

Strategi Dan Inovasi Konservasi Tumbuhan Indonesia Untuk Pemanfaatan Secara Berkelanjutan

Oleh:

Prof. Dr. Didik Widyatmoko, M.Sc.

Kebun Raya Bogor, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
Jl. Ir. H. Juanda No. 13 Bogor. 16122 Jawa Barat
Email: didik_widyatmoko@yahoo.com; didi018@lipi.go.id

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan keanekaragaman hayati terbesar di dunia. Sekitar 89.326 spesies tumbuhan berspora termasuk paku-pakuan dan 19.232 spesies tumbuhan berbunga (Spermatophyta) tumbuh di kawasan ini (KPPN/Bappenas, 2016), Tabel 1. Jika keanekaragaman hayati di laut dimasukkan, Indonesia diperkirakan menjadi kawasan paling kaya di dunia (Moosa & Suharsono, 1997; Suharsono, 1998). Jumlah total tumbuhan berbunga dunia yang telah berhasil diidentifikasi mencapai 369.000 spesies (Willis, 2017). Sekitar 2.000 spesies tumbuhan baru berhasil diidentifikasi setiap tahunnya di seluruh dunia (Widyatmoko, 2018). Untuk kelompok tumbuhan berspora, saat ini lebih dari 1,5 juta spesies di dunia telah berhasil diidentifikasi.

Tabel 1. Perbandingan jumlah dan keanekaragaman spesies flora Indonesia dengan Dunia

Keanekaragaman Spesies Tumbuhan	Indonesia	Dunia	Persentase
A. Spermatophyta	19.232	370.110	5
1. Angiospermae	19.112*	369.000	5
2. Gymnospermae	120	1.110	11
B. Tumbuhan Berspora	89.326	1.526.067	6
1. Kriptogam			
a. Jamur	86.000	1.500.000	6
b. Lichen	723	9.084	8
c. Hepaticae	385	6.433	6
d. Musci	21**	50**	-
2. Paku-pakuan	2.197	10.500	21

Sumber: 1) Modifikasi dari KPPN/Bappenas, 2016; 2) Willis, 2017; 3) *Berdasar data spesies yang telah berhasil diidentifikasi dari sekitar 35.000 tumbuhan berbunga yang ada di Indonesia; 4) **Data belum lengkap.

Posisi Penting Keanekaragaman Tumbuhan Indonesia dalam Konservasi di Dunia

Walaupun hanya meliputi 1,3% daratan dunia, Indonesia memiliki kontribusi besar terhadap keanekaragaman tumbuhan dunia, terutama dari Dipterocarpaceae (238 spesies) yang mencakup 34% Dipterocarpaceae dunia, 2.197 spesies Paku (21% Paku dunia), sekitar 5.500 spesies Anggrek (20,5% Anggrek dunia), 477 spesies Palem (20% Palem dunia), 159 spesies Bambu (13% Bambu dunia), dan 723 spesies Lichen/Lumut Kerak (8% Lichen dunia). Keanekaragaman Palem Indonesia bahkan yang tertinggi di dunia, yang mana 53% di antaranya endemik Indonesia (Widyatmoko, 2018). Kemajuan identifikasi kelompok Jamur nampak sangat signifikan baik di level dunia maupun Indonesia, walaupun masih sangat banyak yang belum teridentifikasi. Untuk Indonesia, sebanyak 96% dari jumlah total tumbuhan berspora atau 86.000 adalah spesies Jamur dan jumlah ini merupakan 6% dari Jamur dunia (Tabel 2).

Keanekaragaman tumbuhan di Indonesia mengalami ancaman kepunahan yang makin serius, di mana 437 spesies telah terancam kepunahan, dan bahkan mencapai lebih dari 600 spesies apabila kategori Hampir Terancam (*Near Threatened*) dimasukkan (Widyatmoko, 2017a; Widyatmoko, 2018). Kondisi ini memposisikan Indonesia sebagai salah satu prioritas tertinggi untuk konservasi tumbuhan global (KPPN/Bappenas, 2016; Widyatmoko, 2017a; Willis, 2017; Widyatmoko *et al*, 2018). Untuk itu, Indonesia perlu segera membangun strategi yang efektif untuk mengonservasi tumbuhan terancam kepunahannya.

Tabel 2. Jumlah spesies dan tingkat endemisitas Angiospermae pada masing-masing bioregion di Indonesia

Bioregion	Jumlah Total Spesies Angiospermae	Jumlah Spesies Angiospermae Endemik	Persentase Endemisitas Angiospermae
Sumatra	8.391	1891	22,5
Jawa	6305	2906	46,0
Kalimantan	9956	3936	39,5
Sulawesi	5972	2225	37,3
Nusa Tenggara	2442	1343	55,0
Maluku & Papua	9518	4380	46,0

Sumber: Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/Bappenas, 2016 (dimodifikasi).

Kebun Raya merupakan institusi utama konservasi *ex situ* tumbuhan di Indonesia yang fungsinya makin penting dalam upaya melestarikan dan memanfaatkan tumbuhan Indonesia secara berkelanjutan (Kusuma, Dodo, & Widyatmoko, 2008; Purnomo *et al*, 2010; Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko & Risna, 2017; Widyatmoko *et al*, 2018). Potensi keanekaragaman hayati di 37 kebun raya yang ada di Indonesia saat ini (lima di bawah LIPI, 30 di bawah pemda, dan dua di bawah perguruan tinggi), bersama dengan keanekaragaman di kawasan konservasi *in situ* merupakan sumber daya genetik tumbuhan yang tidak ternilai harganya bagi Indonesia dan dunia (Widyatmoko, 2017c). Kebun raya di dunia secara kumulatif mampu memberikan kontribusi sangat signifikan bagi usaha konservasi tumbuhan (Wyse-Jackson & Sutherland, 2000; Widyatmoko & Risna, 2017). Kebun raya di seluruh dunia mengoleksi sekitar 33% jumlah spesies tumbuhan berbunga dunia, 45% dari jumlah spesies palem terancam kepunahan dunia, 30% anggrek terancam kepunahan dunia, serta 85% dari jumlah total spesies kaktus terancam kepunahan dunia (Wyse-Jackson & Sutherland, 2000).

Kebun Raya Indonesia saat ini telah mengoleksi 122 spesies tumbuhan Indonesia terancam kepunahan atau 28.5% dari seluruh spesies terancam di Indonesia, dan jika koleksi pembibitan di Kebun Raya dimasukkan, maka 29.2% tumbuhan terancam kepunahan Indonesia telah dikoleksi secara *ex situ* (Widyatmoko *et al*, 2018). Jumlah total tumbuhan Indonesia yang telah dikoleksi di Kebun Raya Indonesia sampai akhir 2018 (baik nasional maupun daerah) mencapai 7.365 spesies, yang termasuk ke dalam 2.240 marga dan 368 suku, dan terdiri atas 104.761 spesimen hidup. Jumlah 7.365 ini mencakup sekitar 34,4% dari jumlah total spesies tumbuhan berbunga dan paku-pakuan di Indonesia. Saat ini telah ada 216 cagar alam, 50 taman nasional, 71 suaka margasatwa, 101 taman wisata alam, 23 taman hutan raya, 13 taman buru, 24 Kawasan Suaka Alam/Kawasan Pelestarian Alam, 5 cagar alam laut, 7 taman nasional laut, 4 suaka margasatwa laut, dan 14 taman wisata alam laut, dengan luas total kawasan mencapai 31.154.963,50 hektare (KPPN/Bappenas, 2016) yang mengandung sekitar 65% dari jumlah total spesies tumbuhan Indonesia.

Keanekaragaman tumbuhan di Kebun Raya dan di kawasan *in situ* yang sangat besar menjadi modal besar pembangunan ekonomi dan sosial di Indonesia apabila dimanfaatkan secara berkelanjutan karena tumbuhan merupakan sumberdaya yang dapat diperbarui sepanjang tidak dipunahkan (Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko, 2017a). Abad 21 merupakan

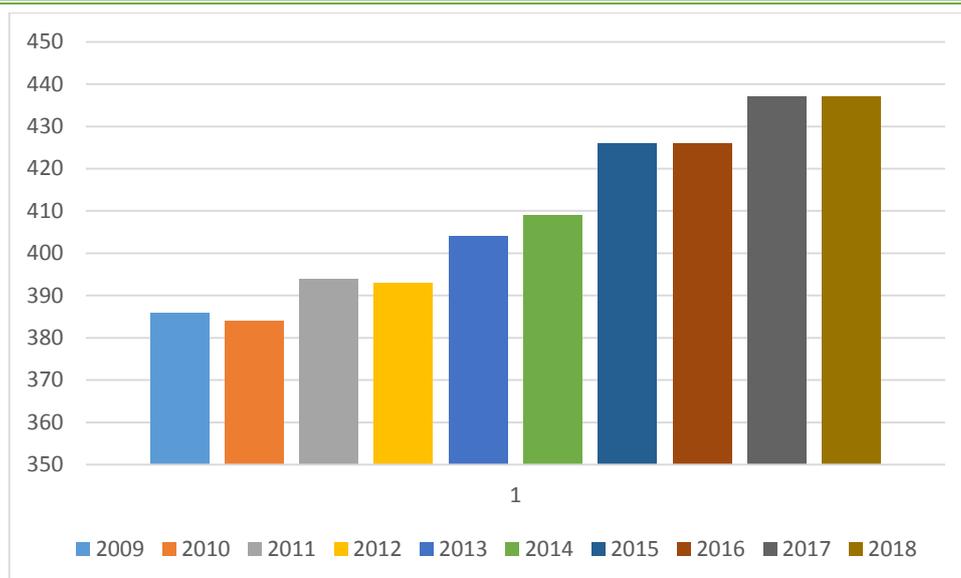
era bio-ekonomi yang mengandalkan pada keanekaragaman hayati dan kemajuan biosains dan bioteknologi dan merupakan pilar ekonomi keempat setelah ekonomi pertanian, industri, dan informasi dan teknologi informasi. Ke depan fungsi Kebun Raya akan memiliki dampak signifikan pada pembangunan berkelanjutan di bidang pertanian, kehutanan, perlindungan lingkungan, industri, dan perawatan kesehatan (Widyatmoko & Risna, 2017; Widyatmoko, 2018). Untuk itu, strategi yang visioner mengenai konservasi keanekaragaman tumbuhan dan pemanfaatannya secara berkelanjutan sangat penting dibangun.

Indonesia juga memiliki tingkat endemisitas tumbuhan yang sangat tinggi. Posisi geografis yang sangat unik (di antara dua benua dan dua samudra) dengan konstelasi pulau-pulau besar dan kecil yang membentang dari kawasan Oriental, Wallacea, sampai Australia, menjadikan Indonesia memiliki keanekaragaman hayati dan sekaligus endemisitas yang sangat tinggi dan ini memerlukan strategi konservasi yang tepat (Widyatmoko, 2014; Purnomo *et al.*, 2015; Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko, 2017a; Widyatmoko, 2017b). Nusa Tenggara (*Lesser Sunda Islands*), Papua dan Maluku, dan Jawa merupakan tiga bioregion dengan persentase endemisitas paling tinggi, secara berurutan yaitu 55, 46, dan 46 (Tabel 2). Bioregion Nusa Tenggara dan Papua dan Maluku sangat strategis dijadikan prioritas eksplorasi dan pembangunan kebun raya ke depan (terutama pulau-pulau kecil di sekitarnya) karena banyak memiliki spesies-spesies endemik dengan intensitas pengoleksian (*collection rate*) yang rendah (KPPN/Bappenas, 2016). Konsekuensinya, informasi yang tersedia mengenai keanekaragaman dan karakteristik ekologis berbagai pulau masih terbatas. Inventarisasi dan koleksi flora yang telah dilakukan (*collection rate*) di pulau-pulau kecil masih sangat sedikit (*very poorly collected*), yaitu <20 koleksi/100 km² (Johns, 1995; Pitopang, 2002; Widyatmoko, 2018).

