SEPARABILITAS SPEKTRAL BEBERAPA JENIS POHON MENGGUNAKAN CITRA COMPACT AIRBORNE SPECTOGRAPH IMAGER (CASI): Studi Kasus di Kebun Raya Bogor

Spectral Separability of several tree species using Compact Airborne Spectograph Imager (CASI): A case study in Bogor Botanical Garden

I NENGAH SURATI JAYA[1]

ABSTRACT

CASI (Compact Airborne Spectrometer Imager) data was examined to classify 20 tree species. The numerical taxonomy using nearest neighbor hierarchical classification method was applied to cluster the spectral reflectance of those species of interest. The study shows promising results expressing the ability of CASI image to discriminate 20 tree species. To get a better result of discriminating 20 species, the number of bands used should be more than eight bands. Using combination of less than eight bands caused some class pairs "inseparable". From the cluster analysis, the study also found that there is no relationship between botanical taxonomy of the species and their spectral reflectance. The tree species that belong to the same genus or family could not have similar spectral reflectance.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Sampai saat ini, foto udara merupakan penginderaan jauh yang dianggap mampu memberikan informasi yang lebih detail dibandingkan dengan menggunakan citra satelit, meskipun telah juga tersedia citra satelit yang mampu memberikan data yang mempunyai resolusi spasial yang tinggi (misalnya IKONOS dan IRS Pan). Penggunaan citra dengan tingkat resolusi spasial dan spektral yang dimiliki memberikan hasil yang cukup bervariasi serta menunjukkan bahwa penggunaannya tidak dapat dilakukan untuk semua kegiatan inventarisasi sumberdaya hutan.

Untuk mencapai tujuan yang diharapkan dalam penggunaan data remote sensing, 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

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

adalah dua hal yang saling bertolak belakang *(trade-off)*. Jika resolusi spektral semakin tinggi, kemampuan resolusi spasialnya biasanya menurun, demikian pula sebaliknya.

Sejak peluncuran Landsat 1 pada tahun 1972, yang dimulai dengan sensor MSS yang mempunyai resolusi spasial hanya 80 m x 80 m dan resolusi spektral hanya 4 band, teknologi sensor penginderaan jauh telah berkembang demikian pesat. Pada saat ini generasi terbaru sensor komersial beresolusi spasial tinggi telah memasuki era baru seperti EarlyBird (resolusi 3 m), dan QuickBird (1 m/4 m), milik perusahaan Earth Watch Inc.; OrbView (1 m/2 m) milik Orbital Science Corporation dan IKONOS (0.82 m) milik SpaceImaging Inc (Zhou and Li, 2000). Hanya saja kemampuan spasial yang tinggi belum diimbangi dengan resolusi spektral yang tinggi.

Sejalan dengan perkembangan tersebut, teknologi sensor dengan wahana pesawat juga berkembang pesat, diantaranya adalah data multispektral dan hiperspektral. Data yang diperoleh mempunyai keunggulan spasial, sekaligus spektral yang tinggi yang tidak dapat diperoleh dari data foto udara. Keunggulan lain dari data ini adalah tersedianya data dalam bentuk dijital, sehingga mampu dianalisis secara dijital (kuantitatif) sehingga mampu memberikan variasi data maksimal (reflektansi pada masing-masing band) yang tidak dapat dilakukan oleh mata manusia secara visual. Sensor yang mempunyai karakteristik tersebut diantaranya adalah *Compact Airborne Spectrographic Imager (CASI)* dan *Advanced Visible/Infrared Imaging Spectrometer* (AVIRIS).

Kemampuan spasial sekaligus spektral yang tinggi meningkatkan kemungkinan pemanfaatan data CASI untuk kegiatan-kegiatan praktis kehutanan. Penelitian Niemann (1995) menunjukkan bahwa CASI dapat digunakan untuk mengelompokkan tegakan hutan menjadi 3 kelompok kelas umur. Sementara penelitian Gong *et al.* (1995) menguji kemampuan CASI untuk mengestimasi LAI (*leaf area index*) dari tegakan pinus. Dijelaskan bahwa untuk estimasi LAI, CASI yang direkam dengan mode spasial dan spektral memberikan akurasi yang relatif sama.

