Jurnal Manajemen Hutan Tropika Vol. IX No. 2 : 1-18 (2003) Artikel (Article)

KAJIAN TEKNIS PENGGUNAAN CITRA IKONOS DAN CASI DALAM RANGKA INVENTARISASI HUTAN: Studi kasus di Kebun Raya Bogor

Study on the use of IKONOS and CASI images for forest inventory: A case study in Bogor Botanical Garden[1]

I NENGAH SURATI JAYA[2]

ABSTRACT

This study examined the capability of high-resolution imageries for identifying tree species. The IKONOS and CASI (Compact Airborne Spectrographic Imager) data were examined to digitally identify 20 tree species and estimating stand density. The numerical taxonomy using nearest neighbor hierarchical classification method was applied to cluster the spectral reflectance of those species of interest. Although the panchromatic band of IKONOS and CASI have the same spatial resolution, the study shown that CASI provided better performance than IKONOS in discriminating 20 tree species of interest. The finer spectral and spatial resolution of CASI significantly improved the quantitative discrimination ability. Inversely, the IKONOS imagery was fail to digitally identify tree species. However, the study shows that both the IKONOS and CASI images are capable to be used to estimate the stand density. To get a better result of discriminating 20 species using CASI image, the number of bands hould be used more than eight bands. Otherwise, some "inseparable" class pairs could exist.

Keywords: CASI, IKONOS, Separabilitas, Klaster

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sejak memasuki era satelit pada awal tahun 1970-an, inventarisasi hutan berskala global dan nasional, telah banyak memanfaatkan kemajuan teknologi penginderaan jauh satelit. Kemajuan teknologi penginderaan jauh yang dibarengi dengan kemajuan teknologi perangkat keras, perangkat lunak, dan teknologi informasi telah merubah orientasi paradigma teknik inventarisasi hutan dari yang mula-mula berbasis pada data terestis menjadi yang berbasis pada data penginderaan jauh. Pada saat ini, pengguna, praktisi dan analis penginderaan jauh dibidang kehutanan telah dihadapkan pada suatu lompatan teknologi penginderaan jauh beresolusi tinggi yang cukup fantastis. Sejak kehadiran citra

---

[1] Sebagian dari tulisan ini telah dipresentasikan pada Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) XII dan Kongres III MAPIN, 29-30 Juli di Bandung

[2] Dosen senior dan peneliti pada Laboratorium Inventarisasi Sumberdaya Hutan, Fakultas Kehutanan IPB. Kampus IPB Darmaga, Bogor (e-mail: ins-jaya@cbn.net.id).

CASI (Compact Airborne Spectographic Imager) dan peluncuran satelit IKONOS milik SpaceImaging Inc tahun 1999 yang kemudian disusul oleh Quickbird milik perusahaan Earth Watch Inc. tahun Oktober 2001 dan CASI, telah terjadi perubahan penggunaan data penginderaan jauh dari skala regional atau nasional dengan tingkat kedetailan sedang menjadi skala lokal (daerah) dengan tingkat akuratan tinggi (Zhou and Li, 2000; dan Niemann, 1995). Pada saat ini kehadiran citra IKONOS dan CASI misalnya, telah telah menawarkan suatu persepektif yang unik terhadap pengelolaan sumberdaya alam dengan tingkat kedetailan yang tinggi. Banyak pemerintah daerah kabupaten dan atau perusahaan swasta nasional memanfaatkan citra IKONOS guna memetakan dan atau identifikasi kondisi sumberdaya alam yang ada di wilayahnya guna kepentingan pengelolaan.

Dalam inventarisasi hutan, pengguna pada umumnya selalu melihat tingkat kedetilan resolusi yang disediakan citra yang mencakup: (a) resolusi spasial, (b) resolusi spektral, (c) resolusi radiometrik dan (d) resolusi temporal. Pada suatu sensor, kemampuan resolusi spektral dan resolusi spasial adalah dua hal yang saling bertolak belakang (trade-off). Jika resolusi spektral semakin tinggi, kemampuan resolusi spasialnya biasanya menurun, demikian pula sebaliknya (Jaya, 2002). Resolusi spasial sekaligus resolusi spektral yang tinggi meningkatkan kemungkinan pemanfaatan data citra beresolusi tinggi untuk kegiatan-kegiatan praktis kehutanan.