Kegiatan eksplorasi ternyata masih sangat diperlukan untuk bioregion Jawa terutama untuk mengonservasi spesies-spesies endemiknya yang juga cukup banyak (Tabel 2). Keanekaragaman palem Indonesia merupakan yang tertinggi di dunia (mencapai 477 spesies) yang mana 255 di antaranya endemik, sehingga tingkat endemisitas taksa ini sangat tinggi (mencapai 53,5%). Lebih dari setengah dari seluruh spesies pohon (tumbuhan kayu) bernilai komersial tumbuh di Indonesia (mencapai 350 spesies) dan 155 di antaranya endemik Kalimantan. Selain itu, terdapat sekitar 1.300 spesies tumbuhan berkhasiat obat (Dephut, 2003; KPPN/Bappenas, 2016; Widyatmoko, 2017d). Indonesia juga dikenal sebagai pusat keanekaragaman tanaman pangan penting, termasuk padi, umbi-umbian, polong-polongan, jambu, dan jeruk (Mac Kinnon *et al.*, 1996; Mittermeier *et al.*, 1999; KPPN/Bappenas, 2016).

Potret Terkini Tumbuhan Langka Indonesia dan Dunia

Indonesia memiliki jumlah spesies tumbuhan terancam kepunahan yang terus meningkat setiap tahunnya. Selama sepuluh tahun terakhir, terjadi kenaikan jumlah spesies tumbuhan terancam kepunahan dari 386 menjadi 437 spesies (Gambar 1). Jumlah ini akan terus bertambah seiring dengan penurunan populasi spesies-spesies tumbuhan langka akibat kerusakan habitat alami dan perkembangan penelitian ekologi dan konservasi yang semakin banyak mengungkap kondisi spesies-spesies rentan kepunahan (Widyatmoko, 2011a; Fakhrozi, Hikmat & Widyatmoko, 2013; Widyatmoko, 2014; Irawati & Widyatmoko, 2018). Indonesia menduduki peringkat sembilan dunia dalam jumlah tumbuhan terancam kepunahan, yaitu setelah Ekuador (1.857 spesies), Madagaskar (789), Malaysia (717 spesies), Tanzania (631), Cina (574), Kamerun (535), Brazil (533), dan Amerika Serikat (475) (Willis, 2017). Saat ini diperkirakan telah ada 103 spesies tumbuhan yang telah punah di dunia dan sekitar 7.899 spesies terancam kepunahan (Davies *et al.*, 2011).



Gambar 1. Jumlah spesies tumbuhan terancam kepunahan Indonesia selama 10 tahun terakhir.

Spesies Tumbuhan Indonesia Terancam Kepunahan

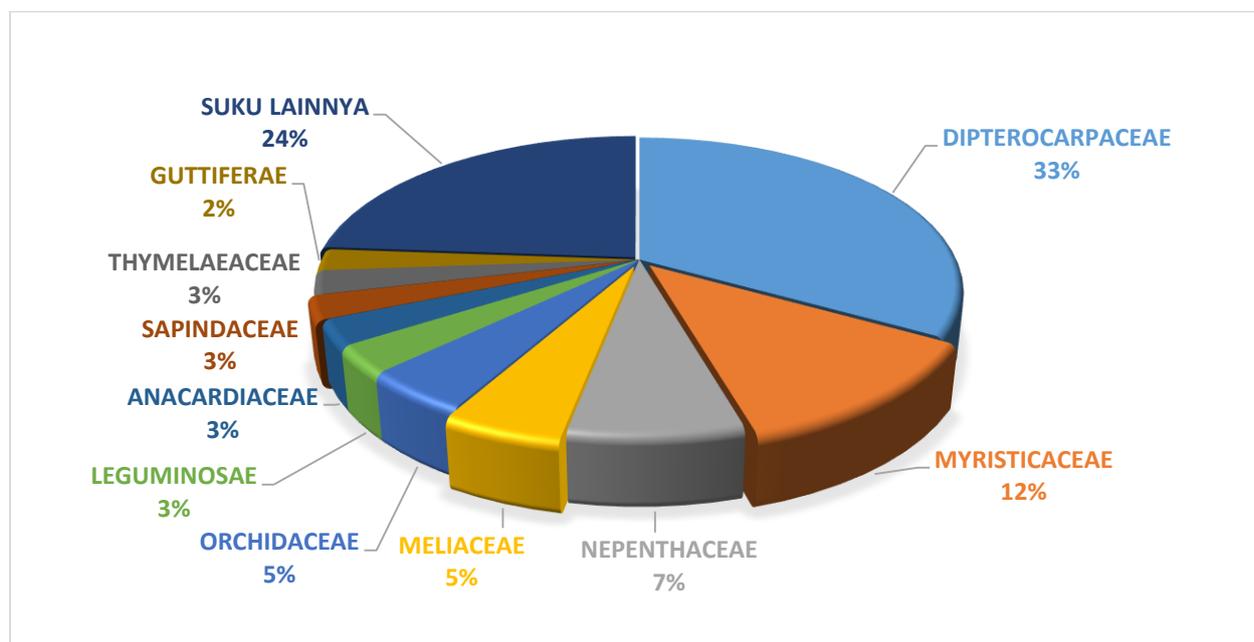
Jumlah tumbuhan Indonesia terancam kepunahan mencapai 437 spesies saat ini, terdiri atas 116 spesies Kritis (*Critically Endangered/CR*), 94 spesies Genting (*endangered/EN*), dan 227 spesies Rawan/Rentan (*Vulnerable/VU*) (IUCN, 2017). Apabila kategori Hampir Terancam Kepunahan (*Near Threatened*) dimasukkan, Indonesia memiliki sekitar 600 spesies tumbuhan terancam kepunahan (Widyatmoko, 2017a). Jumlah sebenarnya tumbuhan Indonesia yang terancam kepunahan sangat mungkin lebih besar dari angka ini, mengingat masih banyak pulau dan area terpencil yang belum diinventarisasi keragaman flora dan tingkat kerusakannya (Widyatmoko & Risna, 2017). Contoh-contoh tumbuhan Indonesia yang dinilai sudah punah adalah *Dipterocarpus cinereus* (WCMC, 1997; IUCN, 2006) tetapi berhasil ditemukan kembali pada tahun 2013 di Pulau Mursala Tapanuli Barat, *Nepenthes campanulata* (IUCN, 2000), dan *Calamus spectabilis* (WCMC, 1997). Tumbuhan yang diduga kuat telah punah *in situ* (*Extinct in the Wild/EW*) adalah *Mangifera casturi* (IUCN, 2000, 2001; Fakhrozi, Hikmat, & Widyatmoko, 2013) dan *Mangifera rubropetala* (IUCN, 2000). Indonesia diperkirakan kehilangan minimal satu spesies tiap hari (KPPN/Bappenas, 2016; Widyatmoko, 2016c).

Kepunahan dan keterancamannya spesies lebih sulit ditentukan dibandingkan dengan pengukuran tingkat kerusakan ekosistem, terutama dalam memastikan bahwa suatu spesies benar-benar sudah punah (Kusuma, Dodo, & Widyatmoko, 2008; Budiharta *et al.*, 2011; Widyatmoko, 2016c), misalnya tidak pernah dikoleksi atau dijumpai lagi dalam kurun waktu sedikitnya 50 tahun (IUCN, 2008). Untuk itu, spesies-spesies endemik dari pulau-pulau kecil dan spesies-spesies dengan preferensi habitat khusus memerlukan upaya studi yang lebih detail (Widyatmoko & Norton, 1997a; Widyatmoko & Norton, 1997b; Widyatmoko *et al.*, 2005; Widyatmoko & Burgman, 2006; Widyatmoko, 2012; Widyatmoko, 2015a; Willis, 2017).

Sebaran Suku Tumbuhan Indonesia Terancam Kepunahan

Saat ini ada 54 suku tumbuhan Indonesia yang anggota-anggotanya termasuk kategori Terancam/*Threatened* (Widyatmoko *et al.*, 2018). Dipterocarpaceae menjadi suku paling dominan berdasarkan jumlah spesiesnya yang terancam kepunahan (mencapai 33%), diikuti Myristicaceae 12%, Nepenthaceae 7%, dan Orchidaceae (5%) (Gambar 2). Potensi kayu bernilai komersial tinggi yang dimiliki spesies-spesies Dipterocarpaceae menjadi penyebab utama merosotnya populasi anggota-anggota famili ini di habitat alamnya. Bahkan sebagian besar spesies tumbuhan anggota marga *Shorea* dan *Dipterocarpus* di Asia Tenggara dan Asia

Selatan telah masuk dalam kategori Terancam (Deb *et al.*, 2017). Sementara itu, manfaat dan potensi sebagai bahan baku industri kosmetik dan produk lainnya menjadi faktor penyebab utama terjadinya eksploitasi spesies-spesies *Myristica*.



Gambar 2. Persentase (profil) tumbuhan Indonesia terancam kepunahan berdasarkan suku.

PENYEBAB UTAMA KETERANCAMAN DAN KEPUNAHAN TUMBUHAN

Terdapat paling tidak enam penyebab utama kemerosotan dan kepunahan tumbuhan Indonesia, yaitu kehilangan atau konversi habitat (*habitat loss*), pemanfaatan secara berlebihan, invasi spesies asing, pencemaran lingkungan, dan faktor internal (biologi) spesies.

Kehilangan Habitat

Konversi habitat yang ditandai dengan kerusakan hutan alam menjadi faktor terbesar yang menyebabkan keterancamannya dan kepunahan berbagai spesies tumbuhan di Indonesia (Widyatmoko, 2011a; KPPN/BAPPENAS, 2016; Widyatmoko, 2018). Kehilangan tutupan hutan alam di Indonesia pada periode 2009-2013 adalah sekitar 4,50 juta hektare, sementara laju kehilangan hutan alamnya adalah sekitar 1,13 juta ha per tahun (Purba & Kosar, 2014). Provinsi-provinsi dengan kehilangan tutupan hutan alam terbesar dalam periode tersebut adalah Riau 690 ribu ha, Kalimantan Tengah 619 ribu ha, Papua 490 ribu ha, Kalimantan Timur 448 ribu ha, dan Kalimantan Barat 426 ribu ha. Pada periode tahun 2000 hingga 2009, Pulau Kalimantan merupakan daerah penyumbang deforestasi terbesar di Indonesia, yaitu mencapai 36,16% atau setara dengan 5,5 juta ha, dengan laju kerusakan 550,59 ribu ha per tahun. Pada periode yang sama, Pulau Kalimantan dan Sumatra menyumbang jumlah spesies terancam kepunahan terbanyak dengan masing-masing 150 dan 135 spesies. KLHK (2017) menyatakan bahwa laju deforestasi pada tahun 2016 di Indonesia adalah 630.000 hektare.

Berdasarkan data IUCN (2018), terdapat 120 spesies tumbuhan terancam kepunahan di Indonesia yang disebabkan oleh kerusakan habitat, 25% di antaranya berasal dari Suku Dipterocarpaceae, 18,33% dari Suku Orchidaceae, dan 7,5% dari Suku Fabaceae. Kerusakan habitat alami terutama disebabkan oleh konversi hutan menjadi area pemukiman, lahan pertanian, area pertambangan dan industri, jalan, serta jembatan (Widyatmoko, 2011a; Widyatmoko, 2015a; Widyatmoko, 2018). Kerusakan lain disebabkan oleh perambahan kawasan hutan, bencana alam, dan invasi spesies asing invasif (Burgman *et al.*, 2007;

Widyatmoko & Astutik, 2013; Abywijaya, Hikmat, & Widyatmoko, 2014; Afrianto, Hikmat, & Widyatmoko, 2016).

Pemanfaatan Berlebihan

Pemanfaatan berlebihan merupakan salah satu faktor dominan yang mengancam tumbuhan langka Indonesia, terutama untuk kelompok pohon, palem, serta tumbuhan hias anggrek dan kantong semar. Dari 437 spesies tumbuhan Indonesia terancam kepunahan yang tercatat di IUCN Red List (<http://www.iucnredlist.org>), sebanyak 160 spesies (36.5%) mendapatkan status terancam karena faktor pemanfaatan yang tidak berkelanjutan. Dari jumlah ini, suku Dipterocarpaceae sebagai taksa penghasil kayu bernilai ekonomi tinggi memiliki jumlah spesies tereksplotasi paling tinggi (50), diikuti oleh Anggrek (21), dan Kantong Semar (10) (Widyatmoko, 2018).

