JMHT Vol. XIII (3): 155-165, Desember 2007
ISSN: 0215-157X

Penerapan Analisis Diskriminan dalam Pembedaan Kelas Umur Tegakan Pinus

Discriminant Analysist for Stand Class Age Distinction of Pine Stand

Priyanto*
Fakultas Kehutanan IPB, Jalan Lingkar Akademik Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

Abstract

This study describes the use of discriminant anylisis for pine (Pinus spp.) stand class age distinction. Aim of this study were (1) to arrange stand age class based on variable of aerial photograph by non hierarchy cluster analysis, and (2) to find out aerial photograph variable contribute to stand age class distinction by discriminant analysis. Data used in study was taken from a research conducted by Adi (1998). Pinus stand was located in KPH Bandung Utara, West Java. The variable of aerial photograph that used in this analysis were tone, shape, texture, topography, pattern, crown, diameter and height. The result showed that validation analysis of discriminant function was significant. Therefore, this function was applicable for grouping new object to stand age class based on discriminant score.

Keywords: cluster analysis, discriminat analysis, stand age class, discriminant score

Pendahuluan

Sumberdaya hutan yang dimiliki oleh Indonesia merupakan kekayaan alam yang mempunyai peranan penting dalam menyumbang devisa bagi negara, disamping peranannya sebagai penyeimbang lingkungan. Untuk mempertahankan fungsi dan peranannya secara optimal maka hutan perlu dikelola secara lestari dan ekonomis.

Salah satu prasyarat dalam pengelolaan hutan yang lestari yang harus dipenuhi adalah ketersediaan data dan informasi sumberdaya hutan yang terpercaya. Data dan informasi ini dapat diperoleh melalui kegiatan inventarisasi sumberdaya hutan. Beberapa acuan yang digunakan dalam kegiatan inventarisasi sumberdaya hutan dapat berupa tabel volume pohon dan tabel tegakan. Tabel tegakan sangat berguna dalam memberikan informasi tentang gambaran lengkap terhadap penyebaran jumlah pohon tiap kelas diameter dalam tegakan. Selain itu, tabel tegakan dapat pula digunakan dalam pendugaan pertumbuhan dan kematian tegakan pada masa yang akan datang serta pendugaan terhadap potensi tegakan.

Tabel tegakan yang ada saat ini merupakan tabel tegakan terestris yang disusun berdasarkan peubah-peubah yang diukur langsung di lapangan. Peubah-peubah yang digunakan biasanya berupa tinggi pohon, diameter pohon, kerapatan bidang dasar dan sebagainya. Seiring dengan berkembangnya teknologi penginderaan jauh dalam bentuk potret udara, dirasakan perlu adanya tabel tegakan potret udara.

Pada saat ini, penyusunan tabel tegakan potret udara belum banyak dilakukan karena peubah-peubah yang akan digunakan dalam penyusunan tabel tegakan masih dalam tahap penelitian. Oleh karena itu, penggunaan peubah-peubah potret udara yang sesuai untuk penyusunan tabel tegakan potret udara masih dipertanyakan.

Penggunaan beberapa peubah yang berperan dalam penyusunan tabel tegakan potret udara hanya dapat diketahui melalui penelitian-penelitian awal, antara lain pengujian peranan peubah-peubah potret udara dalam membedakan kelas umur pada hutan tanaman melalui pendekatan analisis diskriminan. Kelas-kelas umur pada hutan tanaman menunjukkan pengelompokan kawasan-kawasan hutan berdasarkan perbedaan interval waktu pengelolaan dari waktu penanaman sampai dengan masa tebang atau panen. Pada kelas perusahaan pinus di Perum Perhutani terdapat beberapa kelas umur yang dibedakan dalam interval 5 tahunan.

---

*Penulis untuk korespondensi,
email: pryanto@ipb.ac.id

Pengujian peranan peubah-peubah potret udara dalam membedakan kelas umur sangat dibantu oleh perkembangan teknik analisis statistika yaitu analisis peubah ganda seperti analisis gerombol dan analisis diskriminan.

Berdasarkan pemahaman di atas, maka tulisan ini disusun dalam rangka:

1. menyusun kelompok kelas umur pada potret udara berdasarkan peubah-peubah potret udara melalui analisis gerombol tak berhirarki;
2. mendapatkan peubah-peubah potret udara yang berperan dalam pembedaan kelas umur melalui pendekatan analisis diskriminan.