Banyak pertanyaan yang timbul dari para praktisi, manajer maupun ilmuwan kehutanan terhadap kemampuan dari citra dijital beresolusi tinggi ini. Atas dasar hal tersebut, penulis mencoba melakukan studi perbandingan citra CASI dan IKONOS dalam bidang inventarisasi hutan khususnya untuk midentifikasi jenis pohon. CASI adalah citra dijital dengan wahana pesawat yang mempunyai keunggulan spasial, sekaligus spektral yang tinggi yang tidak dimiliki oleh IKONOS. Pada penelitian Jaya (2002), CASI cukup handal untuk digunakan untuk klasifikasi 20 jenis pohon dengan nilai separabilitas yang cukup tinggi.

Tujuan penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari Jaya (2002) dalam rangka identifikasi jenis pohon menggunakan citra CASI. Adapun tujuan utama dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan masing-masing citra IKONOS dan citra CASI dalam (a) mengidentifikasi beberapa jenis pohon terpilih, (b) tegakan pendugaan kerapatan tegakan dan (c) luas bidang dasar.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu penelitian

Atas pertimbangan ketersediaan informasi jenis vegetasi yang lengkap serta ketersediaan data citra, penelitian ini dilakukan di Kebun Raya Bogor yang secara geografis terletak antara 106^{o}47'37.01" BT dan 106^{o}48'17.01" BT serta 6^{o}35'33,38" LS dan 6^{o}36'15,66" LS. Luas Kebun Raya yang dibangun oleh Prof. Dr. C.G.C. Reinwardt pada tahun 1817 adalah sekitar 87 Ha. Di Kebun Raya Bogor ini diperkirakan terdapat 3548 spesies flora dari 1301 marga (genus) yang berasal dari berbagai daerah di Indonesia.

Penelitian ini dilakukan selama kurang lebih 3 bulan, mulai dari bulan Maret 2003 sampai dengan Juni 2003. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Inventarisasi Sumberdaya Hutan Fakultas Kehutanan IPB.

Citra IKONOS

Satelit ini merupakan satelit sipil pertama yang menggunakan sensor dengan resolusi spasial tinggi, yaitu: 1-m panchromatik (PAN) dan 4-m multispektral (XS), serta mengorbit pada ketinggian 681 km. Selain itu, kemampuannya melakukan perekaman secara off-nadir sampai dengan 60^o di segala azimuth menyebabkan kemampuan perekaman ulang (revisit) antara 2 sampai dengan 3 hari, dan juga mampu menyediakan citra stereo dari posisi "in-track". Karakteristik dari IKONOS yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Waktu perekaman: Januari 2003.
- Resolui radiometrik: 11 bit per piksel
- Resolusi spasial: 1 m pankromatik dan 4 m multispektral (XS). Untuk kepentingan penelitian ini, saluran XS kemudian di-resampling kembali menjadi resolusi 1 m;
- Prapengolahan citra dari vendor: Standard Geometrically Corrected (GEO)
- Proyeksi peta: UTM zone 48 M, WGS-84.

Tabel 1. Karakteristik band IKONOS

Band	Panjang gelombang	Resolusi spasial	Deskripsi
1	0,45 μm ~ 0,53 μm	4 m	Biru
2	0,52 μm ~ 0,61 μm	4 m	Hijau
3	0,64 μm ~ 0,70 μm	4 m	Merah
4	0,77 μm ~ 0,88 μm	4 m	Inframerah dekat
Pan	0,49 μm ~ 0,90 μm	1 m	Hijau - inframerah dekat

Citra CASI

Pada penelitian ini data CASI yang digunakan adalah data mode spasial rekaman 29 Januari tahun 1998 yang dilakukan oleh PT Comserve Indonsia. Karakteristik data CASI yang digunakan adalah (a) format file BIP (band interleaved by pixel), (b) 16 bits per pixel (c) resolusi spasial 1 m x 1m, (d) lebar masing-masing band berkisar antara 10,6 nm – 12,20 nm dan (e) terdiri dari 12 band. Data yang digunakan adalah data mosaik yang dibuat oleh PT Comserve Indonesia menggunakan Peta Rupa Bumi Dijital skala 1:25000 dengan datum DGN-95 dan sistem proyeksi UTM (Zone 48M, WGS-84). Karakteristik dari masing-masing band dari citra CASI yang digunakan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Krakteristik Data CASI mode spasial yang digunakan pada studi ini.

