

PERAN KONSERVASI GENETIK DAN PEMULIAAN POHON TERHADAP PEMBANGUNAN HUTAN TANAMAN

Mashudi

Balai Besar Penelitian Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan Yogyakarta

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara yang memiliki hutan tropis terluas ketiga di dunia setelah Brazil dan Kongo. Luas hutan Indonesia mencapai 121,11 juta ha yang terbagi dalam hutan konservasi seluas 20,62 juta hektar, hutan lindung seluas 33,92 juta hektar, hutan produksi terbatas seluas 23,17 juta hektar, hutan produksi tetap seluas 35,32 juta hektar dan hutan produksi yang dapat dikonversi seluas 8,08 juta hektar (Suparna, 2005). Sumber daya hutan tersebut sangat vital bagi perekonomian Indonesia, baik dalam penyediaan kayu untuk keperluan domestik maupun untuk ekspor yang memberikan kontribusi 3,8 – 5,95 milyar US dollar pertahun (Departemen Kehutanan dan Perkebunan, 2000). Disamping itu sumber daya hutan ini juga sangat penting dalam mendukung kelestarian tanah dan air serta dapat menekan pemanasan global.

Namun karena berbagai faktor seperti pembalakan hutan, konversi lahan hutan untuk keperluan lain, seperti alih fungsi lahan menjadi perkebunan, kebakaran hutan, penjarahan hutan, perladangan berpindah, sumber daya hutan tersebut saat ini mengalami kemunduran dan kerusakan yang sangat cepat dan keadaannya sangat memprihatinkan. Berdasarkan data dari Departemen Kehutanan (2004) tingkat kerusakan hutan (deforestasi) sangat besar yaitu mencapai 1,6 - 2 juta hektar per tahun dengan total kerusakan seluas 56 juta hektar. Deforestasi akan berpengaruh terhadap penyusutan areal hutan yang berarti akan menyebabkan pengurangan luas areal vegetasi dan tidak mengherankan akan mengarah pada kemungkinan kepunahan suatu jenis atau pengurangan jumlah individu penyusun vegetasi di areal yang hilang tersebut. Disamping itu berdasarkan data dari Departemen Kehutanan dan Perkebunan (2000) kapasitas industri kayu diperkirakan sebesar 58,24 juta m³ per tahun, sementara itu potensi hutan alam dalam menyediakan bahan baku secara lestari terus menurun mulai sekitar 25,36 juta m³ menjadi 6,89 juta m³. Berdasarkan perhitungan, pada tahun 2010 diperlukan

Hutan Tanaman Industri (HTI) seluas 4.279.212,9 hektar dengan rata-rata produksi 200 m³ per hektar (Dirjen Bina Produksi Kehutanan, 2005).

Menghadapi tantangan yang berat berupa tuntutan ekolabel, pasar bebas, ancaman kondisi hutan alam yang semakin terancam kelestariannya dan tuntutan produktivitas yang tinggi, maka tidak ada pilihan lain untuk membangun hutan tanaman yang produktif, efisien, kompetitif dan lestari. Untuk membangun hutan tanaman yang produktif peran konservasi genetik dan pemuliaan pohon sangat penting. Dengan pemuliaan maka akan dihasilkan benih unggul, sehingga hutan tanaman yang dibangun akan mempunyai produktivitas yang tinggi.

Salah satu tujuan konservasi genetik menurut pendapat para *breeders* dan *biotechnologists* yaitu untuk menyediakan sumber daya genetik sehingga dapat digunakan saat diperlukan (Soekotjo, 2004), khususnya untuk kegiatan pemuliaan (*tree improvement*). Kemudian dari aspek pemuliaan tujuannya adalah menghasilkan benih unggul sebagai materi untuk pengembangan hutan tanaman dengan produktivitas tinggi dalam rangka mendukung program pembangunan hutan berkelanjutan.