Tinjauan Teoritis

Peubah dan unsur-unsur interpretasi potret udara Potret Udara yang merupakan produk dari teknologi penginderaan jauh, mempunyai peranan yang penting dalam kegiatan inventarisasi sumberdaya hutan karena melalui potret udara ini dapat dikumpulkan data seperti topografi, vegetasi, lokasi, luas areal dan potensi hutan. Gambaran tiga dimensi dalam potret udara sangat menguntungkan dalam menyajikan model lokasi dan relief yang jelas terkait dengan adanya pembesaran vertikal, serta dapat digunakan dalam pembuatan peta kontur (Sutanto, 1986).

Peubah-peubah potret udara yang digunakan dalam penafsiran meliputi tinggi pohon, diameter tajuk dan persen penutupan tajuk. Sedangkan unsur-unsur interpretasi potret udara yang dapat diidentifikasi melalui pengamatan secara visual meliputi rona, bentuk, tekstur, topografi, pola, ukuran, bayangan dan situs (Lillesand dan Kiefer, 1990).

Analisis gerombol Menurut Johnson dan Wichern (2002), analisis gerombol merupakan teknik analisis statistika yang digunakan untuk mengelompokkan pengamatan-pengamatan atau objek-objek dalam kelompok-kelompok, dimana dalam satu kelompok, pengamatan-pengamatan tersebut memiliki sifat kemiripan, sedangkan antar kelompok memiliki sifat ketakmiripan. Sifat kemiripan dan ketakmiripan ini biasanya diukur dengan menggunakan sebuah indeks yang mempunyai makna tertentu, seperti indeks jarak Euclidean atau jarak lain, indeks peluang dan lainnya. Proses pengelompokan pengamatan atau objek ini dikenal juga dengan proses klasifikasi. Permasalahan yang sering dihadapi pada kegiatan klasifikasi ini adalah tidak semua kriteria pengklasifikasian akan memberikan hasil yang sesuai satu dengan lainnya sehingga ketepatan kriteria yang digunakan harus disesuaikan pula dengan jenis pengamatannya dan jenis pengklasifikasian yang ingin dilakukan.

Teknik pengklasifikasian yang dikenal saat ini antara lain metode grafik, teknik berhirarki, teknik penyekatan dan teknik tak berhirarki. Metode grafik yang digunakan meliputi plot profil, plot Andrew dan plot Andrew termodifikasi. Teknik pengklasifikasian berhirarki dapat menggunakan beberapa ukuran ketakmiripan yang diukur menggunakan konsep jarak, meliputi pautan tunggal, pautan lengkap, pautan centroid, pautan median dan pautan rataan. Teknik pengklasifikasian tak berhirarki dikenal juga dengan metode K rataan, dimana K menyatakan banyaknya klasifikasi yang dibuat.

Beberapa konsep jarak yang digunakan untuk menunjukkan ukuran kemiripan dan ketakmiripan diantaranya adalah:

Jarak Euclidiean:

$$d(x, y) = \sqrt{(x - y)'(x - y)}$$

Jarak Minkowski/City-Block/Manhattan:

$$d(x, y) = \left[\sum_{i=1}^{p} |x_i - y_i|^k\right]^{\frac{1}{k}}$$

Jarak Mahalonobis:

$$d(x, y) = \sqrt{(x - y)' S^{-1} (x - y)}$$

(Johnson dan Wichern, 2002)

Analisis diskriminan Analisis diskriminan merupakan sekumpulan teknik-teknik analisis statistika yang digunakan untuk mendeskripsikan dan mengelompokkan individu-individu pada sejumlah peubah yang telah terukur (Lebart, 1984). Everitt dan Dunn (1990) menyatakan bahwa analisis diskriminan muncul pada saat seseorang mempunyai dua jenis pengamatan peubah ganda: pertama adalah yang disebut training samples dimana kelompok ini memiliki identitas sendiri (contohnya adalah keanggotaan dalam kelompok khusus dari g kelompok tertentu), dinamakan juga a priori dan yang kedua adalah test samples dimana berisi pengamatan-pengamatan yang keanggotaannya dalam kelompok masih belum diketahui, dan akan dimasukkan ke dalam salah satu dari g kelompok yang ada.

Tujuan dilakukannya analisis diskriminan adalah: (1) menentukan secara statistik ada perbedaan yang bermakna, mengenai nilai tengah dari dua atau lebih kelompok (populasi) yang terlebih dahulu diketahui dengan secara jelas dan mantap pengelompokannya, (2) menetapkan prosedur-prosedur untuk mengelompokkan satuan-satuan statistik (individu atau objek) ke dalam kelompok-kelompok berdasarkan nilai-nilai dari beberapa peubah, dan (3) menentukan peubah-peubah bebas yang memberikan sumbangan terbanyak untuk membedakan nilai tengah dari dua atau lebih kelompok (Hair et al., 1998).