Band	Panjang gelombang (nm)	Deskripsi
1	439,6 ~ 451,8 nm	Biru
2	496,8 ~ 509,2 nm	Biru/hijau
3	526,7 ~ 539,1 nm	Hijau
4	566,0 ~ 576,6 nm	Hijau
5	596,2 ~ 608,6 nm	Hijau/merah
6	645,4 ~ 657,8 nm	Merah
7	668,0 ~ 680,6 nm	Merah
8	704,2 ~ 716,8 nm	Inframerah dekat
9	734,7 ~ 747,3 nm	Inframerah dekat
10	769,1 ~ 781,7 nm	Inframerah dekat
11	794,0 ~ 806,6 nm	Inframerah dekat
12	838,0 ~ 850,6 nm	Inframerah dekat

Perangkat yang digunakan

Perangkat lunak ER Mapper digunakan hanya pada tahap penampilan dan pengambilan data training area untuk setiap jenis pohon contoh. Sedangkan JAYA-SYSTEM yang dirancang dan di-code menggunakan bahasa pemrograman QuickC lebih banyak digunakan melakukan analisis-analisis utama, seperti analisis klaster, separabilitas, diskriminan dan analisis akurasi. Perangkat kerasnya adalah satu set komputer desktop.

Metode

Persiapan

Persiapan penelitian mencakup pengumpulan data penunjang yaitu peta sebaran jenis dan famili, termasuk penelusuran jenis-jenis yang dijadikan sampel pengamatan.

Registrasi

Untuk memudahkan penelusuran jenis pohon yang terdapat pada kedua jenis citra serta untuk memudahkan melakukan klasifikasi, maka dilakukan registrasi dari citra-ke-citra (image-to-image registration). Pada penelitian ini citra CASI digunakan sebagai citra referensi (master image) sementara citra IKONOS sebagai slave image. RMSE yang dihasilkan tidak lebih dari 1 pixel.

Kategori/kelas

Kategori yang dibuat pada citra IKONOS maupun CASI sedapat mungkin sama. Pada studi ini satu jenis pohon dianggap sebagai satu kategori atau satu kelas. Atas pertimbangan hasil penelitian Jaya (2002), pada penelitian ini diteliti sebanyak 20 jenis pohon dari 12 famili untuk masing-masing citra. Namun karena citra direkam dengan perbedaan waktu lima tahun, hanya 18 jenis pohon yang sama ditemukan baik pada citra CASI maupun IKONOS. Pemilihan jenis pohon terpilih dilakukan atas pertimbangan kenampakannya yang jelas pada citra, mudah diamati di lapangan dan sekaligus untuk menghindari adanya kesalahan penempatan training area. Selanjutnya untuk setiap jenis pohon diambil sejumlah pixel yang digunakan untuk analisis statistik seperti analisis klaster, separabilitas, diskriminan dan akurasi. Adapun jenis-jenis yang diteliti disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Jenis-jenis pohon yang diteliti.

No.	Jenis	Famili	Nama perdagangan	CASI	IKONOS
1	Alstonia angustiloba	Apocynaceae	Pulai	3	3
2	Alstonia scholaris	Apocynaceae	Pulai	3	3
3	Araucaria columaris	Araucariaceae	Araukaria	3	3
4	Agathis damara	Araucariaceae	Damar	3	3
5	Albizia falcataria	Fabaceae	Jeunjing	3	3
6	Caesalpinia coraria	Fabaceae	-	3	3
7	Cananga odorata	Annonaceae	Kenanga	3	3
8	Cryptocarya ferrea	Lauraceae	-	3	3
9	Cryptocarya nitens	Lauraceae	-	-	3
10	Dalbergia latifolia	Fabaceae	Sonokeling	3	-
11	Dracontomelon dao	Anacardiaceae	Dahu	3	3
12	Diospyros discolor	Ebenaceae	Kayu hitam/ebony	3	-
13	Dyera costulata	Apocinaceae	-	-	3
14	Eusideroxylon zwageri	Lauraceae	Kayu besi/ulin	3	3
15	Dipterocarpus gracilis	Dipterocarpaceae	Keruing	3	3
16	Palaquium rionse	Sapotaceae	Nyatoh	3	3
17	Pinus merkusii	Pinaceae	Pinus	3	3
18	Pometia pinata	Sapindaceae	Matoa	3	3
19	Pterocarpus indicus	Fabaceae	Sonokembang	3	3
20	Shorea leprosula	Dipterocarpaceae	Meranti merah	3	3
21	Shorea sumatrana	Dipterocarpaceae	Damar laut/Balau	3	3
22	Dipterocarpus gracilis	Dipterocarpaceae	Keruing	3	3

Pengecekan Lapangan

Pengecekan di lapangan mencakup identifikasi jenis serta pemetaan lokasi pohon menggunakan GPS Garmin III plus.

