



Usaha reforestasi untuk iklim di hari esok

Rekomendasi untuk memperkuat usaha konservasi orangutan dan ketahanan terhadap perubahan iklim di Taman Nasional Kutai, Indonesia

Alan Tristram Kenneth Lee, Jamie Anthony Carr, Busran Ahmad, Arbainsyah, Agnes Ferisa, Yophi Handoko, Rudi Harsono, Laura Graham, Lita Kabangnga, Nur Patria Kurniawan, Paul Joseph Antonius Keßler, Purwo Kuncoro, Dinda Prayunita, Aldrianto Priadjati, Edy Purwanto, Anne Russon, Douglas Sheil, Nurul Sylva, Agus Wahyudi, Wendy Foden



Tentang IUCN

IUCN merupakan suatu perserikatan yang anggotanya berasal dari gabungan yang unik antara lembaga pemerintahan maupun organisasi masyarakat sipil. IUCN menyediakan kepada publik, pihak swasta, dan lembaga swadaya masyarakat ilmu pengetahuan dan alat yang mampu menghubungkan kemajuan manusia, perkembangan ekonomi, dan konservasi alam untuk bekerja bersama.

Didirikan pada tahun 1948, IUCN saat ini memiliki jejaring lingkungan terbesar dan paling beragam di dunia, memanfaatkan pengetahuan dan berbagai sumber daya sehingga mampu mencapai 1,300 anggota organisasi dan 13,000 ahli. IUCN juga memimpin dalam penyediaan data konservasi, penilaian, dan analisis. Anggotanya yang tersebar luas, membuat IUCN mampu untuk mengisi peran sebagai inkubator dan sumber tepercaya berbagai panduan, alat, dan standar internasional terbaik.

IUCN memberikan ruang netral dimana beragam pemangku kepentingan baik itu pemerintah, LSM, peneliti, pihak swasta, masyarakat lokal, organisasi masyarakat pribumi, dan yang lainnya dapat bekerja bersama untuk mendorong dan mengimplementasikan solusi bagi tantangan mengenai lingkungan sehingga mencapai pembangunan berkelanjutan.

Dengan bekerja bersama banyak mitra dan pendukung, IUCN melaksanakan beragam proyek konservasi besar di seluruh dunia. Mengombinasikan konsep sains terbaru dengan pengetahuan tradisional masyarakat lokal, proyek-proyek tersebut bekerja untuk mencegah hilangnya habitat, memulihkan ekosistem, dan mendorong kesejahteraan manusia.

www.iucn.org

twitter.com/IUCN

Usaha reforestasi untuk iklim di hari esok

Rekomendasi untuk memperkuat usaha konservasi orangutan dan ketahanan terhadap perubahan iklim di Taman Nasional Kutai, Indonesia

Didukung oleh



Usaha reforestasi untuk iklim di hari esok

Rekomendasi untuk memperkuat usaha konservasi
orangutan dan ketahanan terhadap perubahan
iklim di Taman Nasional Kutai, Indonesia

Alan Tristram Kenneth Lee, Jamie Anthony Carr, Busran Ahmad, Arbainsyah, Agnes Ferisa, Yophi Handoko,
Rudi Harsono, Laura Graham, Lita Kabangnga, Nur Patria Kurniawan, Paul Joseph Antonius Keßler,
Purwo Kuncoro, Dinda Prayunita, Aldrianto Priadjati, Edy Purwanto, Anne Russon, Douglas Sheil,
Nurul Sylva, Agus Wahyudi, Wendy Foden

Penunjukan daerah geografis dan bentuk penyajian dalam buku ini, tidak merefleksikan opini apapun dari IUCN atau organisasi yang berpartisipasi. Termasuk hal-hal yang berkaitan dengan status legal negara, wilayah, kota atau area apapun, atau wewenangnya, atau mengenai penetapan batas wilayah.

Pandangan yang dituangkan dalam publikasi ini tidak serta merta merefleksikan paham dari IUCN atau organisasi yang berpartisipasi.

Publikasi ini berhasil dibuat karena sebagian pendanaan dari Indianapolis Zoo.

Penerbit: IUCN, Cambridge, UK dan Gland, Switzerland

Hak Cipta: © 2019 IUCN, International Union for Conservation of Nature and Natural Resources
Produksi ulang publikasi ini diperbolehkan tanpa izin tertulis sebelumnya dari pemegang hak cipta apabila sumber diakui sepenuhnya dan bertujuan untuk edukasi atau kepentingan bukan komersil lainnya.
Produksi ulang publikasi ini untuk dijual atau bertujuan komersil tidak diperbolehkan tanpa izin tertulis sebelumnya dari pemegang hak cipta.

Sitasi: Lee, A.T.K., Carr, J.A., Ahmad, B., Arbainsyah, Ferisa, A., Handoko, Y., Harsono, R., Graham, L.L.B., Kabangnga, L., Kurniawan, N.P, Keßler, P.J.A., Kuncoro, P., Prayunita, D., Priadiati, A., Purwanto, E., Russon, A.E., Sheil, D., Sylva, N., Wahyudi, A. dan Foden, W.B (2019). *Usaha reforestasi untuk iklim di hari esok: Rekomendasi untuk memperkuat usaha konservasi orangutan dan ketahanan terhadap perubahan iklim di Taman Nasional Kutai, Indonesia*. Gland, Switzerland: IUCN. viii + 72pp.

Penerjemah: Dinda Prayunita, Fransiskus Seta Prana Kusuma

Foto: Foto sampul © Ramdan Nain - iStock/Getty Images
Foto halaman 4-5: © Purwo Kuncoro - OK project
Foto halaman 16-17: © Muhammad Fajri - iStock/Getty Images
Foto halaman 46: Wendy Foden
Seluruh foto lainnya: Alan Lee

Tata Letak oleh: Justin de Beer

Tersedia di: IUCN, International Union for Conservation of Nature
The IUCN Species Survival Commission's Climate Change Specialist Group
and the IUCN Global Species Programme
Rue Mauverney 28, 1196 Gland, Switzerland
Tel +41 22 999 0000, Fax +41 22 999 0002
www.iucn.org/resources/publications

Daftar isi

Ucapan Terima kasih	vi
Ringkasan Eksekutif	vii
Pendahuluan	1
Tujuan studi	2
Taman Nasional Kutai	2
Orangutan	4
<i>Kotak 1: Orangutan Kutai Project</i>	8
<i>Kotak 2: Penilaian IUCN terhadap status konservasi Orangutan Timur Laut Borneo</i>	9
Ancaman terhadap hutan di dalam dan luar kawasan Taman Nasional Kutai	10
Tinjauan: ancaman-ancaman terhadap hutan hujan Borneo	10
Perubahan iklim	12
Kebakaran	17
Kekeringan	18
Spesies tumbuhan invasif	18
Jalan, permukiman, dan perambahan	19
Pertambangan	19
Industri minyak kelapa sawit	22
Reforestasi / Restorasi	24
Teknik-teknik restorasi hutan	24
<i>Kotak 3: Studi kasus restorasi 1 - Hutan gambut Mawas Kalimantan Tengah</i>	26
<i>Kotak 4: Studi kasus restorasi 2 – Samboja Lestari</i>	28
Aktivitas restorasi di Taman Nasional Kutai	29
Spesies manakah yang harus digunakan untuk restorasi hutan di Taman Nasional Kutai?	30
Spesies pohon dan tumbuhan apa saja yang ada di Taman Nasional Kutai?	30
Proses pemilihan spesies tumbuhan untuk kajian kerentanan terhadap perubahan iklim	30
Analisis kerentanan terhadap perubahan iklim berdasarkan ciri-cirinya: metode dan kerasionalan	36
Spesies pohon manakah yang tahan terhadap api?	46
Rekomendasi untuk proyek reforestasi orangutan	46
Beberapa peringatan, langkah lanjutan, dan arahan untuk proyek mendatang	47
Rangkuman mengenai hal yang harus diperhatikan dan saran berdasarkan lokakarya lanjutan	48
Beberapa prioritas lainnya	48
Referensi	50
Lampiran 1: Daftar Spesies	57
Lampiran 2: Ciri-ciri sensitivitas dan kemampuan beradaptasi	65
Lampiran 3: Daya jelajah	70

Ucapan Terima kasih

Kami mengucapkan banyak terimakasih kepada Indianapolis Zoo atas bantuan dana yang diberikan untuk proyek ini dan untuk dukungan tanpa henti bagi konservasi orangutan di Taman Nasional Kutai. Kami juga mengucapkan terimakasih kepada IUCN Global Species Programme dan IUCN Species Survival Commission's Climate Change Specialist yang telah menginisiasi dan memfasilitasi proyek ini. The Yorkshire Wildlife Park Foundation dengan terbuka menjadi tuan rumah pada tahap akhir proyek ini - kami sangat berterimakasih untuk bantuan mereka dan kami senang berkontribusi pada pekerjaan konservasi yang mereka lakukan.

Kami mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada yang terhormat Dirjen KSDAE (Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan) atas partisipasinya dalam lokakarya pertama sekaligus pembuka yang dilaksanakan di Bontang, 8-11 Mei 2017. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Bapak Nur Patria Kurniawan, selaku Kepala Balai Taman Nasional Kutai, yang telah memfasilitasi segala aspek dalam lokakarya pertama dan juga lokakarya lanjutan. Terima kasih khususnya kepada Lita Kabangnga (staf BTNK) yang telah mengatur segala keperluan logistik untuk lokakarya. Terima kasih kepada Richard Corlett atas wawasannya tentang pemodelan ekologi dan perubahan iklim di Asia Tenggara. Terima kasih kepada seluruh 17 peserta lokakarya: Anne Russon, Dinda Prayunita, Douglas Sheil, Paul Kessler, Arbainsyah, Purwo Kuncoro, Edward Tang, Busran Ahmad, Agnes Ferisa, Yaya Rayadin, Miftah, Jamie Carr, Puja Utama, Alan Lee, Arief Hamidi, Boedi Isnaini, Saipul Bahri, Nurul Silva Lestari, Agus Wahyudi, Niko Gusprastomo, Agung Febrianto, Tarsisius Krisdiyanto, Drajat (KKH), Nur Patria Kurniawan, Siswadi, Edy Purwanto, Luvi Andari, Zahrotun Nisaa, Suwanto, Tirsaritha Patangke, Yulita Kabangnga; dan juga kepada peserta tambahan pada lokakarya tahun 2018: Wendy Foden, Dedy Hadriani, Slamet Tamsir, Sutarmono, Dudu Huda, Rudi Harsono, Aldianto Priadjati, Lin Anggraini, Hajar Intan, Yophi Handoko, Bambang Supriyadi. Terimakasih kepada Serene Hargreave dan Kew Botanic Gardens untuk pengerjaan taksonomi dan distribusi daftar tumbuhan yang dipertimbangkan dalam laporan ini. Kami mengucapkan terimakasih kepada Nick Cowley untuk bantuannya dalam mengoreksi dokumen ini.

Ringkasan Eksekutif

Di Indonesia, **Taman Nasional Kutai** sudah seperti rumah bagi populasi subspecies orangutan terbesar di Kalimantan Timur, *Pongo pygmaeus morio*, yang populasinya berada dalam kondisi kritis. **Taman Nasional Kutai** juga merupakan rumah bagi beragam spesies lainnya termasuk ~80 mamalia, 369 burung, dan 1287 spesies tumbuhan. Taman nasional ini memainkan peran penting dalam pengaturan persediaan air bagi masyarakat kota, menarik kunjungan wisata, dan hutannya berperan sebagai penyerap karbon.

Namun Kalimantan Timur menghadapi banyak tantangan dalam mengatur dan melindungi keragaman hayati dari ancaman, khususnya dari ekspansi populasi manusia ke dalam kawasan taman nasional dalam bentuk kegiatan berburu dan pembukaan hutan untuk pertanian dan pertambangan batubara. Baru-baru ini, perubahan iklim telah teridentifikasi sebagai salah satu ancaman yang muncul, baik berdasarkan observasi maupun proyeksi perubahan, yang mengindikasikan dengan tingkat akurasi tinggi bahwa temperatur yang lebih panas diduga akan terjadi. Hal ini memperburuk kondisi kekeringan, yang memperparah juga kebakaran hutan, dan memunculkan dampak negatif lainnya terhadap spesies di **Taman Nasional Kutai**. Namun demikian, sampai saat ini hanya sedikit inisiasi yang berusaha menilai kerentanan keanekaragaman hayati terhadap perubahan iklim pada tingkat wilayah, ataupun yang mengembangkan strategi untuk meminimalisir dampak negatif.

Restorasi hutan, yang juga dikenal dengan reforestasi, memberikan kesempatan berharga untuk mengembalikan keanekaragaman hayati dan fungsi hutan pada kawasan yang terdegradasi. Kegiatan reforestasi telah dilakukan di **Taman Nasional Kutai**, mulai dari proteksi hingga penanaman pengayaan di kawasan yang sebelumnya terbakar namun saat ini mulai membaik. Di saat beberapa program tersebut telah sukses menanam bibit tumbuhan dalam jumlah besar, sedikit perhatian masih diberikan dalam usaha mengembalikan kekayaan jenis spesies tumbuhan, fungsi ekologis atau pemilihan spesies yang bernilai bagi kesintasan orangutan. Sebagai tambahan, aspek perubahan iklim belum banyak dipertimbangkan sehingga spesies terpilih untuk reforestasi harus dapat tumbuh dan bertahan dalam kondisi cuaca yang lebih panas dan lebih kering. Terdapat kebutuhan yang jelas dan mendesak untuk memperbarui praktik restorasi yang sudah ada di **Taman Nasional Kutai** untuk menjamin integritas hutan, menyediakan kesempatan hidup bagi spesies terancam, dan mempertimbangkan panduan tentang bagaimana cara membangun pertahanan terhadap perubahan iklim. Dengan begitu, hutan sebagai tempat orangutan untuk hidup di masa mendatang akan tetap ada.

Untuk memenuhi kebutuhan bimbingan dalam kegiatan reforestasi dalam kaitannya dengan pertahanan terhadap perubahan iklim, kami berkolaborasi dengan pihak taman nasional dan berbagai ahli untuk mengidentifikasi spesies tumbuhan yang paling rentan dan yang paling tahan terhadap perubahan iklim. Pentingnya orangutan dalam tujuan konservasi di **Taman Nasional Kutai**, mengarahkan kami untuk memperlebar cakupan dalam mengidentifikasi spesies tumbuhan mana saja yang merupakan sumber daya bernilai, dan hal ini membuat kami mengidentifikasi lebih jauh lagi mengenai spesies tumbuhan yang secara ekologi penting dan bernilai komersial; tumbuhan ikonik (memiliki potensi untuk kegiatan wisata); tumbuhan yang paling merepresentasikan hutan primer; tumbuhan yang tahan terhadap api; juga tumbuhan yang terancam secara lokal. Untuk menilai kerentanan dan ketahanan terhadap perubahan iklim, kami melihat karakteristik biologi atau ciri-ciri spesies yang berhubungan dengan sensitivitas mereka dan/atau kemampuan beradaptasi untuk mengantisipasi perubahan iklim, dan perubahan yang diakibatkan oleh kebakaran hutan.

Kami mempelajari berbagai studi kasus, mengingatkan pembaca tentang panduan terbaik untuk kegiatan restorasi, dan memberikan daftar kumpulan spesies tumbuhan dari ~250 yang dipertimbangkan dalam analisis yang kemungkinan sesuai untuk berbagai target restorasi bagi **Taman Nasional Kutai**, misalnya fokus dalam restorasi habitat untuk orangutan; atau fokus dalam konservasi spesies yang langka dan berguna. Karena kawasan mudah terbakar secara alami, terdapat dua spesies yang menonjol karena ketahanannya terhadap api: *Borassodendron borneense*, dan *Eusideroxylon zwageri*: terkenal berturut-turut dengan sebutan Bendang dan Ulin. Spesies tumbuhan berikut ini merupakan makanan penting bagi orangutan: *Dracontomelon dao*, *Merremia mammosa*, *Kleinhovia hospita*, *Alangium hirsutum*, *Dillenia reticulata*, *Callicarpa pentandra*, dan *Ficus obpyramidata*. Spesies yang memiliki kecenderungan tahan terhadap perubahan iklim didominasi oleh spesies pionir dan spesies invasif.

Dari lokakarya yang diselenggarakan di Bontang, Indonesia, diketahui bahwa persediaan bibit untuk proyek restorasi merupakan sebuah tantangan tersendiri. Pengumpulan bibit spesies yang sedang berbuah juga harus dilakukan secara khusus, karena beberapa spesies memiliki masa berbuah yang sangat jarang, seperti dari spesies kunci dalam famili Dipterocarpaceae. Famili ini muncul sebagai kategori yang rentan terhadap perubahan iklim, namun juga penting di kawasan regional. Lebih jauh lagi, kesuksesan proyek restorasi bergantung pada kemampuan menempatkan isu penyebab deforestasi sebagai isu utama. Isu ini harus diselesaikan dan monitoring jangka panjang harus dilakukan untuk memastikan kesuksesan proyek restorasi.

Sasaran pembaca yang kami harapkan dari pekerjaan ini yaitu: peneliti orangutan, pemerintah, perusahaan tambang, pengelola persemaian, dan perusahaan lainnya yang mencari panduan dalam restorasi habitat untuk membangun ketahanan terhadap perubahan iklim di Kalimantan Timur, dan juga yang berkemauan untuk mendukung konservasi keanekaragaman hayati dan/atau restorasi dalam wilayah tersebut.

Pendahuluan

Hutan Kalimantan memiliki sejumlah komunitas biologi terkaya di planet. Keanekaragaman hayati yang dimiliki hutan Kalimantan merupakan harta berharga yang bermanfaat bagi keberlangsungan hidup manusia (Caniago and Stephen 1998). Hutan ini memberikan jasa ekosistem yang beragam, salah satunya dan mungkin yang paling penting adalah sebagai tempat persediaan air (Limberg et al. 2009), sekaligus mampu mengatasi potensi banjir (Stadtmueller 1990). Hutan yang terlindungi juga penting sebagai sumber daya rekreasi dan destinasi wisata, terutama apabila terdapat spesies kunci di dalamnya seperti orangutan (Gunn dan Var 2002, Russel dan Ankenman 1996). Hutan Kalimantan menyediakan makanan penting bagi mereka yang telah belajar mengonsumsinya (Peluso 1992), dan bertindak juga sebagai penyerap karbon (Pan et al. 2011). Namun, tingkat hilangnya hutan dan degradasi yang mengkhawatirkan sekarang ini memutarbalikkan peran-peran tersebut, dengan menjadikan hutan sebagai sumber emisi karbondioksida. Hal ini menegaskan peran konservasi hutan dan restorasi dalam memelihara sistem penyokong kehidupan (Baccini et al. 2017).

Kekayaan jenis spesies di hutan Kalimantan yang luar biasa kemungkinan besar diakibatkan karena sejarah geologi wilayah yang beragam, dengan variasi tipe dan proses geologi yang menciptakan berbagai macam jenis tanah. Dikombinasikan dengan stabilitas geologi saat ini (Hall dan Holloway 1998) dan perubahan iklim dalam seribu tahun terakhir, maka hal tersebut menciptakan beraneka ragam komunitas pohon yang bervariasi dalam pola mosaik yang acak (Potts et al. 2002). Persebaran biji yang terbatas membuat masing-masing komunitas yang terletak berjauhan berkembang secara mandiri, menghasilkan tingginya keberagaman spesies sepanjang bentang alam (*gamma diversity*). Sementara daerah hutan dengan iklim sedang umumnya didominasi oleh spesies pohon tinggi yang jarang diketahui, jumlah besar spesies yang jarang diketahui mengindikasikan masih adanya kesulitan untuk mengidentifikasi seluruh pohon sampai tingkat spesies (Cannon dan Leighton 2004).

Borneo telah menjadi fokus untuk aktivitas konservasi karena kekayaan biologi yang dimiliki dan karena tingkat ancaman yang dihadapi oleh keanekaragaman hayatinya. Borneo terbentang dalam kawasan penting keanekaragaman hayati di Sundaland (Whitten et al. 2004) dan juga kawasan penting bagi keanekaragaman hayati itu sendiri (de Bruyn et al. 2014, Kier et al. 2005). Kebanyakan dari hutan-hutan di pulau tersebut didominasi oleh spesies pohon dari satu famili yaitu Dipterocarpaceae, famili dari pohon-pohon tinggi di hutan primer yang sering dimanfaatkan kayunya. Walaupun spesies-spesies dalam famili ini tidak menyediakan makanan bagi hewan pemakan buah (Meijaard et al. 2005), Borneo merupakan tempat bagi hewan-hewan luar biasa, termasuk

orangutan Borneo (*Pongo pygmaeus*) yang merupakan hewan endemik dan pemakan buah, sekaligus hewan yang rentan terhadap kepunahan akibat hilangnya habitat dan ancaman lainnya (Wich et al. 2012). Tutupan hutan Borneo telah berkurang hampir dua kali lipat secepat hilangnya hutan tropis lembap lainnya di dunia (Gaveau et al. 2016, Gaveau et al. 2014).

Sementara dampak dari hilangnya habitat akibat deforestasi dan penambangan sudah banyak dipelajari, munculnya ancaman dari perubahan iklim masih relatif sedikit dieksplorasi. Terdapat bukti yang jelas bahwa iklim di Borneo sedang berubah, terlihat dengan meningkatnya temperatur, musim kering yang berkepanjangan, dan kondisi yang mendukung kebakaran hutan. Dampak perubahan iklim dapat merusak semua usaha konservasi, namun masih sedikit literatur yang menjelaskan tentang ketahanan hutan terhadap perubahan iklim.

Restorasi hutan menyediakan kesempatan unik untuk membentuk hutan di masa mendatang dan mempersiapkan ketahanannya terhadap perubahan iklim. Banyak aktivitas restorasi yang sedang berlangsung di Borneo dan di Taman Nasional Kutai. Di Taman Nasional Kutai, pertimbangan dalam upaya restorasi harus diberikan kepada populasi orangutan Borneo yang sedang dalam kondisi kritis karena hutan tersebut merupakan benteng bagi spesies ini di Indonesia. Orangutan adalah spesies yang bergantung pada hutan, dengan morfologi, perilaku sosial, dan intelegensi yang terbentuk oleh hutan dan kehidupan yang berlangsung di dalam hutan. Benteng alam tanpa hutan berarti juga tanpa orangutan, hal tersebut menegaskan bahwa terdapat hubungan yang jelas antara kesintasan orangutan dan konservasi hutan. Dengan begitu, apa yang bisa komunitas konservasi lakukan untuk memastikan bahwa hutan tropis seperti di Taman Nasional Kutai tetap dalam kondisi yang dapat menyokong populasi orangutan? Kami mengusulkan:

1. Melindungi hutan yang tersisa dari pembukaan hutan. Hal ini mendesak dan merupakan prioritas tertinggi.
2. Melindungi hutan dari kebakaran yang timbul di area perbatasan kawasan. Menata area penyangga yang tahan dan anti api merupakan hal penting, sehingga vegetasi yang memenuhi fungsi ini harus diidentifikasi dan ditanam dalam area penyangga.
3. Memulihkan hutan di area penting untuk mempertahankan konektivitas dan meningkatkan habitat orangutan dengan cara memastikan hutan tahan terhadap ancaman perubahan iklim.

Tujuan studi

Studi ini memiliki fokus utama untuk menyediakan informasi dalam memilih spesies pohon untuk restorasi hutan yang tahan terhadap perubahan iklim termasuk mengidentifikasi spesies tahan api yang dapat mengurangi paparan kebakaran. Pertimbangan penting ketika merencanakan restorasi hutan yaitu:

1. Mengidentifikasi spesies pohon apa saja yang ada di Taman Nasional Kutai
2. Menilai spesies pohon apa saja yang rentan terhadap perubahan iklim, dan yang mungkin paling tahan terhadap kondisi iklim di masa mendatang
3. Mengidentifikasi spesies pohon apa saja yang merupakan sumber makanan terpenting bagi orangutan
4. Memahami spesies pohon apa saja yang terpenting bagi alasan lainnya, yaitu karena nilainya yang tinggi secara:
 - a. Ekonomi
 - b. Ekologi
 - c. Kultural (misalnya spesies ikonik, atau pemanfaatan secara lokal)
 - d. Spesies yang lama tumbuh atau spesies hutan primer (diasosiasikan dengan stok karbon tinggi di atas tanah)
 - e. Mengidentifikasi spesies pohon apa saja yang rentan terhadap penurunan dan/atau kepunahan karena ancaman non iklim misalnya hilangnya habitat atau panen berlebihan
5. Mengidentifikasi spesies pohon apa saja yang paling tahan terhadap api

Kriteria kunci tambahan untuk pertimbangan yaitu spesies mana yang cocok untuk kultivasi, transplantasi, dan aktivitas restorasi. Sementara literatur untuk subjek tersebut sangat terbatas, penilaian yang lebih komprehensif di luar dari cakupan laporan ini.

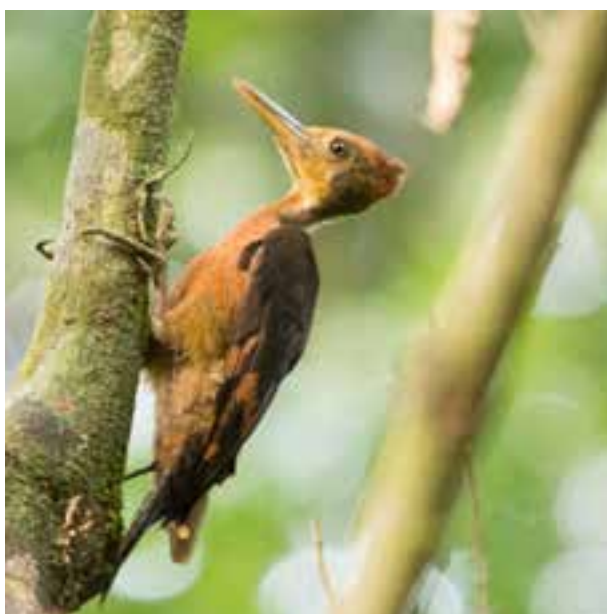
Taman Nasional Kutai

Taman Nasional Kutai (TNK) semula dibentuk pada tahun 1934 oleh Belanda (kemudian kerajaan Kutai) dengan luas kawasan alami mencapai 2 juta hektar. Di tahun 1995, status kawasan berubah menjadi taman nasional, namun areanya berkurang menjadi 198,629 hektar. Pada tahun 2014, area berkurang kembali menjadi 192,709 hektar karena permukiman manusia di dalam TNK (lihat lebih lanjut di sesi ancaman). Saat ini, pihak berwenang taman nasional memberikan keterangan bahwa alasan utama taman nasional berdiri adalah untuk melindungi orangutan, bekantan (*Nasalis larvatus*), beruang madu (*Helarctos malayanus*), dan Banteng Jawa (*Bos javanicus*). Namun, status 'taman nasional' saat ini tidak mencegah aktivitas ilegal terjadi seperti pembalakan, perburuan satwa liar, dan pembukaan hutan untuk agrikultur skala kecil, serta perambahan konstan dari masyarakat sepanjang perbatasan timur yang terus berlanjut mengurangi area taman nasional yang sesungguhnya (Limberg et al. 2009). Pihak TNK sekarang sedang berusaha untuk memelihara, memperbaiki, dan melindungi hutan di TNK dan satwa liar yang ada di dalamnya.

Hutan TNK menggambarkan salah satu kanopi hutan yang masih utuh di Kalimantan Timur dengan kekayaan botani yang luar biasa. Pada tingkat yang lebih umum, keragaman pohon merupakan yang tertinggi di tenggara Borneo dan bagian tengah Sarawak (Silk et al. 2003). Taman Nasional Kutai, seperti kebanyakan hutan di Borneo, didominasi oleh hutan tropis dataran rendah, di mana spesies pohon utama adalah kelompok Dipterocarpaceae. Tipe vegetasi lainnya termasuk hutan mangrove, hutan pinggir sungai/alluvial, hutan rawa gambut, dan hutan kerangas. Hutan ini merupakan salah satu dari area hutan hujan dataran rendah yang tersisa yang memiliki peran sebagai lungkang gen dan sumber cadangan benih yang tinggi (Moeliono dan Purwanto).

Bekantan (*Nasalis larvatus*)

Sekarang ini terdapat ~80 spesies mamalia, 369 spesies burung, 26 spesies reptil, dan 25 spesies amfibi berada di TNK (TNK 2016). Terdapat kekayaan spesies primata yang tinggi, mencapai sembilan spesies. Salah satu subspecies yang paling menarik adalah lutung banggat (*Presbytis hosei ssp canicrus*, Terancam), karena TNK merupakan salah satu lokasi di mana spesies tersebut pertama kali teridentifikasi pada tahun 1985. Spesies ini merupakan primata paling jarang ditemukan di Borneo (Lhota et al. 2012). Delapan spesies primata lainnya termasuk subspecies orangutan di timur Borneo (*Pongo pygmaeus morio*, Kritis), owa kelabu (*Hylobates muelleri*, Terancam), bekantan (*Nasalis larvatus*, Terancam), monyet ekor panjang (*Macaca fascicularis*, Resiko Rendah), lutung merah (*Presbytis rubicunda*, Resiko Rendah), lutung dahi putih (*Presbytis frontata*, Rentan), beruk (*Macaca nemestrina*, Rentan), dan kukang (setelah pemisahan dari kukang Borneo baru-baru ini, hewan ini termasuk kategori kukang Filipina (*Nycticebus menagensis*, Rentan)). Terdapat juga mamalia terancam lainnya seperti musang air (*Cynogale bennettii*, Terancam) dan macan dahan (*Neofelis nebulosa*, Rentan).

Pelatuk Kundang (*Chrysocolaptes validus*)Beruang Madu (*Helarctos malayanus*)

Jumlah spesies burung yang ada di TNK sebanyak 369 spesies, termasuk burung gegajahan timur (*Numenius madagascariensis*, Terancam) dan merpati hutan perak (*Columba argentina*, Kritis), serta 12 spesies berada dalam kategori Rentan dan 77 spesies Hampir Terancam. Tidak seperti hewan, status konservasi dari spesies tumbuhan belum teridentifikasi dengan baik oleh IUCN.

Pengunjung TNK dapat melihat satwa liar di tiga tempat ekowisata: **Bontang Mangrove Park** yang baru saja dibuka, fokus dalam mempromosikan konservasi mangrove; **Sangkima**, pusat kunjungan terletak di Sangatta dengan fasilitas jalan setapak terbuat dari kayu yang mengitari kawasan taman nasional di mana edukasi terhadap keanekaragaman hayati difokuskan; dan **Prevab**, destinasi wisata bagi para turis dan peneliti. Prevab dan stasiun penelitian lain, Mentoko, berlokasi di Sungai Sanggata di batas utara taman nasional. Sepanjang tahun 2016, TNK mencatat 15,000 pengunjung. Kantor utama TNK berada di Bontang. Proyek yang dikerjakan staf TNK di antaranya konstruksi jalan setapak di daerah mangrove, dan produksi buku tentang burung-burung yang ada di TNK - *Burung Taman Nasional Kutai*, buku mengenai tanaman obat - *Tumbuhan Obat Taman Nasional Kutai*, dan buku tentang tanaman bunga - *Tumbuhan Hias Taman Nasional Kutai*. Baru-baru ini, manajemen TNK membuat hubungan kemitraan (Mitra Taman Nasional Kutai) dengan beberapa perusahaan yang lokasinya berdekatan dengan taman nasional. Pihak taman nasional juga berkolaborasi dengan perusahaan tambang batubara untuk kegiatan restorasi habitat di taman nasional. Berbagai proyek kolaborasi penelitian dilakukan bersama banyak institusi penelitian dan universitas, seperti York University (Kanada) dan Universitas Mulawarman, Samarinda (Indonesia).



Orangutan

TNK dikenal sebagai tempat bagi orangutan dengan sejarah panjang penelitian pada hewan ini: salah satu tempat penelitiannya yaitu Mentoko, merupakan tempat untuk mempelajari perilaku dan ekologi orangutan, di sana pula tempat penelitian orangutan pertama di Indonesia (Rodman 1973, 1977). Penelitian ini terus berlanjut hingga saat ini bersama Orangutan Kutai Project (OKP: lihat Kotak 1). Orangutan merupakan spesies penting bagi TNK, di mana kera besar ini dapat terlihat relatif mudah di tempat tertentu.

Terdapat tiga spesies orangutan (marga *Pongo*): orangutan Borneo (*P. pygmaeus*), orangutan Sumatera (*P. abelii*), dan yang baru saja dideskripsikan sebagai orangutan Tapanuli (*P. tapanuliensis*) yang juga ditemukan di Sumatera (Nater et al. 2017). Seluruh orangutan merupakan frugivora dengan preferensi buah matang dan daging buah yang lembut (Wich et al. 2008). Mereka memiliki masa hidup panjang (hingga ~55 tahun di alam liar), sangat lambat untuk berkembang dan bereproduksi (~16 tahun sejak lahir hingga dewasa, satu anak setiap kehamilan dalam kurun waktu 6-9 tahun), dan memiliki kemampuan sosial yang kurang (Wich et al. 2010).

Orangutan Borneo (*Pongo pygmaeus*)

Orangutan Borneo hanya terdapat di Borneo. Estimasi populasi orangutan Borneo yang terbaru saat ini yaitu 57,200 (PHVA 2017), dengan berkurangnya populasi maka orangutan yang sebelumnya dalam kategori Terancam menjadi Kritis berdasarkan klasifikasi IUCN Red List (Ancrenaz et al. 2016a). Antara tahun 1999 dan 2015, separuh populasi orangutan di Borneo terkena dampak dari pembalakan, deforestasi, perburuan, atau industri perkebunan, dengan estimasi berkurangnya populasi lebih dari 100,000 individu (Voigt et al. 2018).

Tiga subspecies dari *P. pygmaeus* yang diketahui saat ini yaitu (Ancrenaz et al. 2016b):

Orangutan Barat Laut Borneo (*P. p. pygmaeus*) yang tersebar di Sarawak (Malaysia) dan provinsi Kalimantan Barat (Indonesia)

Orangutan Barat Daya Borneo (*P. p. wurmbii*) yang tersebar di provinsi Kalimantan Barat dan Kalimantan Tengah (Indonesia)

Orangutan Timur Laut Borneo (*P. p. morio*) yang tersebar di Sabah (Malaysia) dan provinsi Kalimantan Utara dan Kalimantan Timur (Indonesia)



Gatot, Orangutan Timur Laut Borneo (*Pp. morio*) jantan tidak berpipi

Orangutan Timur Laut Borneo (*P. p. morio*)

Estimasi populasi dari Orangutan Timur Laut Borneo sebanyak 14,470, dengan hanya lima populasi besar yang dapat hidup dalam jangka waktu lama (PHVA 2017) (Kotak 1). Populasi terbesar subspecies ini berada di Sabah, Malaysia dengan estimasi sebanyak 11,730 (SD $\pm 1,560$) individu (PHVA 2017). TNK menyokong populasi besar orangutan ini yang tersisa di Indonesia. Estimasi populasi di Kalimantan Timur yaitu 2,900 (SD ± 750) individu, dengan 1,700-1,930 individu berada di TNK (PHVA 2017, TNK 2016).

Ancaman utama terhadap Orangutan Timur Laut Borneo menurut PHVA (2017) yaitu: perambahan untuk agrikultur skala kecil; pembalakan hutan ilegal; konversi habitat untuk industri agrikultur; konstruksi jalan; dan perburuan. Walaupun setiap ancaman tersebut memiliki beragam strategi mitigasi yang potensial, elemen penting untuk berhadapan dengan ancaman-ancaman tersebut yaitu penegakan hukum (PHVA 2017).

Secara keseluruhan, Orangutan Timur Laut Borneo tetap bertahan hidup di saat ketersediaan dan prediksi makanan yang disukai dalam jumlah rendah di seluruh habitat orangutan (Tabel 1). Hutan Borneo di bagian timur paling banyak didominasi oleh dipterokarpa, yang mana jenis ini jarang memroduksi makanan orangutan. Karena dominasi dipterokarpa tersebut, ketersediaan spesies berbuah lainnya rendah. Borneo bagian timur juga mengalami efek parah El Niño Southern Oscillation (ENSO) (lihat bagian iklim di bawah). Ekstrimnya variasi curah hujan akibat ENSO membuat fluktuasi besar dalam ketersediaan pakan orangutan. Makanan yang dikonsumsi Orangutan Timur Laut Borneo dicirikan dengan spesies tumbuhan yang memiliki sedikit buah dan kualitas yang lebih miskin jika dibandingkan dengan makanan spesies orangutan lainnya (Russon et al. 2009).

Orangutan di Taman Nasional Kutai

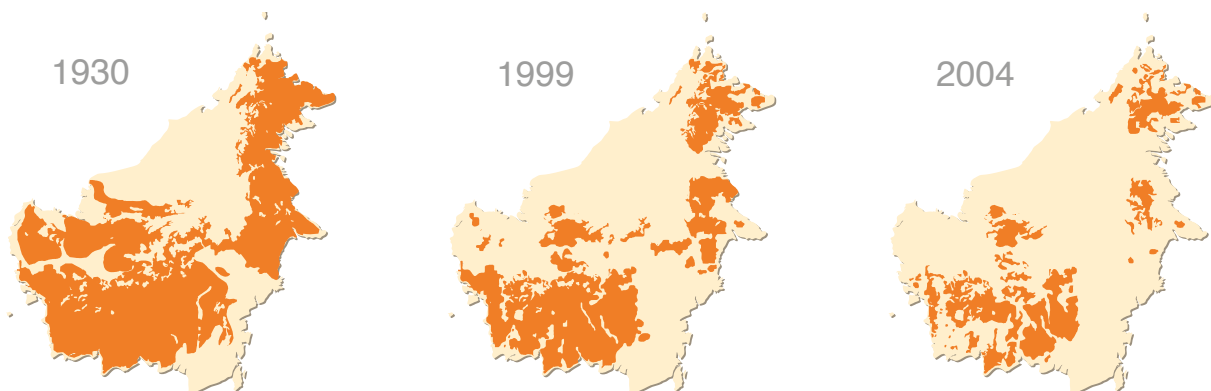
Orangutan TNK memiliki tantangan spesifik karena lokasi dan kondisi ekologi yang khas. Tantangan tersebut termasuk dampak peristiwa ENSO (untuk keterangan lebih jelas lihat sesi perubahan iklim) yang mengakibatkan kekeringan parah dan kebakaran hutan (1982-83, 1997-98). Kondisi hutan yang masih dalam tahap pemulihan dan pengaruh kegiatan manusia yang masih berlanjut pada flora dan fauna di taman nasional (lihat di bawah) juga memengaruhi kesintasan orangutan. Ketiga faktor tersebut merupakan bahan pertimbangan penting dalam merencanakan pengayaan hutan dan kegiatan restorasi.

