

## **PENGELOMPOKAN KELAS KEKUATAN PADA BEBERAPA JENIS KAYU BERDASARKAN SIFAT MEKANIK DENGAN MENGUNAKAN ANALISIS GEROMBOL**

**Muhammad Safri \***  
**Muhammad Nur Aidi\*\***

\*Doktor Ekonomi Lingkungan dan Sumber Daya Alam, Jurusan Ilmu Ekonomi dan Studi  
Pembangunan, Fakultas Ekonomi Universitas Jambi, Kampus Pinang Masak, \* Dosen Statistik IPB  
email: [saf59\\_idl@yahoo.com](mailto:saf59_idl@yahoo.com)

### **ABSTRACT**

Tulis ini menyajikan suatu proses klasifikasi kayu dengan metode kombinasi antara klasifikasi tidak terbimbing dengan klasifikasi terbimbing. Pada klasifikasi tidak terbimbing digunakan metode Analisis Gerombol berhirarki. Hasil Analisis Gerombol tersebut selanjutnya dipakai sebagai acuan untuk menyusun fungsi pembeda dengan menggunakan Analisis Diskriminan. Dengan kombinasi prosedur tersebut terbukti dengan jelas bahwa hasil pengelompokkan benar-benar mampu membedakan antar kelompok serta ciri-ciri kelompok, yakni nilai rata-rata setiap variabel antar kelompok memang signifikan berbeda.

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Kayu merupakan salah satu produk alam yang sangat penting. Sekitar sepertiga luas permukaan lahan dunia tertutup oleh hutan yang mengandung persediaan kayu sekitar 300.000 juta m<sup>3</sup> (Steinlin, 1979 dalam Fengel dan Wegeler, 1995).

Penggunaan kayu sudah lama dikenal sebagai bahan bangunan dan sumber bahan mentah kimia. Salah satu karakteristik yang paling penting adalah sifatnya yang dapat diperbarui, sehingga kayu tetap menjadi andalan sebagai bahan baku produk-produk yang digunakan. Umumnya orang lebih tertarik menggunakan jenis kayu yang sudah dikenalnya dibandingkan dengan jenis kayu yang dikenal karena yakin dengan kekuatannya. Padahal masih banyak jenis kayu lain yang mungkin memiliki kekuatan yang sama atau lebih baik.

Kekuatan kayu di Indonesia dibagi menjadi 5 kelas kuat berdasarkan berat jenisnya, walaupun menurut Karnasudirja *et. Al* (1973), klasifikasi tersebut sebenarnya bersifat sementara. Kayu yang belum dikenal di pasaran biasanya belum diketahui kelas kekuatannya sehingga masyarakat tidak memiliki referensi untuk memilihnya. Oleh karena itu, usaha pengelompokkan jenis-jenis kayu yang belum dikenal sangat diperlukan. Salah satu cara pengelompokkan kelas kuat kayu adalah berdasarkan sifat-sifat fisik dan mekaniknya.

### **1.2. Tujuan**

Paper ini ditulis dengan tujuan mengelompokkan 50 jenis kayu berdasarkan sifat fisik dan mekanik, sekaligus mengaplikasikan pengetahuan Analisis Peubah Ganda (Multivariat) untuk kepentingan analisis tersebut.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Sifat Kayu**

Diperkirakan terdapat sekitar 4000 jenis kayu di Indonesia. Empat ratus jenis diantaranya memiliki potensi perdagangan. Dari 400 jenis tersebut, 259 jenis diantaranya sudah dikenal dalam perdagangan yang dikelompokkan dalam 120 jenis kayu perdagangan (Martawijaya *et al.*, 1989).

Untuk kepentingan penggunaan dan penetapan nilai jual, berbagai jenis kayu perdagangan dikelompokkan menurut sifat kekuatan (kelas kuat) dan keawetannya (kelas awet). Kelas kuat kayu ditentukan berdasarkan Berat Jenis (BJ), Keteguhan Lengkung Mutlak dan Keteguhan Tekan Mutlak (Vademecum Kehutanan Indonesia, 1976). Kelas awet kayu berkorelasi dengan berat jenis dan kandungan zat ekstraktif (Seng, 1990).