Metodologi yang sering digunakan dalam analisis diskriminan adalah fungsi diskriminan Fisher atau dikenal sebagai Analisis Diskriminan Linear Klasik dan Diskriminansi Logistik. Selain itu ada juga metode lain yang digunakan seperti aturan ”kelompok terdekat (*nearest neighbour)”*, pohon klasifikasi dan metode kernel (Everitt dan Dunn, 1990), serta jarak minimum/ Mahalanobis (Lebart, 1984).

Metode-metode dalam analisis biasanya berdasarkan kepada statistik uji-F. Prosedur-prosedur seperti itu secara umum bersifat deskriptif dan membutuhkan banyak perhatian dan penilaian yang sangat hati-hati (Karson, 1982).

Peubah-peubah yang digunakan dalam analisis diskriminan pada umumnya adalah merupakan satuan alami dari pengukuran (unit kuantitatif). Akan tetapi suatu peubah kualitatif atau kategori dapat juga digunakan sebagai pembeda/diskriminan (Johnson dan Wichern, 2002).

Rusolono (1995) menyatakan bahwa ordinasi dengan analisis diskriminan mampu memberikan gambaran yang tegas adanya pengelompokan dan pemisahan objek/unit contoh berdasarkan data komposisi dan kerapatan jenis pohon untuk masing-masing sistem lahannya.

Fungsi diskriminan linier Menurut Supranto (2004), fungsi diskriminan linier yang bentuknya merupakan kombinasi linier mempunyai model persamaan umum sebagai berikut:
dimana:

$$D_i = b_0 + b_1X_{i1} + b_2X_{i2} + \dots + b_kX_{ik}$$

D_i = nilai skor diskriminan dari objek ke-i
X_{ik} = peubah ke-k dari objek ke-i
b_k = koefisien diskriminan dari peubah ke-k

Menurut Johnson dan Wichern (2002), jika k buah populasi yang ada memiliki matriks ragam-peragam yang sama, yaitu Σ, dan biaya salah klasifikasi diasumsikan sama besar, maka aturan yang paling sederhana pada klasifikasi bisa dinyatakan dalam fungsi kuadrat jarak yaitu:

$$d_t^2(x) = (x-\mu_t)'\Sigma^{-1}(x-\mu_t) - 2\ln(\pi_t)$$

Suatu obyek x akan diklasifikasikan pada populasi yang terdekat, dihitung menggunakan persamaan di atas. Atau, x akan diklasifikasikan berasal dari populasi ke-t jika:

$$d_t^2(x) = \min_{j=1,\dots,k} d_j^2(x).$$

Jika μ_t, *t = 1, 2, ..., k* dan matriks Σ tidak diketahui, maka digunakan nilai dugaannya yaitu $\bar{X}$ dan s, sehingga dugaan bagi jarak adalah:

$$d_j^2(x) = (x-\bar{x}_j)' s^{-1}(x-\bar{x}_j) - 2\ln(\pi_t)$$

Jika diperhatikan, persamaan di atas merupakan modifikasi dari fungsi diskriminan Fisher (untuk 2 buah populasi) dengan menambahkan suku–2 ln(π_t) untuk mengakomodasi perbedaan peluang prior.

Pengklasifikasian pengamatan atau objek ke dalam populasi yag terdekat setara dengan pengklasifikasian obyek ke dalam populasi dengan peluang posterior yang paling besar. Besarnya peluang posterior tersebut diperoleh dari:

$$P(t|x) = \frac{e^{-\frac{1}{2}d_j^2(x)}}{\sum_{j=1}^{k} e^{-\frac{1}{2}d_j^2(x)}};\ t = 1,\ 2,\ \dots,\ k$$

Adapun syarat dari peluang posterior ini adalah total peluang = 1.

Pendugaan tingkat kesalahan Menurut Johnson dan Wichern (2002), pendugaan tingkat kesalahan yang dimaksud merupakan pendugaan untuk mengevaluasi kebaikan aturan klasifikasi yang diperoleh melalui analisis diskriminan, diantaranya dengan pendugaan banyaknya salah klasifikasi. Melalui cara ini, gugus data kita bagi dua. Gugus data pertama kita pakai untuk menentukan aturan atau fungsi diskriminan, disebut gugus data training. Sedangkan gugus data kedua digunakan sebagai bahan evaluasi fungsi diskriminan yang diperoleh gugus data yang seperti ini disebut sebagai gugus data uji. Banyaknya pengamatan yang berasal dari populasi ke-s dan diklasifikasikan secara salah ke populasi ke-t merupakan dasar penentuan besaran P(t|s). Berdasarkan besaran peluang ini, kita bisa menghitung proporsi salah klasifikasi pada populasi ke-s sebagai:

$$\hat{E}R(s) = \sum_{t=1,t\neq s}^{k} P(t|s)$$

Nilai di atas adalah penduga tingkat kesalahan untuk populasi ke-s (Error Rate).