Kondisi ekologi lokal

Orangutan tersebar di banyak area dan habitat di taman nasional. Sebagai contoh, bagian utara taman nasional memiliki beragam tipe hutan, yang dipengaruhi kuat oleh gradien elevasi, termasuk hutan aluvial yang terendam musiman dan hutan dataran rendah dengan tegakan campuran dipterokarpa di daerah pegunungan (Leighton 1993). Orangutan bergerak bolak-balik di antara tipe-tipe hutan tersebut, kadang pada musim tertentu. Hal ini menyiratkan bahwa mereka membutuhkan sumber makanan yang tersedia di tipe hutan yang berbeda (OKP belum dipublikasikan).

ENSO

Pola ENSO antar lokasi dapat berbeda walaupun masih berada di dalam Borneo. Di TNK, masa El Niño menyebabkan kekeringan panjang juga berat dan La Niña yang menyebabkan curah hujan tinggi (Qian et al. 2013). ENSO merupakan penggerak utama dari sangat tingginya variasi ketersediaan makanan yang orangutan TNK hadapi: El Niño membawa kekeringan yang memicu kurangnya makanan dan terjadinya kebakaran, sementara La Niña membawa hujan yang memicu baiknya pertumbuhan tanaman sehingga makanan berlimpah. Hutan di bagian timur Borneo dan satwa liar penghuninya, termasuk orangutan, telah bertahan melalui sejarah panjang peristiwa ENSO yang berfluktuasi ekstrim, sehingga mereka mampu menanggulangi perubahan kondisi hidup pada tingkatan yang tinggi.



Gambar 1. Perubahan distribusi orangutan di Borneo antara tahun 1930 dan 2004. (Hugo Ahlenius)

Sumber: www.grida.no/resources/7755

Kerusakan Taman Nasional Kutai

Sampai awal tahun 1980an, hutan di taman nasional dalam kondisi hampir asli, dan hanya dirusak oleh pembalakan dan perburuan skala kecil. Industri komersial yang memanfaatkan sumber daya alam kemudian mulai berkembang di sekitar taman nasional, dan parahnya kekeringan El Niño (1982-83, 1997-98) dilanjutkan dengan dua kali 'Kebakaran Besar Borneo' menghabiskan proporsi hutan TNK dalam jumlah besar. Kekeringan merupakan peristiwa alami, namun kebakaran yang terjadi disebabkan oleh manusia. Kebakaran hutan kedua menghancurkan 90% hutan di taman nasional, dan kebanyakan orang termasuk peneliti dan konservasionis, dengan salah menyimpulkan bahwa hutan tidak bisa pulih dan orangutan di taman nasional hampir punah.

Kedua bencana kekeringan dan kebakaran hutan telah nyata memengaruhi orangutan di taman nasional. Di Mentoko, area bagian utara TNK, peristiwa kekeringan dan kebakaran tahun 1982-83 telah menghancurkan banyak sumber makanan utama orangutan dan merusak sumber makanan yang masih bertahan (Leighton and Wirawan 1986). Walaupun orangutan menghadapi ekstrimnya kekurangan makanan, terutama buah serta hilangnya banyak pohon dan liana yang biasa digunakan untuk pergerakan di atas pohon, kebanyakan dari mereka selamat, dengan peningkatan ketergantungan terhadap kualitas makanan yang sangat miskin (misalnya kulit kayu, beberapa daun, dan tunas baru) dan perubahan perilaku untuk mengurangi pemakaian energi (Leighton and Wirawan 1986, Suzuki 1984, 1986). Hingga 12-15 tahun setelah kekeringan dan kebakaran tahun 1997-98, mereka bergantung pada spesies

pionir, spesies asli kemudian tumbuh kembali secara natural di area yang dulunya terbakar (Russon et al. 2015). Para peneliti yang mempelajari bagaimana mereka bertahan melaporkan stabilnya kepadatan orangutan dan ukuran populasi, serta banyak orangutan masih berada dalam kawasan jelajah yang sama sebelum kerusakan hutan (mungkin bergeser atau memperluasnya), beberapa percaya orangutan telah pindah ke tempat lain, serta beberapa bayi lahir dan bertahan (OKP belum dipublikasikan). Fleksibilitas dalam konsumsi dan kebiasaan mencari makan, termasuk kemampuan bergantung pada spesies pionir dan perubahan cepat dari makanan utama ke *fallback foods*, sepertinya merupakan kunci kesintasan orangutan tersebut (Campbell 1992, Leighton and Wirawan 1986).

Populasi orangutan di TNK terus berlanjut menghadapi ancaman dalam bentuk konversi habitat untuk industri agrikultur dan ekstraksi sumber daya alam (penambangan), perburuan, dan konflik dengan penduduk lokal (legal maupun ilegal). Ancaman-ancaman ini telah meningkat dramatis sejak awal tahun 1980 dan terbukti sangat sulit untuk diperkarakan ataupun dikontrol. Konflik dengan masyarakat sekitar TNK merupakan masalah yang masih terjadi, seperti kejadian orangutan dibunuh dengan ditembak 130 kali menggunakan senapan angin pada tahun 2018 (Gill 2018, Mongabay 2018). Terkadang orangutan menyerang perkebunan, terutama di dalam area di mana deforestasi intensif terjadi, dan pembunuhan orangutan seringkali terjadi dalam proses tersebut (Meijaard et al. 2011). Perburuan juga merupakan alasan utama berkurangnya populasi orangutan di Borneo (Voigt et al. 2018).

Tabel 1. Orangutan Timur Laut Borneo memiliki beberapa ciri yang membedakan mereka dari orangutan lainnya. Di bawah ini merupakan perbandingan dari fitur-fitur khusus *P. p. morio* dengan *P. abelii* dan *P.p. wumbii*, (belakangan ini merupakan taksa yang paling banyak dipelajari). Ciri-ciri ini dirangkum dari Van Schaik et al. (2009).

Dimensi	Faktor	Ciri <i>morio</i>
Habitat	Produktivitas hutan	Lebih rendah
	Pengaruh musim berbuah tinggi (masting)	Paling berpengaruh?
	Predator besar di darat (contohnya harimau)	Tidak ada
Morfologi	Rahang bawah	Paling kuat
	Email gigi (lapisan keras gigi)	Lebih tebal
	Rerata ukuran otak (cc)	Paling kecil
Ekologi Perilaku	Variasi konsumsi buah	Paling tinggi
	Ketergantungan terhadap fallback foods selain buah	Paling biasa ditemukan
	Ukuran daya jelajah betina	Terkecil
	Jarak harian pergerakan betina (m)	Terpendek
	Keton dalam urin (keseimbangan energi)	Mungkin ada
	Sensitivitas terhadap penebangan	Terendah
	Kepadatan populasi	Di antara yang terendah
Pergerakan di tanah	Biasa ditemukan	
Organisasi sosial	Kemampuan sosial	Lebih rendah
	Durasi berpasangan	Lebih pendek
	Keinginan untuk kawin	Lebih tinggi
	Kerentanan terhadap stres sosial	Lebih tinggi
Sejarah Hidup	Durasi jarak antar kelahiran (rerata tahun)	Terpendek
	Berkurangnya asosiasi dengan induk	Lebih muda

Kotak 1: Orangutan Kutai Project

oleh Anne Russon

Tim penelitian saya mulai mengembangkan proyek penelitian orangutan liar di TNK pada tahun 2008, sambil melakukan penelitian jangka panjang tentang rehabilitasi dan reintroduksi orangutan di Kalimantan Timur, Indonesia. Orangutan Kutai Project (OKP) terbentuk saat berkunjung ke TNK dan kantor balai TNK yang memperlihatkan bahwa kondisi habitat taman nasional dan orangutan telah pulih dari kerusakan besar sepanjang tahun 1980 dan 1990. Dengan kepercayaan bahwa habitat dan kondisi orangutan telah hancur, banyak peneliti dan konservasionis yang telah bekerja dengan orangutan dan TNK di tahun 1970 dan awal 1980 kehilangan minatnya.

Kami mempertimbangkan bahwa proyek penelitian baru bagi orangutan di TNK dapat menjadi berharga karena beberapa alasan:

- Karena Orangutan Timur Laut Borneo (*P. p. morio*) baru diakui sebagai subspecies pada akhir tahun 1990, maka belum banyak yang mengetahui tentang subspecies tersebut. Kami berniat untuk meningkatkan pemahaman tentang adaptasi khusus spesies ini, terutama yang berada di Kalimantan Timur, yang mungkin berbeda dari orangutan yang berada di Sabah.
- Untuk meningkatkan pemahaman mengenai perubahan habitat yang dialami orangutan TNK, bagaimana orangutan ini dapat menghadapi dan beradaptasi dengan perubahan tersebut, sehingga informasi ini dapat dijadikan informasi dasar untuk usaha konservasi.
- TNK mendukung populasi terakhir Orangutan Timur Laut Borneo yang dilindungi di Kalimantan Timur, sehingga meningkatkan pemahaman dari sisi biologi, perilaku, dan ekologi (misalnya kualitas, kebutuhan, dan penggunaan habitat; rentang dan distribusi sumber daya; pola jelajah; struktur sosial) merupakan hal penting sebagai sumber informasi untuk usaha konservasi yang efektif.

Kami memilih area penelitian (~5km²) sepanjang batas utara TNK, berdasarkan beberapa survey lapangan yang menunjukkan tutupan hutan yang baik dan kehadiran orangutan yang tinggi. Area penelitian kami tumpang tindih dengan area di mana orangutan dipelajari pada tahun 1970 dan 1980, ketika hutan masih dalam keadaan hampir asli, yang memberikan kami kesempatan untuk menilai perubahan habitat dan penggunaan habitat oleh orangutan akibat dampak kebakaran hutan pada tahun 1982-83 dan 1997-98 dan pulihnya kondisi hutan setelahnya.

Berdasarkan data lapangan kami di tiga tahun pertama (2010-12), kami mampu menunjukkan bahwa pemulihan berjalan baik, ditunjukkan dari: orangutan yang melimpah di area penelitian kami, sehat, dan nampaknya bereproduksi secara normal; area tutupan hutan yang telah pulih dengan cepat menyediakan spesies pohon sebagai sumber makanan yang baik bagi orangutan (klimaks dan pionir); orangutan ini masih

berperilaku seperti pada saat kondisi hutan masih asli (yaitu, kemiripan ukuran daya jelajah, jarak pergerakan harian, neraca aktivitas, preferensi dan konsumsi makanan); dan data pergerakan mereka membantu kami untuk mengidentifikasi spesies 'kunci', yaitu spesies cukup penting sebagai tujuan saat pencarian makanan. Kami juga mengembangkan daftar spesies makanan bagi orangutan, data bulanan fenologi untuk spesies-spesies pohon utama, dan rekaman cuaca dari waktu ke waktu (curah hujan harian, temperatur).

Kami sekarang sedang berkonsentrasi pada pola jangka panjang dari ekologi makanan dan adaptasi orangutan di TNK. TNK, sebagai bagian dari Borneo Timur, mengalami efek paling parah dari El Niño Southern Oscillation (ENSO), termasuk musim kekeringan berkepanjangan selama peristiwa El Niño dan curah hujan sangat tinggi selama peristiwa La Niña, dan hal ini mengubah kondisi ekologi yang pasti memengaruhi tempat tinggal satwa liar. Saat ini data kami menjangkau satu siklus lengkap ENSO (2010-16), yang mengindikasikan perubahan substansial bagi ekologi makanan, perilaku, dan reproduksi orangutan. Beberapa pola muncul: (i) orangutan mengubah penggunaan habitatnya dari tahun ke tahun dalam siklus ENSO 2010-16, kemungkinan karena mencari sumber makanan yang baik; (ii) perubahan pada penggunaan habitat menyiratkan bahwa daya jelajah individu lebih besar dibandingkan estimasi sebelumnya berdasarkan data 1-2 tahun. (iii) Interval jarak kehamilan orangutan betina sangat terikat dengan peristiwa ENSO karena persediaan makanan yang ikut terpengaruh sehingga memengaruhi juga kesuburan betina; dan (iv) kemungkinan karena alasan tersebut, orangutan betina dewasa di TNK sering terlihat membawa dua keturunan dalam satu waktu (dikenal dengan sebutan "offspring stacking") – bayi baru dan anak remaja – walaupun satu anaknya berjarak jauh.

Proyek kami, termasuk temuan dari penelitian kami dalam perilaku, biologi, dan ekologi orangutan, memiliki fokus terhadap pentingnya konservasi orangutan. Temuan kami misalnya mengenai daya jelajah orangutan dalam jangka panjang, menegaskan bahwa daya dukung TNK bagi orangutan mungkin lebih rendah daripada yang sebelumnya dipercayai (yaitu satu orangutan membutuhkan lebih dari satu habitat, hal ini berbeda dari hasil estimasi jangka pendek). Data kami tentang spesies makanan orangutan di TNK dengan cara mengidentifikasi spesies yang kemungkinan besar bermanfaat bagi orangutan di Kalimantan Timur telah berkontribusi terhadap rehabilitasi hutan dan proyek restorasi. Kami sedang bekerja menyusun perjanjian kerjasama dengan balai TNK untuk melakukan kegiatan konservasi (pengayaan hutan) sebagai tambahan dari penelitian orangutan. Terakhir, proyek kami telah berkontribusi di beberapa pertemuan penting berskala internasional yang diselenggarakan oleh balai TNK. Untuk kebutuhan dari laporan ini, kata 'orangutan' merujuk kepada Orangutan Timur Laut Borneo.

Kotak 2: Penilaian IUCN terhadap status konservasi Orangutan Timur Laut Borneo dari (Ancrenaz et al. 2016a)

Tersisa kurang dari 20,000 individu Orangutan Timur Laut Borneo, paling banyak berada di Sabah dan Kalimantan Timur, dengan sedikit grup tersebar di Kalimantan Utara.

Di Sabah, bukti genetik menunjukkan bahwa lebih dari 90% populasi asli orangutan telah hilang lebih dari 200 tahun yang lalu karena aktivitas manusia (Goossens et al. 2006). Dengan 39.5% hutan hilang dalam kurun waktu 40 tahun (1973-2010), negara mengalami kehilangan hutan dengan laju tertinggi berada di Borneo (Gaveau et al. 2014). Kebanyakan dari hilangnya hutan terjadi di bagian timur hutan dataran rendah yang dulunya merupakan habitat yang paling dipilih orangutan. Walaupun sekitar 80% orangutan ditemukan di hutan lindung, banyak populasi mengalami penurunan akibat konversi lahan, fragmentasi, dan pembabatan hutan. Studi terbaru memberikan estimasi bahwa dalam 10 tahun terakhir saja, jumlah total orangutan di negara bagian ini telah berkurang sekitar 25% (Santika et al. 2017).

Populasi di Kalimantan juga menderita nasib yang sama dengan Sabah akibat kombinasi antara tekanan perburuan ilegal, kebakaran hutan, dan konversi hutan menjadi lahan agrikultur. Model tren populasi subspecies orangutan ini di Kalimantan memprediksi penurunan jumlah orangutan dan kepunahan lokal dalam 10 tahun mendatang (Abram et al. 2015). Tentu saja banyak area yang ditempati orangutan di Kalimantan Timur, memiliki risiko konflik yang tinggi dan hal ini merefleksikan tekanan yang disebabkan oleh cepatnya konversi tutupan lahan menjadi perkebunan. Subspecies ini berkurang cepat, dan kombinasi antara dampak iklim dengan perubahan tata guna lahan mempercepat hilangnya habitat yang sesuai (Struebig et al. 2015). Kebakaran menggandakan penurunan tersebut: sebagai contoh, 90% kawasan TNK telah hilang karena kebakaran besar di tahun 1983 dan 1998 sehingga populasi orangutan menurun dari sekitar 4,000 individu di tahun 1970 (Rijksen and Meijaard 1999) menjadi hanya 600 (Wich et al. 2008).*

Kesimpulannya, lebih dari 86% individu subspecies ini akan hilang dalam tiga generasi (1950-2025), karenanya subspecies ini masuk dalam kategori Kritis.



Anak orangutan sedang memilih buah *Macaranga gigantea* di Preval, TNK



Orangutan jantan dewasa di Samboja Lestari

* Estimasi tidak berdasarkan survei darat apa pun: jumlah 600 individu merupakan hasil dari estimasi habitat yang masih baik di TNK pada saat itu (-600 km²) * estimasi kepadatan orangutan 'rendah' (1 individual/km²).

Ancaman terhadap hutan di dalam dan luar kawasan Taman Nasional Kutai


Tinjauan: ancaman-ancaman terhadap hutan hujan Borneo

Keaslian hutan Borneo telah dipengaruhi oleh pembalakan, kebakaran, dan konversi hutan menjadi perkebunan dan industri bahan baku yang terus berkembang dalam skala yang belum pernah terjadi sebelumnya sejak awal tahun 1970 (Gaveau et al. 2014). Hilangnya kawasan hutan terbesar yang dialami Borneo tercatat terjadi di Sabah dan Kalimantan berturut-turut sebesar 39.5% dan 30.7% dari total area hutan yang hilang antara tahun 1973 hingga 2010 (Gaveau et al. 2014). Melindungi hutan dari kebakaran dan konversi hutan menjadi perkebunan dan industri komersial lainnya merupakan prioritas mendesak untuk mengurangi

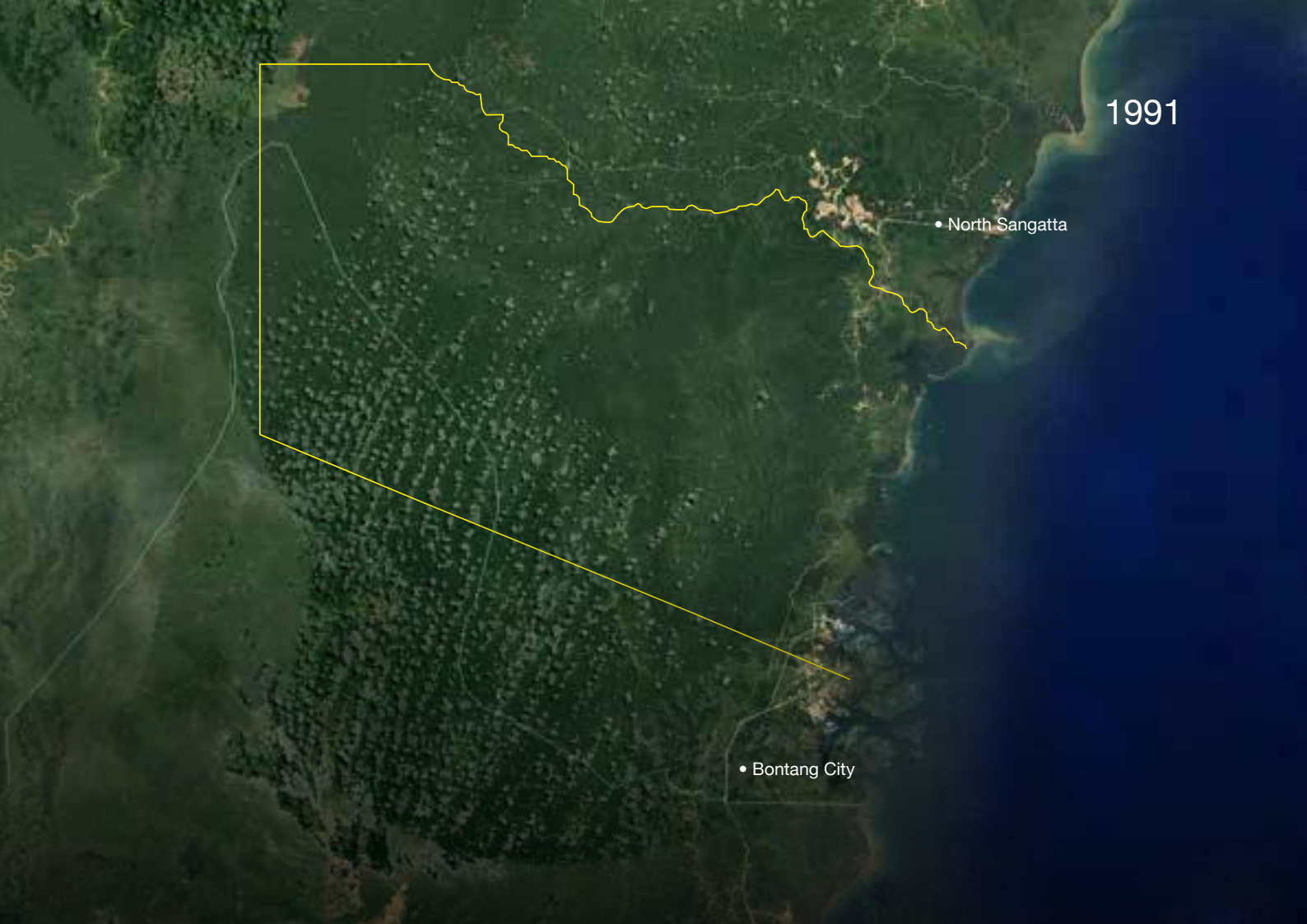
laju deforestasi di Borneo. Di Kalimantan, hutan tersisa pada kawasan industri berada paling banyak di kawasan konsesi penebangan (~7 Mha; ~57.1% mempertimbangkan hutan yang tersisa di kawasan konsesi industri) dilanjutkan dengan konsesi campuran (~2.2 Mha; ~18.4%), dan konsesi perkebunan kelapa sawit (~1.2 Mha; ~9.9%) merujuk pada Abood et al. (2015). Melihat pola deforestasi tersebut di Kalimantan, maka hal ini sangat berkaitan dengan jarak dari pinggir perbatasan hilangnya hutan yang terjadi sebelumnya. Laju hilangnya hutan yang tinggi telah diprediksi dan diobservasi terjadi pada periode tahun 2010-2020 (Cushman et al. 2017). Dikombinasikan dengan tingkat deforestasi yang tinggi di daerah yang dekat dengan TNK (Gambar 2), hutan taman nasional berada pada risiko tinggi eksploitasi.

Tabel 2. Area konsesi industri di Borneo (Kalimantan) tahun 2010 (Abood et al. 2015) dalam satuan juta hektar (ha)

Area (juta ha)	Kelapa sawit	Penebangan	Serat kayu/ bubur kayu	Pertambangan	Konsesi campuran	Seluruh industri
53,6	8,4	9,2	4,2	2,5	4,7	29,1



Hutan bekas terbakar di wilayah Mawas. Kebakaran menghancurkan hutan hujan dan merupakan ancaman utama untuk TNK.



Gambar 2. Perbandingan perubahan tutupan lahan di dalam dan sekitar TNK pada tahun 1991 dan 2016. Batas taman nasional ditunjukkan oleh garis kuning. Daerah berwarna coklat menunjukkan hilangnya hutan, dengan tutupan awan menyelimuti TNK pada gambar di tahun 1991. Hilangnya hutan secara besar-besaran baru-baru ini terjadi akibat aktivitas manusia. Images © 2018 Landsat / Copernicus. Map Data © 2018 Google. Tanggal citra: 12/1991, 12/2016

Perubahan iklim

Sejarah iklim

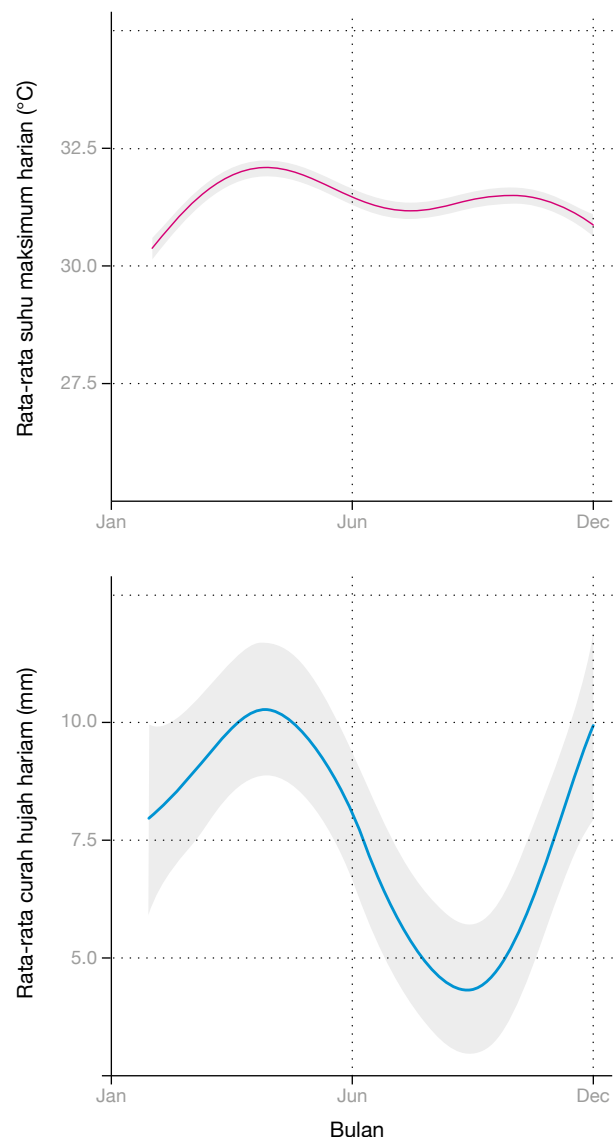
Borneo memiliki iklim tropis, dengan sejarah rerata temperatur tahunan yaitu 22.9°C dan curah hujan sebesar 2,646 mm (climate-data.org) walaupun terdapat variasi cukup besar sepanjang pulau. Secara umum, Kalimantan Barat mendapatkan curah hujan lebih tinggi dibandingkan Kalimantan Timur (Qian et al. 2013). Sementara curah hujan di daerah lebih dekat ekuator tidak terjadi musiman, curah hujan di TNK terdistribusi secara musiman, dengan musim hujan terjadi dari bulan Desember hingga Maret (Gambar 3). Hilangnya hutan Borneo telah meningkatkan temperatur lokal harian dan temperatur ekstrim, serta mengurangi intensitas hujan harian (McAlpine et al. 2018). Pola antar tahun sangat dipengaruhi oleh peristiwa ENSO yang saat ini berulang dalam interval rata-rata 5-7 tahun (Ropelewski and Halpert 1996). Hal ini merupakan hasil dari interaksi antara atmosfer dan kondisi laut di daerah tropis dari Laut Pasifik, sehingga memicu perubahan cuaca global dan perubahan pola iklim. Efek bervariasi di sepanjang Borneo dan terjadi paling ekstrim di timur Borneo, di mana kecepatan angin lebih tinggi dan curah hujan lebih rendah saat tahun El Niño untuk periode musim hujan pada bulan Desember hingga Februari (Qian et al. 2013). Sebaliknya, selama peristiwa La Niña, temperatur permukaan laut dalam wilayah ini menjadi lebih dingin dari normal, dengan rerata curah hujan lebih tinggi dibandingkan bagian timur Borneo lainnya.

Perubahan iklim - latar belakang

Semenjak revolusi industri di akhir abad 18, manusia telah menggunakan bahan bakar fosil seperti batubara, minyak, dan gas dengan jumlah yang terus meningkat, sehingga merilis sejumlah besar karbon dioksida dan gas rumah kaca lainnya ke atmosfer. Hasil dari efek rumah kaca telah memicu peningkatan rata-rata temperatur global hingga ~1°C, dengan pemanasan lokal lebih tinggi di beberapa area seperti Artik (IPCC 2013). Tingkat pemanasan seperti ini menghasilkan perubahan besar dalam komponen sistem iklim Bumi (Garcia et al. 2014). Hal tersebut termasuk besaran dan frekuensi dari peristiwa cuaca ekstrim seperti kekeringan, banjir dan badai, serta dampak sekunder, seperti peningkatan kondisi datangnya kebakaran (IPCC 2013). Perlu perhatian khusus bagi Borneo mengenai kondisi perubahan iklim karena hilangnya hutan karena vegetasi global dan iklim yang memiliki hubungan dua arah: ketika iklim berubah, maka vegetasi pun berubah, dan ketika vegetasi berubah, iklim pun pasti akan berubah (Sheil 2018).

Perubahan-perubahan tersebut memiliki pengaruh besar terhadap keanekaragaman hayati. Kebanyakan proses ekologi, termasuk di ekosistem darat, air tawar, dan laut, saat ini menunjukkan respon terhadap perubahan iklim. Perubahan terjadi pada level gen hingga individu, populasi, spesies, dan ekosistem (Scheffers et al. 2016). Perubahan yang teramati pada fisiologi, morfologi, dan fenologi telah meluas secara global, seperti spesies yang mengubah penyebarannya menuju daerah dengan garis lintang dan elevasi yang lebih

tinggi (Scheffers et al. 2016). Implikasi perubahan tersebut bagi manusia yaitu tidak terprediksinya keberadaan ikan dan produksi hasil panen, hilangnya keanekaragaman genetik pada varietas tanaman liar, dan meningkatnya dampak hama dan penyakit (Scheffers et al. 2016). Sementara perubahan iklim meningkatkan kesintasan bagi beberapa spesies, lebih banyak lagi besaran dan laju perubahan memiliki konsekuensi negatif terhadap kemampuan bertahan hidup, menyebabkan kepunahan secara lokal atau bahkan global (Foden and Young 2016). Tekanan antropogenik lainnya seperti hilangnya habitat dan panen berlebihan nampaknya berjalan sinergis dengan perubahan iklim, sehingga memperburuk dampak negatif bagi banyak spesies, ekosistem, mata pencaharian lokal, dan ekonomi.



Gambar 3. Rata-rata temperatur maksimum harian dan rata-rata curah hujan harian dalam setiap bulan di TNK, pada periode 2010-2016. Tren yang ditunjukkan oleh garis biru dihitung menggunakan fungsi *loess smoother*, dan bayangan kelabu mengindikasikan interval kepercayaan sebesar 95%. Data berasal dari Bendili (area Mentoko), TNK, sumber dari Orangutan Kutai Project.

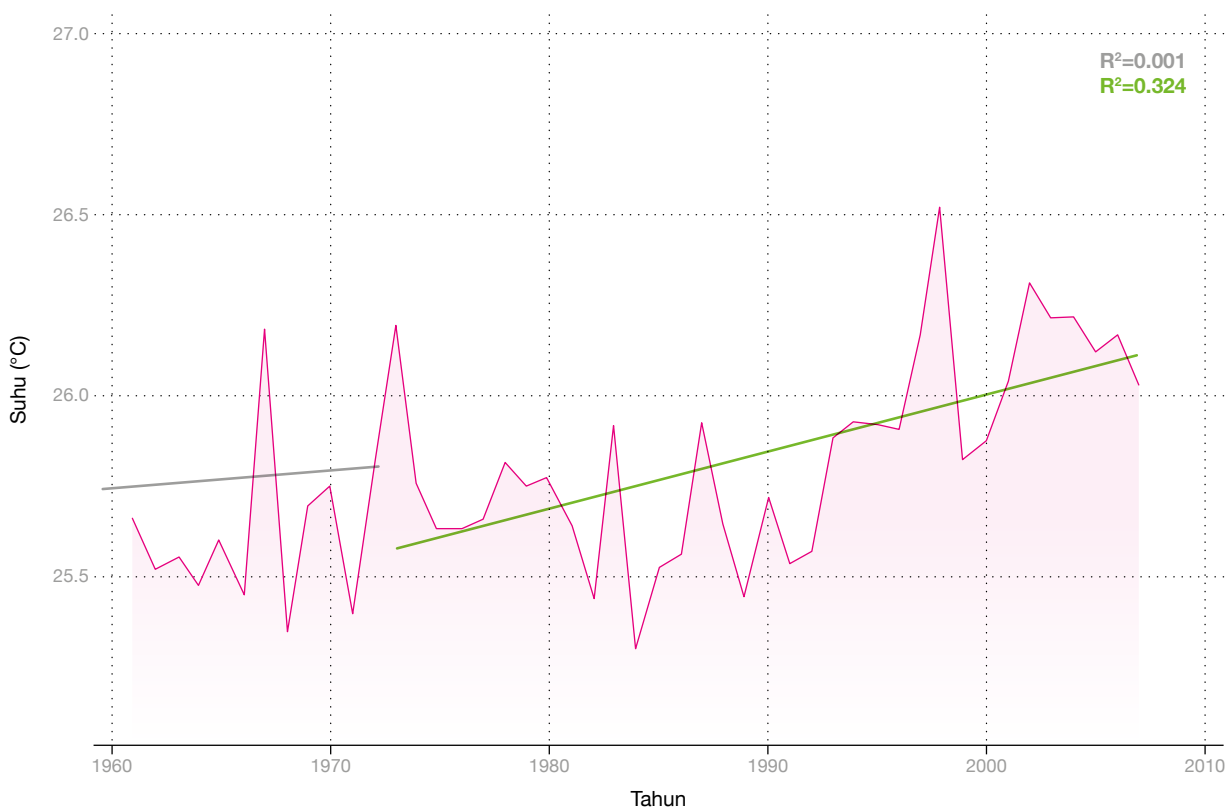
Perubahan iklim yang diamati

Analisis terbaru tren temperatur di seluruh Indonesia pada tiga dekade akhir mengungkapkan tren pemanasan secara spasial yang signifikan (Supari et al. 2017). Penulis menemukan bahwa frekuensi hari dingin dan malam dingin telah menurun sedangkan hari panas dan malam panas teramati lebih sering terjadi (Supari et al. 2017). McAlpine et al. (2018) menghitung rerata tahunan dari rata-rata temperatur harian di Borneo antara tahun 1961 hingga 2007 dan menemukan bahwa terjadi peningkatan rata-rata sebesar 0.083°C per tahun, dengan penurunan, namun tetap meningkat signifikan sebesar 0.009°C per tahun ketika periode El Niño tidak dimasukkan perhitungan. Melihat perubahan ini di sepanjang daerah resapan yang berbeda mengindikasikan bahwa perubahan besar cenderung terjadi pada kawasan dengan tingkat keparahan hilangnya hutan yang lebih tinggi. Dampak perubahan iklim sudah terlihat dan diketahui sejak awal tahun 1970an; ketika penulis mengeksplorasi tren perubahan sebelum dan sesudah tahun 1974 dan menemukan bahwa rata-rata temperatur harian meningkat cepat secara signifikan setelah tahun 1973 (Gambar 4) dibandingkan periode tahun 1961-1972.

Curah hujan di Indonesia tidak menunjukkan tren perubahan yang signifikan dari tahun 1981-2012 dan secara spasial tidak berkaitan, namun tendensi kondisi lebih basah teramati (Supari et al. 2017). Penulis ini juga menemukan peningkatan ekstrim curah hujan, yang dihitung dari jumlah curah hujan harian tertinggi setiap tahun dan jumlah curah hujan pada hari basah ekstrim. Namun, McAlpine et al

(2018), mengukur rata-rata hujan harian di Borneo dan menemukan bahwa rata-rata hujan harian dari tahun 1951-1972 adalah 6.7mm per hari, serta menunjukkan perubahan kecil selain variasi antar tahun, namun dari tahun 1973-2007, curah hujan menurun menjadi 0.04mm per tahun (Gambar 5a). Perubahan ini berhubungan dengan perubahan fungsi danutupan lahan, karena penurunan curah hujan terbesar terjadi pada daerah hilangnya hutan yang teramati. Deforestasi menimbulkan tingginya area albedo (misalnya tanah gundul), sehingga memengaruhi reduksi curah hujan akibat pengurangan dalam evapotranspirasi, konveksi, dan aliran horizontal kelembapan atmosfer (Takahashi et al. 2017). Hal ini nampaknya merupakan kasus untuk daerah timur Borneo (McAlpine et al. 2018).

Catatan curah hujan di TNK telah disimpan oleh Orangutan Kutai Project sejak Maret 2010. Kami mengolah rekaman data dari 2010-2016 dan dengan persetujuan dari MacAlpine et al. (2018), kedua temuan tersebut menunjukkan penurunan jumlah hari hujan, dan juga penurunan rata-rata curah hujan harian (Gambar 5b). Tren tersebut secara jelas merefleksikan siklus ENSO tahun 2010-2016: dua tahun pertama (2010-2011 dan 2011-2012) di mana merupakan tahun La Niña yang sangat basah; dua tahun pertengahan merupakan tahun netral (hujan menengah); sementara tahun terakhir 2015-2016 merupakan kekeringan El Niño, juga periode terkering di Borneo sejak kekeringan tahun 1997-1998. Walaupun periode data ini terlalu pendek untuk menunjukkan tren iklim, hal ini membantu untuk menetapkan konteks curah hujan tahun ini.



Gambar 4. Perubahan rerata temperatur harian di Borneo, membandingkan dua periode: 1961-1972 (yaitu sebelum perubahan iklim mulai memengaruhi iklim global) dan 1973-2007 (yaitu saat dampak terlihat meningkat di seluruh dunia) (McAlpine et al. 2018).

Proyeksi perubahan iklim di masa mendatang

Secara global, prediksi perubahan iklim menyatakan bahwa terdapat tren temperatur yang lebih hangat (IPCC 2013), tidak terkecuali di Asia Tenggara. Seluruh model memprediksi peningkatan temperatur di seluruh wilayah Asia Tenggara, dengan rata-rata temperatur wilayah meningkat antara 1°C di bawah skenario terbaik dan paling buruk mencapai 4°C di akhir abad (IPCC 2014) (Gambar 6a dan b). Borneo adalah salah satu area yang terproyeksi akan sangat menghangat, dan berada di bawah garis rata-rata perubahan iklim (RCP 4.5): proyeksi perubahan mencapai 2°C pada bulan Juni-Agustus diantisipasi terjadi di tahun 2100 (IPCC 2014). Proyeksi secara umum terlihat konsisten di semua model, mengarahkan pada tingkat kepercayaan tinggi terhadap prediksi tren pemanasan.

Berbeda dari proyeksi temperatur yang terlihat jelas, model prediksi curah hujan global sangatlah tidak jelas, terutama di Asia Tenggara (McSweeney et al. 2013). Model memprediksi tren basah yang sangat kecil, namun dengan proyeksi yang membentang dari sedikit basah ke kondisi kering sebanyak 10 mm per tahun, berada di bawah garis emisi gas rumah kaca terkecil dan terbesar (IPCC 2014) (Gambar 7a dan 7b). Borneo terproyeksi akan melalui kondisi sedikit basah di bulan Oktober-Maret dan April-September, dan hal ini terjadi di sepanjang waktu hingga masa mendatang (IPCC 2014). Walaupun demikian, perbedaan yang ditemukan antar model, membuat prediksi ini kurang dapat dipercaya. McAlpine et al. (2018) menunjukkan tren kering sangat ekstrim di sepanjang wilayah tenggara Borneo, berasosiasi dengan hilangnya hutan yang tinggi. Terlepas dari proyeksi perubahan total curah hujan, peningkatan temperatur akan memicu evapotranspirasi, yang menyebabkan kurangnya persediaan air untuk pemulihan vegetasi (Corlett 2016).