II. DASAR TEORI

A. Keragaman genetik

Keragaman genetik dapat diartikan sebagai variasi gen dan genotipe antar dan dalam species (Melchias, 2001). Keragaman genetik dalam species memberikan kemampuan untuk beradaptasi atau melawan perubahan lingkungan dan iklim atau hama dan penyakit baru. Oleh karenanya, keragaman genetik merupakan modal dasar bagi suatu jenis tanaman untuk tumbuh, berkembang dan bertahan hidup dari generasi ke generasi. Kemampuan tanaman untuk beradaptasi dengan perubahan lingkungan tempat tumbuh ditentukan oleh potensi keragaman genetik yang dimilikinya. Semakin tinggi keragaman genetiknya semakin besar peluang tanaman untuk beradaptasi dengan lingkungan. Kemampuan beradaptasi tersebut dapat diamati dari dua parameter, yaitu secara fenotip (pertumbuhan, kesehatan, reproduksi) dan parameter genetik yang tidak secara langsung teramati secara visual. Untuk mengetahui adaptabilitas tanaman,

dilakukan uji provenansi di berbagai lokasi. Jenis yang tumbuh baik di berbagai kondisi lingkungan adalah jenis yang tingkat adaptabilitasnya tinggi.

Keragaman genetik mempunyai peranan yang sangat penting dalam program pemuliaan, karena optimalisasi perolehan genetik akan sifat-sifat tertentu dapat dicapai apabila cukup peluang untuk melakukan seleksi gen terhadap sifat yang diinginkan. Basis genetik yang luas perlu tetap dipertahankan bahkan dikembangkan, sebab bukan saja untuk mempertahankan sifat yang telah ada tetapi untuk memperoleh sifat baru yang diinginkan dan sekaligus memiliki kemampuan beradaptasi pada lingkungan yang beragam (Wright, 1976). Pada dasarnya species pohon hutan memiliki sebaran geografis yang luas, sistem perkawinan silang, biji tersebar secara luas dan memiliki kemampuan berkembang biak baik secara generatif maupun vegetatif, sehingga akan memiliki keragaman genetik baik antar species ataupun antar populasi yang lebih besar dibanding dengan species yang sebarannya *endemic* dan populasi alaminya lebih sempit (Hamrich *et al.*,1992). Lebih lanjut disampaikan bahwa species dengan sebaran *endemic* dan populasi sempit akan menunjang terjadinya proses *genetic drift* yang berakibat langsung terhadap turunnya keragaman genetik.

Kemajuan program pemuliaan pohon akan sangat ditentukan oleh materi genetik yang tersedia, dimana semakin luas basis genetik yang dilibatkan dalam program pemuliaan suatu jenis, semakin besar peluang untuk mendapatkan peningkatan perolehan genetik (*genetic gain*) dari sifat yang diinginkan. 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.

B. Konservasi genetik

Pengertian konservasi dalam bidang biologi adalah upaya menjamin kelangsungan keberadaan jenis, habitat dan komunitas biologis dan interaksi antar jenis, dan jenis dengan ekosistem (Spellerberg, 1996). Bagi para *breeder* perhatian serius terhadap upaya konservasi genetik adalah untuk menyimpan *gene* atau *gene complexes* yang mungkin pada masa mendatang akan bernilai ekonomis serta memiliki sifat adaptasi yang baik. *Gene complexes* tidak dapat disamakan dengan genotipe suatu jenis individu,

karena justru merupakan kombinasi perilaku gen yang menentukan sifat-sifat yang spesifik.

Secara umum konservasi 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 di luar kondisi alamnya. Dengan kata lain, konservasi *ex-situ* adalah konservasi dari komponen-komponen keanekaragaman hayati di luar habitat alamnya. 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). Soekotjo (2001) menggolongkan konservasi *ex-situ* dalam tiga dekade, secara rinci disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Tiga dekade konservasi *ex-situ* sumber daya genetik di Indonesia

Era konservasi <i>ex-situ</i>	Periode	Aktivitas utama
<p>Era pertama :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Introduksi jenis asli dan exote dengan dasar variasi genetik terbatas. • Jenis contoh sangat terbatas sifatnya, terlalu terbatas untuk dapat dievaluasi. 	1817 - 1959	<ul style="list-style-type: none"> • Pembangunan Kebun Raya Bogor, Purwodadi dan Ekakarya. • Pembangunan uji jenis di 11 lokasi kebun percobaan. • Pembangunan Arboretum di Bogor, Kaliurang dan Watusipat (Gunung Kidul).
<p>Era kedua (era pemuliaan)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Era dalam program breeding • Contoh sifat (traits) khusus dengan spektrum keragaman genetik cukup lebar. • Fokus sifat (trait) 2 – 3 (kelurusan batang, riap diameter) yang dipilih 	1976 – 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Uji provenansi dan uji progeny • Seedling seed orchards • Clonal seed orchards
<p>Era ketiga (pemanfaatan yang lebih efisien)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Lebih berkaitan dengan breeders dan biotechnologists • Menjaga agar setiap populasi terpisah. • Tegakan hasil konservasi di lokasi yang baru harus memproduksi buah/biji. 	> 1998	<ul style="list-style-type: none"> • Sampling target populasi • Pembangunan tanaman konservasi, setiap populasi harus terpisah. • Dibangun jalur isolasi antar populasi. • Ulangan lokasi minimal 2.