Tingkat kesalahan keseluruhan dari aturan diskriminan yang dihasilkan, didefinisikan sebagai:

$$\sum_{s=1}^{k} \pi_s \hat{E}R(s)$$

Pendugaan tingkat kesalahan yang lain adalah dengan validasi silang. Pendugaan kesalahan ini dilakukan sebagai alternatif bagi pendugaan banyaknya salah klasifikasi akibat data yang ada tidak cukup banyak tersedia. Teknik ini bekerja dengan cara pembentukan fungsi diskriminan menggunakan sebanyak (n-1) pengamatan dan hasilnya diuji menggunakan 1 pengamatan tersisa, dimana prosedur ini dilakukan berulang-ulang sebanyak n kali. Prosedur ini akan beresiko jika terdapat pengamatan pencilan.

Pendugaan tingkat kesalahan dari suatu populasi dengan menggunakan peluang posterior merupakan peluang posterior yang berpadanan dengan pengamatan dari populasi tersebut. Jika ada populasi ke-t maka tingkat kesalahannya sebesar :

$$e_i = 1 - \int_{D_i} f_i(x)\,dx$$

Pada fungsi diskriminan linier, suatu pengamatan atau objek akan diklasifikasikan ke dalam populasi Π_t jika :

$$d_t^2(x) = \min_{j=1,\ldots,k} \{d_j^2(x)\},$$

yaitu pada saat $d_t^2(x) \leq d_s^2(x)$ untuk semua s = 1, 2, ..., k dan s $\neq$ t. Dengan menggunakan persamaan:

$$d_j^2(x) = (x - \bar{x}_j)' S^{-1} (x - \bar{x}_j) - 2\ln(\pi_t),$$

dapat disederhanakan bahwa klasifikasi pengamatan x ke dalam Π_t jika:

$$\left(-\frac{1}{2}\bar{x}_t' S^{-1}\bar{x}_t + \ln(\pi_t)\right) + \bar{x}_t' S^{-1}\bar{x} \geq$$

$$\left(-\frac{1}{2}\bar{x}_s' S^{-1}\bar{x}_s + \ln(\pi_s)\right) + \bar{x}_s' S^{-1}\bar{x}_s$$

untuk semua s = 1, 2, ..., k dan s $\neq$ t, atau

$$\left[b_c(t)^* \mid b_v(t)^*\right]\begin{bmatrix}1\\ x\end{bmatrix} \geq \left[b_c(s)^* \mid b_v(s)^*\right]\begin{bmatrix}1\\ x\end{bmatrix}, \text{ atau}$$

$b(t)^* x^* \geq b(s)^* x^*$ untuk semua s = 1, 2, …, k dan s $\neq$ t,

dimana:

$x^* = \begin{bmatrix}1\\ x\end{bmatrix}$ merupakan matriks berukuran (p+1)x1,

dan $b(s) = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2}\bar{x}_s' S^{-1}\bar{x}_s + \ln(\pi_s) \\ S^{-1}\bar{x}_s \end{bmatrix}$ merupakan matriks berukuran (p+1)x1 untuk semua s = 1, 2, ..., k.

Untuk setiap populasi Π_s, skor diskriminan $L_s(x^*) = b(s)x^*$ dapat dihitung dan objek yang bersangkutan akan dimasukkan ke dalam populasi tertentu jika skor diskriminannya paling besar.

Fungsi diskriminan kuadratik Jika matriks ragam-peragam setiap populasi tidak sama, maka aturan klasifikasi terhadap k buah populasi akan menjadi lebih kompleks dan rumit jika menggunakan asumsi normal ganda. Pada kasus seperti ini, aturan klasifikasi akan tergantung pada matriks ragam-peragam masing-masing. Suatu pengamatan atau objek akan dimasukkan ke dalam populasi ke-t jika:

$d_t^2(x) = \min_{j=1,\ldots,k} \{d_j^2(x)\}$, dengan merupakan kuadrat jarak yang didefinisikan sebagai:

$$d_j^2(x) = (x - \bar{x}_j)' s^{-1} (x - \bar{x}_j) + \ln|s_j| - 2\ln(\pi_t);$$

j = 1, 2, ..., k dimana peluang posterior fungsi diskriminan kuadratik ini sama dengan persamaan peluang posterior pada fungsi diskriminan linier kecuali fungsi $d_t^2(x)$.