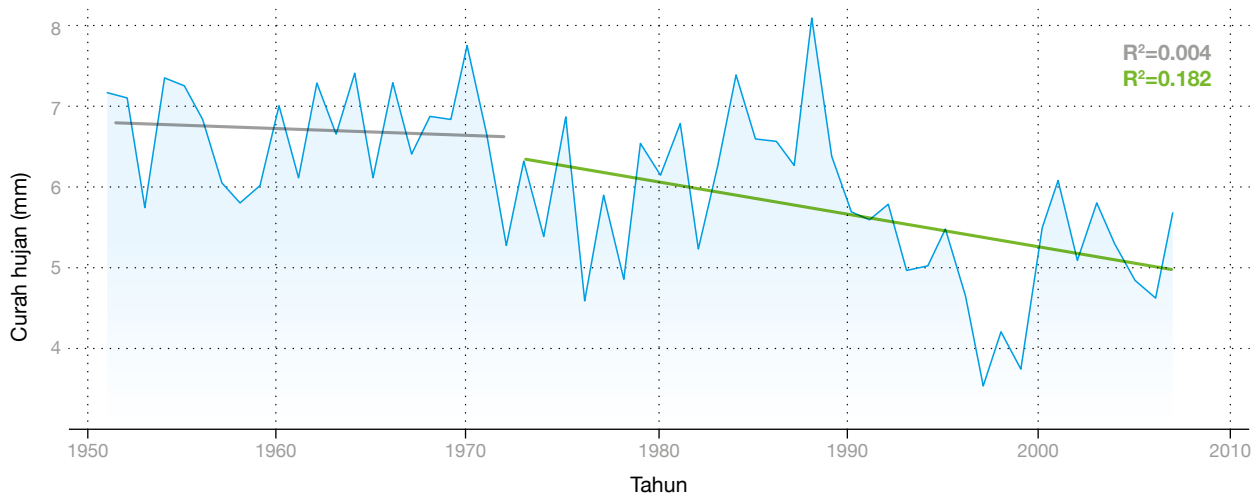


Figure 5 A. Perubahan curah hujan di wilayah utama: a) menunjukkan rata-rata perubahan temperatur harian dalam dua periode; 1961-1972 (garis abu-abu; yaitu sebelum hutan hilang dan sebelum perubahan iklim memengaruhi iklim global) dan 1973-2007 (merah; yaitu dampak mulai terlihat meningkat di seluruh dunia) (McAlpine et al. 2018).

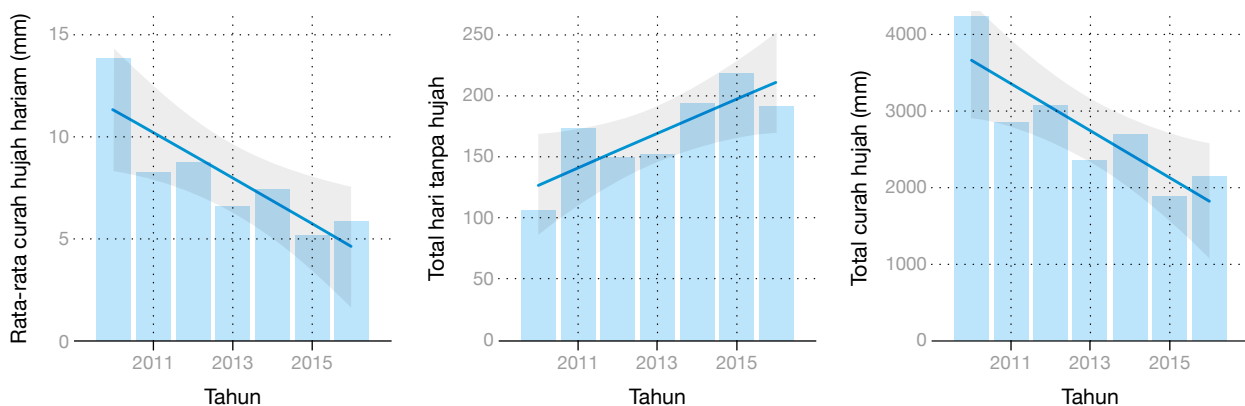
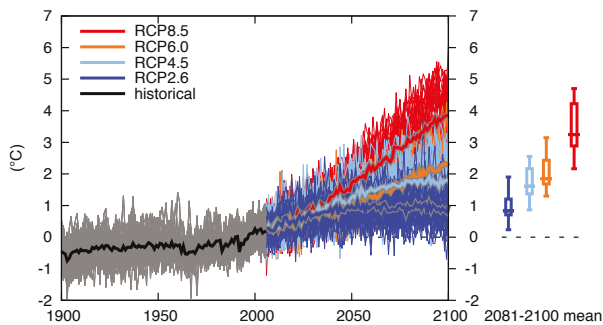


Figure 5 B. Pola curah hujan tahun 2010-2016 di Bendili (area Mentoko), TNK, menggambarkan transisi ENSO dari tahun basah La Nina (2010-2011) menuju kekeringan El Niño (2015-2016). Data bersumber dari Orangutan Kutai Project. Garis biru merupakan garis regresi, dengan standar error dari kemiringan ditunjukkan oleh bayangan kelabu; namun tren seterusnya tidak mungkin linear, karena data diambil hanya pada saat siklus ENSO.

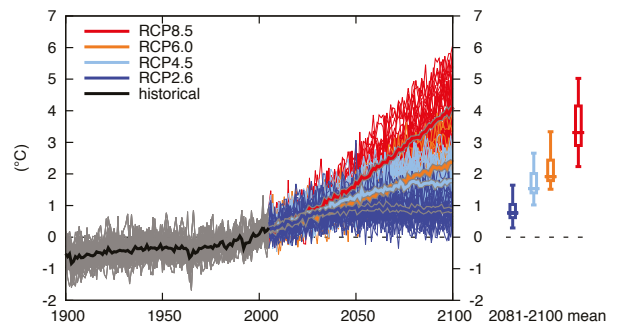
Prediksi terhadap peningkatan curah hujan yang bervariasi dan prediksi peristiwa ekstrem dibuat dengan penuh kepercayaan (IPCC 2014). Peningkatan peristiwa badai dan curah hujan ekstrem memberikan ancaman terhadap hutan melalui kecepatan angin yang tinggi, banjir dan longsor. Bagaimanapun juga yang lebih harus diperhatikan yaitu peningkatan jarak interval antar musim hujan, dan berdasarkan banyak model, frekuensi dan intensitas kekeringan akan meningkat di beberapa area hutan tropis sepanjang abad ini (Chadwick et al. 2016). Kekeringan dan kebakaran merupakan kombinasi yang dapat merusak, karena kekeringan cenderung akan membunuh pohon dengan kanopi besar dan kebakaran mampu membakar tumbuhan kecil di bawah kanopi pohon. Kebakaran berpotensi untuk mengubah tutupan hutan Borneo menjadi vegetasi terbuka dalam skala besar (Garrity et al. 1996, Langner and Siegert 2009), yang mana nantinya memengaruhi kondisi perubahan iklim.

Pemodelan spasial menunjukkan kemungkinan bahwa sejumlah besar habitat orangutan saat ini akan menjadi habitat yang tidak sesuai karena iklim yang berubah (Struebig et al. 2015). Berdasarkan penilaian terhadap seluruh proyeksi perubahan iklim dan tutupan lahan, model memprediksi bahwa hanya 49,000-83,000 km² habitat orangutan akan tersisa pada tahun 2080, merefleksikan 69–81% hilangnya habitat sejak tahun 2010. Proyeksi ini menunjukkan tiga hingga lima kali lipat lebih besar penurunan luasan habitat daripada antisipasinya terhadap deforestasi (Ancrenaz et al. 2016a).

A. Perubahan temperatur di Asia Tenggara pada bulan Desember-Februari (darat)

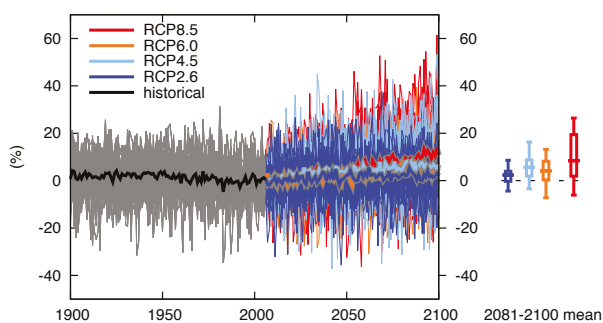


B. Perubahan temperatur di Asia Tenggara pada bulan Juni-Agustus (darat)

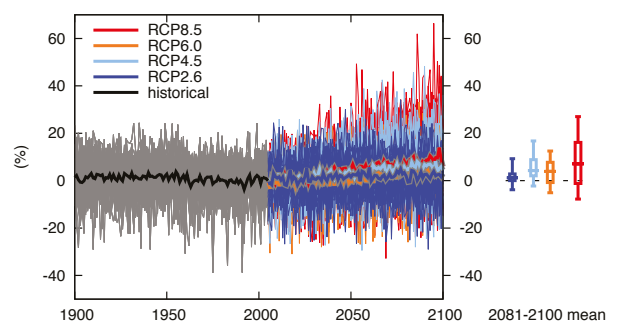


Gambar 6. Proyeksi perubahan temperatur di Asia Tenggara (IPCC 2014): a) dan b) menunjukkan perubahan temperatur sepanjang waktu hingga tahun 2100 relatif terhadap rata-rata temperatur tahun 1986-2005 berturut-turut pada bulan Desember-Februari dan Juni-Agustus. Beragam warna menunjukkan *Representative Concentration Pathway* (RCP) dari emisi gas rumah kaca mendatang, dengan 8.5 menunjukkan emisi tertinggi. Di sisi kanan, terdapat nilai tengah 5, 25, 50, sementara 75 dan 95 merupakan distribusi persentil dari rata-rata perubahan dalam empat skenario RCP selama 20 tahun dari 2081-2100.

A. Perubahan curah hujan di Asia Tenggara pada bulan Oktober-Maret (darat)



B. Perubahan curah hujan di Asia Tenggara pada bulan April-September (darat)



Gambar 7. Proyeksi perubahan curah hujan mendatang (%) di Asia Tenggara (IPCC 2014): a) dan b) menunjukkan kerangka waktu perubahan curah hujan hingga tahun 2100 relatif terhadap rata-rata tahun 1986-2005 pada bulan Oktober-Maret dan April-September. Beragam warna menunjukkan *Representative Concentration Pathway* (RCP) dari emisi gas rumah kaca mendatang, dengan 8.5 menunjukkan emisi tertinggi.



Kebakaran

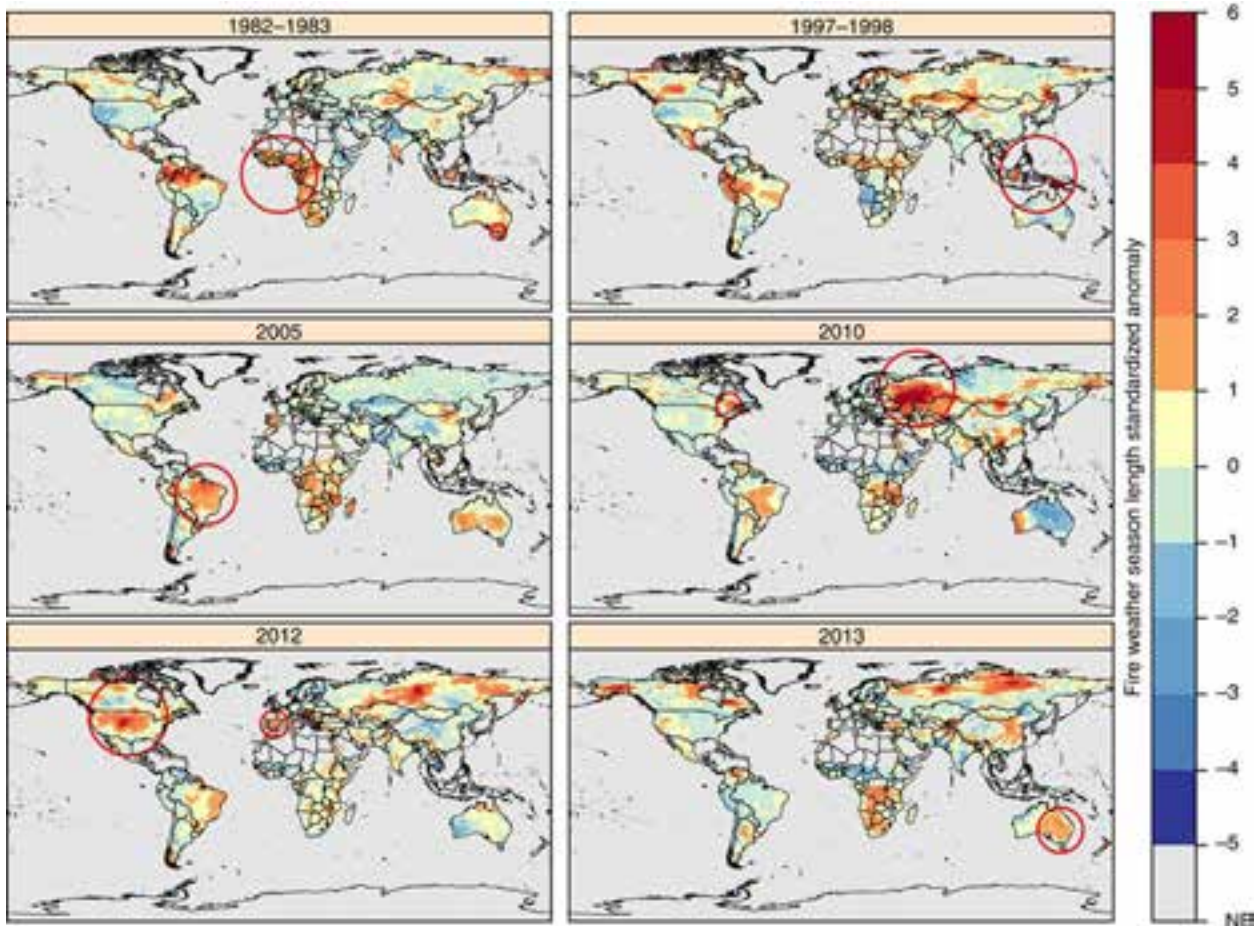
Kebakaran di Borneo sebelumnya jarang terjadi hingga saat ini (Goldammer 2007). Secara global, musim kebakaran telah melahap 25.3% vegetasi permukaan Bumi sejak tahun 1979, sehingga menghasilkan 18.7% peningkatan dalam rerata panjang musim kebakaran secara global (Jolly et al. 2015). Musim panjang kebakaran juga menggandakan jumlah area yang mudah terbakar dan meningkatkan frekuensinya secara global (Gambar 8).

Kebakaran sebagai peristiwa bencana tunggal merupakan ancaman terbesar bagi TNK. Kebakaran berasosiasi dengan ENSO, juga disebabkan oleh kekeringan dan kehadiran manusia di sekitar taman nasional. Kebakaran merupakan ancaman utama terhadap integritas hutan di seluruh Borneo (Nelleman et al. 2007), banyak dipicu oleh konversi lahan dan kekeringan, dan kekeringan itu sendiri berhubungan dengan peristiwa El Niño (Sloan et al. 2017). Banyak kebakaran di Kalimantan dimulai oleh manusia (Dennis et al. 2005). Tiga juta hektar hutan terbakar sepanjang El Niño tahun 1982-83, dan 6 juta hektar hutan terbakar sepanjang El Niño 1997-98. TNK pernah terbakar hebat sebanyak dua kali, tetapi kebanyakan area inti luput dari El Niño 2015-16.

Tergantung pada intensitasnya, kebakaran hutan dapat membunuh semua bibit, anakan, liana, dan pohon baru karena mereka tidak dilindungi oleh kulit kayu yang tebal. Ketebalan kulit kayu di hampir semua spesies pohon tropis meningkat seiring bertambahnya ukuran batang, sehingga individu besar cenderung lebih dapat bertahan dari api daripada spesies berukuran kecil. Sebuah penelitian di Sungai Wain (Kalimantan Timur) tentang kebakaran hutan pada tahun 1998 menemukan bahwa terlepas dari spesiesnya, kebakaran menyebabkan pohon dengan diameter batang kurang dari 10 cm hampir mati total sedangkan kematian hampir tidak meningkat untuk individu dengan diameter lebih dari 70 cm (van Nieuwstadt and Sheil 2005). Salah satu konsekuensi dari pola ini adalah spesies dengan ukuran besar akan terdampak kecil daripada spesies dengan batang kecil, walaupun jenis palem-paleman tidak diikutkan karena terlihat dapat bertahan dari api (van Nieuwstadt and Sheil 2005). Marga pohon terpenting di Borneo, Dipterocarpaceae, secara merugikan terdampak oleh kebakaran karena kulit kayunya yang tipis, resin mudah terbakar, dan kurangnya kapabilitas menghasilkan kecambah (Whitmore 1992). Namun, beberapa dipterokarpa dapat beregenerasi di area yang sedikit terbakar (Leighton and Wirawan 1986).

Kebakaran hutan tahun 1982-83 di TNK menghasilkan kematian secara luas jenis reptil dan amfibi (MacKinnon et al. 1996). Burung pemakan buah seperti rangkong menurun drastis sehingga hanya burung pemakan serangga seperti burung pelatuk yang banyak ditemukan, karena banyaknya serangga pemakan kayu. Namun beberapa spesies, termasuk herbivora besar diuntungkan dari adanya rumput baru yang tumbuh setelah kebakaran. Seperti misalnya di Kalimantan Timur, penduduk lokal Kenyah dan Kayan secara regular membakar area terbuka sebagai bentuk umpan bagi rusa, kijang, dan banteng (Hedges and Meijaard 1999).

Tingkat kerusakan dan intensitas kebakaran berhubungan dengan intensitas penebangan sebelumnya dan residu komponen yang ada di permukaan tanah (Leighton and Wirawan 1984, Mackie 1984). Kebakaran meningkatkan probabilitas daerah terbakar dalam tahun berikutnya (Meijaard et al. 2005). Kebakaran yang paling merusak terjadi di hutan yang sebelumnya pernah terbakar (Cochrane and Schulze 1998). Banyak hutan terbakar di Borneo pada tahun 1982-83, atau sepanjang kekeringan El Niño, terbakar kedua kalinya pada tahun 1997-98 (Siegert et al. 2001). Kebakaran berulang adalah faktor kunci yang memiskinkan keanekaragaman hayati di hutan hujan. Menghalangi kebakaran dengan menyapu debris di bawah kanopi dapat mengurangi bahaya api memasuki hutan, namun sistem penghalang api tradisional (zona tanpa vegetasi) cenderung tidak mungkin untuk dikendalikan karena vegetasi yang cepat tumbuh kembali di habitat tropis.



Gambar 8. Durasi anomali terstandarisasi musim kebakaran saat peristiwa signifikan kebakaran global. Warna merah menunjukkan area di mana anomali musim kebakaran memiliki s.d. >1 dari rata-rata (yaitu area dengan musim kebakaran lebih panjang), sementara area biru menunjukkan musim kebakaran yang lebih pendek dari normal. Area dengan vegetasi yang sedikit atau tidak terbakar ditunjukkan oleh warna abu-abu (NB). Lingkaran merah menandai wilayah dengan aktivitas kebakaran yang signifikan selama periode tersebut: hal ini termasuk Borneo dan TNK dalam periode 1997-1998. Sumber: Jolly et al. (2015)

Kekeringan

Kekeringan didefinisikan sebagai periode abnormal musim kering menjadi cukup panjang yang dapat menyebabkan kondisi serius ketidakseimbangan hidrologi (Stocker 2013), dan hal ini berbeda dari musim kering tahunan yang dialami hampir semua hutan tropis. Kekeringan di daerah tropis sering diasosiasikan dengan siklus iklim beberapa tahun, oleh karena itu variasi antar tahun membuat tren jangka panjang sulit untuk dideteksi (García-García and Ummenhofer 2015). Eksperimen kondisi kekeringan normal dan penghilangan komponen hujan di hutan tropis menghasilkan penurunan pertumbuhan pohon dan peningkatan mortalitas (Bonal et al. 2016, Phillips et al. 2010, Rowland et al. 2015). Pengaruh kekeringan pada level komunitas hingga ke atasnya, memasukkan perubahan komposisi spesies dan interaksi manusia dengan kekeringan, fragmentasi hutan, dan kebakaran (Corlett 2016). Kekeringan, khususnya dengan peningkatan frekuensi dan keparahannya akibat dari perubahan iklim, membawa ancaman pada integritas hutan dan orangutan di TNK.

Spesies tumbuhan invasif

Kemunculan dan ancaman dari spesies alien invasif menarik perhatian dalam hubungannya dengan kegiatan restorasi (Daehler 2003). Berdasarkan Corlett (2010), spesies alien invasif bukan merupakan masalah utama konservasi di kawasan tropis Asia Timur, terkecuali di daerah terpencil, namun dominasi mereka pada kawasan yang terganggu dapat memperlambat atau mencegah pemulihan taksa spesies asli. Karena karantina ketat tidak dapat dipraktikkan, manajemen harus fokus dalam pengenalan awal dan kontrol cepat spesies yang berpotensi menimbulkan masalah (Corlett 2010). Spesies eksotis merambat seperti *Mikania micrantha*, yang dapat menyelimuti area terbuka, menjadi masalah signifikan di Indonesia (Leung et al. 2009, Meijaard et al. 2005). *Clidemia hirta*, berasal dari Amerika, merupakan tumbuhan semak belukar yang sangat invasif yang dapat ditemukan di sepanjang hutan Paleotropis, termasuk di Borneo-Indonesia; tumbuhan ini menginvasi bukaan hutan, terutama pada daerah dengan tanah yang terganggu (Teo et al. 2003) dan mereka tumbuh di TNK dan di habitat orangutan lainnya di Borneo. Pohon neotropikal *Piper aduncum* sudah menjadi

masalah di Indonesia dan diketahui telah tersebar di hutan Kalimantan Timur (Padmanaba and Sheil 2014). Banyak marga yang ditanam, seperti *Psidium* spp., *Passiflora* spp. and *Leucaena* spp. merupakan jenis invasif di beberapa wilayah di dunia. Spesies-spesies tersebut dapat ditemukan di hutan alami dan pertumbuhannya dapat didukung oleh adanya gangguan (Cronk and Fuller 2014, Moles et al. 2012, Osunkoya et al. 2005). Spesies asli seperti pakis atau alang-alang (*Imperata cylindrica*) dapat juga menjadi masalah di area terganggu di mana kegiatan restorasi dilakukan (lihat studi kasus di bawah).



Pabrik kayu yang mengambil pohon secara ilegal dekat Mantangai, Mawas

Jalan, permukiman, dan perambahan

Permukiman di sepanjang jalan antara Bontang dan Sangatta merupakan ancaman terbesar yang terjadi saat ini bagi integritas TNK. Jalan yang menghubungkan Bontang dan Sangatta selesai dibangun pada tahun 1991. Bontang (populasi saat ini ~150,000) dulunya merupakan desa nelayan sampai perusahaan pupuk dan penyulingan minyak dibangun. Semula kota tersebut berada di dalam TNK. 40 tahun yang lalu, Sangatta merupakan tempat komunitas minoritas di sepanjang Sungai Sangatta, namun sekarang sudah menjadi daerah kabupaten Kutai Timur dan memiliki populasi ~100,000 orang.



Jalan memfasilitasi akses, aktivitas ilegal dan permukiman. Disini, kanal drainase dibuat melewati area gambut di Kalimantan Tengah.

Tanah yang berbatasan dengan jalan Bontang-Sangatta telah dikolonisasi oleh banyak orang, banyak di antaranya adalah orang Bugis dari Sulawesi yang mencari kesempatan bekerja (Vayda and Sahur 1996). Kehadiran sumber batubara di dalam dan sekitar taman nasional, ditambah dengan status taman nasional yang tidak jelas dari pemerintahan sebelumnya memicu persebaran permukiman ilegal; saat ini, populasi tahunan di kawasan TNK yang sekarang berstatus 'zona khusus' meningkat sebesar 22%, dengan sejumlah penduduk utama (45%) mengharapkan deklarasi daerah kantong di dalam TNK (Sawitri and Adalina 2016). Berdasarkan informasi pihak TNK, saat ini masih terdapat pemanfaatan sumber daya di taman nasional yang kebanyakan adalah ilegal.

Ekstraksi ilegal sumber daya (misalnya kayu) pernah menjadi sumber penghasilan utama penduduk di beberapa periode (Limberg et al. 2009). Perburuan ilegal dan penambangan juga masalah yang menjadi perhatian, namun sulit untuk dikuantifikasi (TNK 2016). Walaupun ilegal, tanah di TNK juga diperjualbelikan (Limberg et al. 2009). Sementara penegakan hukum sangat dibutuhkan untuk menghadapi masalah tersebut, pihak taman nasional juga menyadari pentingnya membangun hubungan dengan komunitas, oleh karena itu pihak TNK mengalokasikan staf untuk kegiatan tersebut seperti pada tahun 2018. Namun pada waktu yang sama, praktik agrikultur dengan teknik menebang kemudian membakar terus berlanjut melanggar batas daerah inti taman nasional (Gambar 9). Penggunaan api di praktik agrikultur merupakan ancaman besar terhadap integritas hutan karena risiko tersebarnya api ke dalam taman nasional, terutama apabila kondisi iklim lebih panas dan kering akibat perubahan iklim.



Pabrik pupuk berbatasan dengan hutan mangrove, Bontang

Pertambangan

Pertumbuhan Kota Sangatta yang begitu cepat berhubungan dengan pembukaan tambang batubara Sangatta di sekitar TNK, yang mulai beroperasi pada tahun 1991. Penambangan dioperasikan oleh Kaltim Prima Coal (KPC), dan dimiliki oleh PT BUMI Resources Tbk. Bumi dianugerahi penghargaan sebagai 'Perusahaan Indonesia Paling Berpengaruh' pada tahun 2017 (PT Bumi Resources 2017).

KPC merupakan pengekspor batubara terbesar di dunia, dengan penjualan batubara paling banyak ke Indonesia (37%), India (29%), Jepang (11%) dan China (9%) (PT Bumi Resources 2017). Ekstraksi tambang dan mineral (terlebih emas, berlian, dan batu permata di Borneo) merupakan sumber utama pekerjaan dan pendapatan ekonomi. Pada tahun 2016, industri pertambangan berkontribusi kira-kira 42% terhadap produk domestik bruto Indonesia (Bank Indonesia in PWC 2017). Penambangan berkelanjutan dan peduli terhadap lingkungan merupakan praktik yang menantang: sistem penambangan terbuka diketahui merusak integritas hutan, keanekaragaman hayati, dan produksi makanan dalam jangka waktu pendek (Goodland et al. 2009).

Di Indonesia, konsesi pertambangan saat ini mengharuskan perusahaan mengimplementasikan strategi reforestasi di dalam area yang telah selesai ditambang dan mengeksplorasi kerugian keanekaragaman hayati. Peraturan lingkungan mengenai hal tersebut telah diperbaharui di tahun 2009 dengan peraturan No. 32/2009. Peraturan tersebut menyebutkan bahwa pemerintah pusat dan daerah harus menyiapkan analisis strategi lingkungan dan memastikan prinsip pembangunan berkelanjutan telah diintegrasikan ke dalam pembangunan daerah tersebut (PWC 2017). Keduanya, baik itu peraturan penambangan dan lingkungan mewajibkan perusahaan pertambangan yang mengeksploitasi sumber daya alam yang memiliki dampak lingkungan atau sosial untuk membuat dan mengurus dokumen analisis mengenai dampak lingkungan (AMDAL). Dokumen ini terdiri atas kajian terhadap dampak lingkungan, rencana manajemen lingkungan, dan rencana monitoring lingkungan. Sanksi yang diberlakukan apabila terjadi pelanggaran terhadap peraturan lingkungan yaitu 3-15 tahun penjara dan/atau denda mulai dari 100 juta rupiah hingga 750 juta rupiah (PWC 2017).

Produksi batubara di KPC berada di kisaran 62 juta ton pada tahun 2017, dengan cadangan batubara kurang dari 1 milyar ton di daerah konsesi seluas 90,938 ha (PT Bumi Resources 2017). Melihat laju produksi saat ini, diduga kegiatan operasional dapat dilakukan 15-20 tahun lagi di Sangatta. Kekhawatiran pihak taman nasional adalah adanya kemungkinan melobi yang luar biasa untuk dapat melakukan eksploitasi batubara di dalam taman nasional menjelang akhir periode operasional penambangan saat ini. KPC saat ini melakukan reklamasi terhadap tanah yang telah ditambang dengan mengoperasikan persemaian dalam ruangan untuk tumbuhan terpilih. Sepanjang tahun 2016, KPC melakukan penanaman kembali seluas 929 ha, dari total area terhabilitasi seluas 1,118 ha.

Saat ini, program pemberdayaan komunitas pasca tambang yang dibuat oleh KPC termasuk program percontohan agrikultur (peternakan binatang ternak, peternakan ayam, ikan, tapioka, soya, dan jagung), pengembangan usaha (kerajinan dan pakaian Dayak), wisata edukasi, dan eko wisata (KPC Sustainability Report 2016). Untuk selanjutnya, 200 ha area tambang Telaga Batu Arang (TBA) telah direncanakan sebagai 'atraksi alam berbasis komunitas', yang terletak di zona penyangga TNK. KPC juga membantu pembentukan enam Kelompok Sadar Wisata (Pokdarwis) di Sekerat,

Sangkulirang, Sandaran, dan Desa Karangan yang memiliki potensi wisata laut, pulau, dan goa karst serta goa laut, juga tempat pemandian air panas (KPC Sustainability Report 2016). Saat ini belum terdapat inisiatif wisata yang melibatkan konservasi orangutan atau TNK, padahal kedua hal tersebut seharusnya menjadi prioritas KPC, sesuai dengan pernyataan di bawah ini mengenai Preservasi Lingkungan yang merupakan amanah KPC:

"3.1 Preservasi Populasi Orangutan di Area Reklamasi

Orangutan merupakan salah satu fauna endemik dan dilindungi di negara kita, Indonesia. Pulau Kalimantan, terutama Kalimantan Timur, di mana operasi KPC berlokasi, adalah satu dari habitat alami orangutan. Untuk itu, satu dari tujuan utama reklamasi dan program konservasi keanekaragaman hayati KPC adalah untuk mempertahankan habitat dan populasi orangutan di area reklamasi kita."

Sumber: www.kpc.co.id/sustainabilities/environment?locale=en diakses 21 Februari 2018

Di batas selatan TNK terdapat penambangan terbuka batubara dioperasikan oleh PT. Indominco Mandiri, yang berdiri pada tahun 1988. Dua area konsesi mereka memiliki luas total 25,121 hektar, namun cadangan batubara dan produksinya lebih rendah dibandingkan milik KPC: 75 juta ton cadangan batubara pada tahun 2015 (www.itmg.co.id/operation/resources-reserves), dengan produksi tahun 2016 sebesar 25 juta ton di seluruh tempat penambangannya. Seperti halnya KPC, Indominco memiliki persemaian dalam ruangan (kapasitas tumbuhan 800,000) untuk kegiatan reklamasi. Walaupun Indominco memiliki peraturan lahan yang berbeda dengan KPC, mereka juga diwajibkan untuk melakukan kegiatan restorasi tambahan. Oleh karena itu, Indominco telah diberikan 18,000 ha kawasan konsesi untuk restorasi di dalam TNK. Sampai sekarang, penanaman pengayaan telah dilakukan di 6,000 ha kawasan konsesi di bagian selatan TNK. Hubungan yang dijalin ini bermanfaat untuk TNK, karena Indominco telah melakukan inventarisasi keanekaragaman hayati bersama Universitas Mulawarman. Namun, berdasarkan narasumber dari perusahaan tambang dan taman nasional, aktivitas restorasi menghadapi beberapa tantangan, termasuk ketidaksediaan pilihan spesies asli dan ambiguitas terhadap arti 'sukses', karena regulasi pemerintah untuk restorasi berbeda dengan syarat sukses dari perusahaan tambang dan taman nasional.



Gambar 9. Perbandingan gambar aerial hutan sekitar kawasan stasiun penelitian Prevab dekat Sungai Sangatta periode tahun 2004 (foto atas) dan 2016 (foto bawah). Hutan (tutupan lebih gelap) telah menghilang terutama di bagian timur sungai pada tahun 2004, juga di bagian selatan Prevab dalam batas taman nasional pada tahun 2016. Situasi ini ditemukan juga di sekitar jalan Bontang-Sangatta, hingga 5 km dari jalan utama. Image © 2018 Digital Globe. Map Data © 2018 Google. Tanggal citra: 2/2004, 12/2016

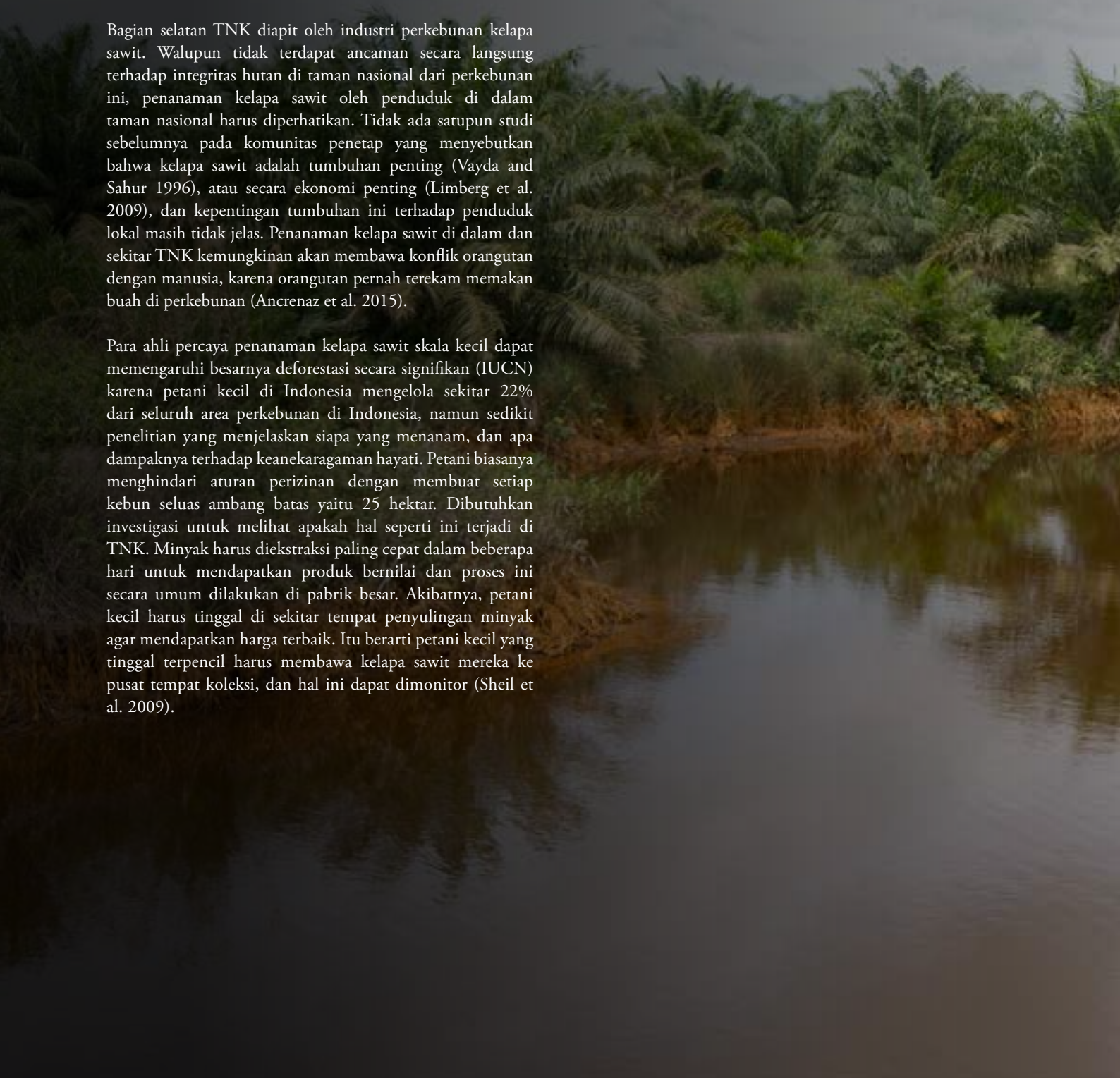
Industri minyak kelapa sawit

Walaupun secara sederhana perkebunan kelapa sawit mirip area hutan, terdapat banyak sekali studi yang menunjukkan bahwa kelapa sawit secara biologi kalah dibandingkan hutan primer (Brühl and Eltz 2010, Edwards et al. 2010, Fitzherbert et al. 2008). Borneo merupakan wilayah penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia, dengan 8.3 juta ha industri perkebunan kelapa sawit di tahun 2016 (Gaveau et al. 2016). Indonesia merupakan produsen minyak sawit terbesar di dunia, memproduksi lebih dari 20.9 juta ton setiap tahunnya (Crutchfield 2007) dengan produksi ditargetkan ganda pada akhir tahun 2030 (Gilbert 2012). Industri minyak sawit merupakan penyebab utama deforestasi dan sumber tertinggi emisi karbon dioksida di Kalimantan (-0.7–1.4 Mt CO₂) (Abood et al. (2015).

Bagian selatan TNK diapit oleh industri perkebunan kelapa sawit. Walaupun tidak terdapat ancaman secara langsung terhadap integritas hutan di taman nasional dari perkebunan ini, penanaman kelapa sawit oleh penduduk di dalam taman nasional harus diperhatikan. Tidak ada satupun studi sebelumnya pada komunitas penetap yang menyebutkan bahwa kelapa sawit adalah tumbuhan penting (Vayda and Sahur 1996), atau secara ekonomi penting (Limberg et al. 2009), dan kepentingan tumbuhan ini terhadap penduduk lokal masih tidak jelas. Penanaman kelapa sawit di dalam dan sekitar TNK kemungkinan akan membawa konflik orangutan dengan manusia, karena orangutan pernah terekam memakan buah di perkebunan (Ancrenaz et al. 2015).

Para ahli percaya penanaman kelapa sawit skala kecil dapat memengaruhi besarnya deforestasi secara signifikan (IUCN) karena petani kecil di Indonesia mengelola sekitar 22% dari seluruh area perkebunan di Indonesia, namun sedikit penelitian yang menjelaskan siapa yang menanam, dan apa dampaknya terhadap keanekaragaman hayati. Petani biasanya menghindari aturan perizinan dengan membuat setiap kebun seluas ambang batas yaitu 25 hektar. Dibutuhkan investigasi untuk melihat apakah hal seperti ini terjadi di TNK. Minyak harus diekstraksi paling cepat dalam beberapa hari untuk mendapatkan produk bernilai dan proses ini secara umum dilakukan di pabrik besar. Akibatnya, petani kecil harus tinggal di sekitar tempat penyulingan minyak agar mendapatkan harga terbaik. Itu berarti petani kecil yang tinggal terpencil harus membawa kelapa sawit mereka ke pusat tempat koleksi, dan hal ini dapat dimonitor (Sheil et al. 2009).