Pemanfaatan flora secara berkelanjutan dipercaya sebagai solusi bijak dan memiliki justifikasi kuat dalam pengelolaan sumberdaya hayati. Untuk itu, Indonesia sangat memerlukan kajian dan data biota yang terpercaya dalam upaya menerapkan *maximum sustainable yield* (MSY) yang membutuhkan data populasi dan daya regenerasi dari tiap-tiap spesies yang akan dipanen. Pemanfaatan keanekaragaman hayati harus berdasarkan prinsip hasil maksimum yang bisa dipanen tanpa menyebabkan kemerosotan populasi atau melebihi daya regenerasi sumberdaya hayati tersebut. Prinsip MSY telah diterapkan di sejumlah Negara dalam penangkapan ikan, sehingga nelayan dapat mengetahui berapa sisa ikan yang masih dapat ditangkap, yaitu berdasarkan ukuran/umur ikan serta waktu kapan ikan tersebut dapat ditangkap.

Spesies Asing Invasif

Spesies asing invasif (*invasive alien species*/IAS) merupakan salah satu penyebab utama kemerosotan populasi tumbuhan lokal dan langka, bahkan di sejumlah negara telah menjadi ancaman terbesar kedua setelah konversi dan perusakan habitat (Genovesi *et al*, 2015; KPPN/Bappenas, 2016). IAS juga menyebabkan dampak sangat serius terhadap layanan ekosistem dan kemerosotan jumlah keanekaragaman hayati. Kemerosotan dan keterancamannya tumbuhan lokal terutama disebabkan oleh mekanisme atau faktor kompetisi, yang mana IAS mampu tumbuh, bereproduksi dan menyebar secara cepat, memiliki toleransi tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan, serta sering berasosiasi dengan aktivitas manusia. Kemampuan IAS dalam mengubah ekosistem melalui mekanisme hidrologi, siklus hara dan proses-proses lainnya menyebabkan punahnya spesies-spesies local (Widyatmoko, 2018).

Beberapa contoh dampak serius IAS di Indonesia adalah hilangnya ekosistem Sabana (mencapai 7.500 Ha) di Taman Nasional (TN) Baluran akibat pertumbuhan masif *Acacia nilotica*, invasi Mantangan (*Merremia peltata*) di TN Bukit Barisan Selatan akibat terbukanya kanopi-kanopi tebal hutan karena penebangan-penebangan pohon asli sehingga spesies invasif ini bisa tumbuh cepat dan akhirnya mengubah struktur hutan, spesies pohon asing invasif *Maesopsis emenii* (Kayu Afrika) telah menjadi populasi pohon dengan Indeks Nilai Penting tertinggi ketiga di kawasan Bodogol TN Gunung Gede Pangrango.

Pencemaran Lingkungan

Pencemaran terhadap tumbuhan dapat menyebabkan gangguan secara primer dan sekunder. Gangguan secara primer terjadi karena adanya kontak langsung antara sumber pencemar dengan bagian (permukaan) tumbuhan, sehingga partikel pencemar menutupi bagian epidermal tumbuhan dan selanjutnya mengganggu proses fotosintesis dan evapotranspirasi. Gangguan secara sekunder terjadi karena akumulasi polutan pada tanah atau permukaan air sehingga mengganggu aktivitas akar, yaitu menghalangi proses absorpsi dan alterasi nutrisi

dari dalam tanah atau area di sekitar perakaran. Jika zat pencemar terserap akar maka akan meracuni jaringan dan akhirnya merusak metabolisme tumbuhan (Widyatmoko, 2018).

Pencemaran udara terutama menyebabkan gangguan pada fungsi stomata dan terhambatnya proses fotosintesis (respons fisiologis), memicu klorosis (kerusakan klorofil), nekrosis (kerusakan jaringan pada daun) dan *flecking* (bintik-bintik daun), serta menurunkan produksi karbohidrat. Penurunan kondisi tumbuhan akibat polusi menyebabkan penurunan daya sintas dan menjadi rawan terhadap serangan penyakit dan hama. Dampak polusi terhadap tumbuhan langka akan mempercepat proses kepunahannya.

Perubahan Iklim

Salah satu fenomena lingkungan global yang dapat mengancam tumbuhan langka Indonesia adalah perubahan iklim (Widyatmoko *et al*, 2012; Widyatmoko, 2018). IUCN Red List (<http://www.iucnredlist.org>) mencatat paling tidak sebanyak 10 spesies tumbuhan Indonesia terancam oleh dampak perubahan iklim, terutama akibat kenaikan permukaan air laut bagi spesies-spesies penghuni pesisir pantai dan estuary, yaitu *Sonneratia griffithii*, *Heritiera globosa*, *Camptostemon philippinense*, *Bruguiera hainesii*, dan *Avicennia rumphiana*, sedangkan spesies-spesies yang rentan terhadap fluktuasi (kenaikan) suhu adalah *Paphiopedilum lowii*, *P. javanicum*, *P. hookerae*, dan *P. bullenianum*, serta spesies-spesies yang tumbuh di pegunungan tinggi terutama *Machaerina lamii*.

Faktor Biologi dan Spesiasi

Kepunahan tumbuhan tidak hanya disebabkan oleh faktor lingkungan atau antropogenik, tetapi juga bisa dari faktor biologis spesies itu sendiri, misalnya siklus reproduksi yang sangat panjang (lambat), fertilitas rendah atau ketiadaan pasangan bagi spesies berumah dua, persentase perkecambahan yang rendah, laju pertumbuhan yang sangat lambat, preferensi habitat yang sangat spesifik, dan distribusi geografi yang sempit (Widyatmoko, 2018). Davies *et al* (2011) menunjukkan hasil penelitian di Tanjung Afrika Selatan (*Cape of South Africa*) bahwa kepunahan dan keterancamannya pada tumbuhan tidak hanya disebabkan oleh faktor-faktor yang selama ini telah umum kita ketahui, seperti proses perkawinan yang lambat atau fertilitas yang rendah, distribusi ekologi spesies yang sempit, ukuran tubuh yang besar, serta dampak kegiatan manusia. Kepunahan di area dengan keanekaragaman yang sangat tinggi ini justru terjadi pada kelompok-kelompok tumbuhan yang masih muda (fertil) dan yang berevolusi secara cepat terutama Proteaceae, Rutaceae, dan Alliaceae. Hasil riset ini menunjukkan adanya korelasi sangat kuat antara proses spesiasi (yang cepat) dengan kepunahan.

Karakteristik spesies dan tingkat ancaman menyebabkan status konservasi untuk masing-masing spesies tidak sama. Pemahaman kita tentang risiko kepunahan pada kelompok tumbuhan ternyata jauh lebih rendah dibandingkan pada vertebrata dan mamalia (Davies *et al*, 2011). Untuk itu, studi-studi mendalam tentang karakteristik spesies kelompok tumbuhan sangat diperlukan untuk menyusun strategi konservasinya.

TANTANGAN DAN STRATEGI PENGEMBANGAN KONSERVASI TUMBUHAN

Tingkat endemisitas dan keragaman tumbuhan yang sangat tinggi bersama dengan tingkat gangguan yang besar menjadi tantangan dan sekaligus peluang dan justifikasi kuat untuk mengembangkan program-program besar konservasi di Indonesia (Widyatmoko, 2015b). Pengembangan konservasi secara modern dengan penerapan sains dan teknologi yang sesuai, dengan melibatkan partisipasi berbagai institusi dan kawasan-kawasan konservasi (baik *in situ* maupun *ex situ*) akan menjamin perlindungan jangka panjang terhadap keanekaragaman tumbuhan dan pada gilirannya membuka peluang pemanfaatan secara berkelanjutan (CI, 1999; Lee *et al.*, 2001; Widyatmoko, 2009; Widyatmoko & Risna, 2017).

Tantangan Pengembangan Konservasi Tumbuhan di Indonesia

Agar sumberdaya tumbuhan bisa dikelola secara berkelanjutan, perlu dirumuskan arah dan strategi pengembangan yang tepat ke depan. Perumusan arah harus didasarkan pada pemahaman dan pertimbangan-pertimbangan pada aspek-aspek strategis berikut. *Pertama*, keanekaragaman tumbuhan (termasuk tumbuhan langka) merupakan modal dan entitas yang sangat penting bagi Indonesia dan bahkan umat manusia. *Kedua*, kepunahan spesies dan populasi merupakan kerugian yang sangat besar untuk mewujudkan kemakmuran bangsa. *Ketiga*, kompleksitas dan keragaman hayati dan biologi merupakan hal yang positif karena mengandung pilihan-pilihan pemanfaatan ke depan. *Keempat*, evolusi merupakan proses alamiah yang positif agar tumbuhan (makhluk hidup) bisa beradaptasi dan sintas terhadap perubahan. *Kelima*, keanekaragaman tumbuhan memiliki nilai-nilai intrinsik dan manusia tidak berhak merusak nilai/kekayaan tersebut.

Aksi Konservasi Harus Memiliki Justifikasi Kuat

Justifikasi pentingnya melakukan konservasi bisa didasarkan pada banyak aspek. Dari aspek pragmatik, aksi konservasi bisa digunakan untuk menggalang dana program konservasi dan aksi-aksi konservasi harus memberikan dampak simpati yang kuat pada masyarakat agar mereka mau terlibat. Dari aspek potensial, keberadaan keanekaragaman flora bisa menyediakan sumberdaya yang berkelanjutan, memberikan kesempatan untuk menjawab berbagai fenomena alam melalui kegiatan-kegiatan ilmiah, serta menjaga integritas dan meningkatkan keragaman lingkungan (Myers *et al*, 2000; Marggraf, 2005). Walaupun dari aspek moral/etika, menyelamatkan spesies dari ancaman kepunahan merupakan perbuatan mulia, tetapi biaya, waktu dan kapasitas selalu menjadi pembatas aksi konservasi, sehingga penetapan spesies prioritas konservasi harus dilakukan. Aspek pemanfaatan secara berkelanjutan bisa menjadi justifikasi kuat melakukan intervensi atau aksi konservasi (Widyatmoko, 2018). Walaupun berdasarkan nilai-nilai *intangiblenya* keanekaragaman flora mempunyai peran vital bagi kehidupan, termasuk peran dalam jejaring kehidupan dan penyediaan manfaat yang dikandungnya, penyusunan spesies prioritas yang lebih mendasarkan pada nilai-nilai *tangible* juga diperlukan dalam kondisi sumberdaya yang terbatas.

Faktor-Faktor Yang Mengancam Keanekaragaman Tumbuhan Harus Dikelola

Terdapat dua jenis ancaman terhadap keanekaragaman tumbuhan, yaitu ancaman utama (umum) dan ancaman minor (spesifik). Ancaman utama meliputi konversi dan kehilangan habitat, baik untuk pembangunan tempat tinggal, industri, pertanian dan perkebunan, pemanenan berlebihan, katastrofi (banjir, kebakaran) serta perubahan iklim global. Ancaman minor terdiri atas pemanenan untuk makanan, kayu bakar, tujuan-tujuan hortikultur, serta gangguan spesies asing invasif, dan meningkatnya penyebaran penyakit. Namun perlu dipahami bahwa sinergi dari ancaman-ancaman tersebut bisa meningkatkan keseriusan dampak. Data biologi lebih berkaitan langsung dengan kondisi ekologi atau kesehatan suatu ekosistem daripada data kimia. Untuk itu, karakter biota seperti keberadaan spesies atau kelimpahannya dapat menjadi petunjuk kuat adanya perubahan status atau kondisi suatu lingkungan.

Kekayaan flora Indonesia secara nyata menghadapi ancaman yang sangat serius dan perlu mendapat perhatian dari berbagai pihak. Berbagai spesies flora menghadapi kepunahan yang disebabkan oleh berbagai aktivitas manusia, seperti eksploitasi yang jauh melebihi daya regenerasinya (seperti Ulin, Meranti dan Gaharu), konversi lahan alami secara masif untuk pemukiman dan industri, ekspansi lahan perkebunan, pertanian dan industri, pembalakan liar, serta pembabatan dan pembakaran hutan. Perubahan tata guna lahan secara umum nampak berperan sangat besar dalam kemerosotan keanekaragaman hayati Indonesia. Sumatra telah kehilangan sekitar 10 juta ha hutan dataran rendah antara 1980 dan 2000 dengan laju

deforestasi tahunan mencapai 0.91% (WRI, 2008). Laju deforestasi di pulau-pulau juga telah meningkat secara dramatis, terutama sejak tahun 1997 karena terjadinya krisis ekonomi dan politik pada saat itu.