Pemilihan peubah dalam analisis diskriminan

Dalam analisis diskriminan kadang-kadang muncul pertanyaan tentang seberapa banyak peubah yang dapat menjelaskan dengan baik klasifikasi yang telah dilakukan, hal ini diakibatkan adanya peubah-peubah yang saling berkorelasi sebagai konsekuensi dari pengukuran peubah tersebut pada pengamatan atau objek yang sama. Pemilihan peubah ini dimaksudkan untuk membuang peubah yang tidak mengandung tambahan informasi yang berguna karena informasi tersebut telah dikandung oleh peubah yang telah dipilih sebelumnya.

Menurut Johnson dan Wichern (2002), beberapa prosedur yang dapat digunakan dalam pemilihan peubah ini adalah dengan prosedur forward selection, backward selection dan stepwise selection.

Metodologi

Data Data yang digunakan merupakan data hasil penafsiran dan pengukuran pada potret udara pada berbagai kelas umur, meliputi rona (X1), bentuk (X2), tekstur (X3), topografi (X4) dan pola (X5) serta peubah persen penutupan tajuk (X6), diameter tajuk (X7) dan tinggi pohon (X8) pada tegakan pinus di KPH Bandung Utara, Jawa Barat. Data ini diperoleh dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Adi (1998).

Peubah yang digunakan dalam penelitian adalah rona (dinyatakan dalam selang 1-3 untuk mewakili abu-abu muda, abu-abu dan abu-abu tua), bentuk (dinyatakan dalam selang 1-3 untuk agak teratur, teratur dan tidak teratur), tekstur (dinyatakan dalam selang 1-3 untuk agak kasar, kasar, agak halus dan halus), topografi (dinyatakan dalam selang 1-3 untuk datar, sedang dan berat), pola (dinyatakan dalam selang 1-3 untuk tidak teratur, agak teratur dan teratur), C (penutupan tajuk dalam %), D (diameter tajuk dalam meter) dan H (tinggi pohon dalam meter).

Peubah-peubah ini dapat dikelompokan menjadi dua kelompok peubah kualitatif yang terdiri dari rona, bentuk, tekstur, topografi dan pola serta peubah kuantitatif yang terdiri dari persen penutupan tajuk, diameter tajuk dan tinggi pohon.

Analisis Data Analisis data yang dilakukan meliputi analisis gerombol tak berhirarki menggunakan 40 pengamatan yang berbeda dan dikombinasikan dengan tambahan informasi adanya 6 kelas umur untuk mendapatkan pengamatan-pengamatan mana yang masuk ke masing-masing kelas umur tersebut. Berdasarkan informasi pengamatan-pengamatan yang ada dalam masing-masing kelas umur tersebut, kemudian dilakukan analisis diskriminan untuk mendapatkan fungsi pembeda dari masing-masing kelas umur. Dari fungsi pembeda yang didapatkan tersebut, dilakukan pengujian keterandalan fungsi diskriminan melalui uji validasi menggunakan 10 data pengamatan lain yang tidak digunakan dalam penyusunan fungsi diskriminan.

Pendugaan tingkat kesalahan dilakukan untuk menguji keterandalan fungsi diskriminan dengan cara menentukan besarnya salah klasifikasi berdasarkan 10 data pengamatan, dimana suatu objek akan dimasukkan ke dalam klasifikasi tertentu jika mempunyai skor diskriminan terbesar (Johnson dan Wichern, 2002).

Untuk memudahkan perhitungan statistika yang diperlukan, digunakan perangkat lunak statistika Minitab dan SPSS.

Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan hasil analisis gerombol dengan metode tak berhirarki menggunakan 6 klaster (kelas umur) dengan bantuan perangkat lunak SPSS, diperoleh hasil pengklasifikasian secara lengkap seperti terlihat pada Lampiran 1, sedangkan rekapitulasi klaster dan anggotanya dapat dilihat pada Tabel 1.

Pada tahapan ini, dipilih 6 buah klaster karena berdasarkan informasi awal dari data pokok penelitian, lokasi pengambilan contoh pengamatan berada pada kelas umur 1 sampai dengan kelas umur 6. Oleh karena itu, interpretasi dari klaster yang tersusun ini menyatakan kelas umur yang terbentuk.