Di Indonesia sifat kekuatan kayu dibagi menjadi 5 kelas kuat yaitu (Vademecum Kehutanan Indonesia, 1976; Standar Nasional Indonesia, 1999):

- Kelas kuat I (sangat kuat)
- Kelas kuat II (kuat)
- Kelas Kuat III (Kurang kuat)
- Kelas kuat IV (tidak kuat)
- Kelas kuat V (sangat tidak kuat)

## 2.2. Analisis Multivariat (*Multivariate Analyses*)

Analisis statistik peubah ganda (multivariat) merupakan sekumpulan prosedur yang melibatkan observasi dan analisis 2 peubah (variabel) atau lebih secara bersama-sama ([http://en.wikipedia.org/wiki/Multivariate\\_statistics](http://en.wikipedia.org/wiki/Multivariate_statistics)).

Jenis data dalam analisis multivariat dapat dibagi menjadi data metrik dan data non metrik. Data metrik diperoleh dengan mengukur dan bisa mempunyai desimal. Data metrik dikategorikan lagi menjadi interval dan data rasio. Sedangkan data non metrik adalah data yang didapat dengan cara menghitung (counting), tidak mempunyai desimal dan dapat dilakukan kategorisasi. Data non metrik dibagi menjadi data nominal dan data ordinal (Santoso, 2005).

Variat atau peubah bisa didefinisikan sebagai suatu kombinasi linear dari variabel-variabel (peubah) dengan bobot variabel yang ditentukan secara empiris. Sebagai contoh dari persamaan regresi berganda :  
Nilai variat =

$$w_1 \cdot X_1 + w_2 \cdot X_2 + w_3 \cdot X_3 + \dots + w_n \cdot X_n$$

Dimana  $x_n$  adalah variabel yang telah ditentukan oleh peneliti dan  $w_n$  adalah hasil dari proses multivariat.

Nilai variat adalah hasil dari perkalian dan penjumlahan  $w$  dan  $x$  yang menghasilkan suatu nilai variat tertentu (Santoso, 2005).

Ada beberapa metode atau model analisis multivariat yang dapat dikerjakan dengan software SPSS, diantaranya (Santoso 2005; Wuensch, 2005; [http://en.wikipedia.org/wiki/Multivariate\\_statistics](http://en.wikipedia.org/wiki/Multivariate_statistics)):

- 1 Analisis faktor
- Analisis diskriminan
- Analisis Cluster (K-Means Cluster dan Hierarchical Cluster)
- Analisis komponen utama (Principal Components Analyses)
- Multi Regression analisis
- Logistic regression
- Multivariate analysis of variance (MANOVA)

### 2.2. 1. Analisis Komponen Utama (Principal Components Analysis)

Dalam Analisis Komponen Utama (AKU) dan Analisis Faktor, orang bermaksud mengekstrak dari satu set  $p$  variabel berkurang menjadi satu set  $m(m \leq p)$  komponen atau faktor yang masih dapat menerangkan hampir semua keragaman (variance) informasi dalam  $p$  variabel. Dengan kata lain, kita ingin mengurangi satu set  $p$  variabel satu set  $m$  yang masih dapat menerangkan informasi yang dimiliki oleh variabel asalnya (Wuensch, 2005).

Tujuan dari AKU adalah (Wuensch, 2005):

- Mereduksi Data, Khususnya peubahnya
- Interpretasi

Jika peubah asal yang diamati dinotasikan sebagai vektor  $\underline{X}' = (X_1, X_2, \dots, X_p)$  yang mengikuti sebaran peubah ganda tertentu dengan vektor nilai tengah  $\mu$  dan matriks ragam peragam  $\Sigma$  dan matriks korelasi  $R$ , maka komponen utama ke  $j$  atau ( $Y_j$ ) yang terbentuk merupakan kombinasi linear dari  $p$  peubah asal yang dinyatakan dalam bentuk persamaan:

$$Y_j = a_{1j}X_1 + a_{2j}X_2 + \dots + a_{pj}X_p \\ = a_j' X$$

Dimana  $a_j$  adalah vektor ciri yang berpadanan dengan akar ciri ( $\lambda_j$ ).

Jika peubah asal memiliki satuan yang sama, maka komponen utama diturunkan dari matriks ragam peragam  $\Sigma$ . Jika peubah asal memiliki satuan pengukuran yang berbeda, maka komponen utama diturunkan dari matriks korelasi  $R$  (Wuensch, 2005).