Ukuran populasi untuk dapat dimasukkan dalam program konservasi genetik dapat diduga dan dihitung dengan menggunakan berbagai pendekatan, misalnya pendekatan frekuensi alel unik yang cukup populer (Zulkarnaen, 2006). Lebih lanjut disampaikan, beberapa ahli genetika teoritikal merekomendasikan ukuran minimum populasi untuk dikonservasi seperti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Ukuran populasi (jumlah individu) yang direkomendasikan untuk mempertahankan tingkat keragaman genetik pada suatu populasi

Frekuensi alel	Kang (1979)	Gregorius (1980)	Namkong (1981)	Frankel <i>et al.</i> (1995)
0,5	18	6	-	5
0,2	31	21	-	14
0,1	49	51	-	29
0,05	79	117	117	59
0,01	269	754	597	299

Konservasi *in-situ* adalah konservasi dari ekosistem, termasuk di dalamnya habitat alami yang dihuni oleh biota sehingga biota yang berada di tempat konservasi ini dimungkinkan untuk berevolusi. Berbicara tentang luasan ideal untuk konservasi *in-situ*, Zobel *et. al.* (1987) mengatakan bahwa hal yang sangat sulit dan hampir tidak mungkin ditetapkan karena akan sangat tergantung pada potensi genetik jenis yang ditangani dan kelimpahannya di dalam hutan. Ukuran luas ini menjadi semakin sulit ditentukan untuk hutan tropis.

Secara singkat tujuan dari konservasi sumber daya genetik sangat tergantung dari *goal* yang ingin dicapai (Soekotjo, 2004) :

1. Bagi *breeders* dan/atau *biotechnologists*, kegiatan ini bertujuan untuk menyediakan sumber daya genetik sehingga dapat digunakan saat diperlukan.
2. Bagi ahli biologi evolusioner, konservasi sumber daya genetik bertujuan untuk menjamin dan memelihara kemampuan adaptasi, evolusi dan seleksi dari jenis dalam populasinya agar mampu menyesuaikan diri dengan perubahan yang akan terjadi

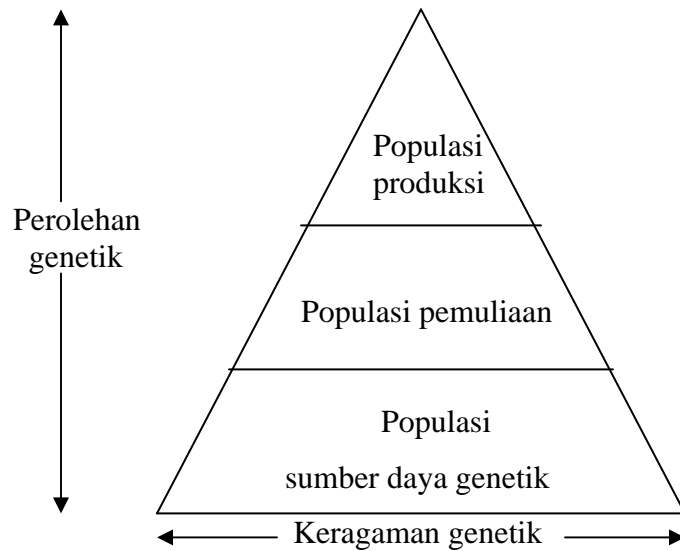
khususnya dari persyaratan ekologi, ekonomi serta viabilitas yang mendukung ekosistem.

3. Bagi ahli kehutanan, konservasi bertujuan agar jenis-jenis target dan habitatnya lestari.
4. Bagi awam, konservasi bertujuan agar keanekaragaman hayati terjamin.