Kerusakan Dan Penyusutan Ekosistem Alami Harus Ditangani Oleh Berbagai Pihak

Penyusutan terjadi pada seluruh fungsi hutan, tetapi paling tinggi nampak pada hutan produksi dan relatif kecil pada hutan konservasi. Penyusutan luasan hutan di berbagai bioregion (terutama Kalimantan, Sumatra, Sulawesi, dan Papua) diikuti oleh perubahan/penurunan penutupan hutan secara signifikan. Sebaliknya, pada bioregion yang lain luas kawasan hutan sedikit bertambah karena ada penambahan luas hutan lindung dan hutan konservasi. Widyatmoko, Suidiana & Sukara (2016), Usmani *et al* (2017), dan Widyatmoko *et al* (2017) menyajikan hasil penelitian dan membahas tentang tantangan dalam melakukan revegetasi pada lahan marginal di Indonesia dengan menggunakan tumbuhan asli Indonesia.

Perubahan Iklim Harus Ditangani Secara Integratif

Salah satu dampak nyata dari kegiatan manusia pada era revolusi industri adalah terjadinya perubahan iklim (*climate change*) sebagai akibat dari peningkatan secara dramatis emisi gas rumah kaca ke atmosfer, terutama karbondioksida (CO₂). Gas CO₂ berperan sebagai perangkap panas di atmosfer, sehingga menyebabkan pemanasan global dan perubahan iklim. Peningkatan CO₂ secara tajam terjadi terutama akibat pembakaran bahan bakar fosil dan deforestasi secara masif dan terus menerus di daerah tropika. Fenomena ini seharusnya dapat menyadarkan masyarakat dunia untuk melakukan upaya adaptasi dan mitigasi perubahan iklim secara serius (IPCC, 2013). Indonesia telah meratifikasi konvensi perubahan iklim melalui UU RI Nomor 6 Tahun 1994 dan Protokol Kyoto melalui UU RI Nomor 17 Tahun 2004. Penanganan perubahan iklim harus terintegrasi dengan upaya pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) dan komitmen global harus digalang untuk menurunkan konsentrasi gas rumah kaca di atmosfer sampai tingkat tertentu sehingga berbagai ekosistem dapat beradaptasi terhadap perubahan ini (Widyatmoko *et al.*, 2013). Pembangunan kebun raya baru di Indonesia merupakan salah satu kontribusi Indonesia yang penting bagi penanganan perubahan iklim di dunia.

Strategi Pengembangan Konservasi Tumbuhan Secara Ex Situ

Agar efektif, strategi konservasi tumbuhan Indonesia harus dilakukan secara inklusif dan komprehensif, baik melalui konservasi *in situ* maupun *ex situ*. Dalam makalah ini strategi difokuskan pada pendekatan *ex situ*, sebagai strategi komplementer.

Pengembangan Kebun Raya Daerah

Mengingat tingkat dan luasnya kerusakan yang terjadi di berbagai kawasan konservasi *in situ* di Indonesia, diperlukan strategi konservasi *ex situ* yang komplementer dan efektif, yaitu melalui pembangunan kebun raya daerah berbasis ekoregion, dan ini sejalan dengan Target 5 Aichi Targets. Indonesia benar-benar berpacu dengan waktu untuk menyelamatkan keanekaragaman tumbuhannya. Konservasi *ex situ* dalam bentuk kebun raya merupakan benteng terakhir konservasi tumbuhan Indonesia terancam kepunahan, endemik atau berpotensi ekonomi, yang di habitat alaminya sudah sangat terancam atau bahkan telah punah (Widyatmoko, 2015b). Konservasi *ex situ* dalam bentuk kebun raya dirancang menjadi *best practice* dalam pengelolaan keanekaragaman tumbuhan karena mampu menjembatani antara kepentingan konservasi dan kebutuhan ekonomi. Keberadaan kebun raya makin diperlukan ke depan karena bersifat permanen atau tidak bisa dialihfungsikan menjadi peruntukan lainnya dan ini menjamin kepastian pengelolaan untuk jangka panjang (Perpres No. 93/2011).

Pendekatan ilmiah yang implementatif untuk mengkonservasi keanekaragaman tumbuhan Indonesia adalah melalui pembangunan kebun raya di setiap tipe ekoregion (Widyatmoko, 2015b; Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko, 2017c). Pendekatan ekoregion merupakan pendekatan yang dinilai sesuai dengan karakteristik dan kondisi Indonesia, karena dapat memadukan kepentingan konservasi dengan kebutuhan ekonomi. Pendekatan ekoregion memandang ekosistem dalam konteks yang lebih luas, yaitu meliputi aspek keterkaitan dan ketergantungan (interconnectedness), interaksi, karakteristik dan dinamika antar ekosistem, serta dengan memperhatikan nilai-nilai dan aspirasi masyarakat lokal dalam pemanfaatan sumberdaya alam sehingga mendorong pemberdayaan masyarakat (Widyatmoko, 2016a). Pendekatan ini juga sejalan dengan substansi Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Berdasarkan pendekatan ekoregion ini wilayah geografis dibedakan berdasarkan ciri-ciri atau karakteristik iklim, tanah, air, flora dan fauna asli, serta pola interaksi manusia dengan alam dan Indonesia dibagi menjadi 47 tipe ekoregion. Dengan mengonservasi tumbuhan pada tipe ekoregion yang sama maka keberhasilan koleksi akan jauh lebih besar.

Hingga akhir 2018, terdapat 37 kebun raya yang terdiri atas 5 Kebun Raya di bawah LIPI, 30 Kebun Raya Pemerintah Daerah, dan 2 Kebun Raya di bawah pengelolaan Perguruan Tinggi. Jumlah tersebut baru mampu merepresentasikan 17 tipe ekoregion. Kebun Raya yang berada di bawah pengelolaan LIPI saat ini baru mampu mengkonservasi sekitar 28,5% tumbuhan terancam Indonesia (Widyatmoko, 2017c; Widyatmoko *et al.*, 2018). Oleh karena itu, LIPI perlu menjalin kerjasama dengan pemerintah daerah kabupaten, kota dan provinsi, perguruan tinggi, maupun swasta untuk membangun kebun raya daerah (KRD). LIPI juga menjalin kerjasama dengan Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR) terkait infrastruktur pendukung Kebun Raya. Sesuai amanat Peraturan Presiden Nomor 93 Tahun 2011 tentang Kebun Raya, peran LIPI adalah sebagai lembaga pembina dan pengawas yang mendukung aspek substansial perkebunrayaan, meliputi pengayaan koleksi dan pembinaan SDM perkebunrayaan (termasuk jabatan fungsional perkebunrayaan). Kementerian PUPR bertugas memfasilitasi pembangunan infrastruktur pendukung Kebun Raya, sedangkan Pemerintah Daerah, Perguruan Tinggi, dan/atau swasta merupakan pemilik yang harus menyediakan SDM pengelola, berbagai sarana prasarana penunjang, dan biaya penyelenggaraan kebun raya secara berkesinambungan.

Penetapan Spesies Prioritas Dan Strategi Dan Rencana Aksi Konservasi

Pemahaman mengenai pentingnya keanekaragaman tumbuhan bagi kehidupan dan pentingnya tingkat keterancamannya menjadi landasan untuk menyusun program-program prioritas dan harus menjadi agenda nasional lintas sektoral. Berbagai usaha harus dilakukan untuk menyelamatkan berbagai spesies tumbuhan. Banyak di antaranya telah sangat merosot populasinya, sebagian lainnya telah kehilangan sebagian besar habitatnya, dan sebagian lagi bahkan telah kehilangan sebagian besar populasi maupun habitatnya.

Walaupun IUCN Red List telah menjadi referensi secara global dalam penetapan spesies prioritas untuk konservasi (Schmeller *et al.* 2008; Rodriguez *et al.* 2004), metode ini sebenarnya bukan dirancang untuk menetapkan spesies prioritas, melainkan lebih sebagai salah satu instrumen penilaian risiko kepunahan spesies (Risna *et al.*, 2010; Irawati & Widyatmoko, 2012). IUCN Red List bersifat global yang tidak selalu mencerminkan kebutuhan konservasi secara aktual dan juga tidak selalu menjadi prioritas konservasi suatu negara (Schmeller *et al.*, 2008; Risna *et al.*, 2010). Oleh karena itu, penetapan spesies prioritas konservasi yang sudah dikembangkan oleh Indonesia melalui Kebun Raya Bogor - LIPI harus terus diimplementasikan untuk suku-suku lainnya yang belum dinilai. Selain itu, peninjauan ulang secara periodik terhadap status konservasi spesies-spesies yang telah dinilai harus dilakukan agar sumber daya yang tersedia bisa difokuskan untuk mengkonservasi spesies yang paling

membutuhkan atau memerlukan aksi intervensi segera. Untuk mempermudah proses penilaian, sistem pendukung berbasis daring (*online*) harus segera dikembangkan agar proses penilaian lebih banyak melibatkan *expertise*.

Pengayaan Keragaman Koleksi

Pengayaan koleksi Kebun Raya merupakan strategi penting untuk mengkonservasi tumbuhan langka atau asli Indonesia. Untuk itu, penguatan sistem *data base* koleksi spesies-spesies tumbuhan langka Indonesia perlu dilakukan secara paralel dengan upaya eksplorasi ke area-area yang belum banyak diteliti (*low collection rate*). Data sebaran alami populasi sangat diperlukan agar pengoleksian spesies tumbuhan bisa efektif dan tidak terjadi banyak duplikasi spesimen karena mengoleksi pada area dengan tipe ekosistem yang sama (Widyatmoko, 2011a; Widyatmoko, 2012; Rozak, Astutik, Mutaqien, Widyatmoko, & Sulistyawati, 2016; Rozak, Astutik, Mutaqien, Widyatmoko, & Sulistyawati, 2017).

Pengayaan keragaman koleksi juga harus dilakukan dengan membangun jaringan koleksi kebun raya di seluruh Indonesia dan juga kebun raya dunia. Pada tahun 2002, *Botanic Gardens Conservation International* (BGCI) telah merilis *PlantSearch Data*, yaitu data koleksi tumbuhan kebun raya di seluruh dunia yang bisa diakses oleh masing-masing kebun raya. Kebun Raya LIPI bersama dengan 855 kebun raya lain di dunia telah terhubung dengan *BGCI PlantSearch Data* sehingga memudahkan pertukaran informasi koleksi, terutama koleksi terancam kepunahan. Pada saatnya, koleksi tumbuhan di 37 KRI harus dapat terintegrasi dengan jaringan *PlantSearch Data* untuk kepentingan bersama, termasuk pengayaan koleksi (BGCI, 2012).

Pengayaan koleksi kebun raya selama ini dilakukan melalui kegiatan eksplorasi ke berbagai area konservasi dan hutan lindung di seluruh Indonesia (Widyatmoko, 2010b; Widyatmoko, 2012; Widyatmoko, 2014; Widyatmoko, 2015a). Agar lebih efektif, untuk 10 tahun ke depan, fokus eksplorasi perlu dilakukan di hutan-hutan alam di sekitar kebun raya di seluruh Indonesia dan pulau-pulau kecil agar flora lokal, endemik atau langka bisa terkonservasi secara efektif. Dengan demikian semua kebun raya bisa berperan dan berbagi tugas berdasarkan tipe ekoregionnya (Widyatmoko, 2010b; Widyatmoko, 2010c, Widyatmoko & Ariati, 2010; Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko, 2017c). Pada intinya, sepuluh tahun ke depan kegiatan eksplorasi perlu diarahkan pada lokasi-lokasi sebaran spesies-spesies terancam kepunahan Indonesia agar jumlah spesies langka atau endemik yang terkonservasi secara *ex situ* naik secara signifikan dalam upaya mencapai Target 8 Global Strategy For Plant Conservation (GSPC-CBD). GSPC menetapkan 16 sasaran untuk bisa dicapai pada tahun 2010-2020. Dalam kaitannya dengan tugas dan fungsi Kebun Raya, dalam Sasaran 8 GSPC diamanatkan bahwa: *75% spesies tumbuhan terancam kepunahan dikoleksi secara ex situ dan 20% di antaranya dimasukkan dalam program-program pemulihan dan restorasi*.