Perusahaan kelapa sawit besar berada dalam tekanan untuk melakukan praktik perkebunan 'berkelanjutan' oleh konsumen nasional dan internasional serta program pemerintah. Beragam penggiat konservasi sedang mempromosikan kegiatan untuk menutup kerugian biodiversitas akibat kelapa sawit untuk mengurangi hilangnya hutan dan hilangnya biodiversitas. Hal ini termasuk kegiatan penghematan lahan dan berbagi lahan. Dalam kegiatan berbagi lahan, potensi terdapat pada usaha reforestasi yang mencoba mengembalikan elemen dari hutan alami. Langkah ini dapat disebarluaskan dengan memperbaiki pedoman petunjuk dalam praktik reforestasi, termasuk pertimbangan dalam keanekaragaman hayati konservasi orangutan, fungsi ekologi, dan perubahan iklim.





Perkebunan kelapa sawit di wilayah Mawas, Kalimantan Tengah

Reforestasi / Restorasi

Restorasi merupakan hal penting untuk mencapai target proteksi spesies pada daerah di mana pembukaan hutan secara luas atau degradasi telah terjadi (De Groot et al. 2013). Restorasi ekologi merupakan proses dalam membantu pemulihan ekosistem terdegradasi, termasuk fungsi dan komponen asli dari keanekaragaman hayati (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004). Aktivitas restorasi terbentang dari kegiatan mengurus rerumputan dan kebakaran, hingga mengembalikan ekosistem dari bentang alam yang benar-benar gundul (Chazdon 2008). Restorasi merupakan landasan dari banyak rencana aksi adaptasi iklim (Shoo et al. 2013), namun masih terdapat tantangan tentang bagaimana menentukan tujuan restorasi sambil memberikan perhatian pada perubahan iklim: iklim masa mendatang, sejarah ekosistem yang mungkin tidak berhasil, dan prediksi kecocokan ekosistem baru terhadap kondisi masa depan masih sangat tidak jelas. Untuk itu, praktik restorasi tradisional mungkin bukan merupakan pilihan terbaik (Reside et al. 2017).

“Rehabilitasi dan restorasi saling berbagi fokus utama dalam sejarah atau ekosistem yang sudah ada sebelumnya sebagai model atau referensi, namun dua aktivitas tersebut berbeda dalam tujuan dan strategi. Rehabilitasi menekankan pada perbaikan proses, produktivitas, dan jasa ekosistem, sedangkan tujuan restorasi juga termasuk membangun kembali integritas biotik yang sudah ada sebelumnya dalam kaitannya dengan komposisi spesies dan struktur komunitas.

Istilah reklamasi, yang biasa digunakan dalam konteks lahan penambangan, memiliki aplikasi yang lebih luas daripada rehabilitasi. Tujuan utama reklamasi termasuk stabilisasi kawasan, jaminan keselamatan publik, pengembangan estetis, dan selalu mengenai kembalinya fungsi lahan, dalam konteks wilayah, agar menjadi bermanfaat. Re-vegetasi, yang normalnya merupakan komponen reklamasi lahan, mungkin juga membutuhkan pertumbuhan satu atau beberapa spesies.

Relatif terhadap jenis aktivitas lainnya, restorasi umumnya membutuhkan perawatan lebih setelah instalasi untuk memenuhi semua kriteria tersebut.”

(Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004)

Area yang telah digunakan untuk memenuhi kebutuhan manusia, dan sekarang berada dalam keadaan terdegradasi, menawarkan kesempatan untuk proyek restorasi hutan. Dengan melakukan hal tersebut terdapat kesempatan untuk membentuk hutan agar tahan terhadap perubahan iklim. Proyek konservasi berskala besar dapat berkontribusi dalam membuat Bumi hijau dengan efek positif dari sequestrasi karbon hingga mitigasi perubahan iklim (Tong et al. 2018).

Proyek restorasi memiliki potensi untuk memberikan beberapa manfaat bagi manusia, termasuk lewat pembayaran untuk adaptasi berbasis ekosistem, dan dengan memperbaiki jasa ekosistem sehingga kesehatan dan kesejahteraan manusia terpenuhi. Walaupun begitu, bekerja dalam lanskap yang secara sengaja dirusak manusia dapat menantang dan juga mahal, sehingga kegiatan reforestasi sangat tidaklah mudah. Dalam kasus tertentu, persetujuan awal dan terinformasi, serta perjanjian dan keterlibatan dengan komunitas lokal merupakan hal esensial dalam seluruh proses restorasi (Graham et al. 2017).

Teknik-teknik restorasi hutan

Reforestasi merupakan usaha yang kompleks baik secara ekologis, sosial, dan logistik: dibutuhkan komitmen jangka panjang, baik untuk mendapatkan investasi awal, untuk menjamin perlindungan, pemantauan, dan pengelolaan selama periode interim yang panjang di mana mungkin hanya terdapat sedikit sekali atau bahkan tanpa kejelasan hasil investasi sama sekali (Chazdon, 2008). Tujuan utama dari hutan yang mampu menjaga keanekaragaman hayati yang berkelanjutan secara mandiri hingga mencapai level hutan primer akan tercapai berpuluh-puluh tahun setelah upaya reforestasi awal. Bila pekerjaan dasar untuk mencapai kondisi lingkungan reforestasi yang aman dan berkesinambungan bisa dipenuhi, maka spesies yang akan ditanam juga perlu disesuaikan dengan kondisi berpuluh-puluh tahun ke depan, yang bisa jadi sangat berbeda dengan yang diamati pada saat ini, baik secara politis maupun iklim.

Metode re-vegetasi terpandu dapat mencakup: (1) peningkatan penanaman spesies asli setempat dan (2) pemoangan pembebasan tumbuhan merambat, aneka bambu, herba, ataupun pepohonan suksesi awal yang dapat diterapkan secara individual maupun bersama-sama (Putz et al 2001). Sejumlah studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa kedua metode tersebut membuat hutan-hutan yang ditebang dapat memperbaiki kemampuan penyerapan karbon dan mendorong regenerasi hutan yang lebih cepat (Wheeler et al 2016). Sejumlah efek positif pada keanekaragaman dan komposisi komunitas pepohonan (Wheeler et al 2016), maupun komunitas burung bawah tajuk (Ansell et al 2011), dan invertebrata (Edwards et al 2012) telah diamati. Meskipun demikian, sejumlah peneliti lain mengemukakan adanya bahaya dari teknik ini yang dapat menyebabkan kerusakan lebih lanjut pada hutan-hutan yang ditebang, dan merupakan budidaya karbon destruktif yang akan menggerus nilai biologis (Putz dan Redford 2009). Setelah menemukan bahwa keanekaragaman filogenetik dan jenis-jenis kelompok burung fungsional pada hutan-hutan yang direstorasi berkurang, Cosset dan Edwards (2017) menyatakan pentingnya memfokuskan restorasi hanya pada daerah-daerah



Spesies tumbuhan suksesi yang dapat tumbuh cepat cocok digunakan untuk tahap awal usaha reforestasi.

yang paling parah mengalami degradasi atau dengan intensitas yang dikurangi. Reforestasi daerah yang mengalami degradasi lebih menantang karena perlu mempertimbangkan pemulihan berbagai mikroba tanah dan zat organik (Bonner 2017).

Wills et al (2017) menyatakan bahwa penanaman pepohonan pada lanskap yang dibabat memberikan nilai konservasi tersendiri. Selain itu, Wills et al. (2017) menganjurkan bahwa bila digunakan lebih sedikit spesies sebagai solusi yang lebih murah dan secara teknis lebih sederhana untuk memulai perekrutan, maka berbagai spesies alamiah setempat yang tersebar dengan angin (misalnya spesies dari Famili Dipterocarpaceae) selain ciri fungsional terbatas lainnya (misalnya spesies berbiji besar) harus ditanam untuk memperkuat kesintasan jangka panjang dari populasi pohon alamiah setempat yang signifikan secara ekologis. Hutan dipterokarpa Asia Tenggara diyakini merupakan salah satu yang paling menjanjikan untuk pengelolaan berkesinambungan (Meijaard et al 2005). Berbagai upaya untuk memaksimalkan potensi mereka telah memberikan campuran keberhasilan dari perspektif produksi kayu yang berkesinambungan karena Famili Dipterocarpaceae menghabiskan bertahun-tahun pada fase bibit di bawah tajuk dan memerlukan perlindungan dari serbuan binatang maupun kebakaran (Appanah dan Turnbull 1998). Dengan adanya kerentanan kawasan itu terhadap kekeringan, pertimbangan perlu diberikan kepada pengelolaan tahap awal karena periode-periode kekeringan dapat mengurangi pertumbuhan, kesintasan, dan perekrutan pepohonan, khususnya selama suksesi awal (Uriarte et al 2016). Reforestasi pada petak-petak yang terisolasi pada berbagai

lanskap yang bertransformasi tanpa hutan primer di dekatnya akan cenderung tidak sukses karena isolasi dan fragmentasi meningkatkan kerentanan hutan terhadap kebakaran, angin, dan kekeringan (Uriarte et al 2016). Efek-efek temperatur terhadap pemulihan hutan masih belum terekplorasi (Uriarte et al 2016).

Berikut ini **Langkah-langkah Dasar** untuk mengimplementasikan restorasi lanskap yang efektif biaya dan sesuai dengan lokasinya menurut Graham et al. (2017):

1. Kenalilah lokasi Anda.
2. Pilihlah metode-metode re-vegetasi yang sesuai berdasarkan pada kemampuan regeneratif alami.
3. Pilihlah rentangan jenis spesies yang luas.
4. Gunakan praktik pembibitan terbaik.
5. Tanam ke lokasi-lokasi di mana berbagai hambatan regenerasi primer telah dihilangkan dan berbagai percobaan telah dilakukan.
6. **Implementasikan perawatan dan pemantauan jangka panjang.** Ini merupakan sebuah langkah yang vital: bila langkah ini tidak dapat dilakukan, maka kemungkinan besar proyek restorasi itu akan gagal. Isu-isu yang mengarah kepada deforestasi harus ditangani pertama kali.

Harus diperhatikan bahwa tujuan utama dari dokumen ini adalah untuk membantu pemilihan spesies pohon yang sesuai untuk TNK. Langkah-langkah di atas diilustrasikan dengan dua studi kasus (Kotak 3 dan Kotak 4).

Kotak 3: Studi kasus restorasi 1 - Hutan gambut Mawas Kalimantan Tengah

Situasi:

Asia Tenggara memiliki tujuh puluh persen total lahan gambut tropis dunia, dengan 25 juta hektar hutan rawa gambut di Indonesia yang sekarang berkurang hanya menjadi ~17 juta ha (Aldous 2004). Skema konversi lahan terbesar adalah Proyek Mega Beras di Kalimantan Tengah: yang dilakukan pada tahun 1996 oleh mantan presiden Indonesia Suharto. Dengan menggunakan investasi besar dana Pemerintah Indonesia, 4600 km saluran drainase digali dengan tujuan mengembangkan produksi padi berskala lanskap, yang membuat Indonesia swasembada dalam kebutuhan berasnya. Pada waktu itu tidak dilakukan kajian dampak lingkungan sama sekali.

Namun demikian, Proyek Mega Beras tersebut tidak sukses: padi produktif tidak pernah ditanam di sana. Sebaliknya kawasan hutan yang luas justru dibabat, lahan dibersihkan, dan peristiwa iklim El Niño yang parah justru terjadi pada tahun 1997 yang mengakibatkan kebakaran hutan dan lahan gambut paling parah yang pernah dikenal. Sekitar 5000 orangutan diyakini telah tewas (Aldhous 2004). Antara setengah juta sampai tiga juta hektar vegetasi terbakar, dan kebanyakan pada gambut, yang diperkirakan melepaskan 1 milyar ton karbon ke atmosfer. Sekarang lanskap itu terbakar setiap tahun, melepaskan asap beracun dan mempercepat pemanasan global.

Sumber data: (Aldhous, 2004, Page et al. 2002); [Kalimantan's peatland disaster](#).

Daerah itu sekarang menjadi target banyak aktivitas restorasi yang dilakukan oleh berbagai organisasi pemerintah maupun lembaga swadaya masyarakat, termasuk Borneo Orangutan Survival Foundation (BOSF).

Kenalilah lokasi Anda

Kondisi alami lahan gambut adalah berhutan, dengan perputaran unsur hara yang sangat efisien. Tabel air konsisten tinggi (dekat permukaan gambut sepanjang tahun). Banjir dapat dicegah oleh bentuk kubah gambut dan aliran air lambat karena topografi bukit kecil dan rongga. Untuk melindungi gambut, hutan harus dilindungi: kanopi menciptakan iklim mikro yang lembap dan sejuk yang melindungi gambut sementara akar-akar pohon menahan gambut tetap berada pada tempatnya dan menjaganya tetap teraerasi.

Setelah hutan lenyap dari permukaan, struktur gambut berbukit kecil dan berongga hilang. Akibatnya, air mengalir dengan lebih cepat yang mengakibatkan gambut menjadi lebih kering. Kemudian oksidasi dan pemampatan meningkat, demikian juga risiko kebakaran dan banjir. Gangguan yang berkepanjangan dan berulang kali membuat regenerasi hutan semakin sulit terjadi dan lahan gambut itu menjadi didominasi oleh tumbuhan-tumbuhan pakis dan semak-semak.



Usaha reforestasi di Mawas. Genangan berkepanjangan dapat membunuh beberapa spesies: dibutuhkan spesies spesifik untuk lokasi tersebut.



Penanaman pengayaan: perawatan dan penyiangan dibutuhkan untuk memastikan kesintasan, terutama untuk spesies dengan pertumbuhan lambat, menyoroti komitmen jangka panjang diperlukan untuk kesuksesan restorasi.

Pemantauan dilakukan lewat satelit, dan juga dilakukan di darat untuk mengukur kedalaman bidang air (menggunakan sumur celup dan alat ukur lainnya), penyebaran bibit (perangkap benih), regenerasi dan kompetisi alami (plot vegetasi), serta sifat-sifat kimia dan fisika tanah (analisis tanah). Kemudian dipilih sejumlah lokasi untuk reforestasi berdasarkan pada keadaan degradasi dan kedekatan dengan hutan yang belum terusik. Pemblokiran saluran-saluran drainase merupakan aktivitas utama untuk merestorasi tingkat kelembapan tanah.

Pilih metode-metode dan spesies-spesies re-vegetasi yang sesuai berdasarkan pada kemampuan regeneratif alami

Sebuah survei pada daerah yang terdegradasi menemukan spesies yang sudah tumbuh di sana (*Shorea balangeran*, *Combretocarpus rotundatus*, *Alstonia* spp. dan *Cratoxylon glaucum*), yang termasuk dalam spesies-spesies target reforestasi.

Komunitas-komunitas adat dilibatkan dalam proses restorasi mulai dari inisiasi program reforestasi pada tahun 2010. Berbagai kesepakatan desa disusun setelah sebelumnya tercapai proses-proses persetujuan berdasarkan pemahaman bersama, yang menguraikan apa saja tanggung jawab dan harapan dari para peserta program maupun desa, termasuk pembentukan dan pengelolaan berbagai komunitas lokal untuk pembibitan. Hal ini dimaksudkan agar dapat dijalankan secara otonom oleh para anggota komunitas yang ikut serta dalam bentuk usaha-usaha swasta. BOSF membantu komunitas-komunitas ini membuat pembibitan, dan melatih mereka dalam kegiatan penanaman bibit dan perawatan sesudahnya. Usaha-usaha otonom ini terus berjalan, menjual bibit ke BOSF dan juga ke berbagai program restorasi lainnya yang dilakukan oleh perusahaan-perusahaan pertambangan di daerah tersebut (2013-sekarang).

Pilihlah rentangan jenis spesies yang luas

Dipilih sejumlah spesies asli setempat yang memberikan kecocokan karakteristik untuk membantu agar hutan dapat dengan cepat pulih kembali, misalnya spesies yang berbuah besar yang membawa kembali penyebar benih (*Garcinia* spp.), spesies yang cepat tumbuhnya (*S. balangeran*), cepat



Penanaman pengayaan: telah dilakukan penyiangan dan pemberian pupuk.

memberikan kanopi penutup (*Campnosperma coriaceum*), pemulihan unsur hara (*Koompassia malaccensis*), dan tahan kebakaran (*Combretocarpus rotundatus*). Benih dikumpulkan dari mana saja, namun digunakan cabutan untuk berbagai spesies yang sulit didapatkan bijinya (*S. balangeran*), atau sulit berkecambah (*C. rotundatus*).

Gunakan praktik pembibitan terbaik

Sejumlah komunitas diberi pelatihan dalam pemeliharaan kondisi pembibitan yang optimal. Praktik-praktik yang terbukti bermanfaat antara lain:

- Menyediakan 60-70% atap teduh yang tembus hujan
- Meningkatkan ketinggian rak pembibitan (yang mengurangi penyebaran penyakit dan kerusakan fisik)
- Media penanaman bercampur dengan tanah alamiah setempat untuk adaptasi
- Perlindungan dari hama dengan pemasangan jaring, penggunaan fungisida sejauh diperlukan (seluruh persediaan bibit bisa habis akibat binatang pengerat atau infeksi)
- Pembersihan rumput pengganggu dan pemotongan akar (untuk menghilangkan kompetisi dan stress akibat transplantasi)
- Pemilahan kualitas bibit berdasarkan umur dan kesehatan sehingga kondisinya bisa dipantau lebih mudah
- Aklimatisasi bibit sebelum penanaman untuk mengurangi keterkejutan

Tanam ke lokasi-lokasi di mana berbagai hambatan regenerasi primer telah dihilangkan dan berbagai percobaan telah dilakukan.

Penanaman hanya dilakukan di daerah-daerah di mana berbagai hambatan regenerasi primer, seperti banjir atau kebakaran, telah ditangani. Hanya bibit berkualitas bagus yang ditanam dengan kepadatan antara 400-2,500 bibit per ha (jarak 5 x 5 m sampai 2 x 2 m). Kepadatan penanaman bibit ditentukan berdasarkan pada logistik, anggaran, dan kecepatan penutupan kanopi yang diinginkan.

Implementasikan perawatan dan pemantauan jangka panjang

Satu bulan setelah penanaman, semua bibit dicek dan bibit yang mati diganti. Pencabutan tumbuhan pengganggu terus dilakukan sampai bibit paling tidak setinggi 1 m, pada tahap mana mereka sudah lebih tinggi daripada paku-pakuan yang mendominasi kebanyakan lokasi. Pemantauan atas daerah-daerah penanaman kembali harus terus dilanjutkan, idealnya sampai kanopi hutan pulih. Para anggota masyarakat adat dapat menjadi pemain kunci dalam mengimplementasikan jenis pemantauan jangka panjang ini.

Kotak 4: Studi kasus restorasi 2 – Samboja Lestari

Program Reintroduksi Orangutan Kalimantan Timur di Samboja Lestari merupakan program reintroduksi orangutan pertama yang didirikan oleh Borneo Orangutan Survival Foundation pada tahun 1991, secara spesifik bertujuan menyediakan perawatan dan rehabilitasi bagi orangutan yang terusir dan kehilangan induknya. Samboja Lestari juga memiliki sebuah program rehabilitasi hutan yang mencakup sekitar 2,000 ha hutan yang direstorasi dari padang rumput akibat pembabatan dan pembakaran hutan. Penanaman dimulai pada tahun 2001, dan sebagian besar daerah tersebut kini memiliki kanopi. Pengelolaan masih terus berlangsung hingga sekarang.



Penanaman berjalan membantu langsung dalam tata kelola penyiangan dan mengontrol kebakaran.

Sebuah kebun raya yang terdiri dari sekitar 50 spesies pohon dibangun di lokasi sebagai rujukan spesies. Pada awalnya, digunakan nanas dan *Acacium mangium* di sejumlah lokasi untuk memberi nilai jangka pendek pada lahan tersebut dan menciptakan tutupan kanopi. Spesies yang dipilih untuk aktivitas reforestasi tergantung pada zonanya. Spesies yang tahan terhadap api ditanam pada perimeter lahan tersebut, karena lahan di dekatnya didominasi oleh area pertambangan batubara dan pertanian, yang dapat membawa berbagai risiko yang terkait dengan api. Pada daerah-daerah yang dimanfaatkan oleh komunitas adat, ditanam spesies pohon multi-guna. Termasuk di sini adalah aren yang menyediakan buah maupun daunnya untuk pembuatan atap.

Persemaian yang dibangun di lokasi menyediakan bibit untuk digunakan pada restorasi. Tumbuhan disiangi, dan pupuk digunakan. Sejumlah ancaman (misalnya invasi lahan dan api) terus berlanjut dari luar perimeter lahan tersebut. Sebuah menara pengawas kebakaran dan patroli terus mengawasi situasi begitu ancaman tersebut muncul.



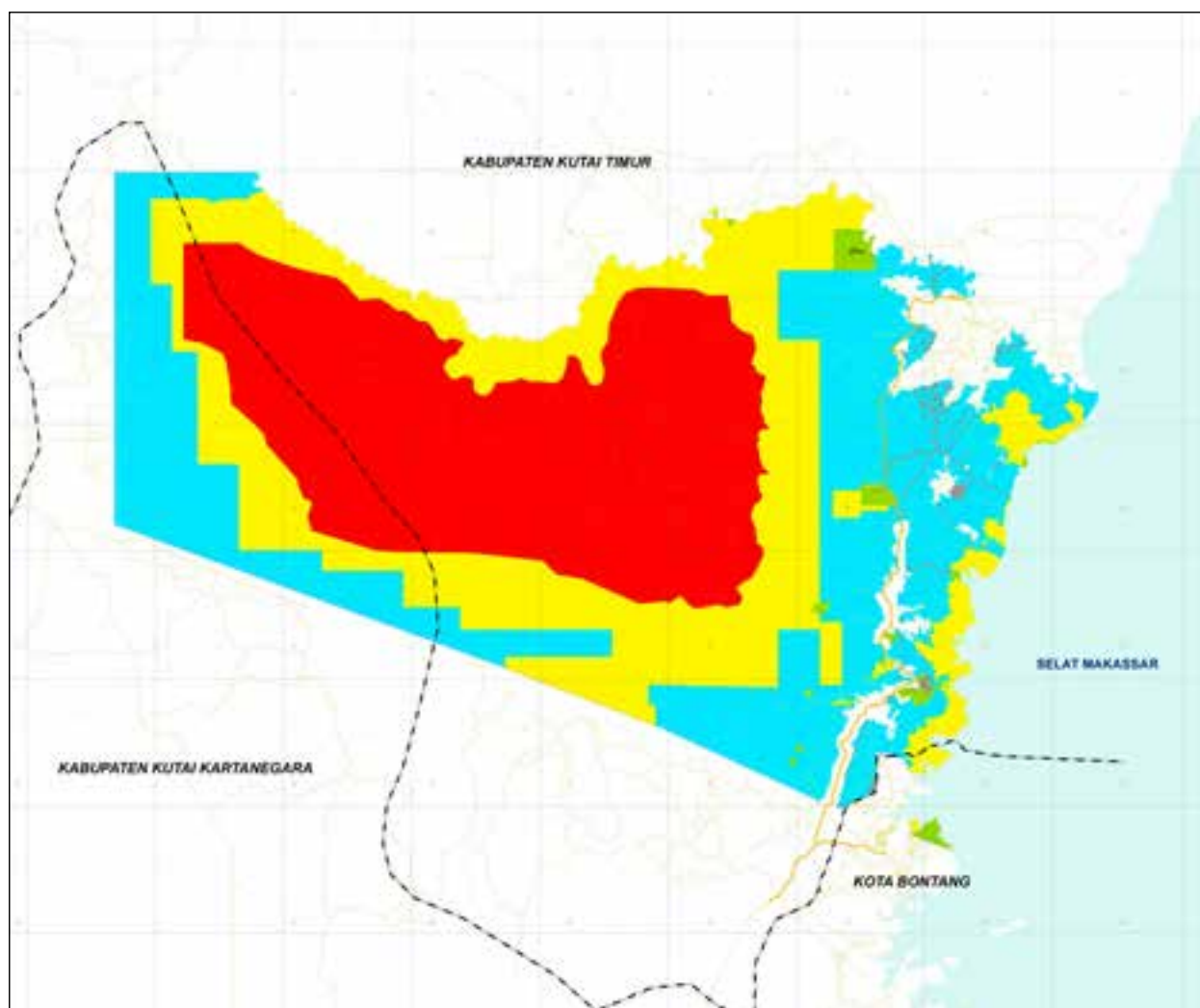
Arboretum di Samboja. Spesies rekomendasi dengan jelas ditandai.

Aktivitas restorasi di Taman Nasional Kutai

Di Kalimantan Timur, reforestasi biasanya dilakukan setelah penambangan, namun hal itu juga telah digunakan untuk tujuan-tujuan konservasi, seperti di TNK dan sekitarnya, untuk memperkaya atau merestorasi kawasan-kawasan hutan utama. Pada kasus TNK, sejumlah perusahaan dengan tuntutan tanggung jawab sosial korporat dapat mendekati pihak taman nasional untuk melakukan restorasi di dalam zona rehabilitasi taman nasional (Gambar 10). Setelah sebuah perusahaan kandidat mengajukan permohonan konsesi, dilakukanlah inventarisasi atas kawasan yang diusulkan untuk dilakukan reforestasi. Ada tiga kategori reforestasi, yang tergantung pada jumlah batang per hektar di lokasi restorasi: >700 batang / ha disebut sebagai untuk perlindungan saja, 200-700 untuk “pengayaan”, sementara <200 untuk restorasi rehabilitasi. Begitu izin diberikan oleh otoritas Kehutanan nasional di Jakarta, semua pihak terlibat dalam perencanaan

teknis. Tercakup di sini adalah keputusan tentang spesies manakah yang akan digunakan (pada umumnya semua alamiah setempat); jadwal waktu; proses penanaman, dan rencana pemeliharaan selama 3 tahun yang disyaratkan. Setelah tiga tahun, kawasan itu menjadi tanggung jawab pihak taman nasional.

Indonesia telah menetapkan target untuk reforestasi sebesar 100,000 ha sampai tahun 2019. Dari 64,017 ha zona rehabilitasi TNK, 32,306 ha telah dialokasikan untuk berbagai perusahaan sebagai konsesi reforestasi pada awal 2018. Yang terbesar, 18,600 ha telah dialokasikan kepada PT Indominco Mandiri, perusahaan pertambangan batubara yang beroperasi di bagian selatan TNK. Dari 32,306 ha yang dialokasikan, pada Februari 2018, otoritas TNK melaporkan bahwa restorasi yang telah diselesaikan sebanyak 16,525 ha.



Gambar 10. Peta Taman Nasional Kutai yang memperlihatkan zona-zona pengelolaan (dari TNK (2016)). Merah = “zona inti” Kuning = zona “rimba”; hijau tua = zona “pemanfaatan”; biru = zona rehabilitasi; abu-abu tua = zona “khusus”.

Spesies manakah yang harus digunakan untuk restorasi hutan di Taman Nasional Kutai?

Sejumlah spesies pohon yang terpilih untuk berbagai proyek reforestasi mungkin tergantung pada konteks wilayahnya (zona penyangga atau zona inti); dan tujuan utama proyek tersebut (misalnya restorasi untuk meningkatkan produktivitas pakan untuk orangutan, restorasi untuk ketahanan terhadap perubahan iklim atau restorasi wilayah-wilayah penyangga yang diharapkan dapat digunakan oleh komunitas). Sebagai sebuah titik awal, hanya tiga spesies pohon asli setempat yang digunakan untuk reforestasi dalam TNK, dari banyak spesies yang dapat dipilih.

Spesies pohon dan tumbuhan apa saja yang ada di Taman Nasional Kutai?

Catatan TNK menyebutkan bahwa terdapat 1,278 spesies unik dalam daftar tumbuhan TNK (TNK, 2016), yang mewakili 144 famili, dengan beberapa spesies yang hanya diidentifikasi genusnya, dan 2 spesies hanya diidentifikasi sampai tingkat famili saja. Famili yang paling kaya spesiesnya diilustrasikan dalam Gambar 11, dengan tiga Famili teratas adalah Rubiaceae (89 spesies), Dipterocarpaceae (76), dan Annonaceae (67). Empat puluh empat Famili (30.5%) diwakili hanya oleh 1 spesies. Untuk reklamasi atau reforestasi sejumlah lanskap yang mengalami degradasi parah di mana sama sekali tidak terdapat inventarisasi sebelumnya, direkomendasikan bahwa semua famili ini diwakili dalam seperangkat spesies yang terpilih.

Proses pemilihan spesies tumbuhan untuk kajian kerentanan terhadap perubahan iklim

Selama tahun 2016, telah disusun sebuah rancangan daftar spesies pohon untuk dipertimbangkan dalam kajian tersebut, pertama dengan menggunakan data mentah berupa semua spesies tumbuhan yang diamati telah dikonsumsi oleh orangutan (Russon et al 2009) yang disediakan oleh Orangutan Kutai Project. Daftar ini dilengkapi dengan sejumlah daftar spesies yang komprehensif dari enam plot pemantauan vegetasi jangka panjang dalam taman nasional yang dibangun oleh OKP. Dari daftar ini, sejumlah spesies dipilih untuk dikaji bila memenuhi salah satu dari dua kriteria berikut yang bertujuan untuk menjamin bahwa tercakup spesies-spesies yang paling

banyak ditemukan dan/atau yang secara struktural paling penting di taman tersebut:

1. Dijumpai 10 kali atau lebih pada semua plot
2. Area basal keseluruhan lebih besar dari 1 m²/ha

Rancangan daftar pepohonan tersebut kemudian diedarkan secara elektronik kepada sekelompok pakar yang terdiri dari berbagai ahli ekologi hutan hujan tropis dan ahli botani yang mengetahui dengan baik kawasan studi. Para pakar diminta untuk meninjau daftar tersebut dan mengusulkan berbagai perbaikan, termasuk spesies yang terlewat yang dikenal sebagai spesies penting sebagai tumbuhan pakan orangutan, spesies yang secara struktural penting dan/atau dianggap memiliki kepentingan yang tinggi karena sejumlah alasan lain (misalnya spesies yang memiliki kemampuan meregulasi ekosistem). Staf di Royal Botanic Gardens Inggris, Kew, kemudian membandingkan rancangan daftar spesies itu dengan berbagai sumber daya taksonomi elektronik paling mutakhir yang ada, menyediakan otoritas dan informasi sinonim untuk kesesuaian spesies serta berkonsultasi dengan para pakar taksonomi untuk menyelesaikan berbagai masalah bila perlu dan dapat dilakukan. Bila taksonominya tetap tidak jelas, dan di mana nama yang diberikan dari daftar awal dapat menunjuk pada dua atau lebih spesies, maka dipilihlah spesies yang diperkirakan kemungkinan besar muncul di daerah fokus (Kalimantan Timur, Kalimantan).

Kemudian sebuah lokakarya kajian diselenggarakan di Bontang, Kalimantan Timur, dari 8 Mei sampai 12 Mei, 2017, yang melibatkan ~30 pakar botani, orangutan, ekologi, dan lokal. Di sini, sejumlah spesies tumbuhan ditambahkan berdasarkan pada daftar spesies yang didapatkan di persemaian KPC yang terkait dengan upaya reforestasi dari lahan-lahan rehabilitasi tambang batubara mereka. Daftar akhir mencakup 247 spesies setelah memperhitungkan berbagai isu taksonomi. Meskipun daftar tersebut didominasi oleh spesies pepohonan, namun daftar itu mencakup perwakilan dari beranekaragam tumbuhan lainnya, termasuk berbagai semak, tumbuhan merambat, dan liana. Daftar ini disajikan dalam Lampiran 1.

Spesies apa saja yang merupakan sumber makanan terpenting bagi orangutan?

Kami membuat peringkat atas spesies-spesies fokus dalam daftar ini menurut arti pentingnya sebagai sumber pakan orangutan sebagai berikut: setiap spesies pertama kali dinilai

apakah ada dalam makanan orangutan TNK (skor 1), dan kemudian apakah spesies itu telah dicatat dalam berbagai studi tentang makanan orangutan (skor 0.5). Jumlah dari nilai-nilai ini kemudian diberi bobot untuk memberi tumbuhan pakan paling penting di TNK skor 2 (berdasarkan pengalaman riset OKP), yang menghasilkan sebuah skor akhir yang berkisar dari 0-2, dengan 0 sebagai tidak penting dan 2 sangat penting. Diidentifikasi 129 spesies dari 41 famili dimanfaatkan oleh orangutan, dengan tujuh spesies yang mencapai skor 2, yakni memiliki arti penting yang tinggi bagi orangutan di TNK. Ketujuh spesies tersebut adalah: *Dracontomelon dao*, *Merremia manmosa*, *Kleinhovia hospita*, *Alangium hirsutum*, *Dillenia reticulata*, *Callicarpa pentandra*, dan *Ficus obpyramidata*. Sejumlah famili yang paling dimanfaatkan dalam basis data ini sebagai tumbuhan pakan orangutan adalah Moraceae, Anacardiaceae, Annonaceae, dan Phyllanthaceae (Tabel 3).

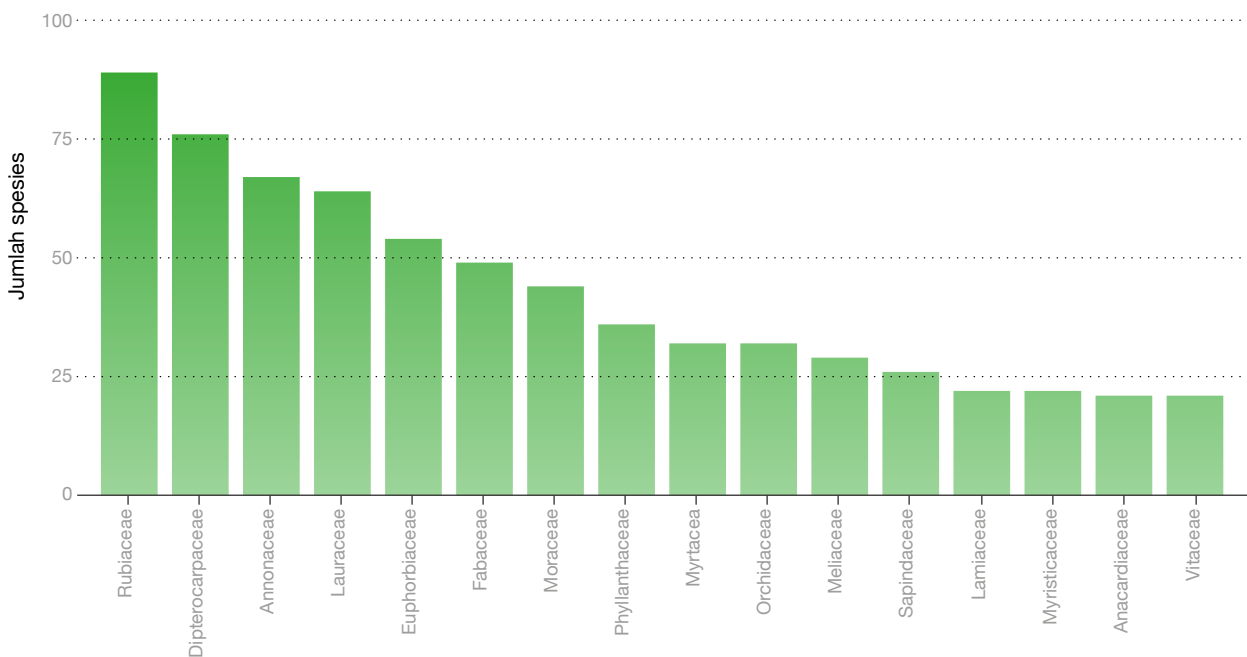
Karena daftar yang digunakan untuk memeringkatkan spesies-spesies tersebut hanya sub-seleksi dari berbagai tumbuhan yang ada di TNK, dan bahwa tidak semua spesies tersebut tersedia untuk restorasi, kami melakukan investigasi tentang famili tumbuhan manakah yang lebih disukai. Pada kasus-kasus di mana spesies yang lebih disukai tidak tersedia untuk reforestasi, hal ini menjadi indeks yang berguna untuk tingkat preferensi famili, yakni famili-famili dari berbagai spesies yang ada dalam daftar di Lampiran 1 harus merupakan spesies-spesies yang lebih disukai tidak tersedia secara komersial atau tidak memiliki persediaan.

Untuk mengidentifikasi famili-famili yang lebih disukai, sejumlah spesies yang tercatat dimanfaatkan oleh orangutan dibagi dengan banyaknya spesies yang diketahui terdapat pada setiap famili di TNK. Hasilnya kemudian dinilai untuk menciptakan skor preferensi, di mana skor positif menunjukkan famili yang lebih disukai, sementara skor negatif

menunjukkan famili yang digunakan kurang dari jumlah yang diharapkan sesuai dengan jumlah spesies yang diwakili dalam famili tersebut. Dengan menggunakan indeks ini, Moraceae dan Anacardiaceae menjadi famili-famili yang lebih disukai, sedangkan Annonaceae dan Phyllanthaceae lebih sedikit digunakan ketimbang jumlah yang diharapkan sesuai dengan banyaknya spesies yang dicatat di taman nasional. Untuk famili-famili lain dengan lebih dari dua spesies, famili-famili yang penting adalah Loganiaceae dan Malvaceae. Sebaliknya, famili-famili yang kurang dimanfaatkan sesuai jumlah spesies adalah: Rubiaceae, Dipterocarpaceae, Lauraceae, Euphorbiaceae, dan Fabaceae.



Orangutan betina 'Ann', ditangkap dari alam oleh pemburu saat masih bayi, menderita masalah psikologi yang menyulitkan reintroduksi. Saat ini, Ann tinggal di Samboja Lestari.



Gambar 11. Famili pohon dan tumbuhan yang paling banyak ditemukan di TNK: Famili dengan lebih dari 20 spesies diilustrasikan

Tabel 3. Famili-famili tumbuhan dari TNK yang digunakan oleh orangutan, dengan jumlah spesies yang ditemukan di dalam taman nasional tersebut; jumlah spesies yang telah tercatat digunakan oleh orangutan (dari Russon et al (2009)); persentase yang digunakan; dan pembobotan preferensi (dari -2.47 yang menunjukkan tidak ada spesies sama sekali dalam famili tersebut yang digunakan, sampai 2.47 di mana semua spesies dalam famili tersebut digunakan).