Tabel 1. Jumlah Anggota pada Masing-masing Klaster Hasil Analisis Gerombol

No. Klaster	Anggota	Jumlah
1	1, 2, 3, 4, 5	5
2	23, 24, 25, 38, 39, 47	6
3	20, 21	2
4	6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 17, 22, 27, 28, 30, 41, 42, 44, 45	16
5	8, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 48	8
6	10, 15, 16, 18, 19, 26, 29, 31, 40, 43, 46, 49, 50	13

Tabel 2. Uji Kesamaan Nilai Tengah Klaster

Peubah	Wilks' Lambda	F	p-value
Rona	0.746	2.312	0.065
Bentuk	0.520	6.287	0.000
Tekstur	0.685	3.127	0.020
Pola	0.855	1.154	0.352
Topografi	0.876	0.962	0.455
C	0.035	189.147	0.000
D	0.223	23.675	0.000
H	0.195	28.038	0.000

Tabel 3. Persen Keragaman Masing-masing Fungsi Diskriminan

Fungsi	Akar Ciri	Persen Keragaman	Kumulatif
1	59.482	91.4	91.4
2	4.601	7.1	98.5
3	0.583	0.9	99.4
4	0.296	0.5	99.9
5	0.129	0.2	100.0

Berdasarkan Tabel 1, hasil klasifikasi pengamatan-pengamatan pada potret udara berbeda dengan hasil interpretasi peubah potret udara yang telah dilakukan (data pokok dari penelitian). Hal ini dimungkinkan terjadi akibat dari pendekatan pengklasifikasian yang berbeda. Pada data pokok penelitian, pendekatan yang digunakan adalah kualitatif berdasarkan interpretasi potret udara secara visual, sedangkan pada klasifikasi dengan metode tak berhirarki menggunakan pendekatan matematik terhadap data pada peubah potret udara yang diamati. Pada analisis selanjutnya, data yang digunakan adalah data hasil klasifikasi menggunakan analisis gerombol tak berhirarki tersebut.

Sebelum analisis diskriminan dilakukan, data hasil klasifikasi dibagi dua bagian, dimana bagian pertama digunakan untuk menyusun fungsi diskriminan dan bagian kedua digunakan untuk uji validasi fungsi diskriminan yang diperoleh. Dalam hal ini, 40 data digunakan untuk penyusunan fungsi diskriminan dan 10 data untuk uji validasi yang dipilih secara acak, seperti terlihat pada Lampiran 1, dimana nomor pengamatan yang diberi tanda asterik (*) merupakan pengamatan yang digunakan untuk uji validasi.

Melalui penerapan analisis diskriminan, akan dapat diketahui peubah-peubah pada potret udara yang berperan dalam membedakan karakteristik dari masing-masing klaster, seperti terlihat pada hasil pengujian kesamaan nilai tengah klaster melalui statistik uji Wilks' Lambda dengan bantuan perangkat lunak SPSS yang disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan Tabel 2, terlihat bahwa hampir semua peubah potret udara tersebut dapat membedakan karakteristik dari masing-masing klaster (kecuali peubah rona, pola dan topografi) pada tingkat nyata 5%. Ketiga peubah ini merupakan peubah kualitatif dalam penafsiran potret udara dimana hasilnya sangat subyektif tergantung keterampilan dan kemampuan analisis dari interpreter.

Jika diperhatikan kembali pada Tabel 2, terlihat bahwa pada peubah kualitatif potret udara nilai statistik uji-F mempunyai nilai yang relatif lebih kecil dibandingkan dengan nilai pada peubah kuantitatif potret udara. Peubah kuantitatif memberikan hasil yang baik dalam membedakan kelas umur karena secara teori datanya didapatkan melalui pengukuran secara obyektif menggunakan alat ukur yang ada, hal ini berbeda dengan peubah kualitatif yang diperoleh melalui penaksiran secara visual saja.

Sejalan dengan nilai uji-F, nilai Wilks' Lambda pada peubah kualitatif terlihat cukup besar (mendekati 1) yang menunjukkan bahwa rata-rata antar klaster tidak berbeda, atau dengan kata lain peubah-peubah tersebut tidak dapat mendiskriminasi suatu objek atau pengamatan masuk ke dalam klaster mana.

Dari 6 klaster yang terbentuk, terdapat sebanyak 5 buah fungsi diskriminan yang masing-masingnya dapat menerangkan persen keragaman seperti dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan Tabel 3, dua fungsi diskriminan pertama dapat menjelaskan keragaman untuk semua klaster cukup tinggi lebih dari 98%. Nilai-nilai akar ciri dari fungsi diskriminan ini akan semakin mengecil pada fungsi diskriminan berikutnya. Pada fungsi diskriminan yang pertama, sebanyak 91,4% keragaman antar klaster dapat diserap oleh fungsi, sedangkan fungsi diskriminan yang kedua, memaksimumkan keragaman antar klaster yang belum dijelaskan oleh fungsi pertama sebanyak 7,1%.