Berbagai referensi ilmiah perlu dianalisis untuk menemukan lokasi-lokasi spesies langka, termasuk hasil dan laporan survei ilmiah, *herbarium records*, dan IUCN Red List. Target pengayaan koleksi dapat dilengkapi dengan provenan spesies terancam kepunahan (terutama untuk tujuan *genetic mapping*), spesies lokal (*landraces*) bernilai ekonomi tinggi, dan kerabat liar (*wild relatives*) agar bank plasma nutfah untuk pemuliaan dan perbaikan sifat-sifat tanaman tersedia (Widyatmoko, 2011a; Widyatmoko, 2016a). Penataan koleksi tumbuhan dengan pola taman-taman tematik dapat dilakukan untuk lebih meningkatkan nilai pendidikan dan mendorong penelitian tumbuhan langka. Pembangunan taman tematik tumbuhan langka, sebagai contoh, telah dilakukan di Kebun Raya Balikpapan dengan membangun Taman Tumbuhan Obat, Taman Meranti, Taman Ulin, Taman Pelawan, Taman Kenanga, Taman Bintawa, Taman Banggeris, dan Taman Anggrek. Taman-taman tematik di Kebun Raya dapat mengangkat keunggulan dan keanekaragaman flora lokal dengan menekankan pada spesies-spesies langka.

Taman-taman tematik di setiap kebun raya harus dirancang menggunakan tumbuhan langka, endemik atau lokal agar kualitas dan nilai koleksi terhadap upaya konservasi di setiap kebun raya meningkat, dan pada gilirannya secara kumulatif dapat meningkatkan secara signifikan jumlah tumbuhan langka terkonservasi di Kebun Raya Indonesia. Jumlah taman tematik terbangun di Kebun Raya Daerah hingga akhir tahun 2017 mencapai 57 dan ini merupakan potensi besar untuk mengkonservasi tumbuhan langka.

Pembangunan dan Pengembangan Bank Biji Modern

Pengembangan bank biji harus dilakukan di seluruh kebun raya di Indonesia ke depan, baik kebun raya nasional maupun daerah, agar kapasitas mengkonservasi keanekaragaman tumbuhan Indonesia bisa meningkat secara signifikan, terutama tumbuhan yang terancam kepunahan. Dalam Artikel 9 CBD, kebun raya diamanatkan untuk membangun dan mengelola koleksi plasma nutfah dalam bentuk bank biji, bank data, fasilitas kultur jaringan, dan program pemulihan spesies. Bank Biji Kebun Raya Bogor dirancang menjadi model pengembangan konservasi biji secara *ex situ* untuk Indonesia. Kebun raya daerah yang telah diresmikan perlu merencanakan pembangunan bank bijinya (dengan supervisi KRB) agar segera dapat berbagi tugas konservasi. Strategi konservasi dengan menggunakan bank biji akan semakin penting bagi Indonesia, karena terbatasnya area *ex situ* untuk mengkonservasi keanekaragaman tumbuhan Indonesia yang sangat banyak. Bank biji secara umum tidak perlu memerlukan area yang luas seperti jika koleksi ditumbuhkan di kebun berupa pohon, tetapi tetap mampu mengonservasi keanekaragaman spesies yang sangat tinggi karena ukuran yang kecil dari biji, polen, spora maupun propagule lainnya.

Bank Biji Kebun Raya Bogor merencanakan pemasangan fasilitas kriopreservasi pada tahun 2019 untuk mengelola viabilitas biji-biji yang dikoleksi agar dapat dipertahankan dalam jangka panjang sehingga meningkatkan aspek ketersediaan dan kemanfaatan biji. Selain itu penambahan sarana penunjang dan pelatihan SDM yang berkualitas juga diperlukan agar target penambahan dan mutu koleksi biji tumbuhan langka dari waktu ke waktu bisa ditingkatkan. Untuk itu, kerjasama dalam pengembangan bank biji dengan Kew Botanic Garden yang telah terbangun perlu terus diperkuat.

Spesies-spesies langka, endemik atau lokal yang berada di dekat lokasi bank biji (Kebun raya) harus menjadi prioritas utama untuk segera dikoleksi agar efisien dengan mempertimbangkan masa berbunga dan berbuah spesies target yang berbeda-beda. Jumlah koleksi biji dari setiap spesies harus dalam jumlah yang cukup sehingga fungsi bank biji sebagai penyedia material yang layak bagi program reintroduksi dan pengembangan koleksi dapat dijalankan.

Reintroduksi dan Restorasi Tumbuhan Langka

Untuk meningkatkan keberhasilan program reintroduksi, penyusunan panduan reintroduksi tumbuhan langka berdasarkan pengalaman pelaksanaan kegiatan reintroduksi yang pernah dilakukan mendesak untuk dilakukan (Ahmad, Setiadi, & Widyatmoko, 2013; Widyatmoko *et al*, 2018). Karena program reintroduksi sangat bergantung kepada ketersediaan bibit (langka), maka diperlukan pengetahuan mengenai perbanyakan yang efektif dan efisien dari spesies-spesies prioritas yang akan direintroduksi. Sebelum pelaksanaan penanaman, komitmen pihak pengelola kawasan/lokasi di mana reintroduksi dilaksanakan harus diperoleh terlebih dahulu agar bibit-bibit yang tertanam dapat terpelihara dan termonitor dengan baik dan akhirnya memiliki kesintasan yang baik. Keberadaan spesies-spesies invasif atau asing sangat berpengaruh terhadap kesintasan tumbuhan asli (Abywijaya, Hikmat, & Widyatmoko, 2014). Agar berhasil, banyak aspek harus dipertimbangkan dalam pelaksanaan reintroduksi dan restorasi, termasuk proses penyiapan dan pengangkutan bibit dan kesesuaian antara karakteristik spesies yang direintroduksi dengan kondisi lokasi reintroduksi/restorasi (Nuraeni,

Setiadi, & Widyatmoko, 2014). Selain itu, monitoring secara berkala dan evaluasi diakhir pelaksanaan program harus dilakukan secara konsisten, agar diketahui faktor-faktor pendukung dan penghambat keberhasilan program reintroduksi (Ahmad, Setiadi, & Widyatmoko, 2013).

Perbanyak dan Domestikasi Tumbuhan

Strategi konservasi yang efektif adalah melalui perbanyak dan domestikasi sehingga manfaat tumbuhan bisa dirasakan oleh manusia (masyarakat). Apabila masyarakat dapat merasakan manfaat dari suatu upaya konservasi, kemungkinan besar usaha konservasi tersebut akan berhasil, karena masyarakat menjadi terlibat secara aktif dan bahkan bisa menjadi pelaku aksi konservasi.

Teknologi kultur jaringan untuk memperbanyak tumbuhan langka dalam jumlah yang besar dirasakan makin strategis ke depan. Contoh upaya konservasi tumbuhan langka yang cukup berhasil telah dilakukan oleh Kebun Raya Bogor terhadap spesies-spesies *Nepenthes* (Kantong Semar) dan Anggrek. Kedua taksa yang mengalami kemerosotan populasi sangat serius di Indonesia ini telah berhasil dikulturkan oleh Kebun Raya Bogor (KRB) dan ditumbuhkan dalam botol-botol yang cantik, sehingga menarik sebagai souvenir dan sangat disukai oleh masyarakat. Sampai saat ini KRB telah berhasil memperbanyak 125 spesies anggrek, melalui teknik kultur jaringan, termasuk anggrek-anggrek terancam kepunahan.

Teknik *grafting* juga sangat bermanfaat untuk dapat memperbanyak dan mengkultivasi berbagai tumbuhan langka. *Rafflesia*, tumbuhan langka ikon Indonesia yang cara hidupnya bersifat parasit dan selama ini belum bisa ditumbuhkan secara *ex situ* (Susmianto, Widyatmoko, Adji, Utama, 2015a) ternyata bisa ditumbuhkan dengan cara *grafting* tertentu. Kebun Raya Bogor telah berhasil menumbuhkan secara buatan *Rafflesia patma*, setelah melalui usaha gigih dalam jangka panjang. Dengan hadirnya *Rafflesia* di Kebun Raya Bogor (di luar habitat alaminya), masyarakat sekarang bisa melihat dan mempelajari Bunga Padma ini setiap saat di kebun raya, dan ini menjadikan pesan-pesan konservasi mudah dipahami dan dicerna oleh masyarakat dengan efektif melalui contoh nyata. Strategi menghadirkan ikon konservasi untuk membangun kepedulian masyarakat terhadap upaya konservasi juga dilakukan KRB dengan koleksi Bunga Bangkainya (Susmianto, Widyatmoko, Adji, Utama, 2015b).

Upaya-upaya domestikasi melalui perlindungan varietas tanaman (PVT), khususnya terhadap tumbuhan-tumbuhan yang berpotensi (unggul dan menarik), menjadi strategi yang efektif untuk memanfaatkan dan merekayasa tumbuhan liar (belum bisa digunakan) agar menjadi tanaman (produk yang bermanfaat bagi kehidupan manusia). Kebun Raya Bogor telah memelopori usaha domestikasi dan perlindungan varietas tanaman ini dengan telah berhasil meluncurkan beberapa varietas unggul hasil perakitan Dr. Sri Rahayu, termasuk *Hoya* “Kusnoto”, *Aeschynanthus* “Soeka”, dan *Aeschynanthus* “Mahligai”.

Pembangunan Jejaring dan Kerjasama

Karena konservasi tumbuhan langka merupakan pekerjaan kompleks dan memerlukan kerjasama dari multi-pihak, serta dalam banyak kasus memerlukan biaya cukup besar, maka kerjasama antara pemangku kepentingan merupakan kunci utama kesuksesan program konservasi (Widyatmoko & Perrins, 2002; Widyatmoko & Rahman, 2018). Kebun Raya sebagai pusat konservasi tumbuhan *ex situ* dan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sebagai otoritas manajemen konservasi *in situ* merupakan pelaku utama yang sangat menentukan keberhasilan program konservasi tumbuhan langka di Indonesia. Dukungan dari pemerintah pusat dan daerah serta swasta sangat diperlukan, baik berupa peraturan dan regulasi, pendanaan, pendidikan dan peningkatan kepedulian masyarakat tentang arti penting konservasi tumbuhan langka Indonesia. Saat ini Kebun Raya Bogor telah menyediakan kantor sekretariat untuk mengkoordinasikan kegiatan-kegiatan SRAK dan GSPC.

INOVASI KONSERVASI TUMBUHAN INDONESIA

Agar tujuan-tujuan strategis konservasi terwujud dan dapat memberikan dampak nyata pada perbaikan kualitas dan jasa lingkungan dan pada gilirannya dapat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat, inovasi-inovasi konservasi harus dikembangkan. Faktor kebermanfaatan sangat penting karena akan mendorong partisipasi masyarakat pada program-program konservasi. Kepedulian masyarakat merupakan kunci keberhasilan dari setiap program konservasi. Berikut beberapa contoh inovasi konservasi yang dilakukan Kebun Raya Bogor.

Pembangunan Kebun Raya Daerah Berbasis Ekoregion

Keberhasilan konservasi tumbuhan secara spesifik dapat ditunjukkan salah satunya dari jumlah koleksi spesies tumbuhan terancam kepunahan di suatu kebun raya (Widyatmoko & Risna, 2009; Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko & Risna, 2017). Target 8 *Global Strategy for Plant Conservation* (GSPC-CBD 2010-2020) menyebutkan bahwa minimal 75% tumbuhan terancam kepunahan telah dikoleksi secara *ex situ* di negara asalnya, dan 20% di antaranya dimasukkan dalam program pemulihan dan restorasi. Target ini akan sulit dicapai oleh Indonesia yang merupakan negara kepulauan sangat besar dan untuk itu diperlukan strategi yang tepat untuk mempercepat capaian konservasi tumbuhan terancam kepunahannya.

Pendekatan inovatif dan ilmiah yang diterapkan Kebun Raya untuk mengkonservasi keanekaragaman hayati Indonesia adalah melalui pembangunan kebun raya di setiap tipe ekoregion (Widyatmoko, 2015b; Widyatmoko, 2015c; Widyatmoko, 2016a; Widyatmoko, 2017c). Melalui pendekatan ekoregion ini wilayah geografis dibagi menjadi 47 tipe dan dibedakan berdasarkan ciri-ciri atau karakteristik iklim, tanah, air, flora dan fauna asli, serta pola interaksi manusia dengan alam. Dengan mengkonservasi tumbuhan pada tipe ekoregion yang sama keberhasilan koleksi akan jauh lebih besar.