Famili	Total spp dalam TNK	Spesies yang digunakan oleh Orangutan	Persentase yang digunakan	Preferensi
Moraceae	44	26	59%	1.08
Anacardiaceae	21	9	43%	0.53
Annonaceae	67	9	13%	-0.47
Phyllanthaceae	36	8	22%	-0.18
Euphorbiaceae	54	7	13%	-0.49
Fabaceae	49	7	14%	-0.45
Malvaceae	13	7	54%	0.90
Burseraceae	17	4	24%	-0.13
Loganiaceae	4	4	100%	2.47
Apocynaceae	12	3	25%	-0.08
Dilleniaceae	8	3	38%	0.34
Dipterocarpaceae	76	3	4%	-0.80
Meliaceae	29	3	10%	-0.58
Sapindaceae	26	3	12%	-0.54
Combretaceae	6	2	33%	0.20
Ebenaceae	14	2	14%	-0.45
Lamiaceae	22	2	9%	-0.62
Melastomataceae	17	2	12%	-0.53
Rubiaceae	89	2	2%	-0.86
Arecaceae	17	1	6%	-0.73
Aspleniaceae	2	1	50%	0.77
Chrysobalanaceae	6	1	17%	-0.36
Clusiaceae	8	1	13%	-0.51
Convolvulaceae	4	1	25%	-0.08
Gnetaceae	1	1	100%	2.47
Irvingiaceae	1	1	100%	2.47
Lauraceae	64	1	2%	-0.88
Marantaceae	5	1	20%	-0.25
Myristicaceae	22	1	5%	-0.78
Myrtaceae	32	1	3%	-0.83
Piperaceae	6	1	17%	-0.36
Putranjivaceae	4	1	25%	-0.08
Rutaceae	20	1	5%	-0.76
Tetramelaceae	1	1	100%	2.47
Urticaceae	6	1	17%	-0.36
Vitaceae	21	1	5%	-0.77
Zingiberaceae	19	1	5%	-0.75

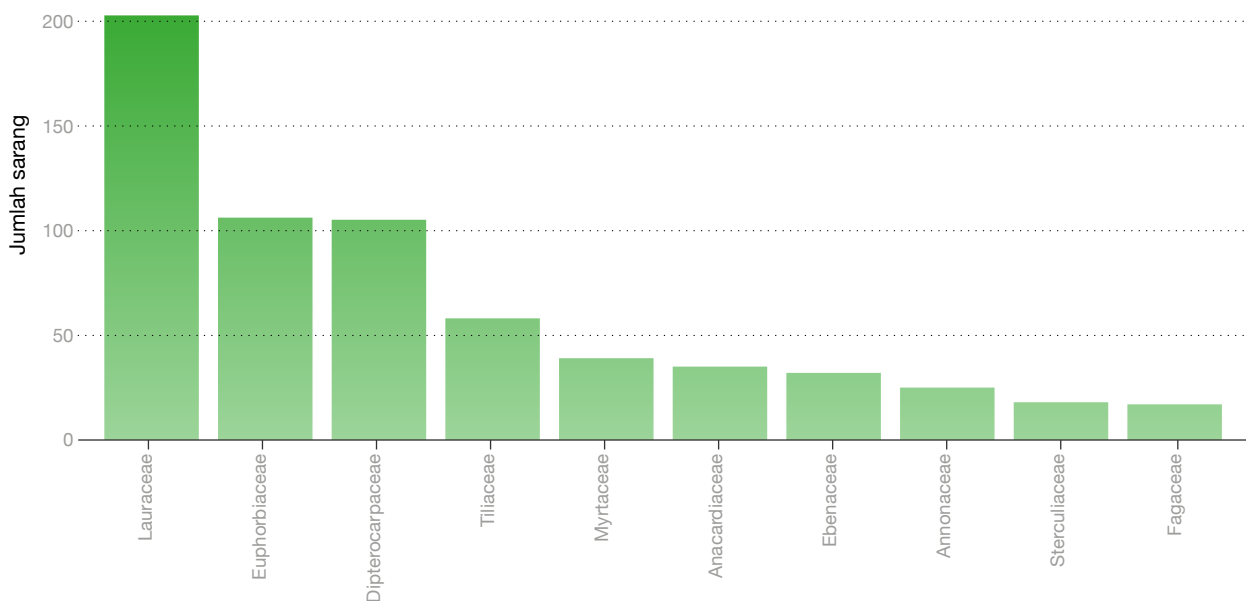
Pada spesies pohon apa orangutan memilih untuk membuat sarangnya?

Orangutan normalnya membuat sarang setiap malam. Letak sarang seringkali berdekatan dengan pohon pakan atau sesekali berada di pohon pakan tersebut. Kami memeriksa database OKP yang mewakili bagian timur laut TNK sektor Mentoko, terdapat 861 sarang terekam saat sensus sarang pada periode tahun 2015-2017 dan 252 sarang lainnya terekam saat observasi perilaku individu orangutan pada periode tahun 2010-2014, keseluruhan gabungan data menunjukkan 1,066 sarang. Banyak pohon dimana sarang berada tidak teridentifikasi hingga tingkat spesies (identifikasi hingga tingkat spesies: 61%), namun banyak yang teridentifikasi hingga tingkat genus: (78.9%) dan karenanya pada tingkat famili: (88.9%). Sarang ditemukan paling banyak di pohon besar ($19.2 \pm 6.8\text{m}$) dan berasal dari 28 famili, dengan 10 famili dan genera teratas dimana sarang berlokasi diilustrasikan dalam Gambar 12. *Eusideroxylon zwageri* (Lauraceae) merupakan spesies paling sering digunakan untuk membuat sarang (218 sarang), dilanjutkan dengan jenis *Dipterocarpa* yang belum teridentifikasi (101 sarang), *Macaranga gigantea* (Euphorbiaceae, 87 sarang) dan *Dracontomelon dao* (Anacardiaceae, 81 sarang).

Periode waktu saat data sensus sarang ini diambil mewakili kondisi musim kering El Nino (2015-16; kriteria NOAA SST, sepanjang 2015 dan Q2 di 2016) dilanjutkan oleh ENSO-netral hingga kondisi curah hujan tinggi La Nina (Q3-4 di 2016 dan sepanjang 2017). Musim berbuah *Dipterocarpa* (masting) selama periode observasi mungkin menjelaskan mengapa terdapat banyak sarang di famili ini. Perlu digarisbawahi bahwa seluruh data hanya mewakili sebagian kecil dari kawasan TNK dan habitat taman nasional (berpengaruh terhadap jenis vegetasi dan ketersediaan pohon sarang), sehingga pemilihan sarang mungkin berbeda di lokasi lain. Untuk alasan ini, interpretasi umum perlu diperhatikan.



Induk dan bayi orangutan di Preva



Gambar 12. 10 Famili pohon teratas yang digunakan oleh orangutan untuk bersarang di TNK selama periode 2015-2017.

Spesies pohon dan tumbuhan apa saja yang memiliki fungsi ekologi, ekonomi, dan sosial yang terpenting?

Pada saat lokakarya, para pakar memeringkatkan spesies tumbuhan dalam Lampiran 1 berdasarkan lima kriteria dengan menggunakan sistem biner (0 = tidak, 1 = ya, 0,5 = tidak diketahui) untuk masing-masing spesies:

1. Ikonik (pohon-pohon yang besar, yang muncul, atau yang menarik, misalnya pohon beringin pencelik / ara susu / *strangler figs* yang menarik bagi para wisatawan)
2. Tumbuhan tua (spesies klimaks yang mendominasi hutan "primer")
3. Penting secara komersial (spesies yang dipanen untuk diambil kayunya atau untuk keperluan lokal)
4. Terancam secara lokal
5. Penting secara ekologis (misalnya sumber pakan yang penting bagi berbagai burung dan mamalia)

Kategori 'penting secara ekologis' memberi skor sebesar -1 untuk spesies invasif atau hama. Jumlah dari skor-skor itu memberikan **skor nilai penting regional** dengan kisaran -1 sampai 5, yang mewakili nilai penting keseluruhan dari masing-masing spesies dalam lintas semua dimensi ini (yakni, tumbuhan tua, kekhasan, ekologis, komersial, dan terancam).

Famili Dipterocarpaceae mendominasi peringkat teratas pada semua kategori spesies, dengan kesepuluh spesies yang semuanya dipertimbangkan dalam kajian ini berada dalam daftar dari 13 spesies paling penting (Tabel 4). Ke-11 spesies berikutnya diidentifikasi sebagai terancam secara lokal: *Durio dulcis*, *Durio oxleyanus*, *Intsia palembanica*, *Sindora coriacea*, *Magnolia tsiampacca*, *Borassodendron borneense*, *Dillenia excelsa*, *Eusideroxylon zwageri*, *Dendrobium anosmum*, *Palaquium stenophyllum*, *Korthalsia* spp., dan *Daemonorops* spp. Kedua spesies terakhir adalah rotan, dengan batang-batang *Daemonorops* yang dipanen untuk mendapatkan inti kayunya yang serba guna, digunakan untuk membuat tongkat, perabotan, dst.. Beberapa spesies lain terancam secara lokal karena dipanen sebagai bahan pangan dan kayu. Secara kontras, spesies yang arti pentingnya rendah diwakili oleh beragamnya famili. Spesies tersebut kebanyakan merupakan spesies pionir atau spesies invasif dari luar.

Spesies-spesies endemik daerah itu harus diprioritaskan ketika mempertimbangkan reforestasi. Spesies-spesies ini cenderung mengalami risiko kepunahan yang lebih besar karena kelangkaan mereka serta karena ancaman-ancaman terhadap taman nasional tersebut, yang membuat mereka mendapatkan prioritas yang lebih tinggi untuk proyek-proyek konservasi. Karena kajian ini pada umumnya tidak mempertimbangkan spesies langka karena kriteria seleksi di atas, tabel berikut ini (Tabel 5) tidak boleh dianggap sudah lengkap, dan sedapat mungkin selanjutnya harus digunakan inventarisasi lokal.

Tabel 4. Skor nilai penting berbagai spesies di peringkat teratas dan terbawah berdasarkan status ikoniknya, tumbuhan tua, dan arti penting ekologis, serta komersialnya. Spesies peringkat teratas meraih skor 5 dari 5 yang mungkin diperoleh, sedangkan peringkat terbawah meraih skor -1, yang mewakili sebagian besar spesies invasif.

Spesies peringkat atas		Spesies peringkat bawah	
Nama	Famili	Nama	Famili
<i>Dipterocarpus verrucosus</i>	Dipterocarpaceae	<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae
<i>Shorea ferruginea</i>	Dipterocarpaceae	<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae
<i>Shorea inappendiculata</i>	Dipterocarpaceae	<i>Melastoma malabathricum</i>	Melastomataceae
<i>Shorea johorensis</i>	Dipterocarpaceae	<i>Clidemia hirta</i>	Melastomataceae
<i>Shorea leprosula</i>	Dipterocarpaceae	<i>Eupatorium inulaefolium</i>	Asteraceae
<i>Shorea pauciflora</i>	Dipterocarpaceae	<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae
<i>Shorea polyandra</i>	Dipterocarpaceae	<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae
<i>Sindora coriacea</i>	Fabaceae	<i>Urena lobata</i>	Malvaceae
<i>Magnolia tsiampacca</i>	Magnoliaceae	<i>Wedelia biflora</i>	Asteraceae
<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Lauraceae	<i>Passiflora foetida</i>	Passifloraceae
<i>Shorea ovalis</i>	Dipterocarpaceae	<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae
<i>Hopea mengerawan</i>	Dipterocarpaceae	<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae
<i>Hopea rudiformis</i>	Dipterocarpaceae	<i>Solanum</i> sp.	Solanaceae
		<i>Mikania scandens</i>	Asteraceae

Tabel 5. Species iSpesies-spesies yang diidentifikasi sebagai paling terbatas di Kalimantan, bersama dengan skor nilai penting regionalnya.

Nama	Famili	Skor Nilai Penting
<i>Monocarpia euneura</i>	Annonaceae	1
<i>Polyalthia borneensis</i>	Annonaceae	1
<i>Mezzettia umbellata</i>	Annonaceae	2
<i>Monoon borneense</i>	Annonaceae	2
<i>Borassodendron borneense</i>	Arecaceae	4
<i>Dillenia borneensis</i>	Dilleniaceae	2
<i>Shorea ferruginea</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea polyandra</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Hopea rudiformis</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Macaranga pearsonii</i>	Euphorbiaceae	1
<i>Spatholobus oblongifolius</i>	Fabaceae	0
<i>Phytocrene racemosa</i>	Icacinaceae	0
<i>Alseodaphne elmeri</i>	Lauraceae	1
<i>Strychnos polytrichantha</i>	Loganiaceae	0
<i>Durio lanceolatus</i>	Malvaceae	2
<i>Durio kutejensis</i>	Malvaceae	3
<i>Pentace laxiflora</i>	Malvaceae	3
<i>Durio dulcis</i>	Malvaceae	4
<i>Stachyphrynium borneensis</i>	Marantaceae	0
<i>Artocarpus odoratissimus</i>	Moraceae	1
<i>Artocarpus tamaran</i>	Moraceae	1
<i>Ficus cereicarpa</i>	Moraceae	2
<i>Syzygium tawahense</i>	Myrtaceae	2
<i>Melicope lunu-ankenda</i>	Rutaceae	1

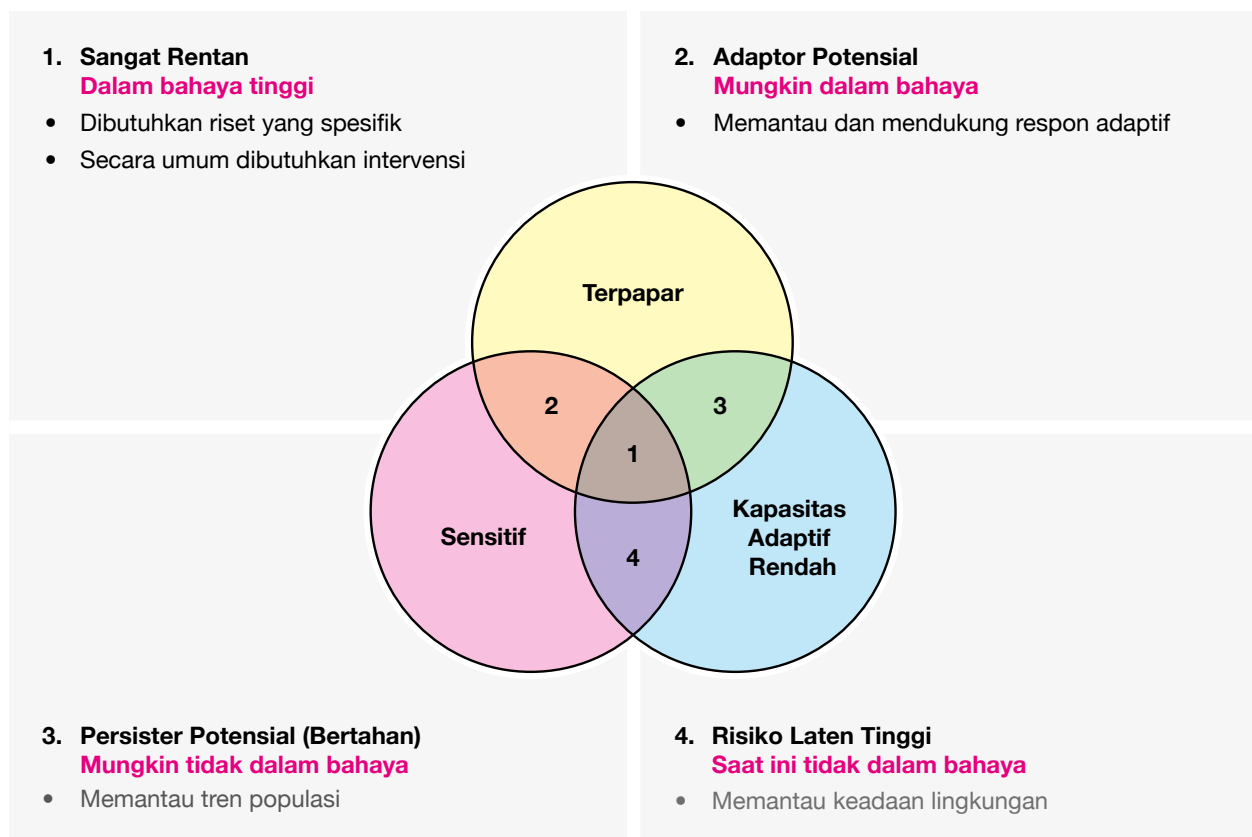


Dipterocarpa merupakan pohon penting regional, rentan terhadap perubahan iklim dan penggunaan berlebihan. Statusnya yang ikonik menjadikan pohon ini sebagai daya tarik wisata.

Analisis kerentanan terhadap perubahan iklim berdasarkan ciri-cirinya: metode dan kerasionalan

Kami menggunakan suatu pendekatan berbasis ciri-ciri untuk mengkaji kerentanan terhadap perubahan iklim dari berbagai spesies pohon penting di TNK mengikuti Foden dkk. (2013). Kerangka kerja ini membimbing para penggunanya untuk secara independen mengukur tiga dimensi kerentanan perubahan iklim, yakni **sensitivitas** (kurangnya potensi suatu spesies untuk bertahan secara in situ), **paparan** (sejauh mana lingkungan fisik masing-masing spesies akan berubah), dan **kapasitas adaptif yang rendah** (ketidakmampuan suatu spesies untuk menghindari dampak-dampak negatif dari perubahan iklim melalui perubahan

penyebaran dan/atau perubahan mikroevolusioner). Semua ini biasanya dikuantifikasi, umumnya dengan menggunakan penilaian pakar (Foden dan Young, 2016, Pacifici et al 2015), dan kemudian dikombinasikan dengan ukuran-ukuran paparan terhadap proyeksi perubahan yang dihasilkan serta pemeringkatan atau skor kerentanan terhadap perubahan iklim (misalnya Carr et al. 2013, 2014, Foden et al. 2013, Young et al. 2015, Böhm et al. 2016). Ketiga dimensi tersebut kemudian dapat digunakan untuk mengalokasikan spesies-spesies ke salah satu dari keempat kelas kerentanan perubahan iklim, masing-masing dengan berbagai implikasi yang berbeda untuk konservasi (Gambar 13). Spesies-spesies yang dianggap sangat rentan terhadap perubahan iklim bila mereka memenuhi kualifikasi sebagai spesies yang sangat sensitif, mengalami paparan yang tinggi, dan kapasitas adaptif terendah.



Gambar 13. Kerangka kerja untuk mengkaji berbagai dampak perubahan iklim terhadap spesies-spesies (diadaptasi dari Foden et al. (2013), doi:10.1371/journal.pone.0065427.g001). Berbagai kombinasi dari ketiga dimensi kerentanan terhadap perubahan iklim tersebut, yakni sensitivitas, paparan, dan kapasitas adaptif yang rendah, menjelaskan keempat kelas spesies yang rentan terhadap perubahan iklim, masing-masing dengan aneka implikasi khas untuk prioritas dan perencanaan strategis konservasi. Sejumlah spesies yang ‘sangat rentan terhadap perubahan iklim’ (1), bersifat sensitif, terpapar, dan kapasitas adaptifnya rendah, mendapatkan perhatian terbesar. Mereka menjadi prioritas pertama untuk tanggap pemantauan terhadap perubahan iklim, serta untuk kajian dari berbagai intervensi yang diperlukan untuk mendukung mereka. Spesies ‘adaptor potensial’ (2) bersifat sensitif dan terpapar, tapi memiliki kapasitas adaptif yang tinggi sehingga mungkin dapat memitigasi berbagai dampak perubahan iklim yang negatif melalui penyebaran dan mikroevolusi, meskipun pemantauan dari dekat tetap diperlukan untuk memverifikasinya. Spesies ‘persister (bertahan) potensial’ (3) memiliki kapasitas adaptif yang rendah serta terpapar (namun tidak sensitif) sehingga dapat bertahan terhadap perubahan iklim secara in situ dengan kekuatan mereka sendiri, namun sekali lagi, tetap diperlukan pemantauan untuk memastikan bahwa berbagai asumsi tentang insensitivitas tersebut terbukti dalam praktik. Akhirnya, spesies ‘risiko laten tinggi’ (4) memiliki kapasitas adaptif yang rendah dan sensitif (tapi tidak terpapar). Meskipun tidak menjadi perhatian utama bila berbagai proyeksi perubahan iklim dan skenario emisi tersebut akurat, namun mereka bisa menjadi rentan terhadap perubahan iklim bila terpapar melampaui kerangka-kerangka waktu terpilih (misalnya 2050).

Untuk menerapkan metode kajian kerentanan perubahan iklim terhadap tumbuhan (Tabel 6), masukan dikumpulkan dari para pakar tumbuhan dari Species Survival Commission IUCN, termasuk dari para Ketua Kelompok Spesialis dan kordinator Otoritas Daftar Merah yang berdiri sendiri, yang mengoordinasikan umpan balik dari keanggotaan mereka yang lebih luas. Para pakar ini telah mengidentifikasi 63 kriteria potensial untuk mengkaji kerentanan perubahan iklim melalui ciri-ciri sensitivitas dan adaptasi. Setelah lokakarya Taman Nasional Kutai 2017, dipilih 31 ciri sensitivitas yang paling berguna (di mana jawabannya tidak didominasi oleh kurangnya informasi atau anonimitas dalam tanggapan: lihat bagian tentang “ketidakpastian dan jurang perbedaan pengetahuan”) untuk analisis lebih lanjut (Lampiran 2). Dari 31 ciri sensitivitas itu, 28 terfokus pada kerentanan terhadap perubahan iklim, dan 3 pada ketahanan terhadap perubahan iklim. Dua belas ciri kemampuan beradaptasi dipertimbangkan, tujuh di antaranya terkait dengan kerentanan dan lima terkait dengan ketahanan (Lampiran 2). Kelompok lokakarya itu kemudian menjawab setiap pertanyaan untuk semua 247 spesies target, yang mencapai kesimpulan melalui konsensus. Meskipun sejumlah aplikasi lain dari proses ini telah dilakukan (Böhm et al. 2016, Carr et al. 2013, Young et al. 2015), hasil dalam lokakarya TNK ini menandai aplikasi pertama mereka yang pernah ada dalam konteks restorasi hutan.

Dengan menggunakan data yang dikumpulkan dalam lokakarya tersebut, kami membuat skor kerentanan terhadap perubahan iklim untuk memeringkatkan spesies-spesies tumbuhan TNK menurut kerentanan relatif mereka terhadap perubahan iklim. Dari ciri-ciri berdasarkan data yang dikumpulkan tersebut, kami menggunakan ciri-ciri yang tidak seragam responnya (spesies-spesies dimasukkan ke dalam kategori jawaban ya atau tidak), atau yang tidak jelas berkorelasi dengan ciri-ciri lain

yang dianalisis. Hal ini mencakup 16 dari 31 ciri sensitivitas dan 9 dari ciri kemampuan beradaptasi, maupun rentang skor (Lampiran 3). Peringkat-peringkat diberikan kepada setiap jawaban sebagai berikut: 0 untuk “tidak” dan “tidak tahu”, dan 1 untuk “ya”; atau -1 di mana ciri tersebut cenderung untuk memberikan ketahanan atau manfaat dalam perubahan iklim (yang diistilahkan sebagai “ketahanan”). Penggunaan skor “tidak diketahui” untuk menguantifikasi ketidakpastian diuraikan di bawah ini.

Hasil keseluruhan skor kerentanan perubahan iklim untuk masing-masing spesies diperlihatkan dalam Lampiran 1. Skor didapatkan dengan penjumlahan dari seluruh kelompok ciri-ciri dan berkisar dari -2 sampai 3 untuk ciri-ciri sensitivitas, sementara ciri kemampuan beradaptasi berkisar dari -4 sampai 2. Skor analisis kerentanan perubahan iklim (ccva, climate change vulnerability analysis) merupakan jumlah skor untuk sensitivitas, kemampuan beradaptasi, dan rentangnya, dengan nilai negatif yang menunjukkan ketahanan iklim, dan nilai positif tinggi yang mewakili kerentanan yang tinggi terhadap perubahan iklim. Skor kerentanan maksimum sebesar 19 secara teoretis dimungkinkan berdasarkan pada jumlah dari semua skor kerentanan tanpa ciri ketahanan sama sekali, namun skor itu tidak tercapai untuk spesies mana pun: maksimumnya adalah 6. Pada bagian selanjutnya, kami sampaikan rangkuman dari pola-pola yang diamati dengan menggunakan strategi di atas, yang merupakan suatu skenario optimistik untuk kerentanan terhadap perubahan iklim dengan adanya ketidakpastian ini. Kelak kami akan membahas ketidakpastian ini untuk mengilustrasikan efek-efek mengubah pembobotan yang diberikan kepada kelompok yang “tidak diketahui”. Skor ketidakpastian dapat diinterpretasikan sebagai ukuran kesalahan dari skor ccva.



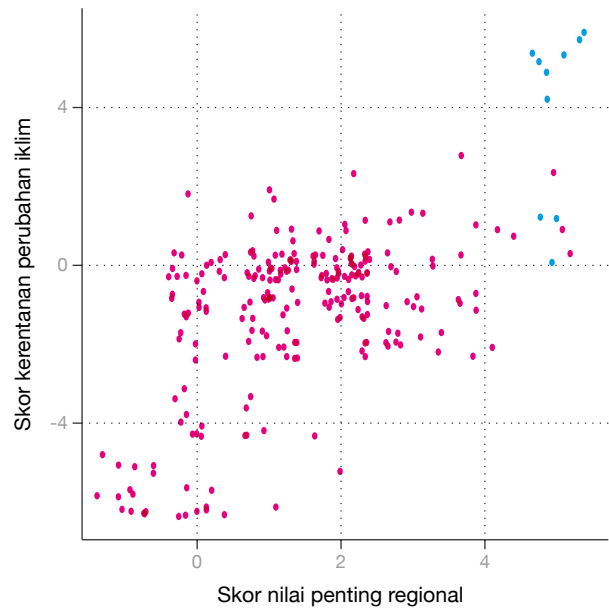
Tabel 6. Ciri-ciri yang terkait dengan berbagai spesies yang mengalami peningkatan sensitivitas dan kapasitas adaptif yang rendah terhadap perubahan iklim, yang dimodifikasi dari Foden dkk. 2013

Sensitivitas
1. Persyaratan habitat dan/atau mikrohabitat secara khusus
Dengan terjadinya berbagai perubahan lingkungan yang didorong oleh perubahan iklim, sejumlah spesies yang kurang terkait erat dengan aneka kondisi spesifik dan persyaratan tertentu cenderung lebih tahan karena mereka akan memiliki rentang pilihan habitat dan mikrohabitat lebih luas yang tersedia bagi mereka. Sensitivitas akan makin meningkat bagi sejumlah spesies dengan beberapa tahapan kehidupan, yang masing-masing menuntut habitat atau mikrohabitat yang berbebeda (misalnya sejumlah amfibi dengan larva yang tergantung pada air). Namun demikian, kami perhatikan bahwa hal ini tidak berlaku pada semua kasus, dan spesialisasi ekstrem akan memungkinkan sejumlah spesies untuk terlepas dari dampak penuh paparan perubahan iklim (misalnya sejumlah ikan laut dalam).
2. Toleransi atau ambang batas lingkungan (pada semua tahapan kehidupan yang cenderung terlampaui akibat perubahan iklim)
Sejumlah spesies dengan toleransi fisiologis yang erat terkait dengan berbagai kondisi lingkungan yang spesifik (misalnya temperatur atau rezim peresapan, pH air, atau level oksigen) cenderung secara khusus sensitif terhadap berbagai perubahan iklim (misalnya ektoterma tropis). Namun demikian, bahkan spesies-spesies dengan toleransi lingkungan yang luas mungkin telah dekat dengan ambang batas yang bila dilampaui maka fungsi fisiologis akan rusak dengan cepat (misalnya berbagai tumbuhan gurun yang toleran terhadap kekeringan).
3. Ketergantungan terhadap berbagai pemicu lingkungan yang cenderung terganggu oleh perubahan iklim
Banyak spesies sangat tergantung kepada sejumlah pemicu atau tanda lingkungan untuk mengawali tahap-tahap kehidupan mereka (misalnya migrasi, berkembang-biak, bertelur, perkecambahan bibit, hibernasi, dan kemunculan pada musim semi). Sementara sejumlah tanda seperti panjang hari dan siklus bulan mungkin tidak terpengaruh oleh perubahan iklim, namun berbagai tanda lain yang didorong oleh iklim dan musim mungkin akan berubah, baik pada kapan terjadinya serta besarnya, yang mengakibatkan ketidaksinkronan serta terlepas dari faktor-faktor lingkungan lainnya (misalnya berbagai ketidaksesuaian di antara puncak-puncak ketersediaan pangan musim semi yang lebih cepat serta tanggal penetasan). Sensitivitas terhadap perubahan iklim cenderung diperparah bila jenis kelamin atau berbagai tahapan kehidupan yang berbeda tergantung pada tanda-tanda yang berbeda pula.
4. Ketergantungan terhadap aneka interaksi interspesifik yang cenderung terganggu oleh perubahan iklim
Berbagai perubahan yang didorong oleh perubahan iklim dalam penyebaran, fenologi, dan kelimpahan relatif spesies mungkin dapat mempengaruhi berbagai interaksi interspesifik spesies yang menguntungkan (misalnya dengan mangsa, penyerbuk, inang, dan simbiosis) dan/atau spesies yang mungkin menyebabkan penurunan (misalnya dengan predator, kompetitor, patogen, dan parasit). Sejumlah spesies secara khusus cenderung sensitif terhadap perubahan iklim bila, misalnya, mereka sangat tergantung pada salah satu atau beberapa spesies dengan sumber daya spesifik dan cenderung tidak mampu mensubstitusikannya dengan spesies-spesies lainnya.
5. Kelangkaan
Kerentanan internal dari berbagai populasi kecil terhadap aneka efek Allee serta peristiwa bencana, maupun kapasitas mereka yang secara umum berkurang untuk bisa pulih dengan cepat dari peristiwa kepunahan lokal, menyatakan bahwa banyak spesies langka akan lebih sensitif terhadap perubahan iklim ketimbang spesies-spesies biasa. Spesies-spesies langka itu antara lain mereka yang ukuran populasinya sangat kecil, maupun mereka yang mungkin melimpah secara lokal namun secara geografis sangat terbatas.
Kapasitas adaptif yang rendah
6. Kemampuan penyebaran yang buruk
Beberapa keterbatasan penyebaran intrinsik: Sejumlah spesies dengan tingkat penyebaran yang rendah atau potensi yang rendah untuk penyebaran jarak jauh (misalnya siput tanah, semut, dan aneka tumbuhan yang disebarkan oleh percikan air hujan) memiliki kapasitas adaptif yang paling rendah karena mereka cenderung tidak mampu mengikuti lingkup iklim yang berubah. Beberapa keterbatasan penyebaran ekstrinsik: Bahkan di mana sejumlah spesies secara intrinsik mampu melakukan penyebaran yang cepat dalam jarak jauh, gerakan dan/atau kolonisasi yang sukses dapat berkurang akibat permeabilitas yang rendah ataupun oleh berbagai hambatan fisik di sepanjang rute penyebaran. Tercakup di sini antara lain hambatan-hambatan alami (misalnya laut atau sungai untuk spesies terestrial), hambatan antropogenik (misalnya bendungan untuk spesies air tawar) dan berbagai habitat atau kondisi yang tidak sesuai (misalnya arus laut dan gradien temperatur untuk spesies laut). Spesies-spesies yang tidak memiliki habitat atau 'ruang iklim' yang sesuai cenderung untuk tetap (misalnya spesies-spesies yang tergantung pada es Arktik) mungkin juga dianggap dalam lingkup ciri-ciri ini.
7. Kemampuan berevolusi yang buruk
Potensi spesies untuk perubahan genetik yang cepat akan menentukan apakah adaptasi evolusioner akan menghasilkan kecepatan yang cukup agar bisa mengikuti berbagai perubahan yang didorong oleh perubahan iklim terhadap lingkungan mereka. Spesies-spesies dengan keanekaragaman genetik yang rendah, sering ditunjukkan dengan sejumlah kemandegan dalam jumlah populasinya akhir-akhir ini, pada umumnya menunjukkan rentang variasi fenotip maupun genotip yang lebih rendah. Akibatnya, spesies tersebut cenderung memiliki karakteristik baru yang lebih sedikit yang dapat memfasilitasi adaptasi terhadap berbagai kondisi iklim yang baru. Karena ukuran langsung keanekaragaman genetik spesies tidak banyak, sejumlah pendekatan ukuran tentang kemampuan berevolusi seperti yang terkait dengan tingkat dan hasil reproduksi, dan karenanya laju akumulasi genotip baru yang menguntungkan dalam spesies dan populasi, mungkin dapat berguna. Bukti menunjukkan bahwa adaptasi evolusioner mungkin terjadi dalam kerangka waktu yang relatif singkat (misalnya 5 sampai 30 tahun) namun bagi kebanyakan spesies dengan usia generasi yang panjang (misalnya binatang-binatang besar dan banyak tumbuhan tahunan) seleksi genetik atau fenotip akan menjadi terlalu lambat untuk bisa memiliki efek serius meminimalkan dampak-dampak perubahan iklim.

Spesies manakah yang paling rentan terhadap perubahan iklim?

Famili-famili yang paling rentan terhadap perubahan iklim sebagaimana yang ditentukan oleh skor rata-rata ccva adalah Dipterocarpaceae (yang mencakup 7 dari 13 spesies dengan skor ccva >2), Aspleniaceae, dan Vitaceae, dengan spesies yang paling rentan (ccva>2) ada dalam daftar di Tabel 7. Dengan demikian, Dipterocarpaceae diklasifikasikan sebagai yang paling penting dan sekaligus yang paling rentan terhadap perubahan iklim menurut latihan ini (Gambar 14). Famili tersebut memiliki serangkaian ciri yang dapat membuat mereka rentan terhadap perubahan iklim: di antaranya produksi bibit yang bergantung pada masa berbuah yang jarang, dengan produksi bibit yang dipicu oleh peristiwa-peristiwa iklim, jarak persebaran bibit yang rendah, rentang hidup yang panjang dan usia sampai reproduksi pertama, serta asosiasi dengan mikoriza.

Spesies-spesies yang sensitif terhadap perubahan iklim mungkin bisa bertahan hidup bila mereka mampu beradaptasi. Maka yang paling mengundangi kekhawatiran terbesar dalam hal kerentanan terhadap perubahan iklim adalah spesies-spesies yang bersifat sensitif, namun tidak memiliki ciri-ciri yang menunjukkan bahwa mereka mampu beradaptasi dengan cepat terhadap aneka perubahan. Kami telah mengidentifikasi 30 spesies yang memiliki paling tidak satu ciri sensitivitas, dan dengan skor ketidakmampuan beradaptasi ≥ 1 (yakni spesies dengan kemampuan adaptasi yang rendah; Tabel 8).



Gambar 14. Dipterocarpaceae (biru) sekaligus penting dan rentan terhadap perubahan iklim, seperti terlihat di sini dalam kaitannya dengan skor-skor dari sejumlah spesies lain (merah).

Tabel 7. Daftar spesies yang paling rentan terhadap perubahan iklim menurut skor berdasarkan ciri-cirinya (skor ccva > 2). CCVA = climate change vulnerability assessment score = skor kajian kerentanan terhadap perubahan iklim.

Nama	Famili	CCVA
<i>Shorea ferruginea</i>	Dipterocarpaceae	6
<i>Shorea polyandra</i>	Dipterocarpaceae	6
<i>Shorea inappendiculata</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea johorensis</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea leprosula</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea pauciflora</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Dipterocarpus verrucosus</i>	Dipterocarpaceae	4
<i>Borassodendron borneense</i>	Arecaceae	3
<i>Alangium hirsutum</i>	Cornaceae	2
<i>Asplenium nidus</i>	Aspleniaceae	2
<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Lauraceae	2
<i>Tetrastigma rafflesiae</i>	Vitaceae	2
<i>Tetrastigma pedunculare</i>	Vitaceae	2



Usaha reforestasi di Mawas didukung oleh sukarelawan. Tindak lanjut dan pemantauan tumbuhan dibutuhkan - dalam kasus ini anak-anak pohon diserang oleh ulat dan pakis di sekitarnya membawa bahaya kebakaran.

Ciri-ciri apa saja yang berkontribusi bagi kerentanan terhadap perubahan iklim?

Ada 10 spesies yang berbuah pada musim tertentu, dan dari jumlah itu tujuh di antaranya membutuhkan periode basah dan kering agar anaknya tumbuh dengan baik. Semua spesies tersebut berasal dari famili Dipterocarpaceae: *Dipterocarpus verrucosus*, *Shorea ferruginea*, *Shorea inappendiculata*, *Shorea johorensis*, *Shorea leprosula*, *Shorea pauciflora*, *Shorea polyandra*. Tiga spesies membutuhkan periode kering yang diikuti dengan hujan agar bisa menghasilkan bibit: *Shorea ovalis*, *Hopea mengerawan*, *Hopea rudiformis*. Anggota Dipterocarpaceae ini juga merupakan spesies-spesies di mana produksi bibit dipicu oleh temperatur dan juga dikenal memiliki hubungan khusus dengan mikoriza.

Spesies yang terkait dengan asosiasi mikoriza, seperti famili Dipterocarpaceae, mungkin secara khusus rentan terhadap perubahan iklim, meskipun berbagai dampak umum perubahan iklim terhadap respon-respon proses di bawah tanah pada peningkatan CO₂ serta temperatur belum dikuantifikasi dengan baik (Pendall dkk, 2004). Smits (1994) menunjukkan dampak negatif temperatur lapisan teratas tanah yang tinggi serta kurangnya oksigen pada berfungsinya serta kelangsungan hidup ektomikoriza dipterokarpa. Kebakaran memiliki dampak negatif terhadap berbagai komunitas mikoriza. Berkurangnya jumlah yang besar pada badan-badan ektomikoriza di hutan-hutan yang terbakar telah dikaitkan dengan berubahnya iklim mikro, berbagai perubahan dalam masukan sampah daun, volatilitas unsur-unsur hara yang terikat secara organik, kematian pepohonan inang, dan sterilisasi lapisan-lapisan atas tanah akibat kebakaran (Certini, 2005).

Pentaspadon motleyi telah diidentifikasi sebagai spesialis habitat air tawar. Spesies ini terdapat pada rawa-rawa, sepanjang sungai-sungai, dan daerah-daerah yang terkena banjir. Biasanya spesies ini ditemukan pada hutan yang belum terusik pada ketinggian sampai 200 m dan meskipun dilukiskan memiliki buah-

buah yang bisa dimakan (<https://florafaunaweb.nparks.gov.sg/special-pages/plant-detail.aspx?id=3059>) namun belum tercatat sebagai pakan bagi orangutan di TNK. Hanya *Donax canniformis*, rerumputan tumbuhan bawah yang tersebar luas, yang telah diidentifikasi sebagai spesies yang membutuhkan rezim banjir spesifik: <https://florafaunaweb.nparks.gov.sg/special-pages/plant-detail.aspx?id=5607>.

Kelima spesies berikut ini telah diidentifikasi sebagai spesialis habitat: *Dracontomelon dao*, *Gluta renghas*, *Pentaspadon motleyi*, *Terminalia catappa*, *Pterospermum javanicum*. Semua spesies ini terkait dengan habitat dengan air yang mengalir atau seperti sungai. Diperlukan pertimbangan yang saksama atas berbagai persyaratan habitat mereka bila spesies-spesies tersebut akan dimasukkan ke dalam upaya-upaya reforestasi.