Banyaknya komponen utama ditentukan dari proporsi keragaman kumulatif sebesar 75 % atau lebih dari keragaman total (Morrison, 1990). Keeratan hubungan antara peubah asal dengan komponen utama dapat dilihat dari besarnya koefisien korelasi antara peubah asal dengan komponen utama. Jika yang digunakan adalah matriks korelasi,

maka korelasi antara peubah  $X_i$  dengan komponen utama  $j$ ,  $Y_j$  adalah (Wuensch, 2005):

$$r_{ij} = a_i \sqrt{\lambda_j}$$

dimana  $\lambda_j$  adalah akar ciri pada komponen utama ke  $j$  dan  $a_i$  adalah vektor ciri ke  $i$ . Jika yang digunakan matriks ragam peragam  $\Sigma$ , maka korelasinya adalah :

$$r_{ij} = a_i \sqrt{\frac{\lambda_j}{\text{var}(x_i)}}$$

Dimana  $\text{var}(X_i)$  adalah ragam pada peubah asal  $X_i$ .

## 2.2.2. Analisis Gerombol (*Cluster Analyses*)

Analisis gerombol termasuk pada *interdependence techniques*, dimana pada analisis ini bertujuan mengelompokkan variabel atau objek. Dalam hal ini perlakuan dilakukan terhadap baris (Santoso, 2005).

Tujuan utama analisis gerombol adalah mengelompokkan obyek-obyek berdasarkan kesamaan karakteristik di antara obyek-obyek tersebut. Obyek-obyek tersebut diklasifikasikan dalam satu atau lebih gerombol (*cluster*) sehingga obyek-obyek yang berada dalam satu cluster mempunyai kemiripan satu dengan yang lain (Santoso, 2005).

Cluster yang baik adalah yang mempunyai *homogenitas* (kesamaan) yang tinggi antar anggota dalam satu cluster dan mempunyai *heterogenitas* (perbedaan) yang

tinggi antar *cluster* yang satu dengan *cluster* lainnya (Santoso, 2005).

Untuk analisis *cluster* diperlukan proses sebagai berikut (Santoso, 2005):

a. Mengukur kesamaan antar obyek (*similarity*), yaitu dengan cara:

- Mengukur korelasi antar sepasang obyek pada beberapa variabel.
- Mengukur jarak (*distance*) antara dua obyek, misalnya yang terkenal dengan metode *Euclidean Distance*.
- Mengukur asosiasi antar obyek.

Pengukuran jarak dengan metode Euclidean digunakan jika tidak ada korelasi antar peubah yang diamati, secara matematis ditulis:

$$\Delta_{jk} = \left[ \sum_{i=1}^n (X_{ij} - X_{ik})^2 \right]^{1/2}$$

$\Delta_{jk}$  adalah jarak obyek  $j$  dan  $k$ ,  $X_{ij}$  adalah nilai peubah  $X_i$  untuk obyek ke  $j$  dan  $X_{ik}$  adalah nilai peubah  $X_i$  untuk obyek ke  $k$ .

b. Membuat *cluster*, yang dapat dilakukan dengan dua metode yaitu:

- *Hierarchical Method* dengan bantuan dendrogram. Pengelompokan dimulai dengan dua atau lebih obyek yang mempunyai kesamaan paling dekat. Kemudian proses diteruskan ke obyek lain yang mempunyai kedekatan kedua dan seterusnya sehingga membentuk “pohon hirarki”.

- *Non hierarchical Method (K-Means Cluster)*. Metode ini dimulai dengan menentukan terlebih dahulu jumlah *cluster* yang diinginkan. Kemudian proses *cluster* dilakukan tanpa mengikuti proses hierarki.

c. Melakukan validasi dan *profiling cluster*. *Cluster* yang terbentuk diuji validasinya kemudian dilakukan proses *profiling* untuk menjelaskan karakteristik setiap *cluster*. Dari data *profiling* dapat dilakukan analisis lanjutan seperti analisis diskriminan.