Hingga akhir 2018, Kebun Raya Indonesia (KRI) telah mengoleksi 122 spesies tumbuhan Indonesia terancam kepunahan atau 28.5% dari seluruh spesies terancam di Indonesia (437 spesies). Jika koleksi pembibitan di Kebun Raya dimasukkan, maka 29.2% tumbuhan terancam Indonesia telah berhasil dikonservasi secara *ex situ* (Widyatmoko *et al.*, 2018). Penerapan pembangunan kebun raya berbasis ekoregion ini telah berhasil meningkatkan capaian koleksi tumbuhan langka di KRI dari 97 spesies (24.0%) pada 2015 (Purnomo *et al.*, 2015) menjadi 122 spesies (28.5%) pada 2018 (Widyatmoko *et al.*, 2018).

Bank Biji Modern

Strategi konservasi berbentuk bank biji (*seed bank*) di kebun raya merupakan solusi inovatif agar dapat berkontribusi lebih signifikan dalam pencapaian Target 8 GSPC 2011-2020: sedikitnya 75% tumbuhan terancam kepunahan dikonservasi *ex situ*, terutama di negara asalnya. Bank biji juga merupakan upaya konservasi yang efisien karena tidak memerlukan ruang simpan yang terlalu besar untuk dapat mengkonservasi berbagai keanekaragaman tumbuhan karena biji umumnya berukuran kecil. Selain itu, teknologi penyimpanan di bank biji memungkinkan biji disimpan dalam waktu lama tanpa kehilangan viabilitas secara berarti. Koleksi biji yang disimpan di Bank Biji Kebun Raya Bogor merupakan koleksi *complementary* (duplikat dari koleksi tumbuhan di kebun), *supplementary* (koleksi biji yang berasal dari hutan/habitat alami), dan koleksi aktif (koleksi biji yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan masyarakat/konsumen, seperti penelitian, reintroduksi, restorasi, revegetasi dan pembangunan kebun raya baru). Bank Biji Kebun Raya memiliki tugas utama untuk mengonservasi biji-biji tumbuhan Indonesia yang langka dan berpotensi, non komoditas pertanian, perkebunan maupun timber/kehutanan.

Bank Biji Kebun Raya Bogor saat ini baru memiliki 894 aksesi yang mencakup 543 spesies, 334 genera dan 115 suku (kurang dari 1% kekayaan flora Indonesia). Peningkatan sarana penunjang dan kapasitas serta jumlah sumberdaya manusia sangat diperlukan agar

jumlah spesies biji tumbuhan langka yang dikonservasi di Kebun Raya bisa ditingkatkan (Widyatmoko & Risna, 2017). Saat ini terdapat 41 spesies koleksi Bank Biji KRB berstatus langka, termasuk satu spesies berstatus Gending (*Canarium kipella*) dan empat spesies bernilai ekonomi tinggi berstatus Rentan (*Eusideroxylon zwageri*, *Dalbergia odorifera*, *Intsia bijuga*, dan *Pterocarpus indicus*).

Reintroduksi Tumbuhan Terancam Kepunahan

Reintroduksi tumbuhan langka merupakan program strategis konservasi yang relatif baru di Indonesia dan Kebun Raya Bogor merupakan pelopor program ini (Widyatmoko, 2003; Widyatmoko & Dodo, 2007; Widyatmoko, 2009; Widyatmoko & Risna, 2009; Rahman dkk., 2011). Sebanyak 10 spesies tumbuhan langka Indonesia dengan total 9.970 bibit telah dikembalikan ke habitat alaminya di Jawa dan Sumatra oleh Kebun Raya Bogor (Widyatmoko, 2009; Widyatmoko & Risna, 2017) dan Kebun Raya Cibodas (Rahman, Kurniawati, Iskandar, Hidayat, Widyatmoko & Ariati, 2011), Tabel 3. Persentase kesintasan bibit dari spesies-spesies yang direintroduksi mencapai lebih 50% namun hasil monitoring di Taman Nasional Bukit Duabelas dan Taman Nasional Ujung Kulon memperlihatkan kesintasan cukup rendah, yaitu masing-masing sebesar 33% dan 30% (Robiansyah *et al*, 2018).

Program monitoring yang berkelanjutan dan perbaikan metode reintroduksi sangat diperlukan agar kesintasan bibit yang direintroduksi dapat lebih ditingkatkan (Rahman, Kurniawati, Iskandar, Hidayat, Widyatmoko & Ariati, 2011; Ahmad, Setiadi, & Widyatmoko, 2013). Pelaksanaan reintroduksi dan monitoring tumbuhan di daerah tropis menjadi tantangan besar bagi institusi-institusi konservasi di kawasan ini karena memerlukan upaya dan komitmen yang tinggi, termasuk menjaga keberlanjutan fungsi dan tata guna lahan, faktor kompetisi dan pertumbuhan gulma yang sangat cepat, serta adanya predasi, hama, dan gangguan manusia (Widyatmoko, 2003; Widyatmoko & Dodo, 2007; Widyatmoko, 2009).

Tabel 3. Program reintroduksi tumbuhan langka yang dilakukan oleh Kebun Raya Bogor – LIPI

Tahun	Spesies yang direintroduksi	Lokasi reintroduksi	Jumlah bibit direintroduksi
2005	<i>Pinanga javana</i> Blume (Pinang Jawa)	TN Gunung Halimun Salak, Jawa Barat	5.200
2006	<i>Calamus manan</i> Miq. (Rotan Manau)	TN Bukit Dua Belas, Jambi	670
2007	<i>Alstonia scholaris</i> (L.) R.Br. (Pule/Lame)	TN Ujung Kulon, Banten	1.000
2007	<i>Parkia timoriana</i> (DC.) Merr. (Kedawung)	TN Meru Betiri, Jawa Timur	1.000
2009	<i>Intsia bijuga</i> (Colebr.) O. Kuntze (Merbau)	TN Ujung Kulon, Banten	500
2009	<i>Diospyros macrophylla</i> Blume (Ki Calung)	TN Ujung Kulon, Banten	100
2009	<i>Stelechocarpus burahol</i> (Bl.) Hook. F. & Thomson (Kepel)	TN Ujung Kulon, Banten	400
2014	<i>Vatica bantamensis</i> Benth. & Hook.f. (Kokoleceran)	TN Ujung Kulon, Banten	100
2014	<i>Heritiera percoriacea</i> Kosterm.	TN Ujung Kulon, Banten	500
2014	<i>Diospyros macrophylla</i> Blume	TN Ujung Kulon, Banten	500

Penentuan Spesies Prioritas untuk Aksi Konservasi

Penentuan spesies prioritas konservasi merupakan pendekatan solutif karena keterbatasan sumber dana dan tenaga sedangkan jumlah spesies tumbuhan yang harus dikonservasi sangat banyak. Prioritisasi spesies untuk aksi konservasi juga perlu dilakukan dalam rangka efektivitas kegiatan dan alokasi sumber dana yang terbatas. Penentuan spesies prioritas menempatkan IUCN Plant Redlist hanya sebagai salah satu instrumen referensi, bukan sebagai penentu untuk aksi konservasi. Dengan menggunakan metode *point-scoring*, panel pakar dalam serangkaian workshop melakukan penilaian prioritas terhadap spesies-spesies dari enam famili yaitu Arecaceae, Cyatheaceae, Nepenthaceae, Orchidaceae (Risna *et al.*, 2010), serta Dipterocarpaceae dan Thymelaeaceae (dalam penyusunan). Penilaian didasarkan pada 17 kriteria yang dikelompokkan berdasarkan pada faktor keunikan taksonomi dan geografis, status populasi, ancaman, kerawanan/kerentanan, potensi propagasi, serta *nilai manfaat dari spesies target*. Berdasarkan penilaian ini, teridentifikasi 164 spesies tumbuhan Indonesia yang memerlukan aksi konservasi segera karena menghadapi keterancaman yang tinggi. Untuk mendukung proses prioritisasi ini, telah terbit Prekursor Buku Daftar Merah Indonesia I yang berisi status konservasi nasional 50 spesies kayu komersial (Yulita *et al.* 2017).

Setelah sebelumnya hanya kelompok fauna yang memiliki strategi dan rencana aksi konservasi (SRAK), kini *Rafflesia* dan *Amorphophallus* telah menjadi dua taksa tumbuhan Indonesia pertama yang memiliki SRAK (Susmianto, Widyatmoko, Adji, Utama, 2015a; Susmianto, Widyatmoko, Adji, Utama, 2015b). Dengan memiliki payung hukum berupa Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan, maka SRAK dua flora maskot Indonesia ini menjadi acuan program dan aksi implementasi nyata untuk pengelolaan konservasi kedua flora identitas Indonesia ini sampai dengan 2025.

Pendidikan Lingkungan

Dengan total kunjungan wisatawan hampir mencapai tiga juta per tahun, termasuk sekitar 300.000 pelajar, Kebun Raya Indonesia menjadi pusat informasi yang sangat strategis untuk menyampaikan informasi mengenai arti penting tumbuhan bagi kehidupan. Untuk mendukung upaya ini, sejumlah program telah dikembangkan oleh kebun raya, seperti penjelajahan kebun raya secara mandiri melalui Program Jawara (Jelajah, Wisata, dan Belajar di Kebun Raya), pembuatan papan dan *display* informasi koleksi secara menarik, pelaksanaan pameran-pameran, paket-paket pendidikan wisata flora, pemagangan, dan penelitian (Widyatmoko, 2010a). Selain itu, informasi tumbuhan juga ditampilkan melalui media daring, termasuk website (<http://www.krbogor.lipi.go.id>), dan facebook fan page, dalam upaya memperluas jangkauan pengguna dan dampak dari informasi yang disebarkan (Widyatmoko & Risna, 2017).

Program Pendidikan Lingkungan Kebun Raya telah dibuat menjadi lebih edukatif dan inspiratif untuk menyampaikan pesan-pesan lingkungan secara efektif. Inovasi substansi pendidikan lingkungan diperbarui dari waktu ke waktu meliputi *display* baru, souvenir dan *leaflet* edukatif baru, serta audio visual dan diorama baru. Melalui pembaruan substansi-substansi pendidikan, pesan-pesan konservasi lingkungan bisa disampaikan secara lebih informatif dan efektif. Penggunaan substansi pendidikan yang inspiratif yang dikombinasikan dengan penggunaan koleksi hidup kebun raya sebagai *template* dapat menstimulasi rasa ingin tahu generasi muda untuk menciptakan penemuan-penemuan di kemudian hari.

KESIMPULAN

Ilmu dan manajemen konservasi (termasuk pendidikan konservasi) merupakan basis ilmiah yang sangat diperlukan Indonesia untuk mengelola kekayaan hayatinya yang sangat berharga. Indonesia sangat memerlukan strategi konservasi tumbuhan yang efektif dan implementatif, sesuai dengan kondisi dan karakteristik geografi, keanekaragaman hayati dan

tingkat endemisitasnya yang tinggi. Konservasi *ex situ* tumbuhan dalam bentuk kebun raya menjadi semakin strategis ke depan karena mampu mensinergikan antara kepentingan dan misi konservasi dengan kebutuhan ekonomi. Karakteristik kebun raya yang mudah diakses dan dimanfaatkan oleh berbagai pihak dapat membangun komitmen kolektif masyarakat untuk konservasi.

Inovasi-inovasi konservasi perlu terus dikembangkan agar tujuan strategis konservasi terwujud dan dapat memberikan dampak nyata pada perbaikan kualitas dan jasa lingkungan, dan pada gilirannya dapat dirasakan manfaatnya oleh masyarakat. Faktor kebermanfaatan sangat penting karena bisa mendorong keterlibatan masyarakat secara aktif pada program-program konservasi, dan kepedulian masyarakat merupakan kunci keberhasilan dari setiap program konservasi. Untuk itu, *engagement* masyarakat (terutama stakeholders utama) sejak dari tahap perencanaan sampai dengan tahap implementasi harus dikelola dan ini memerlukan komitmen kuat dari berbagai pihak.