Delapan spesies (kebanyakan pepohonan dengan kayu lunak) dinilai rentan terhadap meningkatnya frekuensi/intensitas badai: *Irvingia malayana*, *Vernonia arborea*, *Neolamarckia cadamba*, *Nauclea subdita*, *Melicope glabra*, *Melicope lunu-ankenda*, *Pometia pinnata*, *Homalanthus populneus*.

Dua spesies tumbuh secara eksklusif pada dataran yang rata: *Magnolia tsiampacca* dan *Donax canniformis*, sementara dua spesies secara eksklusif tumbuh pada daerah-daerah dengan drainase yang buruk: *Mallotus muticus* dan *Pterospermum javanicum*. Dua puluh delapan spesies telah diidentifikasi memiliki akar adventif, namun dengan kombinasi dengan kedua ciri sebelumnya, tidak satu pun spesies diidentifikasi sensitif terhadap genangan air (sebagai spesies yang rentan terhadap genangan).

Empat puluh spesies membutuhkan sejumlah penyerbuk (pollinator) spesialis atau sekelompok penyerbuk, namun mereka merupakan spesialis generik, misalnya burung atau kumbang. Salah satu spesies memiliki penyebar biji yang khusus: *Borassodendron borneense* - megafauna seperti badak yang sudah punah; namun spesies ini juga disebar oleh manusia serta orangutan. Dengan kerentanan jenis palma ini terhadap perubahan iklim, namun sekaligus bermanfaat dari segi pemulihan terhadap kebakaran, maka spesies ini harus menjadi prioritas untuk upaya-upaya reforestasi di sekitar Kutai.

Spesies-spesies dengan umur reproduktif lebih dari 10 tahun diperlihatkan dalam Tabel 9. Banyak dari spesies ini penting secara ekologis maupun ekonomis dan sedapat mungkin harus dimasukkan ke dalam skema restorasi. Namun demikian, spesies-spesies ini akan secara khusus rentan terhadap gangguan jangka pendek: sehingga mereka harus diikutsertakan dalam tahap-tahap berikutnya dari berbagai aktivitas reforestasi; atau ditanam dengan menggunakan individu-individu yang telah mencapai usia reproduktif melalui kultivasi dalam lingkungan persemaian, bila masih berada dalam ukuran yang bisa dikelola.

Dua spesies telah diidentifikasi memiliki keproduktifan yang rendah (1-10 bibit per tahun): *Goniothalamus macrophyllus* dan *Goniothalamus ridleyi*. Spesies tersebut, serta spesies-spesies dengan ciri-ciri ekologis serupa pada umumnya rentan dan harus diikutsertakan dalam upaya-upaya reforestasi yang fokus.

Tabel 8. Spesies-spesies yang sensitif terhadap perubahan iklim sekaligus rendah kapasitas adaptifnya (tidak mampu beradaptasi).

Nama	Famili	Ketidak-mampuan adaptasi	Sensitivitas	Skor pakan Orangutan
<i>Dipterocarpus verrucosus</i>	Dipterocarpaceae	1	3	0
<i>Shorea ferruginea</i>	Dipterocarpaceae	2	3	0
<i>Shorea inappendiculata</i>	Dipterocarpaceae	2	3	0
<i>Shorea johorensis</i>	Dipterocarpaceae	2	3	0
<i>Shorea leprosula</i>	Dipterocarpaceae	2	3	1.5
<i>Shorea pauciflora</i>	Dipterocarpaceae	2	3	0
<i>Shorea polyandra</i>	Dipterocarpaceae	2	3	1.5
<i>Borassodendron borneense</i>	Arecaceae	1	1	0

Tabel 9. Spesies-spesies dengan usia reproduksi >10 tahun. Kebanyakan dari spesies ini juga penting secara regional (Skor nilai penting).

Nama	Famili	Skor nilai penting
<i>Dipterocarpus verrucosus</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea ferruginea</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea inappendiculata</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea johorensis</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea leprosula</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea pauciflora</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea polyandra</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Shorea ovalis</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Hopea mengerawan</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Hopea rudiformis</i>	Dipterocarpaceae	5
<i>Intsia palembanica</i>	Fabaceae	4
<i>Sindora coriacea</i>	Fabaceae	5
<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Lauraceae	5
<i>Boschia griffithii</i>	Malvaceae	2
<i>Durio lanceolatus</i>	Malvaceae	2
<i>Durio kutejensis</i>	Malvaceae	3
<i>Durio dulcis</i>	Malvaceae	4
<i>Durio oxleyanus</i>	Malvaceae	4
<i>Palaquium stenophyllum</i>	Sapotaceae	3

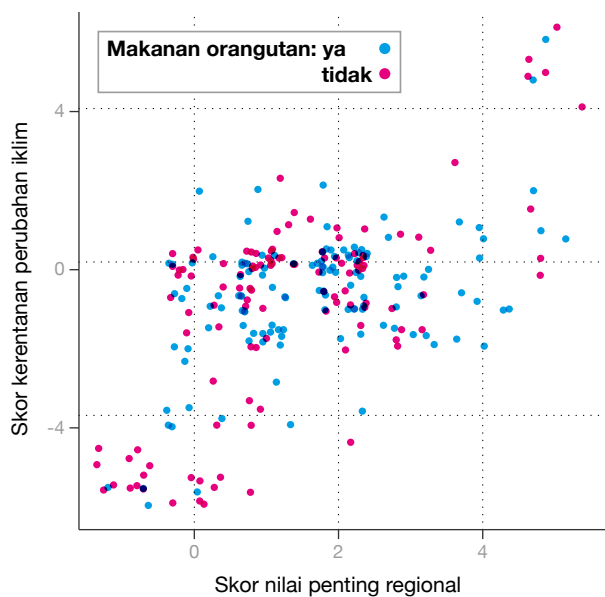
Seberapa rentankah keadaan spesies-spesies penting?

Tumbuhan-tumbuhan pakan orangutan terdapat pada berbagai kisaran skor kerentanan terhadap perubahan iklim, yang berarti bahwa orangutan selama ini tidak dicatat mengambil makan terutama dari spesies-spesies yang rentan terhadap perubahan iklim (model linear dari kerentanan terhadap perubahan iklim sebagai fungsi dari penggunaan oleh orangutan: $ya = 0.29 \pm 0.28$, $t = 1.04$, $p = 0.30$, Gambar 15). Meskipun demikian, tumbuhan-tumbuhan pakan orangutan cenderung lebih terkait dengan tumbuhan-tumbuhan yang memiliki peringkat yang tinggi pada skor nilai penting regional (model linear dari nilai penting sebagai fungsi dari penggunaan oleh orangutan: $yes = 0.41 \pm 0.18$, $t = 2.25$, $p = 0.03$), namun tampaknya skor ini mencakup spesies-spesies yang secara ekologis penting (yakni spesies-spesies pakan untuk berbagai burung dan binatang lainnya).

Dengan sejumlah kekecualian, kami menemukan bahwa spesies-spesies tumbuhan yang termasuk dalam status hama di sebagian dunia pada umumnya lebih tahan terhadap perubahan iklim (skor negatif pada indeks ccva kami; Gambar 16). Menarik juga diperhatikan bahwa spesies-spesies yang mendapat peringkat penting secara komersial justru diberi peringkat yang lebih tinggi secara rata-rata dari segi kerentanan terhadap perubahan iklim ketimbang yang lainnya (rata-rata non-komersial: 4.6 ± 3.8 , rata-rata komersial: 6.6 ± 3.3 , $t = 3.4$, $p < 0.01$; Gambar 16).

Spesies manakah yang paling tahan terhadap perubahan iklim?

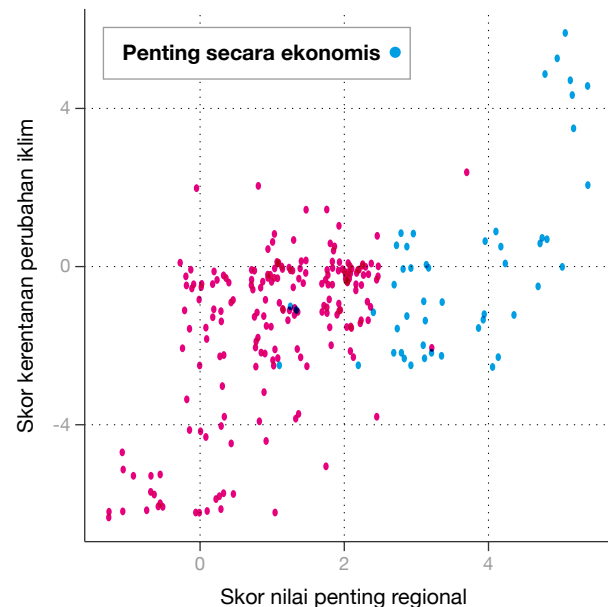
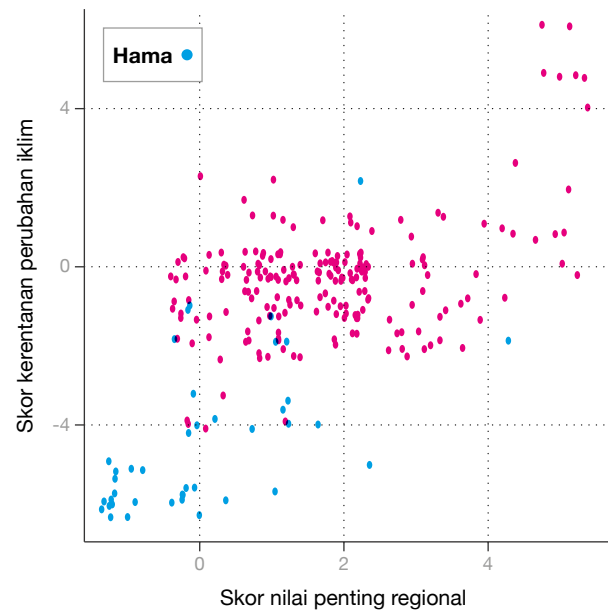
Banyak dari spesies-spesies yang dipertimbangkan ini memiliki ciri-ciri yang mengandung unsur ketahanan terhadap sejumlah aspek perubahan iklim: 126 spesies toleran terhadap kekeringan; dan 171 spesies memiliki penyebaran biji > 1 km.



Gambar 15. Pada ordinasi kerentanan perubahan iklim terhadap nilai penting, spesies-spesies yang digunakan oleh orangutan (biru) terletak pada kisaran dari spesies-spesies hama (kiri bawah, skor nilai penting < 0) sampai famili Dipterocarpaceae (kanan atas dengan skor nilai penting > 4).

Namun demikian, spesies-spesies dengan ketahanan terbesar terhadap perubahan iklim didominasi oleh kelompok spesies yang berpotensi invasif (spesies hama): 42 sudah diidentifikasi, dengan banyak (40) yang sudah berada di luar rentang tempat asal mereka yang diketahui (Tabel 10).

Dalam suksesi tahap awal, spesies-spesies yang tidak diklasifikasikan sebagai spesies hama berikut ini belum diidentifikasi (Tabel 11). Perlu diperhatikan bahwa spesies suksesi awal tidak boleh mendominasi upaya restorasi apa pun atau tidak boleh digunakan untuk penanaman pengayaan, karena tingkat keberhasilan hidup mereka yang rendah (Charles et al. 2018).



Gambar 16. Pada ordinasi kerentanan perubahan iklim terhadap nilai penting, spesies-spesies hama sebagian besar tidak rentan terhadap perubahan iklim atau tidak mendapat peringkat nilai penting regional yang tinggi (diagram atas). Hal ini kontras dengan spesies-spesies yang penting secara ekonomis (diagram bawah), banyak di antaranya cenderung mendapat peringkat sebagai rentan terhadap perubahan iklim.

Tabel 10. Spesies-spesies yang 'tahan' terhadap perubahan iklim (yakni yang memiliki skor ccva<1). Yang berwarna biru adalah spesies-spesies yang lebih disukai untuk rehabilitasi hutan TNK untuk mendukung orangutan. Yang berwarna oranye dapat dipertimbangkan karena dimanfaatkan oleh orangutan. Yang berwarna merah adalah spesies-spesies yang diidentifikasi berpotensi invasif dan tidak boleh digunakan dalam skema-skema restorasi karena potensi mereka yang dapat menimbulkan berbagai permasalahan pengelolaan di masa depan.

Nama	Famili	Hama?	Makanan Orangutan?
<i>Kleinhovia hospita</i>	Malvaceae		Ya
<i>Cratoxylum sumatranum</i>	Hypericaceae		Tidak
<i>Colona serratifolia</i>	Malvaceae		Tidak
<i>Mischocarpus pentapetalus</i>	Sapindaceae		Yes
<i>Croton argyratus</i>	Euphorbiaceae	Ya	Ya
<i>Endospermum peltatum</i>	Euphorbiaceae	Ya	Ya
<i>Macaranga gigantea</i>	Euphorbiaceae	Ya	Ya
<i>Macaranga tanarius</i>	Euphorbiaceae	Ya	Ya
<i>Omphalea bracteata</i>	Euphorbiaceae	Ya	Ya
<i>Piper aduncum</i>	Piperaceae	Ya	Ya
<i>Melastoma malabathricum</i>	Melastomataceae	Ya	Ya
<i>Clidemia hirta</i>	Melastomataceae	Ya	Ya
<i>Spatholobus spp.</i>	Fabaceae	Ya	Ya
<i>Mallotus macrostachyus</i>	Euphorbiaceae	Ya	Tidak
<i>Mallotus paniculatus</i>	Euphorbiaceae	Ya	Tidak
<i>Lantana camara</i>	Verbenaceae	Ya	Tidak
<i>Eupatorium inulaefolium</i>	Asteraceae	Ya	Tidak
<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae	Ya	Tidak
<i>Imperata cylindrica</i>	Poaceae	Ya	Tidak
<i>Merremia peltata</i>	Convolvulaceae	Ya	Tidak
<i>Dioscorea spp.</i>	Dioscoreaceae	Ya	Tidak
<i>Urena lobata</i>	Malvaceae	Ya	Tidak
<i>Alpinia ligulata</i>	Zingiberaceae	Ya	Tidak
<i>Wedelia biflora</i>	Asteraceae	Ya	Tidak
<i>Trema tomentosa</i>	Cannabaceae	Ya	Tidak
<i>Passiflora foetida</i>	Passifloraceae	Ya	Tidak
<i>Ageratum conyzoides</i>	Asteraceae	Ya	Tidak
<i>Homalanthus populneus</i>	Euphorbiaceae	Ya	Tidak
<i>Spathodea campanulata</i>	Bignoniaceae	Ya	Tidak
<i>Solanum spp.</i>	Solanaceae	Ya	Tidak
<i>Nephrolepis spp.</i>	Lomariopsidaceae	Ya	Tidak
<i>Lygodium circinatum</i>	Schizaeacaceae	Ya	Tidak
<i>Mikania scandens</i>	Asteraceae	Ya	Tidak

Tabel 11. Spesies pionir atau suksesi tahap awal. Spesies-spesies yang dimanfaatkan oleh orangutan berwarna biru, dengan spesies yang paling tahan terhadap iklim dalam cetak tebal. Semua spesies ini akan dapat diterima sebagai bagian dari kelompok spesies terpilih untuk proyek-proyek reklamasi dan rehabilitasi, namun tidak untuk penanaman pengayaan karena mereka tidak akan dapat berkompetisi dengan baik dengan spesies-spesies hutan primer dan memiliki rentang hidup yang lebih pendek.

Nama	Famili	Makanan orangutan?
<i>Kleinhovia</i>	Malvaceae	Ya
<i>Alstonia scholaris</i>	Apocynaceae	Ya
<i>Fordia splendidissima</i>	Fabaceae	Ya
<i>Neolamarckia cadamba</i>	Rubiaceae	Ya
<i>Nauclea subdita</i>	Rubiaceae	Ya
<i>Vitex pinnata</i>	Lamiaceae	Ya
<i>Willughbeia angustifolia</i>	Apocynaceae	Ya
<i>Terminalia foetidissima</i>	Combretaceae	Ya
<i>Terminalia catappa</i>	Combretaceae	Ya
<i>Melicope glabra</i>	Rutaceae	Ya
<i>Callicarpa pentandra</i>	Lamiaceae	Ya
<i>Dillenia reticulata</i>	Dilleniaceae	Ya
<i>Cratogeomys sumatranum</i>	Hypericaceae	Tidak
<i>Colona serratifolia</i>	Malvaceae	Tidak
<i>Glochidion zeylanicum var. arborescens</i>	Phyllanthaceae	Tidak
<i>Alstonia macrophylla</i>	Apocynaceae	Tidak
<i>Willughbeia coriacea</i>	Apocynaceae	Tidak
<i>Pentace laxiflora</i>	Malvaceae	Tidak
<i>Uncaria gambir</i>	Rubiaceae	Tidak
<i>Vernonia arborea</i>	Asteraceae	Tidak
<i>Melicope lunu-ankenda</i>	Rutaceae	Tidak



Persemaian oleh komunitas lokal memberikan kesempatan pendapatan dan menyediakan pohon asli.

Ketidakpastian dan kekosongan informasi

Sejumlah ciri tidak memberikan informasi yang bermanfaat tentang kerentanan bagi spesies pohon TNK (jawaban bersifat seragam hanya 'tidak' atau 'ya' untuk semua kajian spesies). Sebagai contoh, sama sekali tidak ada spesies yang mensyaratkan bahwa habitat mereka perlu **diinjak-injak (trampling)** agar bisa tumbuh, sama sekali **tidak ada konfirmasi tentang inang - parasit atau epifit yang spesifik**, semua spesies dapat bereproduksi secara seksual, dan semua spesies rata-rata dapat menghasilkan **1 atau lebih bibit** per tahun.

Tidak ada spesies yang telah diidentifikasi sebagai rentan untuk beberapa ciri berikut, namun jawaban mungkin berupa 'tidak diketahui' untuk sejumlah atau banyak spesies:

- Tergantung pada mikrohabitat (U = 73)
- Rentan terhadap berkurangnya banjir (U = 61)
- Secara eksklusif ditemukan pada habitat-habitat yang rentan terhadap intrusi air asin (U = 2)
- Hanya ditemukan pada lanskap-lanskap yang sensitif terhadap tanah longsor (U = 2)
- Persyaratan kelembapan spesifik (misalnya hanya terdapat pada daerah-daerah sabuk kabut pesisiran, hutan-hutan berawan, dst.)
- Mengalami berbagai fluktuasi populasi yang jelas sebagai respon terhadap osilasi laut-atmosfer yang berulang kali terjadi (misalnya El Niño)
- Berbagai interaksi predasi, kompetisi, parasitisme, penyakit, maupun interaksi interspesifik negatif lainnya yang diketahui dan yang cenderung menjadi ancaman bagi spesies ini karena perubahan iklim
- Mekanisme penyebaran bibit bersifat herpochorous atau ballochorous
- Agen-agen penyebar bibit terspesialisasi (misalnya binatang kunci, U = 4)
- Tidak ada spesies yang diketahui memiliki kekurangan keanekaragaman genetik (misalnya kemacetan historis yang diketahui), meskipun hal ini dicurigai terjadi pada Dipterocarpaceae akibat fragmentasi yang terkait dengan pemanenan

Terdapat 101 spesies yang telah diidentifikasi tidak toleran terhadap genangan, namun tingkat ketidaksiannya tinggi untuk ciri ini (Tidak diketahui / Unknown (TD) = 132), sementara 15 spesies rentan terhadap peningkatan banjir (U = 80). Meskipun demikian, dengan adanya gradien elevasi TNK yang mencapai > 300 m, secara keseluruhan ciri-ciri ini tidak dianggap sangat penting, meskipun mungkin mereka perlu diperhatikan secara lokal untuk sejumlah spesies sepanjang sungai yang penting bagi orangutan.

Paling tidak ada satu ciri dari setiap spesies dalam daftar yang mendapat skor Tidak Diketahui (Unknown). Untuk meneliti peran dari data 'yang tidak diketahui' ('unknown') dalam kajian ini, kami telah menciptakan suatu skor ketidaksiannya, yang kami gunakan untuk mendapatkan kepercayaan bahwa skor-skor kami mewakili kerentanan yang nyata dari spesies-spesies tersebut terhadap perubahan iklim. Skor ini dihitung sebagai jumlah dari skor-skor 'yang tidak diketahui' ('unknown')

pada suatu spesies, misalnya bila para pakar menyatakan 'yang tidak diketahui' ('unknown') sebagai jawaban 10 kali, maka skor ketidaksiannya 10. Indeks ini berkisar dari 1 sampai 10 untuk spesies-spesies fokus, dengan angka 1 yang menggarisbawahi spesies dengan tingkat kepercayaan tertinggi dalam skor kerentanannya, dan angka 10 menunjukkan kepercayaan yang rendah.

Terdapat suatu tingkat ketidaksiannya yang tinggi dalam memberikan ciri-ciri kepada spesies: 101 spesies memiliki skor ketidaksiannya >4, sebagai skor median ketidaksiannya (Tabel 12). Magnoliaceae, Loganiaceae, dan Gnetaceae memiliki skor median ketidaksiannya tertinggi dari 15 famili dengan skor median ketidaksiannya >4. Famili-famili ini harus menjadi target dari studi-studi terfokus di masa mendatang yang mengkuantifikasi ciri-ciri yang terkait dengan kerentanan terhadap perubahan iklim.

Tabel 12. Mean uncertainty scores across the set of species for each plant family for those families where uncertainty was greater than the median uncertainty score (4). The number of species for each family is indicated (n).

Famili	Ketidaksiannya	n
Magnoliaceae	10	1
Loganiaceae	7	4
Gnetaceae	6	1
Dilleniaceae	5.6	3
Anisophylleaceae	5	1
Annonaceae	5	34
Chrysobalanaceae	5	1
Clusiaceae	5	1
Ebenaceae	5	2
Orchidaceae	5	1
Putranjivaceae	5	1
Phyllanthaceae	4.9	12
Moraceae	4.7	42
Combretaceae	4.5	2
Anacardiaceae	4.1	16

Spesies pohon manakah yang tahan terhadap api?

Hutan hujan berisi banyak spesies yang diyakini sebagai memiliki adaptasi yang buruk terhadap api, karena hal ini pada umumnya merupakan sebuah fenomena ekologis yang langka. Namun demikian, dua spesies terkenal dengan ketahanannya terhadap api: spesies palma endemik, *Borassodendron borneense* dan *Eusideroxylon zwageri*. Keduanya dilukiskan sebagai 'sangat tahan terhadap api' (Tagawa et al 1988). Selain itu, beberapa spesies berikut ini telah diidentifikasi dalam lokakarya ini sebagai toleran terhadap api: *Croton argyratus*, *Endospermum peltatum*, *Macaranga gigantea*, *Macaranga pearsonii*, *Macaranga tanarius*, *Mallotus macrostachyus*, *Mallotus muticus*, *Mallotus paniculatus*, dan *Omphalea bracteata*. Semua spesies ini merupakan kandidat untuk ditanam di zona-zona penyangga pada daerah-daerah yang memberikan ancaman kebakaran yang tinggi.

Rekomendasi untuk proyek reforestasi orangutan

Bagi orangutan, ketersediaan pangan dikenali sebagai faktor pembatas utama: hal ini secara umum mendorong adaptasi, kesehatan, reproduksi, dan perilaku mereka. Maka dari itu, proyek-proyek pengayaan dan restorasi hutan perlu menjawab berbagai kebutuhan dan preferensi pakan orangutan. Sejumlah prioritas tambahan lain adalah spesies pohon dan liana yang memberikan substrat yang sesuai untuk perpindahan secara arboreal, dan spesies pohon yang lebih disukai orangutan untuk membuat sarang mereka.

Preferensi pakan universal orangutan adalah buah-buahan, khususnya yang masak dan berdaging, namun mereka juga mengonsumsi beraneka ragam pakan lain seperti bebungaan, biji-bijian, dedaunan (khususnya yang muda), kulit pohon (lapisan kambium), tunas baru (bambu, palma), invertebrata, madu, jamur, dan (jarang) mamalia kecil. Sebagian dari jenis-jenis pakan ini (khususnya, kulit pohon) dan spesies berfungsi sebagai makanan darurat (*fall back foods*, yakni pakan yang mereka andalkan bila jenis pakan yang lebih disukai tidak banyak tersedia). Spesies dan jenis pakan aktual yang mereka konsumsi mungkin bervariasi di antara satu lokasi dengan lokasi lainnya, dan bahkan dalam satu lokasi pun bisa bervariasi antara satu musim dengan musim lainnya. Tampak jelas juga bahwa orangutan, berdasarkan pilihan mereka, mengonsumsi sejumlah spesies tumbuhan pionir maupun yang sudah mencapai klimaks. Pada lokasi-lokasi riset jangka panjang, termasuk habitat orangutan bagian utara TNK, cakupan daftar pakan orangutan dari tumbuhan rata-rata sekitar ~50-60 famili, ~100 genus, dan ~200 spesies (Russon et al 2009).

Orangutan juga menunjukkan preferensi pada spesies-spesies yang mereka gunakan untuk melakukan perpindahan di antara pepohonan (arboreal) dan untuk membuat sarang. Proyek-proyek pengayaan atau restorasi akan dapat mendukung orangutan secara paling baik bila memasukkan berbagai pertimbangan ini dalam memilih spesies yang akan ditanam. Lebih lanjut lagi, dengan pentingnya Dipterocarpaceae dan

Eusideroxylon zwageri (Ulin, Lauraceae) sebagai pepohonan yang lebih disukai untuk keperluan membuat sarang, maka spesies-spesies ini juga perlu mendapatkan prioritas yang tinggi dalam berbagai aktivitas reforestasi di dalam dan di sekitar TNK.

Bagi sebagian besar populasi orangutan liar, termasuk di TNK, potensi untuk kontak dan konflik dengan manusia telah meningkat dengan bergantinya waktu dan terus menjadi sebuah permasalahan utama. Dalam 3-5 tahun terakhir, sejumlah orangutan di wilayah TNK telah dibunuh atau telah mengalami cedera parah bila mereka berkelana memasuki daerah-daerah yang dihuni oleh manusia. Karena alasan inilah, berbagai pertimbangan penting untuk aneka program pengayaan dan restorasi hutan adalah pemilihan spesies dan lokasi penanaman yang yang sebaik mungkin dapat menghindari versus memungkinkan kontak orangutan – manusia. Sejumlah contoh antara lain mencakup penanaman spesies apa pun yang penting dari segi pertanian hanya di daerah-daerah yang dikenal sebagai daerah yang tidak dapat diakses oleh orangutan, dan menanam spesies-spesies yang penting bagi orangutan di daerah-daerah yang kemungkinan besar tidak diakses oleh manusia. Secara khusus hal ini menjadi penting untuk kasus spesies kelapa sawit dan buah-buahan yang dapat dimakan, yang tidak boleh ditanam berdekatan dengan hutan-hutan TNK yang mendukung keberadaan orangutan.



Udin, pemandu di Taman Nasional Kutai

Penting sekali diterapkan suatu strategi pengelolaan kebakaran dan juga menyediakan sumberdaya untuk segera mengimplementasikannya. Pada tingkat pemantauan, berbagai sistem peringatan dini kebakaran berbasis satelit yang mendeteksi kebakaran-kebakaran aktif (hot spots) serta indeks-indeks kekeringan dapat menyediakan informasi yang berguna bagi para pengelola hutan (Hoffmann et al 1999). Sebagian dari sistem ini telah beroperasi di Indonesia (Dennis 1999).

Beberapa peringatan, langkah lanjutan, dan arahan untuk proyek mendatang

Analisis berdasarkan ciri-ciri yang kami lakukan menunjukkan bahwa botani Kalimantan Timur saat ini - dengan sejumlah kekecualian - tidak banyak diketahui dalam hal informasi yang diperlukan untuk melakukan sebuah analisis komprehensif berbasis ciri-ciri terhadap kerentanan. Dibutuhkan berbagai upaya riset lebih lanjut serta pengumpulan data yang diperlukan untuk membuat keputusan berdasarkan informasi mengenai berbagai dampak perubahan iklim terhadap hutan-hutan Asia Tenggara. Dibutuhkan sejumlah studi yang lebih pragmatis yang dapat secara langsung mengklarifikasi apa saja kebutuhan dan/atau peluang konservasi, dan lebih fokus pada efek-efek langsung dari berbagai ancaman tertentu serta pada berbagai kondisi untuk menangani efek-efek tersebut.

Kelompok Dipterocarpeae yang dipelajari dalam studi ini secara konsisten telah menunjukkan ciri-ciri yang menyatakan bahwa kelompok spesies ini memiliki seperangkat karakteristik riwayat hidup yang memberi mereka kecenderungan rentan

terhadap perubahan iklim, baik sebagai fungsi sensitivitas maupun kapasitas adaptif yang rendah. Meskipun dapat menghasilkan bibit dalam jumlah yang besar, namun ciri adaptabilitas, yang dicatat Corlett (2009) menunjukkan bahwa pada spesies Dipterocarpaceae dan Fabaceae biasanya bibit itu hanya akan tersebar pada jarak kurang dari 100 m.

Ciri-ciri demikian cenderung berlaku pada sebagian besar anggota genus-genus yang dipelajari di sini: *Shorea* dan *Dipterocarpus*. Hal ini sangat menarik perhatian karena pemodelan distribusi yang ditujukan untuk mengkuantifikasi berbagai dampak perubahan iklim pada ruang iklim yang tersedia bagi kedua spesies itu telah menunjukkan bahwa berbagai skenario di masa mendatang meramalkan suatu pengurangan dalam kisaran potensi jelajah yang sesuai dan tersedia, kebanyakan sebagai suatu fungsi dari berubahnya pola-pola presipitasi (Deb et al 2017).

Famili Dipterocarpaceae mencakup sekitar 510 spesies dan 16 genus, dengan 13 genus dan 470 spesies pada umumnya terbatas di Asia Tenggara dan Asia Selatan (Appanah dan Turnbull, 1998). Hutan Dipterocarpaceae memainkan suatu peran penting dalam ekonomi Indonesia dan mendapatkan ancaman yang sangat besar akibat deforestasi. Di antara 13 genus di Asia Selatan dan Asia Tenggara, *Shorea* dan *Dipterocarpus* masing-masing merupakan genus pertama dan ketiga yang paling beranekaragam. Kebanyakan spesies dari kedua genus ini sekarang ada dalam daftar terancam di sejumlah kategori yang berbeda (yakni 109 dan 34 spesies yang Terancam Kritis masing-masing untuk *Shorea* dan *Dipterocarpus*), dan paling tidak satu spesies dari masing-masing genus sekarang sudah punah secara regional (*Shorea cuspidata* di Malaysia dan *Dipterocarpus cinereus* di Indonesia) (Deb et al 2017).



Orangutan di Prewab



Kontributor saat lokakarya di Bontang tahun 2018.

Kehadiran orang-orang yang tinggal di taman nasional ini masih harus dikapitalisasi demi kemanfaatan taman nasional itu sendiri: baru ada sedikit kegiatan pariwisata dibandingkan berbagai destinasi lain di mana melihat orangutan dimungkinkan, tidak ada penginapan, dan sangat sedikit pemandu wisata lokal. Berbagai peluang mata pencaharian alternatif yang mengapitalisasi keanekaragaman hayati masih harus dikembangkan secara luas. Beberapa contoh antara lain rumah-rumah untuk sarang burung walet yang bisa dimakan (*Aerodramus fuciphagus*) dan walet bersarang hitam, (*Aerodramus maximus*), sarang-sarang yang digunakan untuk membuat sup sarang burung (Hooper 2014). Namun demikian, dalam hal ancaman dan peluang terhadap taman nasional ini, isu mengenai bagaimana menangani isu-isu konflik komunitas berada di luar lingkup laporan ini, meskipun perlu diperhatikan pula bahwa karena berbagai perusahaan pertambangan berusaha mendapatkan biji dan bibit pohon dalam rangka upaya restorasi, maka terdapat suatu potensi untuk membangun proyek-proyek persemaian oleh masyarakat.

Rangkuman mengenai hal yang harus diperhatikan dan saran berdasarkan lokakarya lanjutan

Sebuah lokakarya lanjutan diselenggarakan oleh IUCN di Bontang, Indonesia, dari tanggal 6-9 Februari, 2018, untuk mempresentasikan hasil-hasil lokakarya kerentanan terhadap perubahan iklim berdasarkan ciri-ciri yang diselenggarakan selama tahun 2017, dan untuk mengkaji bagaimana hasil-hasil ini dapat diimplementasikan melalui berbagai proyek restorasi pada saat ini maupun di masa mendatang. Maka lokakarya ini memiliki suatu tema restorasi yang lebih kuat ketimbang lokakarya tahun 2017, dan mencakup sejumlah presentasi tentang restorasi hutan di TNK, riset orangutan di TNK,

presentasi-presentation studi kasus restorasi, restorasi di konsesi-konsesi pertambangan, dan pengelolaan kebakaran. Sejumlah diskusi meja bundar tentang implementasi dari aktivitas restorasi apa pun di dalam dan di seputar TNK menghasilkan sebuah daftar kekhawatiran utama, bersama dengan berbagai tindakan prioritas dan potensinya (Tabel 14). Sebuah tema konsisten yang diangkat pada setiap kekhawatiran (dan dari sini tidak dimasukkan dalam daftar di tabel tersebut) adalah kurangnya pendanaan untuk menangani berbagai masalah yang ada, misalnya kebutuhan pendanaan untuk peralatan dan pelatihan pemadam kebakaran yang lebih banyak.

Beberapa prioritas lainnya

1. Memperkuat kolaborasi dengan kelompok lokakarya (menciptakan suatu kelompok kerja).
2. Menemukan mitra-mitra baru untuk memenuhi kebutuhan berikut ini:
 - a. Melakukan investigasi atas kekosongan informasi dalam pengetahuan silvikultur
 - b. Pelibatan masyarakat – pengelolaan kebakaran
 - c. Meminta komitmen dan tanggung jawab sosial perusahaan untuk melanjutkan reforestasi

Tabel 13. Sejumlah Kekhawatiran Utama yang diangkat selama lokakarya tentang restorasi hutan di Taman Nasional Kutai 2018

Isu	Prioritas	Langkah-langkah selanjutnya
Kurangnya kesesuaian peraturan pemerintah yang ada untuk Kalimantan Timur	Tinggi	Memperkuat asosiasi dari berbagai badan restorasi kehutanan dan mendiskusikan berbagai kriteria dan metodenya.*
Ketersediaan bibit dan tumbuhan yang bisa menjadi sumber untuk spesies-spesies yang muncul secara alami	Tinggi	Rencana pengumpulan bibit dan benih dari spesies-spesies yang memiliki musim buah besar. Bekerja sama dengan berbagai pembibitan lain?*** Meningkatkan fasilitas persemaian TNK.
Kurangnya pengetahuan tentang silvikultur untuk spesies-spesies yang kurang lazim digunakan	Sedang	Bermitra dengan Balai Besar Penelitian Dipterokarpa, Mulawarman, Leiden Uni, Balitek Samboja, atau lembaga-lembaga riset.
Pencegahan kebakaran	Sangat Tinggi	Memperkuat kolaborasi dengan Manggala Agni dan TNI-Polri (angkatan bersenjata dan kepolisian) dan masyarakat. Memperbaiki pendidikan dan meningkatkan kesadaran. Hukuman terhadap para pelanggar.
Pemantauan dan perlindungan pasca restorasi	Sedang / Tinggi	Proses-prosesnya tersedia. Ingat bahwa ini penting dilakukan. Pemantauan sampai lebih dari 3 tahun: Anggaran untuk pemantauan jangka panjang (>3 tahun). Memastikan proses audit (pencatatan dan pelaporan). Proyek riset potensial tentang keberhasilan.
Persiapan untuk Perubahan Iklim (lebih kering dan lebih panas = kekeringan + lebih banyak kebakaran)	Rendah/ Sedang	Pendidikan tentang ciri-ciri tumbuhan yang tahan terhadap perubahan iklim. Perlu pendidikan untuk staf pembibitan yang menanam tumbuhan. Menanamkan pemikiran tentang El Niño. Rezim penanaman yang cerdas iklim.
Pelatihan dan pembangunan kapasitas	Sedang	Pelatihan in-house. Pelatihan yang menjangkau masyarakat. Pelatihan penyelesaian konflik. Pelatihan silvikultur / pembibitan.
Konflik komunitas	Tinggi	Melibatkan berbagai LSM lain yang terfokus pada masyarakat untuk implementasi, misalnya BOS Program-program mata pencaharian alternatif*** Menunjuk sejumlah penghubung dari masyarakat untuk memperbaiki komunikasi dan memahami komunitas.
Stabilitas industri (masa hidup KPC, INDOMINCO): berbagai implikasi untuk lapangan kerja masyarakat	Tidak ada konsensus	Berbagai program mata pencaharian alternatif dapat tersedia bagi pengangguran.
Perambahan / Invasi lahan: Investor memasukkan penyewa ilegal	Sangat Tinggi	Memperkuat hubungan di antara TNI dan Gakum. Perhatian politik/media via Tempo. Pelaporan investigatif.

* Pendekatan kepada pemerintah untuk mendapatkan klarifikasi yang dianggap tidak layak.

** Bekerja dengan komunitas-komunitas untuk mengumpulkan dan menumbuhkan tumbuhan (model BOS)

*** Seandainya pariwisata dapat berhasil dalam memenuhi potensinya yang positif dan membantu, pariwisata harus direncanakan dengan teliti dan dikelola dengan berkelanjutan, dan salah satu kunci untuk ini adalah dukungan dari komunitas setempat dan adanya keberhasilan keterlibatan para pemangku kepentingan (Gunn dan Var, 2002).