Analisis Klaster

Analisis klaster digunakan untuk menemukan pola keteraturan pengelompokkan jenis berdasarkan nilai reflektansinya (numerical taxonomy) dan untuk mengetahui apakah spesies dari famili yang sama akan memberikan derajat kemiripan (degree of similarity) reflektansi yang tinggi atau tidak. Pada analisis ini, derajat kemiripan jenis dihitung menggunakan Jarak Euclidean Terstandardisasi (Standardized Euclidean Distance). Selanjutnya, dendrogram digambarkan menggunakan metode nearest neighbour hierarchical classification (single linkage method).

Analisis Separabilitas

Untuk mengetahui apakah suatu jenis pohon dapat teridentifikasi secara statistik sekaligus untuk mengetahui kombinasi band yang baik, maka dilakukan analisis separabilitas. Ukuran separabilitas yang digunakan adalah Transformed Divergence (TD) menggunakan kriteria yang diadopsi dari Jaya dan Kobayashi (1995) and Jensen (1986).

Analisis diskriminan

Fungsi diskriminan dibentuk berdasarkan nilai kecerahan yang diambil dari sejumlah pixel yang mewakili setiap jenis yang diteliti. Pada penelitian ini tidak ada informasi tentang prior probability $p(\omega_i)$ pada masing-masing jenis pohon, sehingga diasumsikan bahwa peluang untuk menemukan ke 20 jenis tersebut adalah sama.

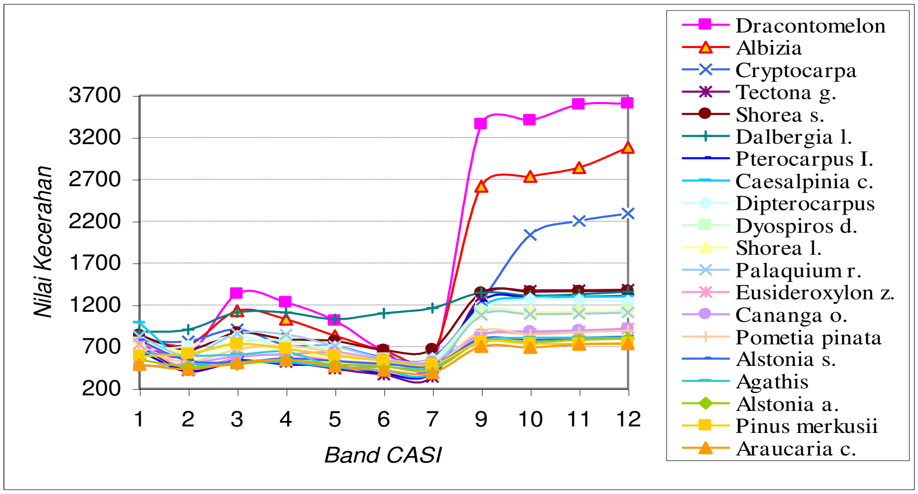
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelompokkan Jenis Berdasarkan Nilai kecerahan citra IKONOS dan CASI