C. Pemuliaan pohon

Pemuliaan didefinisikan sebagai penerapan prinsip-prinsip genetika pada kegiatan silvikultur untuk menciptakan hasil hutan yang bernilai tinggi. Dalam praktek, Zobel dan Talbert (1984) membedakan antara *tree breeding* yang ditujukan untuk memecahkan problem-problem genetik hutan secara khusus dengan pemuliaan pohon (*tree improvement*) yang ditujukan untuk meningkatkan produktivitas dan kualitas produk melalui perpaduan antara genetika, silvikultur dan kegiatan pengelolaan hutan. Tujuan utama pemuliaan adalah meningkatkan frekuensi alel yang diinginkan yang ditemukan dalam populasi *breeding* (Johnson *et al.*, 2001). Program pemuliaan pohon ditujukan untuk menghasilkan benih unggul dalam jumlah yang cukup sebagai materi pembuatan tanaman secara operasional. Para pemulia mengetahui sifat yang ingin dikembangkan tetapi tidak mengetahui alel mana yang mempengaruhi sifat dan distribusinya di dalam populasi. Oleh karena itu program pemuliaan harus mempertahankan keragaman genetik yang cukup untuk dapat meningkatkan perolehan genetik (*genetic gain*) dari generasi ke generasi. Sifat yang ingin dikembangkan tentunya juga disesuaikan dengan perubahan yang terjadi, termasuk perubahan iklim, respon terhadap hama dan penyakit baru dan perubahan pasar.

Pemuliaan pohon akan sangat baik apabila dapat tetap mempertahankan seluruh keragaman genetik pada populasi pemuliaan untuk menjaga kemungkinan yang tidak terduga. Agar keragaman genetik tersebut dapat dipertahankan secara efektif dan efisien, para pemulia perlu mengetahui alel mana yang terganggu akibat seleksi dan mengetahui variasi genetik dalam species. Dengan demikian keragaman genetik sangat penting bagi kegiatan pemuliaan pohon dalam meningkatkan perolehan genetik. Secara konseptual, hubungan antara keragaman genetik dan perolehan genetik dilukiskan pada Gambar 1 (Johnson *et al.*, 2001).



Gambar 1. Hubungan konseptual antara keragaman genetik dan perolehan genetik

III. PEMECAHAN MASALAH

Program pemuliaan pohon untuk suatu jenis akan berhasil dengan baik apabila dimulai dari suatu basis genetik yang luas dan menggunakan strategi *breeding* yang peduli akan upaya konservasi genetik terhadap sifat-sifat potensial yang ada 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 species, semakin besar peluang untuk mendapatkan peningkatan perolehan genetik (*genetic gain*) dari sifat yang diinginkan.

Keberadaan sumber daya 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. Pelestarian sumber daya 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 dan Talbert, 1984).

Semua program pemuliaan harus terdiri dari dua fase, yaitu fase operasional (produksi) dan fase penelitian dan pengembangan. Kedua fase berkaitan erat, namun membutuhkan filosofi dan pendekatan yang berbeda. Fase operasional terdiri dari upaya-upaya memperoleh bahan genetik tanaman unggul secepat dan seefisien mungkin. Sedangkan fase penelitian dan pengembangan bertujuan untuk memperoleh dan mempertahankan dasar genetik serta mengkombinasikan sifat-sifat yang diinginkan pada pohon-pohon yang akan berharga pada generasi yang akan datang. Banyak program pemuliaan yang mengabaikan aspek aspek penelitian atau aspek pengembangan. Program semacam ini pada akhirnya akan menemui jalan buntu. Terkait dengan hal tersebut maka perlu dijaga keseimbangan program pemuliaan antara fase operasional (produksi) dan fase penelitian dan pengembangan. Pekerjaan pemuliaan tidak pernah selesai, dan tindakan-tindakan serta keberhasilan 10, 20, 30 tahun yang akan datang ditentukan oleh kualitas fase pengembangan yang dibangun sebelumnya.

Benih unggul merupakan hasil dari rangkaian kegiatan pemuliaan pohon. Dewasa ini peran dan pentingnya benih unggul dalam pembangunan kehutanan di Indonesia sangat dirasakan manfaatnya. Semakin sadarnya para pengguna benih sangat terasa, yang diindikasikan oleh adanya perubahan dari penggunaan benih asalan ke benih unggul. Hal ini disadari karena adanya pertumbuhan yang jauh berbeda antara kedua jenis benih tersebut. Dengan demikian, guna mendukung kegiatan pembangunan kehutanan di masa sekarang dan mendatang, kegiatan pemuliaan pohon sangat strategis untuk terus dikembangkan.