Ada beberapa metode untuk melakukan proses *clustering* secara hirarki yaitu (Santoso, 2005):

- *Single linkage*, mengelompokkan dua obyek yang mempunyai jarak terdekat terlebih dahulu.
- *Complete linkage*, mengelompokkan dua obyek yang mempunyai jarak terjauh terlebih dahulu.
- *Average linkage*, mengelompokkan berdasarkan jarak rata-rata yang didapat dengan melakukan rata-rata semua jarak antar obyek terlebih dahulu.
- *Ward's method*, jarak antar dua *cluster* adalah jarak diantara dua *centroid cluster-cluster*. *Centroid* adalah rata-rata jarak yang ada pada sebuah *cluster* yang didapat dengan melakukan rata-rata pada semua anggota suatu *cluster*. Setiap terjadi *cluster* baru, segera terjadi penghitungan ulang

- *centroid* sampai terbentuk *cluster* yang tetap.

Dalam analisis gerombol (*cluster analyses*), diasumsikan bahwa (Santoso, 2005):

- Sampel yang diambil benar-benar bisa mewakili populasi.
- Multikolinieritas yaitu kemungkinan adanya korelasi antar obyek, sebaiknya tidak ada; seandainya ada multikolinieritas, besarnya tidaklah tinggi (misalnya di atas 0,5).

Dalam analisis gerombol mungkin data sangat bervariasi dalam satuan. Perbedaan satuan yang mencolok dapat menyebabkan bias dalam analisis, oleh karena itu, data asli harus ditransformasi (standarisasi) sebelum dianalisis ke dalam bentuk *z score* (Santoso, 2005).

Metode penggerombolan (*clustering*) hirarki terbagi menjadi dua yaitu yang bersifat *agglomerative* (penggabungan) dan *divisive* (pemecahan). Hasil dari analisis gerombol disajikan dalam bentuk dendrogram. Pemotongan dendrogram dapat dilakukan pada selisih jarak penggabungan terbesar (Dillon dan Goldstein, 1984).

### 3. Analisis Diskriminan (*Discriminant Analyses*)

Analisis diskriminan merupakan metode *multivariate dependence*, yaitu adanya variabel dependen dan independen, Ciri khususnya adalah data variabel dependen yang harus berupa data kategori, sedangkan data

independen berupa data non kategori. Variabel dependen bisa berupa kode seperti grup 1 atau grup 2 atau kode lainnya (Santoso, 2005).

Analisis diskriminan bertujuan untuk (Santoso, 2005):

- Mengetahui apakah ada perbedaan yang jelas antar grup pada variabel dependen atau apakah ada perbedaan antara anggota grup 1 dan anggota grup 2.
- Jika ada perbedaan, variabel independen manakah pada fungsi diskriminan yang membuat perbedaan tersebut.
- Membuat fungsi atau model diskriminan yang pada dasarnya mirip dengan persamaan regresi.
- Melakukan klasifikasi terhadap obyek (dalam terminologi SPSS disebut baris), apakah suatu obyek (misalnya nama tumbuhan) termasuk pada grup 1, grup 2 atau lainnya.

Proses analisis diskriminan meliputi (Santoso, 2005)

- Memisah variabel-variabel menjadi variabel dependen dan independen.
- Menentukan metode untuk membuat fungsi diskriminan. Ada dua metode dasar untuk ini, yaitu:
  - *Simultaneous Estimation*, dimana semua variabel dimasukkan secara bersama-sama dan kemudian dilakukan proses diskriminan

- *Step-Wise Estimation*, dimana variabel dimasukkan
- satu per satu ke dalam model diskriminan. Pada proses ini ada variabel yang tetap ada pada model dan ada kemungkinan satu atau lebih variabel independen yang dibuang dari model.
- Menguji signifikansi dari fungsi diskriminan yang telah terbentuk, menggunakan Wilk's Lambda, Pillai, F test dan lainnya.
- Menguji Ketepatan klasifikasi dari fungsi diskriminan, termasuk mengetahui ketepatan
- klasifikasi secara individual dengan *Casewise Diagnostic*.
- Melakukan interpretasi terhadap fungsi diskriminan
- Melakukan uji validasi fungsi diskriminan.

Asumsi penting yang harus dipenuhi agar model diskriminan bisa digunakan adalah (Santoso, 2005):

- *Multivariate Normality* atau variabel independen berdistribusi normal.
- Matriks kovarians dari semua variabel independen seharusnya sama (equal).
- Tidak ada korelasi antar variabel independen
- Tidak adanya data yang sangat ekstrim (outlier) pada variabel independen.

