakarta.
- Oemi, H.S, 2000. Pemuliaan Pohon Hutan Indoensia Menghadapi Tantangan Abad 21. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Oemi, H.S, 2001. Peletakan Dasar-Dasar dan Strategi Pemuliaan Pohon Hutan di Indoensia. Orasi Ilmiah Purna Tugas. Prof. Dr. Ir. Hj. Oemi Hani'in Suseno. Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Wright, J.W, 1976. Introduction to Forest Genetics. Academic Press, Inc. San Diego California.
- Zobel, B and John Talbert, 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley and Sons, Canada.