Fungsi diskriminan yang dihasilkan dari analisis diskriminan menggunakan bantuan perangkat lunak Minitab dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Fungsi Diskriminan pada Peubah Potret Udara

KU	Fungsi Diskriminan
1	-69.77 + 15 X1 + 23.93 X2 – 2.04 X3 + 15.15 X4 + 22.52 X5 + 1.36 X6 + 6.31 X7 – 1.26 X8
2	-389.79 + 30.21 X1 + 65.22 X2 – 16.26 X3 + 30.77 X4 + 48.84 X5 + 4.75 X6 + 21.17 X7 – 2.57 X8
3	-316.49 + 22.33 X1 + 65.31 X2 – 14.29 X3 + 26.80 X4 + 46.22 X5 + 4.53 X6 + 19.14 X7 – 3.65 X8
4	-543.12 + 30.05 X1 + 72.91 X2 – 17.14 X3 + 31.85 X4 + 55.09 X5 + 6.66 X6 + 24.31 X7 – 4.32 X8
5	-552.70 + 30.74 X1 + 74.84 X2 – 18.49 X3 + 32.30 X4 + 55.13 X5 + 6.51 X6 + 25.88 X7 – 3.93 X8
6	-431.51 + 26.27 X1 + 71.52 X2 – 17.62 X3 + 30.68 X4 + 50.73 X5 + 5.58 X6 + 22.70 X7 – 3.65 X8

Tabel 5. Pengujian Fungsi Diskriminan

KU	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	Klasifikasi	Skor Diskriminan (Di)					
										1	2	3	4	5	6
1	2	1	1	2	3	0	0	0	1	80	-72	-29	-198	-205	-112
2	3	3	3	3	3	40	8.45	29.39	2	225	380	358	320	334	361
4	3	2	1	2	2	95	4.29	13.13	4	236	483	478	530	523	515
4	3	3	3	2	3	85	3.6	16.56	4	256	493	489	525	520	518
4	3	3	3	1	3	90	3	18.2	4	242	470	468	505	498	496
5	2	3	4	1	3	90	10.72	32.16	5	256	551	528	585	594	576
5	3	3	4	2	2	80	8.69	28.65	5	242	481	460	491	498	494
6	2	3	4	3	3	60	7.41	19.36	6	241	432	429	424	428	442
6	3	3	3	1	3	65	5.91	16.78	6	228	416	415	416	416	428
6	3	3	4	1	3	65	5.34	22.33	6	215	373	370	361	361	377

Tabel 6. Hasil Klasifikasi Fungsi Diskriminan Menggunakan Validasi Silang

Kelompok Asal KU	Jumlah pengamatan	Klasifikasi Berdasarkan Kelas Umur (KU)					
		1	2	3	4	5	6
1	4	4 (100%)	0	0	0	0	0
2	5	0	5 (100%)	0	0	0	0
3	2	0	0	2 (100%)	0	0	0
4	13	0	0	0	12 (92,3%)	1 (7,7%)	0
5	6	0	0	0	0	6 (100%)	0
6	10	0	1 (10%)	0	1 (10%)	1 (10%)	7 (70%)

Untuk melihat keterandalan fungsi diskriminan yang telah diperoleh pada Tabel 4 maka perlu dilakukan pengujian validasi menggunakan 10 pengamatan yang telah disediakan. Dengan menggunakan dasar nilai skor diskriminan maka masing-masing pengamatan dapat diklasifikasikan ke dalam klaster-klaster menggunakan fungsi diskriminan pada Tabel 4 dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil pada Tabel 5, terlihat bahwa semua pengamatan yang digunakan dalam uji validasi fungsi diskriminan diklasifikasikan pada klaster yang sesuai. Hasil klasifikasi didasarkan pada nilai skor diskriminan yang terbesar. Dengan kata lain, fungsi diskriminan yang dihasilkan mampu membedakan karakteristik klaster yang ada.

Pada kasus ini, pengujian validitas fungsi diskriminan memberikan hasil yang sangat memuaskan terbukti tidak adanya salah klasifikasi dari 10 pengamatan yang digunakan. Untuk itu, perlu dicobakan juga uji validasi dengan metode validasi silang karena data yang digunakan tidak cukup banyak. Hasil uji validasi ini terlihat seperti pada Tabel 6.

Dari Tabel 6 terlihat bahwa dengan metode validasi silang, pengujian fungsi diskriminan memberikan hasil yang berbeda dengan pengujian menggunakan 10 data pengamatan, dimana pada pengujian validasi silang ini terdapat beberapa kelas umur yang mengalami kesalahan klasifikasi. Terlihat bahwa pada kelas umur 4 dan 6 proporsi kelas umur yang tepat diklasifikasikan berturut-turut 92,3% dan 70% sehingga secara keseluruhan tingkat kesalahan pendugaan klasifikasi mencapai 10%. Walaupun demikian, hasil pengujian validasi secara umum memberikan hasil yang cukup memuaskan karena tingkat kesalahan pendugaannya masih cukup kecil.