Disadari bahwa kegiatan pemuliaan pohon memerlukan proses yang cukup panjang untuk memperoleh hasil yang diharapkan (benih unggul), karena harus melalui berbagai macam tahap kegiatan. Untuk mencapai tahapan tersebut Soeseno (1993) membagi program pemuliaan pohon menjadi beberapa kegiatan :

1. Eksplorasi

Eksplorasi dilakukan dalam rangka studi sebaran geografis suatu jenis yang biasanya dilanjutkan dengan pencarian pohon induk (seleksi), pengumpulan buah dan bagian vegetatif pohon, uji genetik dan konservasi genetik *ex-situ*. Dengan demikian

bahan yang diperoleh dari kegiatan ini selain digunakan sebagai awal kegiatan pemuliaan juga menjadi bahan untuk kegiatan konservasi.

2. Uji jenis/species

Uji species dilakukan untuk mencari (mengetahui) jenis yang baik ditanam pada lokasi pengembangan tertentu dengan tujuan tertentu. Dari uji ini akan diketahui jenis-jenis yang cocok untuk dikembangkan di lokasi uji. Pemilihan jenis untuk pengembangan hutan tanaman hendaknya mengacu pada hasil uji species tersebut.

3. Uji provenansi

Pembuatan uji provenansi dilakukan untuk mengetahui provenan (sumber benih alami) dari suatu jenis yang potensial untuk dikembangkan di suatu wilayah pengembangan jenis tanaman.

4. Uji keturunan

Uji keturunan dilakukan untuk memperoleh informasi genetik sesuatu individu melalui keturunannya. Uji keturunan biasa digunakan dalam program seleksi pada kegiatan pemuliaan. Apabila seleksi telah selesai, materi tanaman pada uji keturunan dapat dikonversi menjadi kebun benih. Disamping berfungsi sebagai penghasil benih, kebun benih ini juga dapat dimanfaatkan untuk kegiatan pemuliaan lebih lanjut. Dalam pelaksanaannya, pembangunan uji keturunan dapat dikombinasikan dengan uji provenansi.

5. Hibridisasi

Hibridisasi akan menghasilkan transfer allel atau gen yang akan semakin meningkatkan kehadiran gen-gen unik pada individu-individu yang berada di antara kedua populasi jenis yang bersilang. Dari kegiatan hibridisasi akan diperoleh individu hibrid, yaitu melalui rekombinasi gen dari dua populasi jenis yang bersilang. Dengan hibridisasi dimungkinkan dapat tercipta tanaman dengan sifat-sifat yang diinginkan, seperti kemampuan hidup pada lingkungan yang sulit, ketahanan terhadap hama dan penyakit atau kemampuan menghasilkan produk khusus. Kegiatan yang tercakup di dalamnya antara lain studi fenologi pembungaan dan penyerbukan baik terbuka maupun secara terkendali.

6. Pembuatan bank klon

Kegiatan ini bertujuan untuk mengamankan materi hasil seleksi untuk kegiatan selanjutnya. Dengan adanya bank klon maka kekhawatiran akan hilangnya suatu pohon

induk dapat diatasi. Melalui pembiakan secara vegetatif klon-klon unggul yang telah diperoleh melalui kegiatan pemuliaan akan dapat diamankan, sebab dengan teknik ini klon unggul dengan cepat dapat dibiakkan berkali-kali dan akan menghasilkan tanaman yang secara genetik persis sama dengan pohon tua/induk. Dengan demikian melalui pembiakan vegetatif karakter unggul yang dimiliki oleh suatu klon akan tetap dipertahankan. Apabila perbanyakan dilakukan dengan biji maka hanya sebagian dari variasi genetik pohon tua yang akan diteruskan kepada keturunannya.

7. Pembuatan uji klon

Seperti halnya dengan uji jenis dan uji varietas, pembuatan uji klon ini bertujuan untuk mengetahui klon terbaik yang tumbuh pada suatu lokasi. Klon-klon yang diuji merupakan hasil seleksi pohon plus, baik dari kebun benih maupun dari tegakan.

8. Pembuatan kebun benih semai

Kebun benih semai merupakan suatu kebun benih yang tanamannya berasal dari biji. Kebun benih ini dapat merupakan hasil kombinasi dari uji provenan dan uji keturunan yang pada akhirnya diubah fungsinya menjadi kebun benih, atau sejak awal memang pembangunannya ditujukan untuk menghasilkan benih untuk penanaman. Kebun benih ini bisa berupa kebun benih F-1 (generasi pertama) maupun F-2 (generasi kedua) dan seterusnya.