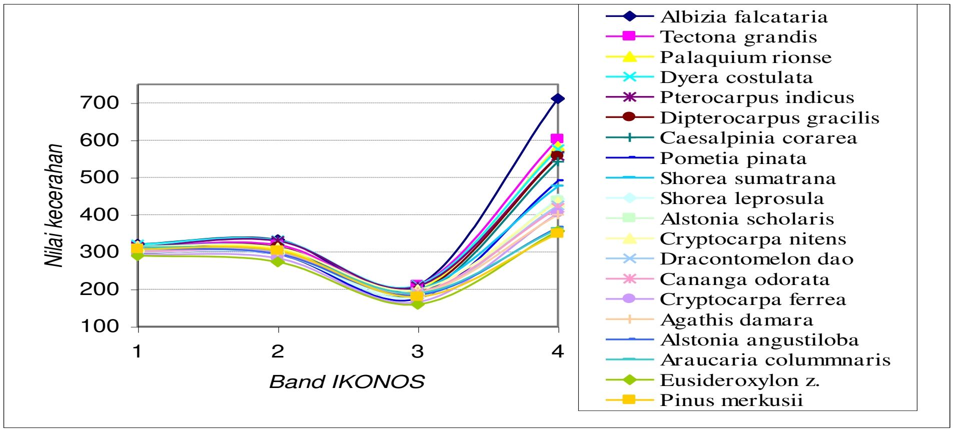
Berdasarkan evaluasi grafis terhadap nilai kecerahan data IKONOS dan CASI dari 20 jenis pohon yang diuji menunjukkan adanya kesamaan pola reflektansi spektral, dimana reflektansi tampak rendah pada band biru kemudian sedikit naik pada band hijau, selanjutnya menurun pada band merah dan kembali meningkat tajam pada band inframerah dekat (near infrared) (Lihat Gambar 1 dan 2) (catatan: pada studi ini, band 8 data CASI tidak digunakan karena adanya masalah teknis). Besaran yang umumnya mencirikan masing-masing spesies adalah elevasi dari masing-masing reflektansi pada setiap band. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1 dan 2, variasi perbedaan rata-rata nilai kecerahan (brightness value) antar jenis yang relatif tinggi terjadi pada daerah band inframerah dekat. Ini mengindikasikan bahwa band inframerah dekat akan memegang peranan yang sangat penting dalam identifikasi jenis pohon.

Secara visual variasi nilai kecerahan vegetasi pada citra IKONOS relatif kecil jika dibandingkan dengan yang diberikan oleh citra CASI. Hal ini disebabkan karena perbedaan resolusi radiometrik dari citra, dimana resolusi radiometrik IKONOS hanya 11 bit per pixel (rentang DN berkisar antara 0 sampai dengan 2047) sementara CASI 16 bit (rentang DN dari 0 sampai dengan 65536). Disamping itu, resolusi spasial IKONOS multiband adalah 4 m, sementara CASI 1 m. Resolusi spasial yang hanya 4 m hanya cocok untuk mendeteksi pohon-pohon yang minimal berdiameter tajuk 12 m. Pada mode spasial, CASI mempunyai resolusi spektral yang cukup tinggi yaitu 18 band untuk kisaran band sinar tampak dan inframerah dekat, sementara IKONOS hanya 4 band. Pada Gambar 3 disajikan kenampakan warna komposit menggunakan CASI dan IKONOS. Citra komposit CASI disajikan dengan warna komposit band 9-10-1 dan sementara IKONOS dengan kombinasi band 3-4-2. Pada warna komposit CASI, penampakan jenis pohon menjadi cukup unik. Kenampakan warna vegetasi yang dihasilkan menggunakan IKONOS tampak lebih monoton dengan kisaran warna dari hijau gelap sampai dengan hijau terang. Secara spektral, interptretasi visual menggunakan IKONOS untuk identifikasi jenis pohon relatif cukup sulit untuk dilakukan. Resolusi spasial IKONOS multiband yang 4 m menyebabkan variasi warna individu-individu pohon yang dapat direkam oleh sensor IKONOS menjadi lebih rendah sehingga kemampuan citra untuk tujuan interpretasi visual menjadi kurang memadai.

Dari 20 jenis pohon yang diamati ditemukan adanya pengelompokkan pada CASI, khususnya pada band inframerah dekat, yaitu (a) kelompok jenis reflektansi tinggi, (b) kelompok reflektansi sedang dan (c) kelompok reflektansi rendah dengan kisaran nilai kecerahan sebagaimana disajikan pada Tabel 4. Secara grafis pengelompokkan ini juga dapat dilihat pada Gambar 1. Jenis-jenis pohon dari famili Apocynaceae, Araucariaceae, Annonaceae, Sapindaceae dan Pinaceae termasuk pada kelompok reflektansi rendah, sedangkan famili Dipterocarpaceae, Sapotaceae dan Verbenaceae termasuk pada kelompok reflektansi sedang. Jenis-jenis famili Lauraceae termasuk kelompok reflektansi rendah dan tinggi, sedangkan Fabaceae termasuk kelompok sedang dan tinggi. Dari pengelompokkan ini dapat disimpulkan bahwa jenis-jenis dari suatu famili tertentu dapat mempunyai reflektansi yang sangat beragam dari yang rendah sampai dengan yang tinggi misalnya jenis Eusideroxylon zwageri (famili Lauraceae) mempunyai reflektansi inframerah yang rendah, sementara jenis Cryptocarya ferrea dari famili yang sama (Lauraceae) mempunyai reflektansi inframerah dekat yang tinggi. Demikian pula jenis-jenis dari famili Fabaceae, dimana jenis Albizia falcataria mempunyai reflektansi inframerah dekat yang tinggi, sedangkan Pterocarpus indicus, Dalbergia latifolia dan Caesalpinia coraria mempunyai reflektansi inframerah dekat yang sedang.