Tujuan utama dari studi adalah untuk mengetahui kemampuan citra CASI dalam mengenali dan memisahkan (diskriminasi) 20 jenis pohon terpilih. Tujuan tambahan yang ingin dicapai adalah untuk mengetahui pola atau struktur pengelompokkan jenis berdasarkan nilai reflektansi spektralnya.

METODE PENELITIAN

Lokasi dan Waktu penelitian

Penelitian dilakukan di Kebun Raya Bogor yang terletak di dalam kota Bogor dengan koordinat geografis yang berkisar antara 106°47'37.01" BT dan 106°48'17.01" BT serta 6°35'33,38" LS dan 6°36'15,66" LS. Luas Kebun Raya yang dibangun oleh Prof. Dr. C.G.C. Reinwardt pada tahun 1817 adalah sekitar 87 Ha. Pada 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 6 bulan, mulai dari bulan Juni 2002 sampai dengan Desember 2002. Pengolahan data dilakukan di Laboratorium Inventarisasi Sumberdaya Hutan Fakultas Kehutanan IPB.

Data Citra CASI

CASI adalah spektrometer perekam citra yang relatif portabel dan mudah digunakan untuk skala laboratorium dan atau dapat dipasang pada pesawat terbang berukuran kecil. Ketinggian terbang biasanya berkisar antara 900 m sampai dengan 1800 m (Gong *et al.*, 1995). Oleh karena keterbatasan kecepatan perekaman, sensor CASI dapat dioperasikan dengan 2 *mode* yaitu mode spasial dan mode spektral. Pada mode spasial, masing-masing baris mempunyai 512 pixel dan bisa sampai dengan 18 band. Pada mode spasial ini, lebar band, jumlah dan resolusi spasial lapangan bisa diatur *(programable)*. Sedangkan pada mode spektral, CASI dapat membuat 288 band dari panjang gelombang 417 nm sampai dengan 927 nm. Dengan rata-rata lebar band sekitar 1,76 nm. Pada mode ini, masing-masing baris hanya mempunyai 39 pixel, sehingga wilayah cakupannya hanya berupa strip memanjang sepanjang jalur terbang pesawat.

Data yang digunakan pada studi ini adalah data CASI 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) jumlah bit per pixel 16 bits, (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 mosaik yang dibuat oleh PT Comserve Indonesia menggunakan Peta Rupa Bumi Dijital skala 1:25000 dengan datum DGN-95 dan sistem proyeksi UTM. Karakteristik dari masing-masing band dari citra CASI yang digunakan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Krakteristik Data CASI mode spasial yang digunakan pada studi ini.

No Band	Nilai tengah (nm)	lebar band (nm)	Batas min (nm)	Batas max (nm)	*Deskripsi*
1	445,7	12,2	439,6	451,8	*Biru*
2	503,0	12,4	496,8	509,2	*Biru/hijau*
3	532,9	12,4	526,7	539,1	*Hijau*
4	571,3	10,6	566,0	576,6	*Hijau*
5	602,4	12,4	596,2	608,6	*Hijau/merah*
6	651,6	12,4	645,4	657,8	*Merah*
7	674,3	12,6	668,0	680,6	*Merah*
8	710,5	12,6	704,2	716,8	*Inframerah dekat*
9	741,0	12,6	734,7	747,3	*sda*
10	775,4	12,6	769,1	781,7	*sda*
11	800,3	12,6	794,0	806,6	*sda*
12	844,3	12,6	838,0	850,6	*sda*

Perangkat lunak dan perangkat keras.

Perangkat lunak yang digunakan mencakup ER Mapper Ver 6.1. dan JAYA-SYSTEM Ver 3.0. ER Mapper digunakan hanya pada tahap display 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 pribadi.