Secara pasti tidak ada jumlah sampel yang ideal pada analisis diskriminan, tetapi pedoman yang umum adalah setiap variabel

independen sebaiknya minimal 5 sampel. Dalam SPSS jika ada enam kolom variabel independen maka sebaiknya ada 30 baris data (Santoso, 2005).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Sumber Data

Data yang digunakan merupakan data sekunder yang diambil dari sebagian hasil penelitian Pusat Penelitian dan Pengembangan Teknologi Hasil Hutan, Departemen Kehutanan yang dikutip dalam Purnamasari (2002).

Peubah yang diamati:

- MOE (*Modulus of Elasticity*) ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_1$
- MOR (*Modulus of Rupture*) atau tegangan pada batas patah ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_2$
- Tekan maksimum sejajar arah serat ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_3$
- Geser Radial ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_4$
- Geser Tangensial ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_5$
- Kekerasan ujung ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_6$
- Kekerasan sisi ( $\text{kg/cm}^2$ ) sebagai  $X_7$
- Berat Jenis ( $\text{kg/dm}^3$ ) sebagai  $X_8$

#### 3.2. Metode

Prosedur analisis data adalah sebagai berikut:

- Memeriksa korelasi antar peubah, jika terdapat korelasi antar peubah maka dilakukan



- analisis komponen utama. Karena satuan pengukurannya berbeda maka analisis komponen utama dilakukan dengan matriks korelasi.
- Melakukan transformasi ke dalam bentuk baku *Z score* karena peubah asal memiliki satuan yang berbeda.
- Melakukan analisis gerombol dengan metode hirarki. Jarak yang digunakan adalah jarak Euclidean dan metode perbaikan jarak yang digunakan adalah metode *average linkage*.
- Menyanjikan hasil analisis gerombol dalam bentuk dendrogram. Pemotongan dendrogram dilakukan pada selisih jarak penggabungan terbesar atau pada jarak dimana gerombol yang dihasilkan lebih bermakna.
- Karakteristik masing-masing gerombol diketahui dari nilai rata-rata skor komponen dari masing-masing gerombol.

#### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1. Korelasi Antar Peubah Amatan

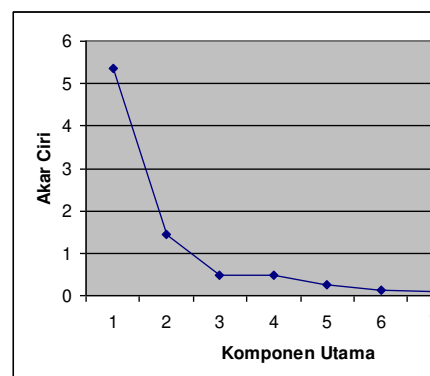
Hasil korelasi menunjukkan semua pasangan memiliki korelasi positif yang signifikan. Korelasi tertinggi terjadi pada peubah kekerasan kayu yang direpresentasikan oleh peubah kekerasan ujung ( $X_6$ ) dan kekerasan sisi  $X_7$  sebesar 0.978. Ini berarti

kekerasan untuk kayunya relatif sama, baik dari ujung maupun sisi. Nilai tegangan pada batas patah (MOR) berhubungan erat dengan tekan sejajar dan kekerasan ujung maupun kekerasan sisi. Begitu juga dengan geser radial ( $X_4$ ) dan geser tangensial ( $X_5$ ) saling berkorelasi erat sebesar 0.835.

Nilai korelasi yang rendah diperoleh dari peubah elastisitas ( $X_1$ ) dengan geser radial ( $X_4$ ) sebesar 0,159 serta antara elastisitas dengan geser tangensial ( $X_5$ ) sebesar 0.231.

##### 4.2. Analisis Komponen Utama

Sebelum dilakukan analisis komponen utama (AKU) maka peubah ditransformasikan ke dalam bentuk baku *Z score* karena peubah-peubah tersebut memiliki satuan yang berbeda.