Gambar 1. Kurva nilai kecerahan 20 jenis pohon pada citra CASI



Gambar 2. Kurva nilai kecerahan 30 jenis pohon pada citra IKONOS

Pola pengelompokkan yang relatif sama juga ditemukan pada citra IKONOS, khususnya pada band 4 (daerah inframerah dekat). Kelompok dengan urutan nilai kecerahan inframerah tertinggi sampai rendah juga disajikan pada Tabel 5.

Pada citra IKONOS jenis Albizia falcataria secara konsisten termasuk pada kelompok dengan reflektansi tinggi. Demikian juga jenis Tectona grandis, Palaquium rionse, Pterocarpus indicus, Dipterocarpus gracilis, Caesapinia corarea dan Shorea sumatrana termasuk kelompok dengan reflektansi pada band inframerah dekat relatif sedang. Jenis yang tidak konsisten dalam pengelompokkan reflektansi ini adalah Cryptocarya ferrea dan Dracontomelon dao, dimana pada citra CASI mempunyai reflektansi tinggi sementara pada citra IKONOS mempunyai reflektansi rendah. Secara umum diketahui bahwa relatifitas nilai kecerahan masing-masing jenis terhadap jenis lainnya pada citra CASI dan citra IKONOS relatif sama.

Gambar 3.

Tabel 4. Pengelompokkan jenis pohon berdasarkan nilai kecerahan pada daerah inframerah dekat citra CASI dan IKONOS.

Jenis	Band CASI											Famili
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	
Reflektansi tinggi												
Dracontomelon d.	727	602	1332	1229	1011	649	477	3355	3403	3591	3603	Anacardiaceae
Albizia f.	806	727	1131	1028	831	657	592	2616	2734	2841	3080	Fabaceae
Cryptocarya f.	774	765	908	720	706	575	572	1245	2035	2201	2293	Lauraceae
Reflektansi sedang												
Tectona g.	703	417	521	520	438	366	339	1301	1369	1377	1381	Verbenaceae
Shorea s.	842	668	867	791	769	662	670	1345	1358	1363	1367	Dipterocarpaceae
Dalbergia l.	878	907	1111	1111	1028	1099	1161	1344	1311	1325	1358	Fabaceae
Pterocarpus i.	653	404	538	487	475	382	388	1244	1293	1299	1307	Fabaceae
Caesalpinia c.	987	520	513	516	453	418	392	1175	1288	1299	1299	Fabaceae
Dipterocarpus g.	658	708	825	693	697	560	559	1150	1271	1261	1242	Dipterocarpaceae
Diospyros d.	746	630	756	773	650	556	521	1120	1107	1117	1130	Ebenaceae
Shorea l.	758	638	706	663	552	509	486	1095	1113	1121	1122	Dipterocarpaceae
Palaquium r.	826	595	859	848	710	558	477	1079	1087	1095	1111	Sapotaceae
Reflektansi rendah												
Eusideroxylon z.	732	440	572	610	531	471	425	837	855	885	921	Lauraceae
Cananga o.	463	500	587	609	637	546	520	847	884	897	919	Annonaceae
Pometia p.	654	522	670	715	630	526	461	889	846	874	894	Sapindaceae
Alstonia s.	777	533	520	561	531	498	479	798	783	806	823	Apocynaceae
Agathis d.	631	592	605	638	467	461	456	770	808	810	808	Araucariaceae
Alstonia a.	546	464	491	539	491	465	432	762	754	783	798	Apocynaceae
Pinus m.	587	615	734	676	592	533	488	757	740	734	741	Pinaceae
Araucaria c.	492	431	508	544	470	420	390	704	691	728	735	Araucariaceae