Metode

Persiapan

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

Kategori/kelas

Pada studi ini yang dianggap sebagai satu kategori atau satu kelas adalah satu jenis pohon. Atas pertimbangan kemampuan citra resolusi spektral tinggi yang sudah ada sebelumnya, pada studi ini diteliti sebanyak 20 jenis pohon dari 12 famili. Pemilihan jenis terpilih semata-mata atas pertimbangan kenampakannya yang jelas tampak pada citra serta mudah diamati di lapangan. Pertimbangan ini dilakukan semata-mata untuk menghindari adanya kesalahan penempatan *training area*. Selanjutnya untuk setiap jenis pohon diambil sebanyak 24 pixel yang digunakan untuk analisis selanjutnya (analisis klaster, separabilitas, diskriminan dan akurasi). Adapun jenis-jenis yang diteliti disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis-jenis pohon yang diteliti.

No.	Jenis	Famili	Nama perdagangan
1	*Alstonia angustioeba*	Apocynaceae	Pulai
2	*Alstonia scholaris*	Apocynaceae	Pulai
3	*Araucaria columaris*	Araucariaceae	Araukaria
4	*Agathis damara*	Araucariaceae	Damar
5	*Albizia falcataria*	Fabaceae	Jeunjing
6	*Caesalpinia coraria*	Fabaceae	-
7	*Pterocarpus indicus*	Fabaceae	Sonokembang
8	*Cananga odorata*	Annonaceae	Kenanga
9	*Cryptocarpa ferrea*	Lauraceae	-
10	*Eusideroxylon zwageri*	Lauraceae	Kayu besi/ulin
11	*Dalbergia latifolia*	Fabaceae	Sonokeling
12	*Dracontomelon dao*	Anacardiaceae	Dahu

Tabel 2. Lanjutan

No.	Jenis	Famili	Nama perdagangan
13	*Diospyros discolor*	Ebenaceae	Kayu hitam/ebony
14	*Palaquium rionse*	Sapotaceae	Nyatoh
15	*Pinus merkusii*	Pinaceae	Pinus
16	*Pometia pinata*	Sapindaceae	Matoa
17	*Shorea leprosula*	Dipterocarpaceae	Meranti merah
18	*Shorea sumatrana*	Dipterocarpaceae	Damar laut/Balau
19	*Dipterocarpus gracilis*	Dipterocarpaceae	Keruing
20	*Tectona grandis*	Verbenaceae	Jati

Pengecekan Lapangan

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

Analisis Klaster

Untuk mengetahui pola pengelompokkan jenis berdasarkan nilai reflektansi spektralnya, maka dilakukan analisis klaster *(cluster analysis)* yang bertujuan untuk mengetahui keteraturan dalam konteks reflektansi spektral dari beberapa jenis pohon. Analisis klaster ini diharapkan dapat memberikan gambaran tentang skema klasifikasi reflektansi spektral (*numerical taxonomy*) dari jenis-jenis pohon yang dijadikan sebagai contoh pengamatan. Selanjutnya hasil analisis diharapkan dapat memberikan gambaran apakah spesies dari famili yang sama akan memberikan derajat kemiripan (*degree of similarity*) reflektansi yang tinggi atau tidak. Pada analisis ini, jarak antar spesies dihitung menggunakan Jarak Euclidean *(Euclidean Distance),* Jarak Euclidean Terstandardisasi (*Standardized Euclidean Distance*) dan Jarak Mahalanobis (*Mahalanobis Distance*). Penggunaan ketiga ukuran jarak spektral tersebut semata-mata untuk mencapai hasil analisis yang lebih lengkap dalam rangka menentukan struktur skema klasifikasi spektral dari jenis yang diamati. Selanjutnya, dendrogram digambarkan menggunakan metode *nearest neighbour hierarchical classification (single linkage method)* dimana jarak antar klaster berdasarkan jarak terdekat dari anggota klaster. Jarak antar klaster t dengan gabungan klaster r yang anggotanya terdiri dari klaster p dan q dapat dinyatakan dengan rumus (1).