Strategi konservasi dalam bentuk bank biji akan semakin penting bagi Indonesia ke depan, karena terbatasnya area *ex situ* untuk mengkonservasi keanekaragaman tumbuhan Indonesia yang sangat banyak. Pengembangan bank biji harus dilakukan di seluruh kebun raya di Indonesia ke depan agar kapasitas mengkonservasi keanekaragaman tumbuhan Indonesia bisa meningkat secara signifikan, terutama tumbuhan yang terancam kepunahan dari masing-masing ekoregion. Penetapan spesies prioritas untuk aksi konservasi merupakan solusi logis untuk meningkatkan efektivitas program konservasi di Indonesia dan menyalahi keterbatasan sumberdaya untuk mengkonservasi seluruh spesies. Indonesia memiliki keanekaragaman spesies tumbuhan yang sangat tinggi, tetapi saat ini baru 28.5% dari sekitar 437 spesies tumbuhan terancam kepunahannya bisa dikonservasi di Kebun Raya. Untuk itu masih terbuka peluang luas untuk mengkonservasi secara *ex situ* lebih banyak lagi tumbuhan langka Indonesia dalam rangka penelitian dan pemanfaatannya secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abywijaya, I. K., Hikmat, A. & Widyatmoko, D. 2014. Keanekaragaman dan pola sebaran spesies tumbuhan asing invasif di Cagar Alam Pulau Sempu, Jawa Timur. *Jurnal Biologi Indonesia* 10 (2): 221-235. ISSN: 0854-4425.
- Afrianto, W. F., Hikmat A. & Widyatmoko, D. 2016. Komunitas floristik dan suksesi vegetasi setelah erupsi 2010 di Gunung Merapi Jawa Tengah. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol. 12 (2): 265-276.
- Ahmad, T. L. S., Setiadi, D. & Widyatmoko, D. 2013. Kajian pemilihan jenis tumbuhan untuk restorasi hutan berdasarkan beberapa parameter fotosintesis. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol 9 (2): 233-243. ISSN: 0854-4425.
- Botanic Gardens Conservation International (BGCI). 2012. The Role of Botanic Gardens in Plant Conservation. Kew, United Kingdom.
- Budiharta, S., Widyatmoko, D., Irawati, Wiriadinata, H., Rugayah, Partomihardjo, T., Ismail, Uji, T., Keim, A. P. & Wilson, K. A. 2011. The processes that threaten Indonesian plants. *Oryx* 45 (2): 172-179. Cambridge University Press. ISSN: 0030-6053 (printed). E-ISSN: 1365-3008 (electronic).
- Burgman, M. A., Keith, D., Hopper, S. D., Widyatmoko, D., and Drill, C. 2007. Threat syndromes and conservation of the Australian flora. *Biological Conservation* 134 (1): 73-82.
- Conservation International (CI), 1999. The Irian Jaya Biodiversity Conservation Priority-Setting Workshop: Final Report. Conservation International, Washington, D. C.
- Davies, T. J., Smith, G. F., Bellstedt, D. U., Boatwright, J. S., Bytebier, B., Cowling, R. M., Forest, F., Harmon, L. J., Muasya, A. M., Schrire, B. D., Steenkamp, Y., van der Bank, M., Savolainen, V. 2011. Extinction risk and diversification are linked in a plant biodiversity hotspot. *PLoS Biology* 9 (5): 1-9.
- Deb, J. C., Phinn, S., Butt, N., & McAlpine, C.A. 2017. The Impact of Climate Change on the Distribution of two Threatened Dipterocarp Trees. *Ecology and Evolution* 7 (7): 2238-2248.
- Departemen Kehutanan Republik Indonesia. 2003. Taman Nasional di Indonesia. Departemen Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta.

- Fakhrozi, I., Hikmat, A., & Widyatmoko, D. 2013. Konservasi ex situ *Mangifera casturi* Kosterm berbasis masyarakat: studi kasus di Kabupaten Indragiri Hilir, Provinsi Riau. *Jurnal Biologi Indonesia* 9 (1): 141-151.
- Genovesi, P., Carnevali, L., & Scalera, R. 2015. The Impact of Invasive Alien Species on Native Threatened Species in Europe. Technical Report for the European Commission. ISPRA – ISSG, Rome.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 2013. Climate Change 2013: The Physical Science Basis: Summary for Policymakers. WMO-UNEP.
- Irawati & Widyatmoko, D. 2012. Priority Species for Indonesian Orchid Conservation. Proceedings of the 20th World Orchid Conference, Singapore, the Marina Bay Sands and Convention Centre, 13-20 November 2011.
- Irawati & Widyatmoko, D. 2018. *Biodiversity of Indonesia* (Chapter 5). Dalam: Pullaiah, T. (2018): Global Biodiversity Vol. 1: Selected Countries in Asia. Apple Academic Press Inc., Ontario. ISBN: 9781771887076.
- IUCN. 2001. IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- IUCN. 2002. IUCN Red List Categories and Criteria. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- IUCN. 2006. IUCN Red List Categories and Criteria. IUCN Species Survival Commission, Gland, Switzerland.
- IUCN. 2018. IUCN Red List of Threatened Species 2018-1. Gland, Switzerland.
- Johns, R. J., 1995. Introduction to Malesia: An Overview. *Curtis's Botanical Magazine* 12 (2): 53 – 62.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (KPPN)/BAPPENAS. 2003. Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2003-2020. Jakarta.
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional (KPPN)/BAPPENAS. 2016. Indonesian Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015-2020. Jakarta.
- Kusuma, Y. W. C., Dodo, & Widyatmoko, D. 2008. Koleksi Tumbuhan Terancam Kepunahan di Kebun Raya Bogor. *Buletin Kebun Raya Indonesia* 11(2): 33-45.
- Lee, R. J., Riley, J. & Merrill, R., 2001. Keanekaragaman Hayati dan Konservasi di Sulawesi Bagian Utara. WCS-IP bekerjasama dengan NRM dan Departemen Kehutanan RI. Jakarta.
- Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), 2013. Ubah Paradigma Pembangunan atau Indonesia Hancur. [<http://www.lipi.go.id/berita/sngle/Ubah-Paradigma-Pembangunan-atau-Indonesia-Hancur/8863>]. Diakses 21 Oktober 2018.
- MacKinnon, K., Hatta, G., Halim, H., and Mangalik, H., 1996. The Ecology of Kalimantan. Periplus Edition. Singapore.
- Marggraf, R., 2005. Global Conservation of Biodiversity from an Economic Point of View. Co-published in Valuation and Conservation of Biodiversity, Interdisciplinary Perspectives on the Convention on Biological Diversity. Markussen, M., Buse, R., Garrelts, H., Manez-Costa, M. A., Menzel, S., Marggraf, R. (eds.). Springer. Germany.
- Mittermeier, R. A., Myers, N., & Mittermeier, C. G. 1999. Hotspots Earth's Biologically Richest and Most Endangered Terrestrial Ecoregions. Emex and Conservation International.
- Mogea, J. P. & Kartikasari, S. N. 2001. Tumbuhan Langka Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi – LIPI, Bogor.
- Moosa, K. & Suharsono, 1997. Laporan Hasil Pengamatan Kondisi Terumbu Karang di Indonesia. Coremap. Jakarta.
- Myers, N., Mittermeier, R. A., Mittermeier, C. G., Da Fonseca, G. A. B. & Kent, J., 2000. Biodiversity Hotspots for Conservation Priorities. *Nature* 403:853-858.
- Nasution, R. E. & Yamada, I., 2001. Pisang-pisang Liar di Indonesia. Puslitbang Biologi – LIPI. Bogor.
- Nuraeni, E., Setiadi, D., & Widyatmoko, D. 2014. Kajian arsitektur pohon dalam upaya konservasi air dan tanah: studi kasus *Altingia excelsa* dan *Schima wallichii* di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol. 10 (1): 17-26. ISSN: 0854-4425.
- Peraturan Presiden Nomor 93 Tahun 2011 tentang Kebun Raya.
- Pitopang, R., 2002. Progress Report of Herbarium Celebense (CEB) Tadulako University. Herbarium Celebense (CEB), Tadulako University. Palu.
- Purba, C. & Kosar, M. 2014. Kehilangan Hutan Alam Indonesia Periode 2009-2013 Melampaui Luas Provinsi Sumatera Barat. Forest Watch Indonesia.
- Purnomo, D. W., Hendrian, R., Witono, J. R., Kusuma, Y. W. C., Risna, R. A., & Siregar, M. 2010. Pencapaian Kebun Raya Indonesia Dalam Target 8 Global Strategy for Plant Conservation (GSPC). *Buletin Kebun Raya* Vol. 13 (2): 40-50.

- Purnomo, D. W., Magandhi, M., Kuswanto, F., Risna, A. R., & Witono, J. R. 2015. Pengembangan Koleksi Tumbuhan Kebun Raya Daerah Dalam Kerangka Strategi Konservasi Tumbuhan di Indonesia. *Buletin Kebun Raya* Vol. 18 (2): 111-124.
- Rahman, W., Kurniawati, F., Iskandar, E. A. P., Hidayat, I. W., Widyatmoko, D. & Ariati, S. R. 2011. Survivorship and growth of eight native tree species during their early stage at a restored land within Gede Pangrango National Park, Indonesia. Prosiding Seminar Nasional "Konservasi Tumbuhan Tropika: Kondisi Terkini dan Tantangan ke Depan". UPT BKT Kebun Raya Cibodas-LIPI bekerjasama dengan Perhimpunan Biologi Indonesia, Balai Besar Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, dan SEAMEO BIOTROP. Cibodas, 7 April 2011, p. 500-505. ISBN: 978-979-99448-6-3.
- Risna, R.A., Kusuma, Y. W. C., Widyatmoko, D., Hendrian, R., & Pribadi, D. O. 2010. Spesies Prioritas untuk Konservasi Tumbuhan Indonesia. LIPI Press, Jakarta.
- Robiansyah, I., Dodo, A. Hamidi. 2018. Reintroduction of Indonesian Threatened Plants by Bogor Botanic Gardens: Lessons Learned from Ujung Kulon National Park. *Plant Diversity*.
- Rodrigues, A.S.L., J.D. Pilgrim, J.F. Lamorex, M. Hoffman, and T.M. Brooks. 2006. The Value of the IUCN Red List for Conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 21 (2): 71-76.
- Rozak, A. H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Widyatmoko, D., and Sulistyawati, E. 2016. Tree species richness in the forest of Mount Gede Pangrango National Park, West Java. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* Vol. 13 (1): 1-14.
- Rozak, A. H., Astutik, S., Mutaqien, Z., Widyatmoko, D., and Sulistyawati, E. 2017. Hyperdominance of tree species and biomass in Mount Gede Pangrango National Park, Indonesia. *Jurnal Ilmu Kehutanan* Vol. 11 (1): 85-96.
- Rugayah, Kusumadewi, S. Y., Arifiani, D., Rustiami, H., & Girmansyah, D. 2017. Tumbuhan Langka Indonesia: 50 Jenis Tumbuhan Terancam Punah. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.
- Schmeller, D.S., Bauch, B., Gruber, B., Juskaits, R., Budrys, E., Babij, V., Lanno, K., Summul, M., Varga, Z., & Henle, K. 2008. Determination of Conservation Priorities in Regions with Multiple Political Jurisdictions. *Biodiversity and Conservation* 17: 3623-3630.
- Suharsono. 1998. Condition of Coral Reef Resources in Indonesia. *Jurnal Pesisir dan Lautan* Vol. I No. 2.
- Susmianto, A., Widyatmoko, D., Adji, B. D., Utama, P. (eds). 2015a. Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Rafflesiaceae 2015-2025. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Susmianto, A., Widyatmoko, D., Dahono, B., Utama, P. (eds). 2015b. Strategi dan Rencana Aksi Konservasi Bunga Bangkai (*Amorphophallus titanum* (Becc.) Becc. Ex Arcang) 2015-2025. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Jakarta.
- Usmadi, D., Widyatmoko, D., Witono, J. R., Purnomo, D. W., Robiansyah, I., Magandhi, M., Helmanto, H., Rivai, R. R., & Zulkarnaen, R. N. 2017. Plant Diversity in *Imperata cylindrica* Fields: case studies in Cibinong, Katingan and Kupang regencies of Indonesia. The 2nd Asia Research Node Symposium on Humanosphere Science. Conducted by RISH Kyoto University, JASTIP, and SATREPS Program. Kyoto, 19-21 July 2017.
- Widyatmoko, D. 2003. Recovery planning for the threatened Javanese palm *Pinanga javana* Blume. The Fifth Australian Network for Plant Conservation Conference and Conservation Techniques Workshops, Geelong, Australia, 24th February – 1st March 2003.
- Widyatmoko, D. 2009. Reintroduction and survivorship of the threatened palm *Pinanga javana* Blume in the Gunung Halimun Salak National Park, West Java. International Conference on Biological Science (Advances in Biological Science: Respect to biodiversity from molecular to ecosystem for better human prosperity). Faculty of Biology, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 16th -17th October 2009.
- Widyatmoko, D. 2010a. Raising awareness for sustainable development with emphasis on biodiversity conservation: Lessons learned from the Indonesian Botanic Gardens. Proceeding of the International Conference on Global Resource Conservation. Biology Department, University of Brawijaya, Malang, 8 July 2010, pp.19-25. ISBN: 978-602-97628-0-8.
- Widyatmoko, D. 2010b. Plant β -diversity and composition in Mount Nok and the Waifo forest of the Raja Ampat Islands: with special reference to the threatened species. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol. VI, No. 2.
- Widyatmoko, D. 2010c. Population status and ecological preferences of the palm *Sommieria leucophylla* Beccari in Salawati island. *HAYATI Journal of Biosciences* 17 (3): 137-144.