Referensi

- Abood, S.A., Lee, J.S.H., Burivalova, Z., Garcia-Ulloa, J. and Koh, L.P. (2015). 'Relative Contributions of the Logging, Fiber, Oil Palm, and Mining Industries to Forest Loss in Indonesia'. *Conservation Letters* 8:58-67.
- Abram, N.K., Meijaard, E., Wells, J.A., Ancrenaz, M., Pellier, A.S., Runting, R.K., Gaveau, D., Wich, S., Tjiu, A. and Nurcahyo, A. (2015). 'Mapping perceptions of species' threats and population trends to inform conservation efforts: the Bornean orangutan case study'. *Diversity and Distributions* 21:487-499.
- Aldhous, P. (2004). 'Borneo is burning'. *Nature* 432:144-146.
- Ancrenaz, M., Gumal, M., Marshall, A.J., Meijaard, E., Wich, S.A. and Husson, S. (2016a). '*Pongo pygmaeus* ssp. *morio*'. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T63544A17990681. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T63544A17990681.en>. [Accessed 15 November 2017].
- Ancrenaz, M., Gumal, M., Marshall, A.J., Meijaard, E., Wich, S.A. and Husson, S. (2016b). '*Pongo pygmaeus*'. The IUCN Red List of Threatened Species 2016: e.T17975A17966347. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2016-1.RLTS.T17975A17966347.en>. [Accessed 26 April 2018].
- Ancrenaz, M., Oram, F., Ambu, L., Lackman, I., Ahmad, E., Elahan, H., Kler, H., Abram, N.K. and Meijaard, E. (2015). 'Of Pongo, palms and perceptions: a multidisciplinary assessment of Bornean orang-utans *Pongo pygmaeus* in an oil palm context'. *Oryx* 49:465-472.
- Ansell, F.A., Edwards, D.P. and Hamer, K.C. (2011). 'Rehabilitation of Logged Rain Forests: Avifaunal Composition, Habitat Structure, and Implications for Biodiversity-Friendly REDD+'. *Biotropica* 43:504-511.
- Appanah, S. and Turnbull, J.M. (1998). *A Review of Dipterocarps: Taxonomy, Ecology, and Silviculture*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Baccini, A., Walker, W., Carvalho, L., Farina, M., Sulla-Menashe, D. and Houghton, R.A. (2017). 'Tropical forests are a net carbon source based on aboveground measurements of gain and loss'. *Science* 358:230-234.
- Böhm, M., Cook, D., Ma, H., Davidson, A.D., García, A., Tapley, B., Pearce-Kelly, P. and Carr, J. (2016). 'Hot and bothered: using trait-based approaches to assess climate change vulnerability in reptiles'. *Biological Conservation* 204:32-41.
- Bonal, D., Burban, B., Stahl, C., Wagner, F. and Hérault, B. (2016). 'The response of tropical rainforests to drought—lessons from recent research and future prospects'. *Annals of Forest Science* 73:27-44.
- Bonner, M. (2017). '*Restoration of soil microbes and organic matter through tropical reforestation*'. PhD thesis, The University of Queensland, Australia.
- Brühl, C.A. and Eltz, T. (2010). 'Fuelling the biodiversity crisis: species loss of ground-dwelling forest ants in oil palm plantations in Sabah, Malaysia (Borneo)'. *Biodiversity and Conservation* 19:519-529.
- Campbell, J.L. (1992). '*Ecology of Bornean Orang-Utans (Pongo pygmaeus) in drought-and fire-affected lowland rainforest*'. PhD thesis, Pennsylvania State University, USA.
- Caniago, I. and Stephen, F.S. (1998). 'Medicinal plant ecology, knowledge and conservation in Kalimantan, Indonesia'. *Economic Botany* 52:229-250.
- Cannon, C.H. and Leighton, M. (2004). 'Tree species distributions across five habitats in a Bornean rain forest'. *Journal of Vegetation Science* 15:257-266.
- Carr, J., Outhwaite, W., Goodman, G., Oldfield, T. and Foden, W. (2013). *Vital but vulnerable: climate change vulnerability and human use of wildlife in Africa's Albertine Rift*. Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission.
- Certini, G. (2005). 'Effects of fire on properties of forest soils: a review'. *Oecologia* 143:1-10.
- Chadwick, R., Good, P., Martin, G. and Rowell, D.P. (2016). 'Large rainfall changes consistently projected over substantial areas of tropical land'. *Nature Climate Change* 6:177-181.
- Charles, L.S., Dwyer, J.M., Smith, T.J., Connors, S., Marschner, P. and Mayfield, M.M. (2018). 'Species wood density and the location of planted seedlings drive early-stage seedling survival during tropical forest restoration'. *Journal of Applied Ecology* 55:1009-1018.
- Chazdon, R.L. (2008). 'Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands'. *Science* 320:1458-1460.

- Cochrane, M.A. and Schulze, M.D. (1998). 'Forest fires in the Brazilian Amazon'. *Conservation Biology* 12:948-950.
- Corlett, R.T. (2009). 'Seed dispersal distances and plant migration potential in tropical East Asia'. *Biotropica* 41:592-598.
- Corlett, R.T. (2010). 'Invasive aliens on tropical East Asian islands'. *Biodiversity and Conservation* 19:411-423.
- Corlett, R.T. (2016). 'The impacts of droughts in tropical forests'. *Trends in Plant Science* 21:584-593.
- Cosset, C.C.P. and Edwards, D.P. (2017). 'The effects of restoring logged tropical forests on avian phylogenetic and functional diversity'. *Ecological Applications* 27:1932-1945.
- Cronk, Q.C. and Fuller, J.L. (2014). *Plant invaders: the threat to natural ecosystems*, Routledge, UK: Routledge Press.
- Crutchfield, J. (2007). 'Indonesia: Palm oil production prospects continue to grow'. *United States Department of Agriculture, Foreign Agriculture Services, Commodity Intelligence Report*. Available at: https://ipad.fas.usda.gov/highlights/2007/12/indonesia_palmoil/. [Accessed 11 June 2018].
- Cushman, S.A., Macdonald, E.A., Landguth, E.L., Malhi, Y. and Macdonald, D.W. (2017). 'Multiple-scale prediction of forest loss risk across Borneo'. *Landscape Ecology* 32:1581-1598.
- Daehler, C.C. (2003). 'Performance comparisons of co-occurring native and alien invasive plants: implications for conservation and restoration'. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 34:183-211.
- de Bruyn, M., Stelbrink, B., Morley, R.J., Hall, R., Carvalho, G.R., Cannon, C.H., van den Bergh, G., Meijaard, E., Metcalfe, I. and Boitani, L. (2014). 'Borneo and Indochina are major evolutionary hotspots for Southeast Asian biodiversity'. *Systematic Biology* 63:879-901.
- De Groot, R.S., Blignaut, J., Ploeg, S., Aronson, J., Elmqvist, T. and Farley, J. (2013). 'Benefits of investing in ecosystem restoration'. *Conservation Biology* 27:1286-1293.
- Deb, J.C., Phinn, S., Butt, N. and McAlpine, C.A. (2017). 'The impact of climate change on the distribution of two threatened Dipterocarp trees'. *Ecology and Evolution* 7:2238-2248.
- Dennis, R.A., Mayer, J., Applegate, G., Chokkalingam, U., Colfer, C.J.P., Kurniawan, I., Lachowski, H., Maus, P., Permana, R.P. and Ruchiat, Y. (2005). 'Fire, people and pixels: linking social science and remote sensing to understand underlying causes and impacts of fires in Indonesia'. *Human Ecology* 33:465-504.
- Edwards, D.P., Backhouse, A.R., Wheeler, C., Khen, C.V. and Hamer, K.C. (2012). 'Impacts of logging and rehabilitation on invertebrate communities in tropical rainforests of northern Borneo'. *Journal of Insect Conservation* 16:591-599.
- Edwards, D.P., Hodgson, J.A., Hamer, K.C., Mitchell, S.L., Ahmad, A.H., Cornell, S.J. and Wilcove, D.S. (2010). 'Wildlife-friendly oil palm plantations fail to protect biodiversity effectively'. *Conservation Letters* 3:236-242.
- Fitzherbert, E.B., Struebig, M.J., Morel, A., Danielsen, F., Brühl, C.A., Donald, P.F. and Phalan, B. (2008). 'How will oil palm expansion affect biodiversity?'. *Trends in Ecology & Evolution* 23:538-545.
- Foden, W. and Young, B. (2016). 'IUCN SSC guidelines for assessing species' vulnerability to climate change Version 1.0. Occasional Paper of the IUCN Species Survival Commission No. 59'. Cambridge, UK and Gland, Switzerland: IUCN Species Survival Commission.
- Foden, W.B., Butchart, S.H., Stuart, S.N., Vié, J.-C., Akçakaya, H.R., Angulo, A., DeVantier, L.M., Gutsche, A., Turak, E. and Cao, L. (2013). 'Identifying the world's most climate change vulnerable species: a systematic trait-based assessment of all birds, amphibians and corals'. *PLOS One* 8:e65427.
- García-García, D. and Ummenhofer, C.C. (2015). 'Multidecadal variability of the continental precipitation annual amplitude driven by AMO and ENSO'. *Geophysical Research Letters* 42:526-535.
- García, R.A., Cabeza, M., Rahbek, C. and Araújo, M.B. (2014). 'Multiple dimensions of climate change and their implications for biodiversity'. *Science* 344:1247579.
- Garrity, D.P., Soekardi, M., Van Noordwijk, M., De La Cruz, R., Pathak, P.S., Gunasena, H.P.M., Van So, N., Huijun, G. and Majid, N.M. (1996). 'The Imperata grasslands of tropical Asia: area, distribution, and typology'. *Agroforestry Systems* 36:3-29.
- Gaveau, D.L., Sheil, D., Husnayaen, M.A.S., Arjasakusuma, S., Ancrenaz, M., Pacheco, P. and Meijaard, E. (2016). 'Rapid conversions and avoided deforestation: examining four decades of industrial plantation expansion in Borneo'. *Scientific Reports* 6.
- Gaveau, D.L., Sloan, S., Molidena, E., Yaen, H., Sheil, D., Abram, N.K., Ancrenaz, M., Nasi, R., Quinones, M. and Wielaard, N. (2014). 'Four decades of forest persistence, clearance and logging on Borneo'. *PLOS One* 9:e101654.
- Gilbert, N. (2012). 'Palm-oil boom raises conservation concerns'. London, England: Macmillan Publishers Ltd.

- Gill, V. (2018). '100,000 orangutans killed in 16 years'. Available at: <http://www.bbc.com/news/science-environment-42994630>. [Accessed 26 April 2018].
- Goldammer, J.G. (2007). 'History of equatorial vegetation fires and fire research in Southeast Asia before the 1997–98 episode: a reconstruction of creeping environmental changes'. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 12:13-32.
- Goodland, R.J., Wicks, C. and Doyle, C. (2009). *Philippines: Mining or Food?*, London, UK: Working Group on Mining in the Philippines.
- Goossens, B., Setchell, J., James, S., Funk, S., Chikhi, L., Abulani, A., Ancrenaz, M., Lackman-Ancrenaz, I. and Bruford, M.W. (2006). 'Philopatry and reproductive success in Bornean orang-utans (*Pongo pygmaeus*)'. *Molecular Ecology* 15:2577-2588.
- Graham, L.L., Giesen, W. and Page, S.E. (2017). 'A common-sense approach to tropical peat swamp forest restoration in Southeast Asia'. *Restoration Ecology* 25:312-321.
- Gunn, C.A. and Var, T. (2002). *Tourism planning: Basics, concepts, cases. Fourth Edition*, New York, USA and London, UK, Routledge: Taylor and Francis.
- Hall, R. and Holloway, J.D. (1998). *Biogeography and geological evolution of SE Asia*. Leiden, The Netherlands: Backhuys.
- Hedges, S. and Meijaard, E. (1999). *Reconnaissance survey for banteng (Bos javanicus) and banteng survey methods training project, Kayan-Mentarang National Park, East Kalimantan, Indonesia*. Indonesia: WWF-Indonesia
- Hooper, R. (2014). 'Farming bird's nests for soup on an industrial scale'. *New Scientist* 222:24-25.
- IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- IPCC (2014). 'Part B: Regional Aspects: Volume 2, Regional Aspects: Working Group II Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report'. In: IPCC (ed.) *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability - Contributions of the Working Group II to the Fifth Assessment Report*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- IUCN (in prep). 'Oil palm and biodiversity: A Situation Analysis by the IUCN Oil Palm Task Force'.
- Jolly, W.M., Cochrane, M.A., Freeborn, P.H., Holden, Z.A., Brown, T.J., Williamson, G.J. and Bowman, D.M.J.S. (2015). 'Climate-induced variations in global wildfire danger from 1979 to 2013'. *Nature Communications* 6:7537.
- Kier, G., Mutke, J., Dinerstein, E., Ricketts, T.H., Kuper, W., Kreft, H. and Barthlott, W. (2005). 'Global patterns of plant diversity and floristic knowledge'. *Journal of Biogeography* 32:1107-1116.
- KPC Sustainability Report (2016). *KPC Sustainability Report*, Available at: http://www.kpc.co.id/files/download/file/19/KPC_SR_2016_WebRes.pdf. [Accessed 21 February 2018].
- Langner, A. and Siegert, F. (2009). 'Spatiotemporal fire occurrence in Borneo over a period of 10 years'. *Global Change Biology* 15:48-62.
- Leighton, M. (1993). 'Modeling dietary selectivity by Bornean orangutans: evidence for integration of multiple criteria in fruit selection'. *International Journal of Primatology* 14:257-313.
- Leighton, M. and Wirawan, N. (1984). 'The El Niño Southern Oscillation event in southeast Asia: Effects of drought and fire in tropical forest in eastern Borneo'. *WWF report*:31.
- Leighton, M. and Wirawan, N. (1986). 'Catastrophic drought and fire in Borneo tropical rain forest associated with the 1982-83 El Niño Southern Oscillation event'. In: G.T. Prance (ed.) *Tropical rain forest and the world atmosphere*. pp. 75-102. Westview Press, Boulder, Colorado, USA.
- Leung, G.P., Hau, B.C. and Corlett, R.T. (2009). 'Exotic plant invasion in the highly degraded upland landscape of Hong Kong, China'. *Biodiversity and Conservation* 18:191.
- Lhota, S., Loken, B., Spehar, S., Fell, E., Pospěch, A. and Kasyanto, N. (2012). 'Discovery of Miller's Grizzled Langur (*Presbytis hosei canicrus*) in Wehea Forest Confirms the Continued Existence and Extends Known Geographical Range of an Endangered Primate'. *American Journal of Primatology* 74:193-198.
- Limberg, G., Moeliono, M., Indriatmoko, Y., Iwan, R., Utomo, N., Purwanto, E. and Mulyana, A. (2009). 'Incentives to conserve or convert? Can conservation compete with coal in Kutai National Park, Indonesia?'. *International Journal of Biodiversity Science & Management* 5:190-198.
- Mackie, C. (1984). 'The lessons behind East Kalimantan's forest fires'. *Borneo Research Bulletin* 16:63-74.
- MacKinnon, K., Hatta, G., Halim, H. and Mangalir, A. (1996). *The ecology of Kalimantan*, Hong Kong: Periplus Editions.
- McAlpine, C.A., Johnson, A., Salazar, A., Syktus, J., Wilson, K., Meijaard, E., Seabrook, L., Dargusch, P., Nordin, H. and Sheil, D. (2018). 'Forest loss and Borneo's climate'. *Environmental Research Letters* 13:044009.

- McSweeney, C., Rahmat, R., Redmond, G., Marzin, C., Murphy, J., Jones, R., Cheong, W.-K. and Palmer, M. (2013). 'Sub-selection of CMIP5 GCMs for downscaling over Singapore'. *Singapore 2nd National Climate Change Study - Phase 1*. Singapore: Meteorological Service Singapore.
- Meijaard, E., Buchori, D., Hadiprakarsa, Y., Utami-Atmoko, S.S., Nurcahyo, A., Tjiu, A., Prasetyo, D., Christie, L., Ancrenaz, M. and Abadi, F. (2011). 'Quantifying killing of orangutans and human-orangutan conflict in Kalimantan, Indonesia'. *PLOS One* 6:e27491.
- Meijaard, E., Sheil, D., Nasi, R., Augeri, D., Rosenbaum, B., Iskandar, D., Setyawati, T., Lammertink, M., Rachmatika, I., Wong, A., Soehartono, T., Stanley, S. and O'Brien, T. (2005). *Life after logging: reconciling wildlife conservation and production forestry in Indonesian Borneo*. Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Moeliono, M. and Purwanto, E. (2008). 'A Park in Crisis: local governance and national policy'. *Governing Shared Resources: Connecting Local Experience to Global Challenges, the Twelfth Biennial Conference of the International Association for the Study of Commons, Cheltenham, England: Digital library of the Commons*. Available at https://dlc.dlib.indiana.edu/dlc/bitstream/handle/10535/2127/Moeliono_106401.pdf?sequence=1. [Accessed 14 April 2018].
- Moles, A.T., Flores-Moreno, H., Bonser, S.P., Warton, D.I., Helm, A., Warman, L., Eldridge, D.J., Jurado, E., Hemmings, F.A. and Reich, P.B. (2012). 'Invasions: the trail behind, the path ahead, and a test of a disturbing idea'. *Journal of Ecology* 100:116-127.
- Mongabay. (2018). *Four Indonesian farmers charged in killing of orangutan that was shot 130 times*. Available at: <https://news.mongabay.com/2018/02/four-indonesian-farmers-charged-in-killing-of-orangutan-that-was-shot-130-times/>. [Accessed 26 April 2018].
- Nater, A., Mattle-Greminger, M.P., Nurcahyo, A., Nowak, M.G., de Manuel, M., Desai, T., Groves, C., Pybus, M., Sonay, T.B. and Roos, C. (2017). 'Morphometric, behavioral, and genomic evidence for a new orangutan species'. *Current Biology* 22:3487-3498.
- Nelleman, C., Miles, I., Kaltenborn, B.P., Virtue, M. and Ahlenius, H. (2007). *The last stand of the orangutan: state of emergency: illegal logging, fire and palm oil in Indonesia's national parks*. Arendal, Norway: United Nations Environment Programme, GRID.
- Osunkoya, O.O., Othman, F.E. and Kahar, R.S. (2005). 'Growth and competition between seedlings of an invasive plantation tree, *Acacia mangium*, and those of a native Borneo heath-forest species, *Melastoma beccarianum*'. *Ecological Research* 20:205-214.
- Pacifici, M., Foden, W.B., Visconti, P., Watson, J.E., Butchart, S.H., Kovacs, K.M., Scheffers, B.R., Hole, D.G., Martin, T.G. and Akcakaya, H.R. (2015). 'Assessing species vulnerability to climate change'. *Nature Climate Change* 5:215.
- Padmanaba, M. and Sheil, D. (2014). 'Spread of the invasive alien species *Piper aduncum* via logging roads in Borneo'. *Tropical Conservation Science* 7:35-44.
- Page, S.E., Siegert, F., Rieley, J.O., Boehm, H.-D.V., Jaya, A. and Limin, S. (2002). 'The amount of carbon released from peat and forest fires in Indonesia during 1997'. *Nature* 420:61-65.
- Pan, Y., Birdsey, R.A., Fang, J., Houghton, R., Kauppi, P.E., Kurz, W.A., Phillips, O.L., Shvidenko, A., Lewis, S.L. and Canadell, J.G. (2011). 'A large and persistent carbon sink in the world's forests'. *Science* 333:988-993.
- Peluso, N.L. (1992). 'The political ecology of extraction and extractive reserves in East Kalimantan, Indonesia'. *Development and Change* 23:49-74.
- Pendall, E., Bridgham, S., Hanson, P.J., Hungate, B., Kicklighter, D.W., Johnson, D.W., Law, B.E., Luo, Y., Megonigal, J.P. and Olsrud, M. (2004). 'Below-ground process responses to elevated CO₂ and temperature: a discussion of observations, measurement methods, and models'. *New Phytologist* 162:311-322.
- Phillips, O.L., Van Der Heijden, G., Lewis, S.L., López-González, G., Aragão, L.E., Lloyd, J., Malhi, Y., Monteagudo, A., Almeida, S. and Dávila, E.A. (2010). 'Drought-mortality relationships for tropical forests'. *New Phytologist* 187:631-646.
- PHVA (ed.) (2017). *Orangutan Population and Habitat Viability Assessment: Final Report*. Apple Valley, MN: IUCN/SSC Conservation Breeding Specialist Group.
- Potts, M.D., Ashton, P.S., Kaufman, L.S. and Plotkin, J.B. (2002). 'Habitat patterns in tropical rain forests: a comparison of 105 plots in northwest Borneo'. *Ecology* 83:2782-2797.
- PT Bumi Resources. (2017). *PT BUMI Resources Annual Public Expose*. Available at http://www.bumiresources.com/index.php?option=com_financialinfo&task=download&id=606&Itemid=115. [Accessed 21 February 2018].
- Putz, F. and Redford, K. (2009). 'Dangers of carbon-based conservation'. *Global Environmental Change* 19:400-401.
- Putz, F.E., Blate, G.M., Redford, K.H., Fimbel, R. and Robinson, J. (2001). 'Tropical forest management and conservation of biodiversity: an overview'. *Conservation Biology* 15:7-20.

- PWC (2017). *Mining in Indonesia. Investment and Taxation Guide. May 2017 - 9th Edition*. Price Waterhouse Coopers. Available at <https://www.pwc.com/id/en/energy-utilities-mining/assets/mining/mining-guide-2017-web.pdf>. [Accessed 15 April 2018].
- Qian, J.-H., Robertson, A.W. and Moron, V. (2013). 'Diurnal cycle in different weather regimes and rainfall variability over Borneo associated with ENSO'. *Journal of Climate* 26:1772-1790.
- Reside, A.E., Butt, N. and Adams, V.M. (2017). 'Adapting systematic conservation planning for climate change'. *Biodiversity and Conservation* 27:1-29.
- Rijksen, H.D. and Meijaard, E. (1999). *Our vanishing relative. The status of wild orang-utans at the close of the twentieth century*. Wageningen, The Netherlands: The Tropenbos Foundation.
- Rodman, P.S. (1973). 'Population composition and adaptive organisation among orangutans of the Kutai Reserve'. In: R. Michael and J. Crook (eds.) *Comparative ecology and behaviour of primates*. pp. 171-209. London, UK: Academic Press.
- Rodman, P.S. (1977). 'Feeding behaviour of orang-utans of the Kutai Nature Reserve, East Kalimantan'. In: T. Clutton-Brock (ed.) *Primate ecology: studies of feeding and ranging behaviour in Lemurs Monkeys and Apes*. pp. 383-413. New York, USA: Academic Press.
- Ropelewski, C.F. and Halpert, M.S. (1996). 'Quantifying southern oscillation-precipitation relationships'. *Journal of Climate* 9:1043-1059.
- Rowland, L., da Costa, A.C.L., Galbraith, D.R., Oliveira, R., Binks, O.J., Oliveira, A., Pullen, A., Doughty, C., Metcalfe, D. and Vasconcelos, S. (2015). 'Death from drought in tropical forests is triggered by hydraulics not carbon starvation'. *Nature* 528:119-122.
- Russell, C.L. and Ankenman, M. (1996). 'Orangutans as photographic collectibles: ecotourism and the commodification of nature'. *Tourism Recreation Research* 21:71-78.
- Russon, A.E., Kuncoro, P. and Ferisa, A. (2015). 'Orangutan behavior in Kutai National Park after drought and fire damage: Adjustments to short-and long-term natural forest regeneration'. *American Journal of Primatology* 77:1276-1289.
- Russon, A.E., Wich, S.A., Ancrenaz, M., Kanamori, T., Knott, C.D., Kuze, N., Morrogh-Bernard, H.C., Pratje, P., Ramlee, H. and Rodman, P. (2009). 'Geographic variation in orangutan diets'. In: S.A. Wich, S.S. Utami Atmoko, T. Mitra Setia and C.P. van Schaik (eds.) *Orangutans: Geographic Variation in Behavioral Ecology*. pp. 135-156. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Santika, T., Ancrenaz, M., Wilson, K.A., Spehar, S., Abram, N., Banes, G.L., Campbell-Smith, G., Curran, L., d'Arcy, L. and Delgado, R.A. (2017). 'First integrative trend analysis for a great ape species in Borneo'. *Scientific Reports* 7:4839.
- Sawitri, R. and Adalina, Y. (2016). 'Kajian Usulan Zona Khusus Taman Nasional Kutai'. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam* 13:85-100.
- Scheffers, B.R., De Meester, L., Bridge, T.C., Hoffmann, A.A., Pandolfi, J.M., Corlett, R.T., Butchart, S.H., Pearce-Kelly, P., Kovacs, K.M. and Dudgeon, D. (2016). 'The broad footprint of climate change from genes to biomes to people'. *Science* 354:aaf7671.
- Sheil, D. (2018). 'Forests, atmospheric water and an uncertain future: the new biology of the global water cycle'. *Forest Ecosystems* 5:19.
- Sheil, D., Casson, A., Meijaard, E., Van Noordwijk, M., Gaskell, J., Sunderland-Groves, J., Wertz, K. and Kanninen, M. (2009). *The impacts and opportunities of oil palm in Southeast Asia: What do we know and what do we need to know?*, Bogor, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Shoo, L.P., Hoffmann, A.A., Garnett, S., Pressey, R.L., Williams, Y.M., Taylor, M., Falconi, L., Yates, C.J., Scott, J.K. and Alagador, D. (2013). 'Making decisions to conserve species under climate change'. *Climatic Change* 119:239-246.
- Siegert, F., Ruecker, G., Hinrichs, A. and Hoffmann, A. (2001). 'Increased damage from fires in logged forests during droughts caused by El Nino'. *Nature* 414:437-440.
- Slik, J., Poulsen, A., Ashton, P., Cannon, C., Eichhorn, K., Kartawinata, K., Lanniari, I., Nagamasu, H., Nakagawa, M. and Van Nieuwstadt, M. (2003). 'A floristic analysis of the lowland dipterocarp forests of Borneo'. *Journal of Biogeography* 30:1517-1531.
- Sloan, S., Locatelli, B., Wooster, M.J. and Gaveau, D.L. (2017). 'Fire activity in Borneo driven by industrial land conversion and drought during El Niño periods, 1982-2010'. *Global Environmental Change* 47:95-109.
- Smits, W.T.M. (1994). '*Dipterocarpaceae: mycorrhizae and regeneration*'. PhD thesis.: Wageningen Agricultural University, The Netherlands.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group (2004). 'The SER International Primer on Ecological Restoration'. www.ser.org, Tucson: Society for Ecological Restoration International.
- Soepadmo, E., Saw, L. and Chung, R. (2004). *Tree flora of Sabah and Sarawak: Volume 5*, Selangor Darul Ehsan, Malaysia: Forest Research Institute Malaysia (FRIM).

- Stadtmueller, T. (1990). *Soil erosion in east Kalimantan, Indonesia*. Proceedings of the Fiji Symposium. IAHS-AISH 192:221-230.
- Stocker, D.Q. (2013). *Climate change 2013: The physical science basis*. Working Group I Contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Summary for Policymakers, IPCC.
- Struebig, M.J., Wilting, A., Gaveau, D.L., Meijaard, E., Smith, R.J., Fischer, M., Metcalfe, K., Kramer-Schadt, S. and Consortium, B.M.D. (2015). 'Targeted conservation to safeguard a biodiversity hotspot from climate and land-cover change'. *Current Biology* 25:372-378.
- Supari, Tangang, F., Juneng, L. and Aldrian, E. (2017). 'Observed changes in extreme temperature and precipitation over Indonesia'. *International Journal of Climatology* 37:1979-1997.
- Suzuki, A. (1984). 'The socio-ecological study on orangutans in Kutai Nature Reserve of East Kalimantan, Indonesia'. *Kyoto University Overseas Research Report of Studies on Asian Non-Human Primates*:67-76.
- Suzuki, A. (1986). 'The socio-ecological study on the orangutan in the Mentoko-BT Sinara Study Area'. *Kutai National Park, East Kalimantan*. In: *Kyoto University Overseas Research Report of Studies on Asia non-human primates*:23-28.
- Tagawa, H., Suzuki, E., Wirawan, N., Miyagi, Y. and Oka, N.P. (1988). 'Change of vegetation in Kutai National Park, East Kalimantan'. *Kagoshima University Occasional Papers* 14:12-50.
- Takahashi, A., Kumagai, T.o., Kanamori, H., Fujinami, H., Hiyama, T. and Hara, M. (2017). 'Impact of Tropical Deforestation and Forest Degradation on Precipitation over Borneo Island'. *Journal of Hydrometeorology* 18:2907-2922.
- Teo, D.H., Tan, H.T., Corlett, R.T., Wong, C.M. and Lum, S.K. (2003). 'Continental rain forest fragments in Singapore resist invasion by exotic plants'. *Journal of Biogeography* 30:305-310.
- TNK (2016). *Statistik: Taman Nasional Kutai, Tahun 2016*. Bontang, Kalimantan Timur, Indonesia: Balai Taman Nasional Kutai.
- Tong, X., Brandt, M., Yue, Y., Horion, S., Wang, K., De Keersmaecker, W., Tian, F., Schurgers, G., Xiao, X. and Luo, Y. (2018). 'Increased vegetation growth and carbon stock in China karst via ecological engineering'. *Nature Sustainability* 1:44-50.
- Uriarte, M., Schwartz, N., Powers, J.S., Marín-Spiotta, E., Liao, W. and Werden, L.K. (2016). 'Impacts of climate variability on tree demography in second growth tropical forests: the importance of regional context for predicting successional trajectories'. *Biotropica* 48:780-797.
- van Nieuwstadt, M.G.L. and Sheil, D. (2005). 'Drought, fire and tree survival in a Borneo rain forest, East Kalimantan, Indonesia'. *Journal of Ecology* 93:191-201.
- van Schaik, C.P., Marshall, A.J. and Wich, S.A. (2009). 'Geographic variation in orangutan behavior and biology: its functional interpretation and its mechanistic basis'. In: S.A. Wich, S.S. Utami-Atmoko, T. Mitra Setia and C.P. van Schaik (eds.). *Orangutans: Geographic variation in behavioral ecology and conservation*. pp. 351-361. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Vayda, A.P. and Sahur, A. (1996). *Bugis settlers in East Kalimantan's Kutai National Park: Their past and present and some possibilities for their future*. Jakarta, Indonesia: Center for International Forestry Research.
- Voigt, M., Wich, S.A., Ancrenaz, M., Meijaard, E., Abram, N., Banes, G.L., Campbell-Smith, G., d'Arcy, L.J., Delgado, R.A., Erman, A., Gaveau, D., Goossens, B., Heinicke, S., Houghton, M., Husson, S.J., Leiman, A., Sanchez, K.L., Makinuddin, N., Marshall, A.J., Meididit, A., Miettinen, J., Mundry, R., Musnanda, Nardiyono, Nurcahyo, A., Odom, K., Panda, A., Prasetyo, D., Priadjati, A., Purnomo, Rafiastanto, A., Russon, A.E., Santika, T., Sihite, J., Spehar, S., Struebig, M., Sulbaran-Romero, E., Tjiu, A., Wells, J., Wilson, K.A. and Kühl, H.S. (2018). 'Global demand for natural resources eliminated more than 100,000 Bornean Orangutans'. *Current Biology* 10.1016/j.cub.2018.01.053.
- Wheeler, C.E., Omeja, P.A., Chapman, C.A., Glipin, M., Tumwesigye, C. and Lewis, S.L. (2016). 'Carbon sequestration and biodiversity following 18 years of active tropical forest restoration'. *Forest Ecology and Management* 373:44-55.
- Whitmore, T.C. (1992). *An introduction to Tropical Rainforests*. Oxford, UK: Clarendon Press.
- Whitten, T., van Dijk, P.P., Curran, L., Meijaard, E., Supriatna, J. and Ellis, S. (2004). 'Sundaland'. In: R.A. Mittermeier, P.R. Gil, M. Hoffmann, J. Pilgrim, T. Brooks, C.G. Mittermeier, J. Lamoreux, G.A.B. da Fonseca (eds.). *Hotspots revisited. Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions*, pp.164-172. Mexico: Cemex.
- Wich, S.A., Atmoko, S.S.U., Setia, T.M. and Van Schaik, C.P. (2010). *Orangutans: geographic variation in behavioral ecology and conservation*. Oxford, UK: Oxford University Press.

- Wich, S.A., Gaveau, D., Abram, N., Ancrenaz, M., Baccini, A., Brend, S., Curran, L., Delgado, R.A., Erman, A. and Fredriksson, G.M. (2012). 'Understanding the Impacts of Land-Use Policies on a Threatened Species: Is There a Future for the Bornean Orang-utan?'. *PLOS One* 7:e49142.
- Wich, S.A., Meijaard, E., Marshall, A.J., Husson, S., Ancrenaz, M., Lacy, R.C., van Schaik, C.P., Sugardjito, J., Simorangkir, T. and Traylor-Holzer, K. (2008). 'Distribution and conservation status of the orang-utan (*Pongo* spp.) on Borneo and Sumatra: how many remain?'. *Oryx* 42:329-339.
- Wills, J., Herbohn, J., Moreno, M.O.M., Avela, M.S. and Firn, J. (2017). 'Next-generation tropical forests: reforestation type affects recruitment of species and functional diversity in a human-dominated landscape'. *Journal of Applied Ecology* 54:772-783.
- Young, B.E., Dubois, N.S. and Rowland, E.L. (2015). 'Using the Climate Change Vulnerability Index to inform adaptation planning: lessons, innovations, and next steps'. *Wildlife Society Bulletin* 39:174-181.

Lampiran 1: Daftar Spesies

Sebuah daftar yang terdiri dari 247 spesies dipertimbangkan untuk laporan tentang kerentanan spesies tumbuhan terhadap perubahan iklim yang digunakan oleh orangutan dalam TNK ini. Nama-nama lokal juga digunakan pada lokakarya tersebut, dan mungkin berasal dari bahasa Indonesia atau Bugis. Pakan orangutan adalah pakan orang-utan dengan skor dari 0 sampai 2, di mana 0 tidak digunakan, dan 2 merupakan pakan yang lebih disukai di TNK; CCVA merupakan skor kerentanan terhadap perubahan iklim, di mana tumbuhan dengan skor negatif tahan terhadap perubahan iklim, dan skor positif tinggi menunjukkan kerentanan; NB adalah skor nilai penting regional (berkisar dari -1 untuk spesies hama, sampai 5 untuk

spesies yang memiliki nilai penting tertinggi secara ekologis dan ekonomis); Ketidakpastian merupakan jumlah ciri-ciri yang diberi skor 'tidak diketahui' (unknown) dan berkisar dari 1 (yang menunjukkan kepercayaan dalam skor CCV) sampai 10 (yang menunjukkan kepercayaan rendah dalam skor CCV). Berkas lengkap dengan segala ciri yang telah diisi pada saat lokakarya tersedia sebagai informasi daring (online) tambahan. Kewenangan utama penamaan oleh the World Checklist of Selected Plant Families: Royal Botanic Gardens, Kew (wcsp.science.kew.org), Kew's dalam pengembangan A hingga Z dan The Plant List (www.theplantlist.org).