$$d_{tr} = min\ (d_{pr}, d_{qr}) \qquad \text{.......(1)}$$

Analisis Separabilitas

Pemilihan band-band yang cocok untuk klasifikasi sangat tergantung pada kelas-kelas yang ingin dideteksi. Sebagaimana sifat-sifat reflektansi spektra, kandungan khlorofil sangat mempengaruhi reflektansi dari band-band visible (red, green dan blue). Dengan bertambahnya umur tegakan, reflektansi umumnya dipengaruhi oleh kuantitas biomasa.

Untuk mengetahui apakah suatu jenis pohon dapat teridentifikasi atau terdiskriminasi secara statistik sekaligus untuk mengetahui kombinasi band yang baik, maka dilakukan analisis separabilitas. Ukuran separabilitas yang digunakan adalah *Transformed Divergence* (TD) yang dinyatakan dengan rumus (2).

$$TD_{ij} = 2000 \left(1 - e^{-D_{ij}/8}\right) \qquad \ldots\ldots (2)$$

$$D_{ij} = 1/2\, Tr\{(C_i - C_j)(C_j^{-1} - C_i^{-1})\} + 1/2\, Tr\{(C_i^{-1} + C_j^{-1})(m_i - m_j)(m_i - m_j)^t\} \quad \ldots.(3)$$

dimana,

TD_{ij} = nilai *Transformed Divergence* antar kelas i dan j;
D_{ij}= *Divergence* antar kelas i dengan kelas j;
C_i dan C_j = matrik ragam-peragam dari kelas i dan kelas j;
C_i^{-1} dan C_j^{-1}= matrik kebalikan ragam-peragam dari kelas i dan kelas j;
m_i *dan* m_j = vektor rata dari kelas i dan kelas j;
t = transpose; dan Tr = teras dari matrik.

Kriteria separabilitas yang digunakan pada studi ini mengacu kriteria yang telah digunakan oleh Jaya dan Kobayashi (1995) and Jensen (1986) sebagai berikut:

Nilai separabilitas	*Deskripsi*
2000	Sangat baik (*Excellent*)
1900 -<2000	Baik *(Good)*
1800-<1900	Cukup *(Fair)*
1600-<1800	Kurang *(poor)*
<1600	Tidak terpisahkan *(Inseparable)*

Analisis diskriminan

Analisis diskriminan yang digunakan pada studi ini adalah metode yang umum digunakan untuk klasifikasi data penginderaan jauh. Fungsi diskriminan dari peluang maksimum dinyatakan berdasarkan asumsi distribusi normal. Oleh karena pada penelitian ini tidak ada informasi tentang *prior probability* pada masing-masing jenis pohon $p(\omega_i)$, maka diasumsikan bahwa peluang untuk menemukan ke 20 jenis tersebut adalah sama sehingga fungsi diskriminannya dapat disederhanakan. Analisis ini dilakukan berdasarkan suatu asumsi bahwa *training area* yang diambil menyebar mengikuti pola sebatan normal.

Evaluasi akurasi

Fungsi diskriminan yang dibangun selanjutnya digunakan untuk mengestimasi akurasi dari jenis-jenis yang diklasifikasi. Akurasi yang diuji pada studi ini adalah akurasi Kappa yang diperoleh menggunakan sampel-sampel pixel yang digunakan untuk membangun model. Dengan demikian, akurasi yang diperoleh belum menunjukkan akurasi yang sebenarnya, oleh karena hasil yang diperoleh cenderung *"overestimate"*. Yang ingin ditunjukkan pada studi ini adalah adanya keterkaitan hubungan antara nilai separabilitas antar jenis pohon khususnya jumlah separabilitas dengan kriteria "tidak dapat dipisahkan *(inseperable)"*. Secara detail rumus-rumus penghitungan Akurasi Kappa dan ragamnya dapat dilihat pada tulisan Jaya dan Kobayashi (1995).