- ISSN: 1978-3019 (printed), EISSN: 2086-4094 (electronic). Accredited as A Class Journal No. 110/DIKTI/Kep/2009.
- Widyatmoko, D. 2011a. Habitat and ecological preferences of *Hydriastele costata* in Waigeo Island, West Papua. *The Garden's Bulletin Singapore* 63 (1 & 2): 357-374.
- Widyatmoko, D. 2011b. Teknik dan kelembagaan pembangunan kebun konservasi genetik. Prosiding Lokakarya Nasional Status Konservasi dan Formulasi Strategi Konservasi Jenis-jenis Pohon yang Terancam Punah (Ulin, Eboni dan Michelia). The International Tropical Timber Organization & Ministry of Forestry Indonesia, Bogor 18-19 January 2011. ISBN: 978-602-8964-19-7.
- Widyatmoko, D. 2012. Ecology and Conservation Management of *Sommieria leucophylla* Beccari. LAP Lambert Academic Publishing GmbH & Co. KG. Heinrich-Bocking Str. 6-8, 66121 Saarbrücken, Germany. ISBN: 978-3-659-15427-0.
- Widyatmoko, D. 2014. Treasure of the Four Kings: Plant Expeditions to the Raja Ampat Islands of West Papua. International Proceeding of the 5th Global Botanic Gardens Congress 20-25 October 2013. Dunedin, New Zealand.
- Widyatmoko, D. 2015a. Populasi, ko-okurensi dan preferensi habitat *Areca macrocalyx* di Pulau Waigeo-Papua Barat. *Jurnal Biologi Indonesia* Vol. 11 (1): 97-107. ISSN: 0854-4425.
- Widyatmoko, D. 2015b. Collection Policy and Strategy of the Indonesian Botanic Gardens. Proceedings of the Annual Meeting of International Association of Botanic Gardens (IABG) Asian Division: Asian Botanical Gardens for the Next Generation. Shanghai, China.
- Widyatmoko, D. 2015c. Establishing New Botanic Gardens in Indonesia, Strategy and Results. The 425th Anniversary Ceremonies and International Meetings of the Hortus Botanicus Leiden, the Netherland, 15 – 20 April 2015.
- Widyatmoko, D. 2016a. The establishment of new botanic gardens in Indonesia: conserving the plant diversity and empowering the community. Proceedings of the International Symposium on Botanic Gardens and Plant Conservation in ASEAN, China and Japan. Suanluang Rama 9 Foundation, Bangkok, Thailand.
- Widyatmoko, D. 2016b. Kebun Raya Bogor Sebagai Pusat Pendidikan Lingkungan Bertaraf Internasional. Laporan Proyek Perubahan Diklatpim Tingkat II Angkatan XLII. Lembaga Administrasi Negara RI.
- Widyatmoko, D. 2016c. *Ex Situ* Conservation and Research on Threatened Emblematic Plant Species from Indonesia. The Consultation Workshop on Cost-Effective and Sustainable *Ex Situ* Conservation Techniques for Exceptional Species Native to the Southeast Asia Region. Conducted by Botanic Gardens Conservation International and Dr. Cecilia Koo Botanic Conservation Center, Taiwan, 12-13 September 2016.
- Widyatmoko, D. 2017a. Conservation of Indonesian Plant Diversity: A Case Study of Threatened Plant Conservation in the Botanic Gardens. Proceedings of the 2017 Osaka City University International Symposium: Symbiosis of People and Plants for the Future of the City. Osaka City University and Osaka Museum of Natural History, Osaka, Japan.
- Widyatmoko, D. 2017b. Current Status of GSPC Targets Implementation in Indonesia. The 6th Global Botanic Gardens Congress on Botanic Gardens in Society: Visions for the Future. Conducted by Botanic Gardens Conservation International and Conservatoire et Jardin Botaniques Geneve. Geneva, 26-30 June 2017.
- Widyatmoko, D. 2017c. Establishing New Botanic Gardens in Indonesia: An ecoregion approach. The XIX International Botanical Congress 2017 di Shenzhen, China, 23 - 29 July 2017.
- Widyatmoko, D. 2017d. Conservation of Indonesian medicinal plant diversity: The roles of Indonesian Botanic Gardens. The International Symposium on the Belt and Road China-ASEAN Traditional Medicine. Conducted by Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medicinal Sciences, and WHO Collaborating Center for Traditional Medicine. Beijing, 28 – 30 November 2017.
- Widyatmoko, D. 2018. Inovasi dan Strategi Konservasi Tumbuhan Indonesia untuk Mengurangi Laju Kepunahan. Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Konservasi dan Pengelolaan Lingkungan. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, 18 December 2018. Jakarta: LIPI Press.
- Widyatmoko, D. & Ariati, S. R. 2010. Populasi dan preferensi habitat *Pinanga rumphiana* di pulau Waigeo, Papua Barat. Prosiding Seminar Nasional Biologi “Perspektif Biologi dalam Pengelolaan Sumberdaya Hayati”. Fakultas Biologi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 24-25 September 2010. ISBN: 979896905-8.
- Widyatmoko, D. & Astutik, S. 2013. Peran strategis Cagar Biosfer Cibodas dalam menghadapi perubahan lingkungan. Dalam: Purwanto, Y., Prasetya, B., Widyatmoko, W., & Ningrum,

- C. (eds). *Manajemen Hulu: Pengelolaan Kawasan Cagar Biosfer Cibodas*. ICIAR-LIPI, UNESCO & Man And Biosphere, pp. 207-228.
- Widyatmoko, D., Astutik, S., Sulistyawati, E. & Rozak, A. H. 2012. Carbon stock and biomass estimation of four different ecosystems within Cibodas Biosphere Reserve, Indonesia. Proceedings of the 6th Southeast Asia Biosphere Reserve Network (SeaBRnet) Meeting. Are climate change and other emerging challenges being met through successful achievement of Biosphere Reserve functions? Cibodas Biosphere Reserve, Indonesia, 23-25 February 2011. Conducted by the Indonesian Man And Biosphere (MAB) Program National Committee in collaboration with The Indonesian Institute of Sciences (LIPI), UNESCO Office Jakarta, the Ministry of Forestry, Republic of Indonesia, and Japan Funds-in-Trust. ISBN: 978-602-18104-1-5.
- Widyatmoko, D., Astutik, S., Sulistyawati, E., Rozak, A. H., & Mutaqien, Z. 2013. Carbon stock and biomass within Cibodas Biosphere Reserve, Indonesia. In: Sukara, E., Widyatmoko, D. & Astutik, S. (eds.). *Biocarbon conservation, landscape and local wisdom for future: multidimensional thoughts toward sustainability*. Cibodas Botanic Gardens. 98-135. ISBN 978-979-99448-9-4.
- Widyatmoko, D. & Burgman, M. A. 2006. Influences of edaphic factors on the distribution and abundance of a rare palm (*Cyrtostachys renda*) in a peat swamp forest in eastern Sumatra, Indonesia. *Austral Ecology* 31 (8): 964-974.
- Widyatmoko, D., Burgman, M. A., Guhardja, E., Mogeja, J. P., Walujo, E. B., and Setiadi, D. 2005. Population status, demography and habitat preferences of the threatened lipstick palm *Cyrtostachys renda* Blume in Kerumutan Reserve, Sumatra. *Acta Oecologica* 28: 107-118.
- Widyatmoko, D. & Dodo. 2007. Reintroduction of the threatened Javanese Palm *Pinanga javana* Blume. The Association for Tropical Biology and Conservation (ATBC) Annual Meeting: Linking Tropical Biology with Human Dimensions, July 15-19, 2007, Morelia, Mexico.
- Widyatmoko, D. & Norton, D. A. 1997a. Conservation of the threatened shrub *Hebe cupressoides* (Scrophulariaceae), Eastern South Island, New Zealand. *Biological Conservation* 82: 193-201.
- Widyatmoko, D. & Norton, D. A. 1997b. Ecology of a high country relic *Hebe cupressoides*. *Conservation Briefs – Forest and Bird*, New Zealand, February 1997.
- Widyatmoko, D. & Perrins, L. 2002. Collaborating for conservation to promote threatened plant conservation in botanical hotspots. BGCI's 5th International Congress on Education in Botanic Gardens, Royal Botanic Gardens Sydney, Australia, 29 September – 4 October 2002.
- Widyatmoko, D. & Rahman, W. 2018. *Ex Situ* Conservation of Rhododendrons. BGCI Global Rhododendron Consortium Workshop. Oak Spring Garden Foundation, Virginia, USA, 17-18 April 2018.
- Widyatmoko, D. & Risna, R. A. 2009. Toward the Indonesian redlist book: species priority setting for conservation of Indonesian threatened plants. International Conference on Biological Science (Advances in Biological Science: Respect to biodiversity from molecular to ecosystem for better human prosperity). Faculty of Biology, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, 16th -17th October 2009.
- Widyatmoko, D. & Risna R.A. 2017. A Role of Indonesian Botanic Gardens in Achieving Global Strategy for Plant Conservation Goals. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 102 (2): 377-385. <https://doi.org/10.3417/D-16-00006A>.
- Widyatmoko, D., Risna, R. A, Purnomo, D. W., Pribadi, D. O, & Ariati, S. R. 2018. Implementation of the Global Strategy for Plant Conservation in Indonesia. The Global Partnership for Plant Conservation Meeting. Conducted by Botanic Gardens Conservation International, Convention on Biological Diversity, and South African National Biodiversity Institute. Cape Town, South Africa, 28 – 30 August 2018.
- Widyatmoko, D., Sudiana, I. M., Kusumarini, D. H. K., Lisdiyanti, P., Sumerta, I. N., Melia, S., Putri, A., Setyawan, R., Lestari, R., Sugiharto, A., Rahmansyah, M., Kanti, A., Widawati, S., Sulasih, Usmani, D., Magandhi, M., Kobayashi, M., Hanano, S., & Shibata, D. 2017. Producing Biomass Energy and Material through Revegetation of Alang-alang (*Imperata cylindrica*) Fields. The 2nd Science and Technology Research Partnership for Sustainable Development Program (SATREPS) Conference and the 8th Flagship Symposium of Tropical Plant Biomass. Kyoto University, Japan, 16-17 November 2017.
- Widyatmoko, D., Sudiana, I. M., & Sukara, E. 2016. The Challenges and Opportunity of Revegetation of Marginal Land in Indonesia to Produce Biomass Energy and Renewable Material. The 6th Flagship Symposium of Tropical Artificial Forest (The 306th Sustainable

- Humanosphere Symposium). Research Institute for Sustainable Humanosphere, Kyoto University, Japan.
- Willis, K. J. (ed). 2017. State of the World's Plants 2017. Report. Royal Botanic Gardens, Kew.
- World Conservation Monitoring Centre (WCMC). 1997. The List of Indonesian Threatened Plants. The World Conservation Monitoring Centre. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge UK.
- World Resource Institute (WRI), 2008. Forest Cover, 1990-2005, Indonesia. Washington.
- Wyse-Jackson, P. S. and Sutherland, L. A. 2000. International Agenda for Botanic Gardens in Conservation. Botanic Gardens Conservation International, U. K.
- Yulita, K.S., T. Partomihardjo, W. Wardani (eds). 2017. Prekursor Buku Daftar Merah Indonesia 1: 50 Jenis Pohon Kayu Komersial.