9. Pembuatan kebun benih klon

Kebun benih klon pembangunannya mempunyai tujuan yang sama dengan kebun benih semai. Hanya saja materi yang digunakan untuk pembangunannya berasal dari hasil pembiakan vegetatif klon-klon yang telah diseleksi.

IV. PENUTUP

1. Laju deforestasi di Indonesia berjalan sangat cepat yaitu berkisar 1,6 – 2 juta hektar per tahun. Sampai saat ini luas lahan hutan yang terdegradasi mencapai 59 juta hektar, dan kondisi demikian akan menyebabkan penurunan keanekaragaman sumber daya hayati termasuk di dalamnya keragaman genetik yang akan mengarah pada kemungkinan kepunahan suatu jenis.
2. Keragaman genetik memegang kunci yang sangat penting dalam program pemuliaan pohon. Keberhasilan program pemuliaan pohon akan sangat dibutuhkan dalam

pengembangan hutan tanaman, sebab dengan program tersebut akan dihasilkan benih unggul dengan produktivitas tinggi yang resisten terhadap hama dan penyakit.

DAFTAR PUSTAKA

- Departemen Kehutanan dan Perkebunan. 2000. Statistik Kehutanan dan Perkebunan Tahun 1999/2000. Departemen Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta.
- Departemen Kehutanan. 2004. Statistik Kehutanan Tahun 2004. Departemen Kehutanan. Jakarta.
- Dirjen Bina Produksi Kehutanan. 2005. Workshop Program Jaringan Kerja Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta, Juni 2005.
- Hamrick, J.L., Mary Jo W.G., dan Susan L.S. 1992. Factors Influencing Levels of Genetic Diversity in Woody Plant Species. In : Adams W.T., Strauss S.H., Copes D.L. and Griffin, A.R. eds. : Population Genetics of Forest Trees, Kluwer Academic Publishers.
- Johnson R., B. S. Clair and S. Lipow. 2001. Genetic conservation in applied tree breeding programs. In : Thielges, B. A., S. D. Sastraparja and A. Rimbawanto (Eds). Proc. Of International Conference on In-situ and Ex-situ Conservation of Commercial Tropical Trees. Yogyakarta.
- Melchias, G. 2001. Biodiversity and Conservation. Science Publisher, Inc. USA.
- Soekotjo. 2001. The status of ex situ conservation of commercial trees in Indonesia pp 147 – 160. In : Thielges Bart A, Setijati D. Sastraparja, and Anto Rimbawanto. Proceeding : seminar on in situ and ex situ conservation of commercial tropical trees. Gadjah Mada University and International Tropical Timber Organization. Yogyakarta, 2001.
- Soekotjo. 2004. Status Riset Konservasi KSDG '*Indigenous species*' Indonesia. Workshop Nasional Konservasi, Pemanfaatan dan Pengelolaan Sumberdaya Genetik Tanaman Hutan. Puslitbang Bioteknologi dan Pemuliaan Tanaman Hutan dan Japan International Cooperation Agency. Yogyakarta, 2004.
- Soeseno, O.H. 1993. Pemuliaan Pohon. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Suparna, N. 2005. Litbang HTI Kayu Pertukangan : Mencara Terobosan Meningkatkan Produktivitas Dalam HPH (Alam) Lestari. Workshop Program Jaringan Kerja Penelitian dan Pengembangan Hutan Tanaman. Badan Litbang Kehutanan. Jakarta, Juni 2005.
- Wright, J.W, 1976, Introduction to Forest Genetics, Academic Press Inc., New York, San Fransisco, London.
- Zobel, B.J and J.T. Talbert. 1984. Applied Forest Tree Improvement. John Wiley & Sons Inc. Canada.

Zobel, B.J., G. Van Wyk and Per Stahl. 1987. *Growing Exotic Forests*. John Wiley & Sons Inc. Canada.

Zulkarnaen, I. 2006. Kaidah-Kaidah Ilmiah dalam Pelaksanaan Konservasi Sumber Daya Genetik Tanaman Hutan. Workshop Nasional III. Sinkronisasi Kegiatan Konservasi Sumberdaya Genetik untuk Mendukung Pengembangan Hutan Tanaman. Pusat Litbang Hutan Tanaman.