HASIL DAN PEMBAHASAN

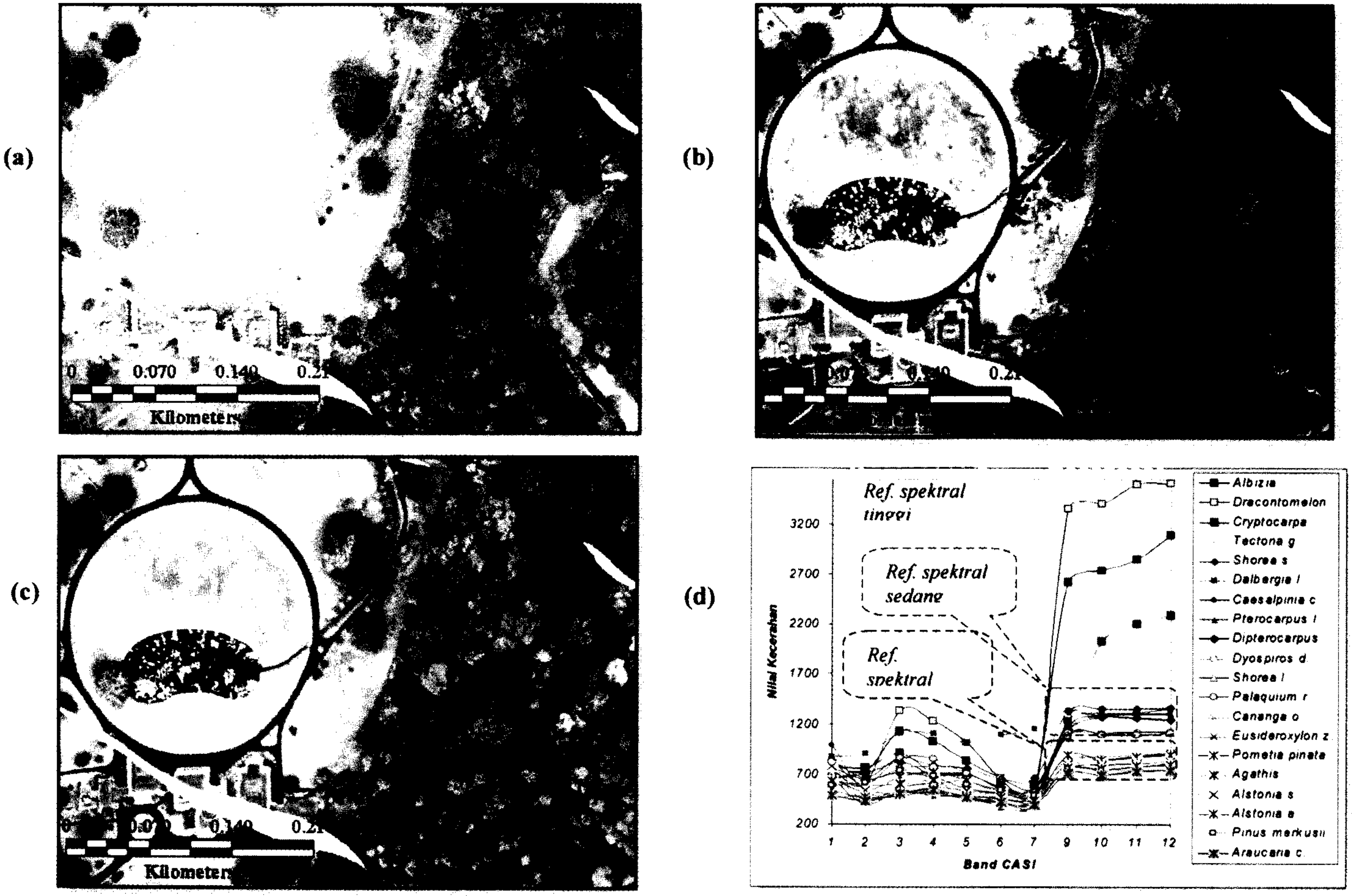
Reflektansi spektral

Dari 20 jenis pohon yang diuji (yang termasuk kedalam 12 famili), tampak adanya kesamaan pola reflektansi spektral, dimana reflektansi tampak rendah pada band 2 (biru/hijau) kemudian sedikit naik pada band 3 dan 4 (hijau), selanjutnya menurun pada band 5 (hijau/merah) dan band 6-7 (merah). Reflektansi meningkat tajam pada band inframerah dekat *(near infrared)* yaitu mulai band 9 s/d 12 (Lihat Gambar 1d) (catatan: pada studi ini, band 8 tidak digunakan karena adanya masalah teknis). Yang umumnya mencirikan masing-masing spesies adalah elevasi dari masing-masing reflektansi pada setiap band. Sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 1, 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. Pada kelompok band *visible* (sinar tampak), variasi yang relatif besar terjadi pada band 3, selanjutnya disusul oleh band 4, 5, 2, 1, 6 dan 7. Bentuk kurva reflektansi dari setiap jenis pada setiap band yang khas memungkinkan penyajian citra komposit CASI dengan kombinasi yang menarik, unik dan dapat diinterpretasi dengan mudah. Pada Gambar 1a-1c, berturut-turut disajikan citra CASI dengan warna alami (band 6-3-1), warna palsu standar (band 10-7-4) dan warna komposit lainnya (band 11-8-2). Pada setiap warna komposit, penampakan jenis pohon menjadi cukup unik. Bagi interpreter pemula warna alami akan mempermudah mengasosiasikan antara penampakan tajuk