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Alpinia ligulata</i>	Kedapat	Zingiberaceae	0	-5	2	1
<i>Alpinia galanga</i>	Lengkuas	Zingiberaceae	0.5	-2	1	2
<i>Amomum compactum</i>	Tete	Zingiberaceae	0	-2	3	2
<i>Etingera coccinea</i>	Petiti	Zingiberaceae	0	-2	1	2
<i>Tetrastigma rafflesiae</i>		Vitaceae	0	2	1	4
<i>Tetrastigma pedunculare</i>		Vitaceae	1.5	2	1	4
<i>Lantana camara</i>	Bunga tai ayam	Verbenaceae	0	-5	-1	1
<i>Dendrocide elliptica</i>	Jelatang	Urticaceae	1	-2	1	3
<i>Octomeles sumatrana</i>	Binuang	Tetramelaceae	1	-2	1	3
<i>Solanum sp.</i>	Terung pipit	Solanaceae	0	-6	-1	1
<i>Lygodium circinatum</i>	Pakis hutan	Schizaeaceae	0	-6	0	1
<i>Donella lanceolata</i>	Kayu pulut	Sapotaceae	0	0	1	4
<i>Palaquium stenophyllum</i>	Nyatoh	Sapotaceae	0	-1	3	3
<i>Dimocarpus longan</i>	Longan	Sapindaceae	1.5	-2	3	3
<i>Mischocarpus pentapetalus</i>	Katan	Sapindaceae	0	-2	2	2
<i>Nephelium ramboutan-ake</i>	Meritam	Sapindaceae	1.5	-2	3	3
<i>Paranephelium xestophyllum</i>	Katan	Sapindaceae	0	-2	2	2
<i>Pometia pinnata</i>	Paku rantau, Matoa	Sapindaceae	1.5	0	3	2
<i>Melicope glabra</i>	Sampang	Rutaceae	1	-1	1	1
<i>Melicope lunu-ankenda</i>	Sampang	Rutaceae	0	0	1	2
<i>Neolamarckia cadamba</i>	Larang	Rubiaceae	0.5	-2	0	3
<i>Nauclea subdita</i>	Bankal kuning	Rubiaceae	1.5	-2	0	2
<i>Uncaria gambir</i>	Gambier	Rubiaceae	0	-2	0	3

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Drypetes longifolia</i>		Putranjivaceae	1.5	-1	1	5
<i>Imperata cylindrica</i>	Alang-alang	Poaceae	0	-6	-1	1
<i>Piper aduncum</i>	Kayu sirih	Piperaceae	0.5	-6	-1	1
<i>Glochidion zeylanicum var. arborescens</i>		Phyllanthaceae	0	-4	0	4
<i>Aporosa lucida</i>		Phyllanthaceae	1.5	-2	1	5
<i>Aporosa subcaudata</i>		Phyllanthaceae	1.5	-2	1	5
<i>Baccaurea costulata</i>		Phyllanthaceae	1.5	0	2	5
<i>Baccaurea macrocarpa</i>		Phyllanthaceae	0.5	-1	3	5
<i>Baccaurea angulata</i>		Phyllanthaceae	0.5	-1	2	5
<i>Baccaurea stipulata</i>		Phyllanthaceae	0.5	-1	2	5
<i>Baccaurea sanguinea</i>		Phyllanthaceae	0	-1	2	5
<i>Baccaurea parviflora</i>		Phyllanthaceae	0.5	-1	2	5
<i>Baccaurea polyneura</i>	Jentikan	Phyllanthaceae	0	0	2	5
<i>Baccaurea pyriformis</i>		Phyllanthaceae	1.5	0	2	5
<i>Baccaurea odoratissima</i>		Phyllanthaceae	0	0	2	5
<i>Chaetocarpus castanocarpus</i>	Lurangan	Peraceae	1.5	-2	1	3
<i>Passiflora foetida</i>	Kelubut	Passifloraceae	0	-5	-1	1
<i>Dendrobium anosmum</i>	Anggrek	Orchidaceae	0	1	3	5
<i>Syzygium leptostemon</i>	Jambu-jambu	Myrtaceae	0	-1	2	4
<i>Syzygium tawahense</i>	Jambu-jambu	Myrtaceae	1.5	0	2	3
<i>Knema latericia</i>	Pala-palaan	Myristicaceae	1.5	-1	2	3
<i>Antiaris toxicaria</i>	Upas	Moraceae	1.5	-1	2	2
<i>Artocarpus anisophyllus</i>	Terap ikaI, Keladang	Moraceae	1.5	-1	1	3
<i>Artocarpus integer</i>	Cempadak	Moraceae	0	0	3	3
<i>Artocarpus dadah</i>	Terap, angka hutan	Moraceae	0	-1	1	5
<i>Artocarpus elasticus</i>	Terap	Moraceae	0.5	-1	2	4
<i>Artocarpus glaucus</i>	Keledang, kledang	Moraceae	0	-1	1	5
<i>Artocarpus kemando</i>		Moraceae	0.5	-1	1	5
<i>Artocarpus lanceifolius</i>		Moraceae	0	-1	1	4
<i>Artocarpus odoratissimus</i>	Terap, benturung	Moraceae	1.5	0	1	5
<i>Artocarpus tamaran</i>	Terap	Moraceae	0.5	0	1	5
<i>Ficus acamptophylla</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus albipila</i>	Beringin putih	Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus annulata</i>	Ara	Moraceae	0.5	0	2	5
<i>Ficus aurita</i>	Ara	Moraceae	0	0	2	5

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Ficus beccarii</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus benguetensis</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus benjamina</i>	Beringin	Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus binnendijkii</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus caulocarpa</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus cereicarpa</i>		Moraceae	0	1	2	5
<i>Ficus crassiramea</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus excavata</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus fistulosa</i>	Ara	Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus grossularioides</i>		Moraceae	0.5	0	2	5
<i>Ficus pumila</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus heteropleura</i>		Moraceae	0.5	0	2	5
<i>Ficus microcarpa</i>	Bonsai	Moraceae	0.5	0	2	5
<i>Ficus microsyce</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus obscura</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus ribes</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus sagittata</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus sundaica</i>	Ara	Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus crassiramea subsp. Stupenda</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus subulata</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus sumatrana</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus trichocarpa</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus recurva var. pedicellata</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Ficus variegata</i>	Nyawai	Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus villosa</i>		Moraceae	1.5	0	2	5
<i>Ficus ingens</i>		Moraceae	0	0	2	5
<i>Parartocarpus bracteata</i>		Moraceae	0.5	0	2	5
<i>Ficus obpyramidata</i>	Ara gendang	Moraceae	2	-1	1	2
<i>Aglai odoratissima</i>	Lantupak, situr gajah	Meliaceae	1.5	-2	1	3
<i>Aglai tomentosa</i>	Bunau, kumpang penjaru	Meliaceae	1.5	-2	1	3
<i>Chisocheton ceramicus</i>	Lantupak	Meliaceae	0	-2	1	3
<i>Sandoricum koetjape</i>	Kecapi, ketapi, sental hutan	Meliaceae	0.5	-2	2	3
<i>Walsura pinnata</i>		Meliaceae	0	-1	1	3

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Melastoma malabathricum</i>	Karamunting	Melastomataceae	0.5	-6	-1	1
<i>Clidemia hirta</i>	Harendong bulu	Melastomataceae	0.5	-6	-1	1
<i>Donax canniformis</i>	Bamban	Marantaceae	0.5	-1	1	4
<i>Stachyphrynium borneensis</i>	Lirik beruang	Marantaceae	0	0	0	3
<i>Boschia griffithii</i>	Durian burung	Malvaceae	0	-1	2	3
<i>Durio dulcis</i>	Lahung	Malvaceae	1.5	0	4	3
<i>Durio kutejensis</i>	Lai	Malvaceae	0.5	0	3	3
<i>Durio lanceolatus</i>		Malvaceae	1.5	0	2	3
<i>Durio oxleyanus</i>	Kerantungan	Malvaceae	1.5	-1	4	3
<i>Colona serratifolia</i>		Malvaceae	0	-3	0	3
<i>Pterospermum diversifolium</i>	Bayur	Malvaceae	0	-1	0	3
<i>Kleinhovia hospita</i>	Tahongai, mangar	Malvaceae	2	-4	0	2
<i>Pterospermum javanicum</i>	Bayur	Malvaceae	1.5	-1	1	2
<i>Sterculia rubiginosa</i>	Kayu tebu	Malvaceae	0.5	-2	1	3
<i>Pentace laxiflora</i>	Pose	Malvaceae	0	-2	3	2
<i>Urena lobata</i>		Malvaceae	0	-6	-1	1
<i>Magnolia tsiampacca</i>	Arau	Magnoliaceae	0	0	5	10
<i>Nephrolepis sp.</i>	Pakis hutan	Lomariopsidaceae	0	-6	0	1
<i>Strychnos ignatii</i>	Akar meron	Loganiaceae	0.5	-1	0	7
<i>Strychnos lucida</i>	Akar meron	Loganiaceae	0.5	-1	0	7
<i>Strychnos polytrichantha</i>	Akar meron	Loganiaceae	1.5	0	0	7
<i>Strychnos villosa</i>	Akar meron	Loganiaceae	0.5	-1	0	7
<i>Leea indica</i>	Temali laki	Leeaceae	0.5	-1	0	3
<i>Leea rubra</i>	Temali bini	Leeaceae	0	-1	0	3
<i>Actinodaphne glabra</i>	Medang sahung	Lauraceae	0	-1	3	4
<i>Alseodaphne elmeri</i>	Medang	Lauraceae	0	0	1	4
<i>Beilschmiedia dictyoneura</i>		Lauraceae	0	-1	1	4
<i>Eusideroxylon zwageri</i>	Ulin	Lauraceae	1.5	2	5	3
<i>Litsea angulata</i>	Medang	Lauraceae	0	-1	1	4
<i>Nothaphoebe umbelliflora</i>		Lauraceae	0	-1	2	4
<i>Callicarpa pentandra</i>	Nayup	Lamiaceae	2	-1	0	4
<i>Vitex pinnata</i>	Laban	Lamiaceae	1.5	-2	1	3
<i>Irvingia malayana</i>	Kayu batu	Irvingiaceae	1.5	-1	4	4
<i>Phytocrene racemosa</i>	None	Icacinaceae	1.5	0	0	4
<i>Cratoxylum sumatranum</i>	Gerunggang	Hypericaceae	0	-4	1	2

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Gnetum cuspidatum</i>	None	Gnetaceae	1.5	0	1	6
<i>Adenantha pavonina</i>	Saga	Fabaceae	1.5	0	1	6
<i>Fordia splendidissima</i>	Tuba-tuba	Fabaceae	0.5	-4	0	4
<i>Intsia palembanica</i>	Merbau	Fabaceae	1.5	1	4	4
<i>Sindora coriacea</i>	Anggi	Fabaceae	1.5	1	5	4
<i>Spatholobus maingayi</i>	Ubar	Fabaceae	0	-1	0	3
<i>Spatholobus oblongifolius</i>	Ubar	Fabaceae	0	0	0	3
<i>Acacia mangium</i>	Akasia	Fabaceae	0	-5	-1	1
<i>Spatholobus sp.</i>	Akar ubar	Fabaceae	1	-6	0	1
<i>Archidendron havilandii</i>	Jengkol hutan	Fabaceae	1	-2	1	3
<i>Parkia speciosa</i>	Pete, petai	Fabaceae	0.5	-2	4	3
<i>Pithecellobium lobatum</i>	Jering hantu	Fabaceae	0	-2	1	3
<i>Croton argyratus</i>	Malakapur, markapur	Euphorbiaceae	1.5	-4	0	2
<i>Endospermum peltatum</i>	Sumpalabu	Euphorbiaceae	1.5	-4	0	2
<i>Macaranga gigantea</i>	Kubung	Euphorbiaceae	1.5	-4	2	2
<i>Macaranga pearsonii</i>	Mahang	Euphorbiaceae	1.5	-3	1	2
<i>Macaranga tanarius</i>	Mahang	Euphorbiaceae	0.5	-4	1	2
<i>Mallotus macrostachyus</i>	Murup	Euphorbiaceae	0	-4	1	2
<i>Mallotus muticus</i>	Murup	Euphorbiaceae	0.5	0	1	5
<i>Mallotus paniculatus</i>	Murup	Euphorbiaceae	0	-4	1	2
<i>Omphalea bracteata</i>		Euphorbiaceae	1.5	-4	0	2
<i>Macaranga sp.</i>	Mahang	Euphorbiaceae	0	-6	0	1
<i>Mallotus spp.</i>	Murup	Euphorbiaceae	0	-6	0	1
<i>Homalanthus populneus</i>	Buta- buta lalat	Euphorbiaceae	0	-6	1	1
<i>Diospyros borneensis</i>	Arang	Ebenaceae	0.5	-2	3	5
<i>Diospyros macrophylla</i>	Baleu	Ebenaceae	1.5	-2	2	5
<i>Dipterocarpus verrucosus</i>	Keruing	Dipterocarpaceae	0	4	5	1
<i>Shorea ferruginea</i>	Meranti merah	Dipterocarpaceae	0	6	5	1
<i>Shorea inappendiculata</i>	Meranti	Dipterocarpaceae	0	5	5	1
<i>Shorea johorensis</i>	Meranti kenuar	Dipterocarpaceae	0	5	5	1
<i>Shorea leprosula</i>	Nyerakat	Dipterocarpaceae	1.5	5	5	1
<i>Shorea pauciflora</i>	Meranti merah	Dipterocarpaceae	0	5	5	1
<i>Shorea polyandra</i>	Pakit	Dipterocarpaceae	1.5	6	5	1
<i>Shorea ovalis</i>	Meranti merah	Dipterocarpaceae	0.5	1	5	1
<i>Hopea mengerawan</i>	Merawan	Dipterocarpaceae	0	0	5	1

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Hopea rudiformis</i>	Merawan	Dipterocarpaceae	0	1	5	1
<i>Dioscorea sp.</i>	Akar gadung	Dioscoreaceae	0	-6	0	1
<i>Dillenia borneensis</i>	Simpur laki	Dilleniaceae	1.5	0	2	6
<i>Dillenia excelsa</i>	Maligara, simpur laki	Dilleniaceae	1.5	-1	4	5
<i>Dillenia reticulata</i>	Simpur	Dilleniaceae	2	-2	0	6
<i>Alangium hirsutum</i>	Sahang sahang	Cornaceae	2	2	0	2
<i>Alangium ridleyi</i>	Laji kuning	Cornaceae	1.5	-1	1	2
<i>Merremia mammosa</i>	Akar belaran	Convolvulaceae	2	-3	0	3
<i>Merremia peltata</i>	Akar belaran	Convolvulaceae	0	-6	0	1
<i>Terminalia catappa</i>	Ketapang	Combretaceae	0.5	0	0	4
<i>Terminalia foetidissima</i>		Combretaceae	1.5	-1	1	5
<i>Garcinia dulcis</i>	Manggis	Clusiaceae	0.5	-1	2	5
<i>Parinari canarioides</i>		Chrysobalanaceae	1.5	0	1	5
<i>Trema tomentosa</i>		Cannabaceae	0	-6	0	1
<i>Trema cannabina</i>		Cannabaceae	0	-2	0	3
<i>Canarium littorale</i>	Kenari	Burseraceae	0.5	-1	2	2
<i>Dacryodes rostrata</i>	Ampadu kalui	Burseraceae	1.5	-1	2	2
<i>Santiria oblongifolia</i>	Asem gerunggang	Burseraceae	1.5	-1	2	2
<i>Scutinanthe brunnea</i>		Burseraceae	1.5	-1	1	2
<i>Spathodea campanulata</i>		Bignoniaceae	0	-5	-1	1
<i>Eupatorium inulaefolium</i>		Asteraceae	0	-6	-1	1
<i>Wedelia biflora</i>		Asteraceae	0	-5	-1	1
<i>Ageratum conyzoides</i>		Asteraceae	0	-6	-1	1
<i>Mikania scandens</i>		Asteraceae	0	-6	-1	1
<i>Vernonia arborea</i>	Tepung-tepung	Asteraceae	0	0	0	3
<i>Asplenium nidus</i>	Sarang burung, ketapa	Aspleniaceae	0.5	2	2	2
<i>Borassodendron borneense</i>	Bendang	Arecaceae	0	3	4	3
<i>Korthalsia spp.</i>	Rotan	Arecaceae	1	-2	3	4
<i>Daemonorops spp.</i>	Rotan	Arecaceae	0	-2	3	4
<i>Alstonia macrophylla</i>	Pulai	Apocynaceae	0	-2	3	4
<i>Alstonia scholaris</i>	Pulai	Apocynaceae	0.5	-2	3	4
<i>Willughbeia angustifolia</i>	Akar jitan	Apocynaceae	0.5	-1	0	4
<i>Willughbeia coriacea</i>	Akar jitan	Apocynaceae	0	-1	0	4
<i>Alstonia angustifolia</i>	Pulai	Apocynaceae	0.5	-2	4	2
<i>Tabernaemontana macrocarpa</i>	Peler kambing	Apocynaceae	0	0	0	2

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Artabotrys speciosus</i>	Akar kait	Annonaceae	0	0	0	5
<i>Artabotrys suaveolens</i>	Akar cenana	Annonaceae	0.5	0	0	5
<i>Cananga odorata</i>	Kenanga	Annonaceae	1.5	-1	3	5
<i>Cyathocalyx sumatranus</i>		Annonaceae	0	0	1	5
<i>Uvaria griffithii</i>	Akar pemadam (?)	Annonaceae	0	0	0	5
<i>Desmos chinensis</i>	Kenanga hutan	Annonaceae	0	0	0	5
<i>Friesodielsia cuneiformis</i>		Annonaceae	0	0	0	5
<i>Goniothalamus macrophyllus</i>	Kayu tapu	Annonaceae	0	1	1	5
<i>Goniothalamus ridleyi</i>	Mempisang	Annonaceae	0	1	1	5
<i>Neo-uvaria acuminatissima</i>	Pisang-pisang	Annonaceae	0.5	0	1	5
<i>Mitrella kentia</i>		Annonaceae	0	0	1	5
<i>Fissistigma manubriatum</i>		Annonaceae	0.5	0	1	5
<i>Mezzettia umbellata</i>	Jerenjang gunung	Annonaceae	0.5	1	2	5
<i>Mitrephora heyneana</i>		Annonaceae	0	0	1	5
<i>Monocarpia euneura</i>		Annonaceae	0.5	1	1	5
<i>Polyalthia cauliflora</i>	Jerenjang	Annonaceae	0.5	0	1	5
<i>Polyalthia borneensis</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	1	1	5
<i>Monoon glabrum</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Polyalthia elliptica</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Polyalthia insignis</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Monoon lateriflorum</i>	Ampunyt	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Monoon borneense</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	1	2	5
<i>Polyalthia oblonga</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Huberantha rumphii</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Polyalthia spathulata</i>	Jerenjang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Maasia sumatrana</i>	Banitan	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Popowia pisocarpa</i>		Annonaceae	0.5	0	1	5
<i>Pseuduvaria reticulata</i>		Annonaceae	0	0	1	5
<i>Miliusa horsfieldii</i>		Annonaceae	0	0	1	5
<i>Sageraea lanceolata</i>	Pisang-pisang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Uvaria monticola</i>		Annonaceae	0	0	0	5
<i>Uvaria curtisii</i>		Annonaceae	0	0	0	5
<i>Xylopiya ferruginea</i>	Jangkang	Annonaceae	0	0	1	5
<i>Xylopiya malayana</i>		Annonaceae	1.5	0	1	5
<i>Anisophyllea disticha</i>		Anisophylleaceae	0	1	2	5

Nama	Nama lokal	Famili	Makanan Orangutan	CCVA	NB	Ketidakpastian
<i>Bouea oppositifolia</i>	Ramania	Anacardiaceae	0.5	0	3	4
<i>Buchanania arborescens</i>	Terentang ayam	Anacardiaceae	0	0	2	4
<i>Dracontomelon costatum</i>	Sengkuang	Anacardiaceae	1.5	-1	3	4
<i>Dracontomelon dao</i>	Sengkuang	Anacardiaceae	2	-1	4	4
<i>Gluta renghas</i>	Rengas tembaga	Anacardiaceae	0.5	1	3	4
<i>Gluta wallichii</i>	Rengas	Anacardiaceae	1.5	0	3	4
<i>Koordersiodendron pinnatum</i>	Tebu hitam	Anacardiaceae	1.5	-1	2	4
<i>Mangifera caesia</i>	Wanyi	Anacardiaceae	0.5	1	4	4
<i>Mangifera foetida</i>	Asam bawang	Anacardiaceae	0.5	1	3	4
<i>Mangifera indica</i>	Mangga	Anacardiaceae	0	1	3	4
<i>Mangifera quadrifida</i>	Mangga	Anacardiaceae	1.5	1	4	4
<i>Pentaspadon motleyi</i>	Plaju	Anacardiaceae	0	1	2	4
<i>Semecarpus cuneiformis</i>	Rengas	Anacardiaceae	0	-1	2	4
<i>Semecarpus forstenii</i>	Rengas	Anacardiaceae	0	-1	2	4
<i>Semecarpus nigroviridis</i>	Rengas	Anacardiaceae	0	-1	2	4
<i>Spondias pinnata</i>	Kedondong hutan	Anacardiaceae	0	-1	2	6

Lampiran 2: Ciri-ciri sensitivitas dan kemampuan beradaptasi

Digunakan ciri-ciri sensitivitas dan kemampuan beradaptasi untuk mengkaji kerentanan terhadap perubahan iklim serta ketahanan (merah). Nilai ambang batas menunjukkan arah kerentanan, yang menjadi dasar bagi skor tersebut: skor ini merupakan skor yang digunakan untuk menciptakan skor kerentanan terhadap perubahan iklim untuk masing-masing

spesies. Ciri-ciri yang tidak digunakan untuk mengalkulasi skor ini ditunjukkan sebagai 'Tidak Termasuk' (Not Included). Respon terhadap pertanyaan sebagai Tidak (No), Ya (Yes), atau Tidak Tahu (Unknown) ditunjukkan (dari 247 spesies). Skor kelangkaan dijelaskan dalam Lampiran 3.

Sensitivitas

Persyaratan habitat dan/atau mikrohabitat terspesialisasi

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
Ketergantungan sementara terhadap air tawar	S1: Spesies dikenal tergantung secara eksklusif pada habitat-habitat air tawar alami yang bersifat sementara di alam	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	245	1	1
Spesialisasi habitat	S2: Spesies yang diuraikan (dengan dasar pembenaran) memiliki persyaratan habitat khusus	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	237	5	5
Spesialisasi mikrohabitat	S3: Spesies tergantung pada satu atau lebih mikrohabitat	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	174	0	73
Ketergantungan terhadap bank benih	S4: Spesies membutuhkan bank benih jangka panjang sebagai bagian dari siklus hidupnya	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	203	38	6
Intrusi air asin	S5: Spesies muncul secara eksklusif di habitat-habitat yang rentan terhadap intrusi air asin	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	2

Toleransi atau ambang batas lingkungan yang sempit yang cenderung terlampaui akibat perubahan iklim pada setiap tahap dalam siklus kehidupan

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
Intoleransi terhadap genangan	S6: Spesies sangat intoleran terhadap genangan (hanya dapat mentoleransi < 1 bulan) dan TIDAK "benar-benar akuatik"	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	109	7	131
Intoleransi terhadap kekeringan	S7: Spesies sangat intoleran terhadap ketiadaan air (hanya dapat mentoleransi < 1 bulan)	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	191	1	55
Toleransi terhadap kekeringan	S8: Spesies sangat toleran terhadap ketiadaan air (dapat mentoleransi >3 bulan kekeringan)	Low = false High = true	Y = -1 T = 0 Tt = 0	124	0	123
Intoleransi terhadap berbagai perubahan rezim banjir	S9: Apakah spesies ini tergantung pada rezim banjir spesifik untuk mempertahankan habitat?	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	229	1	19
Rentan terhadap peningkatan banjir	S10: Rentan terhadap peningkatan banjir	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	152	15	80
Toleran terhadap peningkatan banjir	S11: Kemungkinan dapat mentoleransi peningkatan banjir	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = -1 N and U = 0	0	6	241
Kerentanan terhadap badai	S12: Spesies intoleran terhadap berbagai kondisi yang terkait dengan badai, misalnya dampak angin kuat terhadap spesies kayu lunak	Rendah = salah Tinggi = Benar	N= 0, U = 0 Y= 1	202	7	38

Toleransi atau ambang batas lingkungan yang sempit yang cenderung terlampaui akibat perubahan iklim pada setiap tahap dalam siklus kehidupan

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
Kerentanan terhadap tanah longsor	S13: Spesies hanya tumbuh pada lereng yang miring, rentan terhadap longsor lumpur	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	245	0	2
Sensitivitas terhadap jenuh air (waterlogging)	S14: Spesies hanya tumbuh pada daerah-daerah datar dengan tanah yang drainasenya buruk, dan akarnya tidak berupa akar serabut atau tidak cepat tumbuh	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	0
Intoleran terhadap perubahan rezim api	S15: Spesies digambarkan rentan terhadap peningkatan frekuensi kebakaran	Rendah = salah Tinggi = Benar	N= 0 U = 0 Y= 1	41	200	6
Toleran terhadap perubahan rezim api	S16: Spesies rentan terhadap penurunan frekuensi kebakaran atau toleran terhadap api	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = -1 N and U = 0	238	9	0
Persyaratan kelembapan spesifik	S17: Spesies memiliki persyaratan kelembapan spesifik	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	0

Ketergantungan terhadap pemicu lingkungan spesifik yang kemungkinan terganggu oleh perubahan iklim

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
OA fluktuasi terkait osilasi	S18: Spesies dikenal mengalami berbagai fluktuasi populasi sebagai akibat dari osilasi Laut-Atmosfer	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	222	0	25
Hujan + kekeringan agar bisa menghasilkan bibit atau berkecambah	S19: Spesies membutuhkan suatu periode cuaca basah yang diikuti dengan kekeringan agar bisa menghasilkan bibit atau berkecambah	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	178	7	62
Kekeringan + hujan agar dapat berbunga dan berkecambah	S20: Spesies membutuhkan suatu periode kering yang diikuti dengan hujan agar bisa berbunga dan berkecambah	Suatu rezim pembungaan yang spesifik, namun tidak jelas bagaimana kaitannya dengan kerentanan terhadap perubahan iklim	Tidak termasuk	182	3	62
Penurunan dalam level air agar bisa berbunga atau berkecambah	S21: Spesies membutuhkan penurunan level air agar dapat berbunga atau berkecambah	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	217	0	30
Berbuah dalam jumlah besar pada waktu tertentu	S22: Spesies memiliki masa berbuah pada interval yang lebih dari satu tahun	Rendah = salah Tinggi = Benar	T= 0 Tt = 0 Y= 1	237	10	0
Dipicu temperatur	S23: Produksi bibit, perkecambahan, dan / atau pembungaan dipicu oleh perubahan temperatur	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	45	7	195

Interaksi interspesifik yang dapat terganggu oleh / muncul sebagai akibat dari perubahan iklim.

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
Berkurangnya interaksi positif dengan spesies-spesies lain	S24: Spesies membutuhkan habitatnya diinjak-injak oleh binatang-binatang besar agar sesuai untuk pertumbuhan	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	0
	S25: Spesies bersifat karnivora dan mengandalkan lima atau kurang spesies mangsa, atau itu merupakan spesialis pemberi makan nematoda	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	0
	S26: Spesies bersifat parasit dan mengandalkan hanya pada satu atau beberapa spesies lain agar dapat memperoleh zat gizinya	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	0
	S27: Spesies bersifat epifit dan mengandalkan hanya pada satu atau beberapa spesies inang	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	247	0	0
	S28: Spesies hanya menggantungkan pada satu atau beberapa spesies lain untuk penyerbukan	Rendah = salah Tinggi = Benar	T = 0 Tt = 0 Y = 1	169	40	38
	S29: Spesies hanya mengandalkan pada satu atau beberapa spesies lain untuk penyebaran bibit	Rendah = salah Tinggi = Benar	T = 0 Tt = 0 Y = 1	235	1	11
	S30: Spesies memiliki berbagai asosiasi mikoriza yang terspesialisasi	Rendah = salah Tinggi = Benar	T = 0 Tt = 0 Y = 1	41	9	197
Peningkatan interaksi negatif dengan spesies-spesies lain	S31: Spesies dapat mengalami peningkatan dalam satu atau lebih dari hal-hal berikut ini sebagai akibat dari perubahan iklim: Predasi, kompetisi, parasitisme, penyakit	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak termasuk	1	0	249

Kemampuan beradaptasi yang rendah

Kemampuan penyebaran yang buruk

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
Hambatan ekstrinsik terhadap penyebaran	A1: Hambatan ekstrinsik terhadap penyebaran	Tinggi = secara eksklusif hanya terdapat di puncak gunung, atau daerah di mana penyebaran terhambat oleh habitat yang tidak sesuai Rendah = hambatan tidak diketahui	Tidak digunakan	247	0	0
Kapasitas penyebaran intrinsik yang rendah	A2: Spesies menyebarkan bibitnya secara eksklusif dengan gravitasi (barochory)	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = 1 Tt dan T = 0	NA	8	NA
Kapasitas penyebaran intrinsik yang rendah	A3: Diperkirakan hanya menyebar <1 km per tahun	Rendah = salah Tinggi = Benar	T = 0 Tt = 0 Y = 1	195	27	25
Kapasitas penyebaran intrinsik yang tinggi	A4: Diperkirakan menyebar >1km per tahun	Rendah = salah Tinggi = Benar		NA	169	NA

Kemampuan berevolusi yang buruk

Kelompok Ciri	Ciri-ciri	Ambang batas	Skor	Tidak	Ya	Tidak tahu
Tingkat pengembangan ciri-ciri baru yang rendah	A5: Spesies tidak dapat bereproduksi secara seksual	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak digunakan	247	0	0
Tingkat pengembangan ciri-ciri baru yang rendah	A6: Spesies tidak bereproduksi sampai usia 10 tahun atau lebih	Rendah = salah Tinggi = Benar	T = 0 Tt = 0 Y = 1	174	19	54
Tingkat pengembangan ciri-ciri baru yang tinggi	A7: Spesies dapat bereproduksi dari umur 1 tahun	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = -1	174	19	54
Tingkat pengembangan ciri-ciri baru yang rendah	A8: Spesies menghasilkan 10 biji atau kurang per tahun	Rendah = salah Tinggi = Benar	T = 0 Tt = 0 Y = 1	245	2	0
Kesuburan yang tinggi	A9: Spesies menghasilkan 100 biji atau lebih per tahun	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = -1 Tt dan T = 0	NA	177	NA
Pionir	A10: Spesies pionir	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = -1 Tt dan T = 0	185	60	2
Hama/Tumbuhan budidaya/Ornamental	A11: Tersebar di luar asal usul daerah aslinya	Rendah = salah Tinggi = Benar	Y = -1 Tt = 0 T = 1	113	40	94
Keanekaragaman genetik yang rendah	A12: Spesies digambarkan memiliki keanekaragaman genetik yang rendah (misalnya karena hambatan historis yang sudah diketahui)	Rendah = salah Tinggi = Benar	Tidak digunakan	5	0	242
Endemik Kalimantan	Spesies yang hanya ada di Kalimantan. Penjelasan lebih lanjut lihat Lampiran 3.		Y = 1 Tt atau T = 0			

Lampiran 3: Daya jelajah

Untuk mendapatkan data tentang 'kisaran distribusi spesies fokus, Royal Botanical Gardens, Inggris, Kew, telah menyusun data distribusi berskala luas untuk sekitar 70% spesies yang terdaftar dalam Lampiran 1. Hal ini dilakukan dengan menggunakan data yang didapatkan dari Fasilitas Informasi Keanekaragaman Hayati Global (Global Biodiversity Information Facility) (www.gbif.org) serta koleksi spesimen Kew sendiri. Spesies yang paling tersebar luas menjadi basis dari peta-peta di bawah ini. Untuk spesies-spesies yang terdistribusi secara sempit, merupakan sebuah hasil sintesis dari data kasar 'tingkat provinsi' yang dikompilasi dari berbagai

flora regional lainnya (misalnya Flora Pepohonan Sabah dan Sarawak / The Tree Flora of Sabah and Sarawak (Soepadmo et al 2004)). Jangkauan rentang kisaran jelajah suatu spesies juga dapat digunakan sebagai ukuran sensitivitas (spesies dengan rentang kisaran yang kecil cenderung lebih rentan terhadap seperangkat efek perubahan iklim yang spesifik, misalnya memanasnya temperatur dan peningkatan hujan, sementara spesies-spesies dengan rentang kisaran yang luas mungkin mengalami berbagai perubahan iklim campuran), namun dibuat tetap terpisah karena hal ini bukan merupakan suatu ciri biologis.

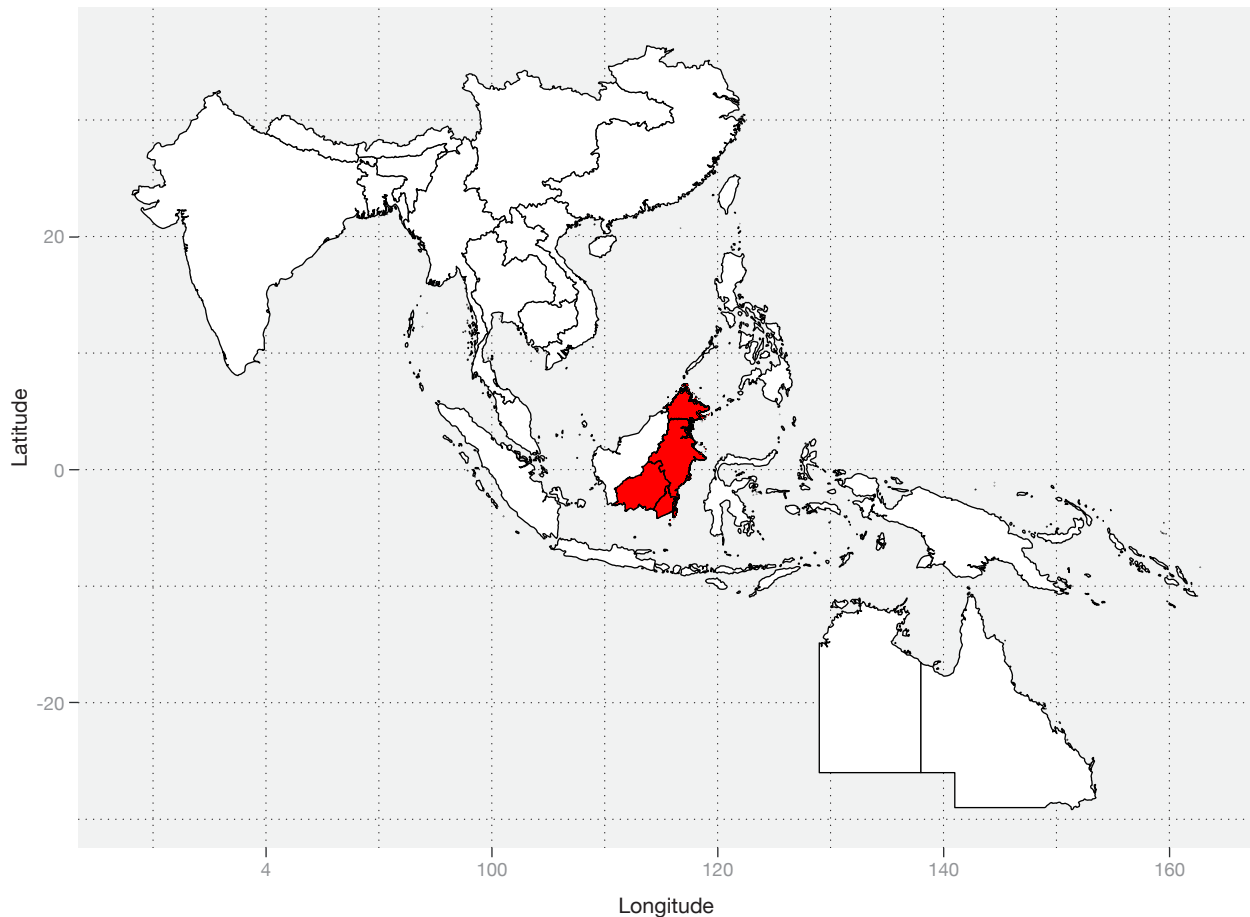


Figure A3.1 Sebuah contoh dari spesies yang diberi skor 1 untuk daya jelajahnya: spesies tersebut memiliki rentang kisaran yang kecil dan populasinya rentan terhadap perubahan iklim. Wilayah geografis yang dipelajari = permukaan lahan yang berwarna putih, sementara merah = hadirnya *Macaranga pearsonii* pada tingkat provinsi di Kalimantan.

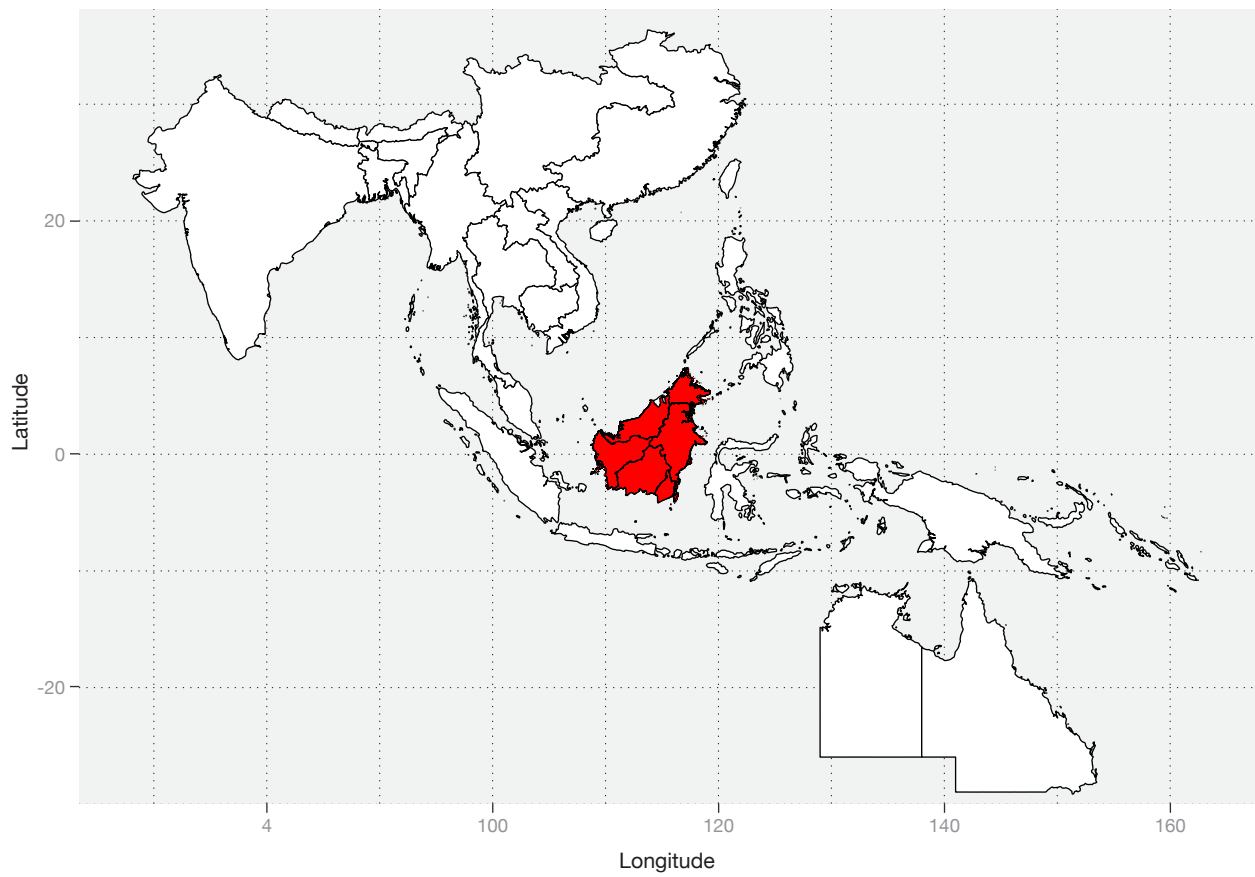


Figure A3.2 Sebuah contoh tentang spesies (*Alseodaphne elmeri*) yang diberi skor 1 untuk daya jelajah.

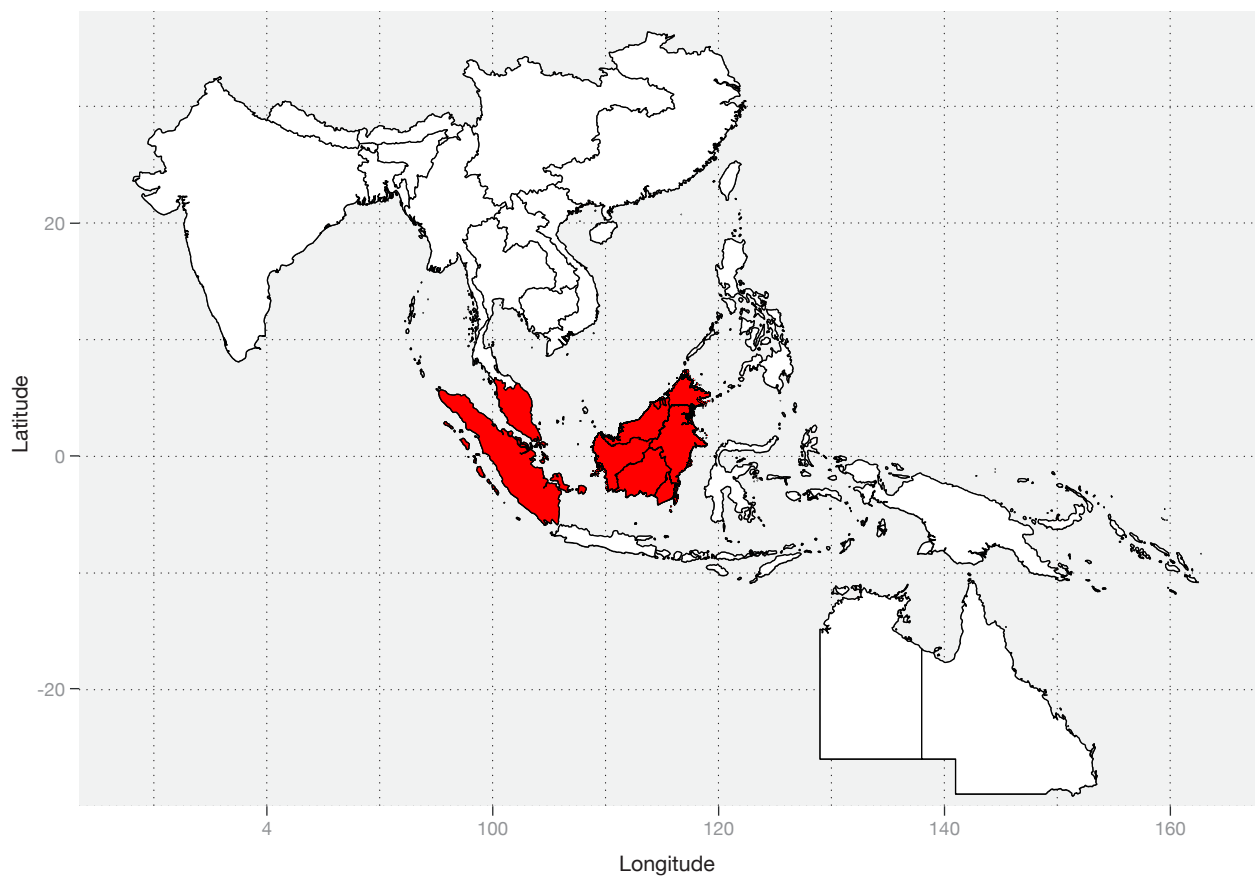


Figure A3.3 Sebuah contoh tentang spesies (*Anisophillea disticha*) yang diberi skor 0 untuk daya jelajahnya.



**INTERNATIONAL UNION
FOR CONSERVATION OF NATURE**

WORLD HEADQUARTERS
Rue Mauverney 28
1196 Gland, Switzerland
Tel: +41 22 999 0000
Fax: +41 22 999 0002

www.iucn.org