Kesimpulan

Pengklasifikasian peubah-peubah potret udara menggunakan analisis gerombol tak berhirarki memberikan hasil yang berbeda dengan data pokok hasil penelitian. Pembedaan kelas umur tegakan pinus dapat dijelaskan dengan baik keragamannya oleh dua fungsi diskriminan pertama. Kemudian, pengujian validasi terhadap fungsi diskriminan memberikan hasil yang cukup memuaskan, sehingga fungsi diskriminan dapat digunakan untuk mengelompokan objek atau pengamatan baru ke dalam kelas umur tertentu dengan memperhatikan nilai skor diskriminannya.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Adi RK atas data yang dipergunakan dalam penelitian ini.

Daftar Pustaka

Everitt, B.S. dan G. Dunn. 1990. Applied Multivariate Data Analysis. New York: Halsted Press.

Hair, S.E., Anderson, R.E., Tatham, R.L. dan Black, W. 1998. Multivariate Data Analysis. Fitfth Edition. Prentice Hall.

Jaya, I.N.S. 1993. Classifying Forest Types by Using Landsat-5 Thematic Mapper Data. [Thesis] Laboratory of Forest Mensuration, Department of Forestry of Agriculture, Niigata University. Jepang.

Jeffers, J. N. R. 1978. An Introduction to System Analysis: with Ecological Application. London: Edward Arnold.

Johnson, R.A. dan Wichern, D.W. 2002. Applied Multivariate Statistical Analysis. Fifth Edition. Prentice-Hall International.

Karson, M.J. 1982. Multivariate Statistical Methods. Iowa: Iowa State Univ Press.

Lebart, L., et al. 1984. Multivariate Descripitive Analyisis, Correspondence Analyisis and Related Techniques for Large Matrices. New York: J. Waley.

Lillesand, T.M., dan Kiefer, R.W. 1990. Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra (Terjemahan). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Rusolono, T. 1995. Ordinasi Komunitas Hutan alam Hutan Hujan Tropis dengan Analisis Diskriminan (Studi Kasus di Kalimantan Timur).[Tesis]. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.

Supranto, J. 2004. Analisis Multivariate: Arti dan Interpretasi. Jakarta: Rineka Cipta.

Sutanto. 1986. Penginderaan Jauh Jilid I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Lampiran 1. Data Hasil Interpretasi Potret Udara dan Analisis Gerombol Tak Berhirarki

No	KU	Rona	Bentuk	Tekstur	Pola	Topografi	C (%)	D (m)	H (m)	Klaster
1	1	3	3	4	1	1	0	0	0	1
2	1	1	1	1	2	3	0	0	0	1
3	1	2	1	1	2	3	0	0	0	1
4	1	2	1	1	2	2	0	0	0	1
5*	1	2	1	1	2	3	0	0	0	1
6	2	2	2	2	2	3	100	4.15	17.21	4
7	2	2	2	2	2	3	100	3.86	20.72	4
8	2	3	3	3	1	3	80	6.96	21.5	5
9	2	3	3	3	1	3	90	6.67	20.53	4
10	2	2	2	3	3	3	60	6.67	16.05	6
11	2	2	2	3	3	3	90	6.37	15.65	4
12	2	3	2	1	2	2	90	4.41	13.13	4
13*	2	3	2	1	2	2	95	4.29	13.13	4
14	2	3	2	1	2	3	85	4.29	13.72	4
15	2	3	2	1	2	3	75	4.29	10.33	6
16	3	2	3	3	3	2	75	4.17	19.08	6
17	3	3	3	2	3	1	95	3.62	15.24	4
18	3	2	3	4	3	3	65	6.52	22.28	6
19*	3	2	3	4	3	3	60	7.41	19.36	6
20	3	3	3	3	1	3	50	3.58	7.67	3
21	3	3	3	3	1	3	40	3.84	7.36	3
22	3	3	3	3	1	3	90	2.93	7.52	4
23	4	3	3	3	3	3	50	7.05	32.31	2
24	4	3	3	3	3	3	55	7.62	27.93	2
25*	4	3	3	3	3	3	40	8.45	29.39	2
26*	4	3	3	3	1	3	65	5.91	16.78	6
27	4	3	3	3	1	3	85	6.19	14.77	4
28	4	3	3	3	1	3	80	6	14.06	4
29	4	3	3	3	1	3	60	6.1	15.12	6
30*	4	3	3	3	2	3	85	3.6	16.56	4
31	5	2	3	4	1	2	70	10.36	30.85	6
32	5	2	3	4	1	2	90	10.48	26.47	5