pohon pada citra dengan penampakan sebenarnya di lapangan yang berwarna hijau muda sampai dengan hijau tua. Pada warna palsu standar (Gambar 1b) dimana band inframerah dekatnya diletakkan pada *red-gun*, warna vegetasi akan bervariasi dari merah tua sampai dengan merah muda, Sementara pada warna komposit 11-8-2, dimana dua band inframerah dekat (11 dan 8) diletakkan secara berturut-turut pada *red* dan *green-gun*, maka vegetasi akan tampak bervariasi dari kuning tua sampai dengan kuning muda (Gambar 1c). Dengan warna komposit yang menggunakan band inframerah dekat sebagai pembentuk warna komposit, diskriminasi antar jenis akan lebih mudah dilakukan karena variabilitas spektral dari vegetasi pada daerah inframerah dekat sangat tinggi.

Dilihat dari reflektansi spektral pada daerah inframerah dekat, maka secara kuantitatif akan terdapat 3 kelompok jenis, yaitu (a) kelompok jenis reflektansi tinggi, (b) kelompok reflektansi sedang dan (c) kelompok reflektansi rendah dengan kisaran nilai kecerahan sebagaimana disajikan pada Tabel 3. Secara grafis pengelompokkan ini dapat dilihat pada Gambar 1d. 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 kedalam kelompok sedang dan tinggi. Dari pengelompokkan ini tampak 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 *Cryptocarpa 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.

Tabel 3. Reflektansi spektral band CASI (Pengelompokkan berdasarkan reflektansi daerah inframerah dekat)

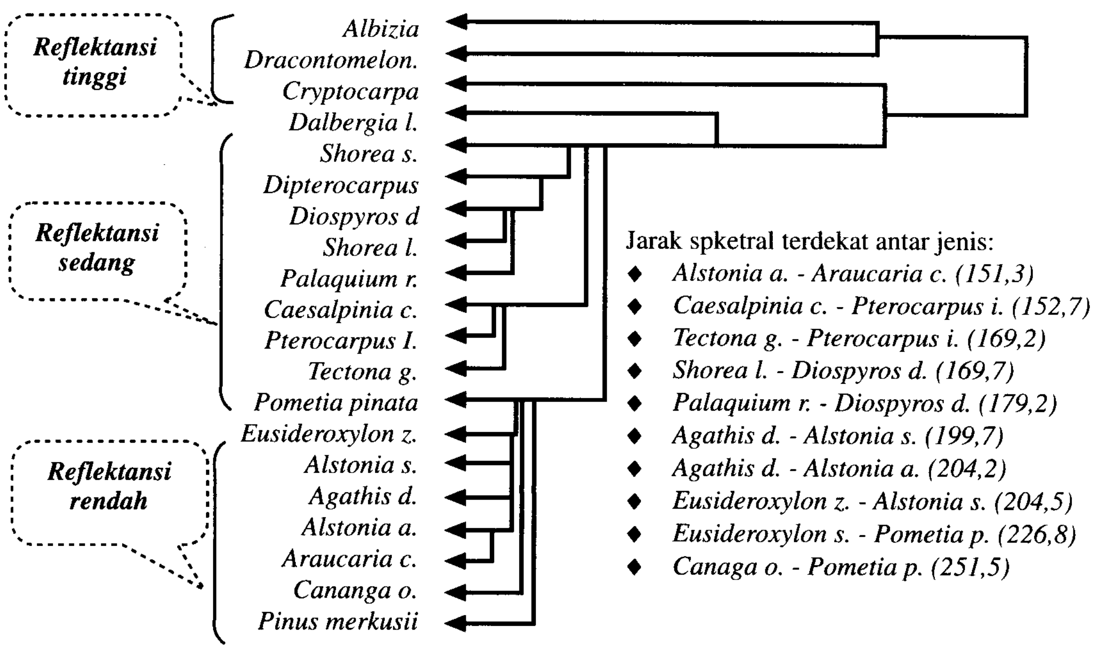
Jenis	Band CASI											Famili
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	
Reflektansi tinggi												
Dracontomelon d.	727	602	1332	1229	1011	649	477	3355	3403	3591	3603	Anacardiaceae
Albizia f.	806	727	1131	1028	831	657	592	2616	2734	2841	3080	Fabaceae
Cryptocarpa f.	774	765	908	720	706	575	572	1245	2035	2201	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



Gambar 1. Citra komposit CASI: a) warna alami (6-3-1), b) warna palsu standar (10-7-4), c) warna komposit lain (11-8-2) dan d) kurva reflektansi spektral dari 20 jenis pohon contoh (Lokasi Kebun Raya Bogor, 29/01/1999)

Analisis klaster

Hasil analisis terhadap derajat kemiripan reflektansi spektraldengan Jarak Euclidean menunjukkan bahwa kemiripan spektral tidak mengikuti kaidah taksnomi botani, dimana kemiripan spektral tidak selalu berasal dari jenis pohon yang berasal dari famili yang sama dan atau genus yang sama. Sebagaimana disajikan pada dendrogram menggunakan Jarak Eucliden (Gambar 2), reflektansi *spektral Shorea leprosula* (Dipterocarpaceae) justru sangat mirip dengan *Diospyros discolor* (Ebenaceae), dan bukan dengan *Shorea sumatrana* (Dipterocarpaceae) dar genus yang sama. Demikian pula *Alstonia angustiloba* (Apocynaceae) mempunyai kemiripan spektral yang tinggi dengan *Araucaria columaris* (Araucariaceae) dan bukannya dengan *Alstonia scholaris*. Contoh beberapa pasang spesies yang mempunyai derajat kemiripan nilai spektral yang tinggi dengan Jarak Euclidean adalah: *Caesalpinia c. - Pterocarpus i.* (jarak Euclideannya = *152,7*) dan *Tectona g. - Ptecocarpus i*, (jarak Euclideannya = *169,2*).



Gambar 2. Dendrogram reflektansi spektral citra CASI menggunakan Jarak Euclidean (angka dalam kurung menyatakan jarak spektral)