Gambar 1. *Plo Scree* dari semua komponen utama



Dari Gambar 1 dan Tabel 1 terlihat bahwa hanya 2 komponen utama (KU) pertama yang memiliki eigenvalue lebih besar dari 1 dan terdapat penurunan yang tajam antara komponen utama 1 dan komponen utama 2. Sementara setelah komponen utama 2 penurunan mulai tidak signifikan (lebih landai) sampai komponen utama 8.

Jika hanya diambil satu komponen utama yang ke 1 nilai eigenvalue-nya masih sebesar 67% sehingga dianggap

belum dapat menggambarkan keragaman total, tetapi jika ditambahkan komponen utama ke2, nilai eigenvalue kumulatifnya menjadi 81,3%. Nilai ini dianggap sudah menggambarkan keragaman total. Ini berarti apabila kedelapan peubah ( $X_1$  sampai  $X_8$ ) akan direduksi menjadi dua peubah, maka kedua peubah tersebut sudah dapat menjelaskan 81,3 persen dari total keragaman kedelapan peubah tersebut.

Tabel 1. Ragam total yang dapat dijelaskan (Total Variance Explained)

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	5.363	67.034	67.034	5.363	67.034	67.034
2	1.144	14.304	81.338	1.144	14.304	81.338
3	.497	6.215	87.553			
4	.472	5.902	93.455			
5	.263	3.292	96.747			
6	.141	1.794	98.511			
7	.099	1.237	99.748			
8	.020	.252	100.000			

Tabel 2. Matriks Komponen

	Komponen	
	1	2
X6	.928	-.045
X7	.921	-.060
X2	.911	-.148
X3	.891	-.190
X8	.801	-.154
X5	.743	.574
X4	.687	.640
X1	.603	-.564

Tabel 3. Hasil Analisis Gerombol Berhierarchy

Gerombol	Nomor Jenis
I	3, 44, 26, 41, 46, 48, 13, 29, 32, 14, 39, 21, 28, 17, 25, 2, 11, 5, 7, 10, 15, 4, 22, 27, 12, 37, 31, 23, 38
II	6, 34, 20, 40, 43, 8, 42, 30, 35, 16, 24, 33, 39, 19, 47, 18, 50, 45, 36
III	9

Dari matriks komponen pada Tabel 2, jika diturunkan dalam bentuk persamaan matematis adalah sebagai berikut:

$$Y_1 = KU_1 = 0,928X_6 + 0,921X_7 + 0,911X_2 + 0,891X_3 + 0,801X_8 + 0,743X_5 + 0,687X_4 + 0,603X_1$$

$$Y_2 = KU_2 = -0,045X_6 - 0,060X_7 - 0,148X_2 - 0,190X_3 - 0,154X_8 + 0,574X_5 + 0,640X_4 - 0,564X_1$$

Dari matriks komponen pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa pada komponen utama ke-1 seluruhnya menunjukkan korelasi positif dengan sifat mekanik kayu. Berarti bila nilai peubah-peubah  $X_1$  sampai  $X_8$  meningkat tinggi, kekuatan kayu akan meningkat. Pada komponen utama kedua menunjukkan korelasi positif yang tinggi dengan sifat geser radial (peubah  $X_4$ ) dan sifat geser tangensial ( $X_5$ ) dengan nilai masing-masing 0,574 dan 0,640. Dari hubungan tersebut, maka bisa dikatakan jika kayu memiliki nilai skor kekuatan tinggi maka keteguhan gesernya tinggi.

#### 4.3. Analisis Gerombol

Analisis gerombol dilakukan menggunakan metode hirarki dengan pautan rata-rata (*average linkage*) dan jarak euclidean. Jarak yang dihasilkan dendrogram maksimal 25, jika dipotong pada jarak 15 maka akan menghasilkan 3 gerombol (*cluster*) seperti disajikan Tabel 3.

Pemotongan pada jarak 15 dianggap dapat menggambarkan prinsip pengelompokan yang diinginkan yaitu bahwa terdapat jarak yang terjauh (ketidakmiripan) antar kelompok tetapi memiliki jarak yang kecil di dalam kelompok.

Berdasarkan pengelompokan kelas kuat kayu yang dibuat dan digunakan di Departemen Kehutanan (Seng, 1990; Departemen Kehutanan, 1992), secara berurutan jenis-jenis kayu dari gerombol 1 sampai 3 kekuatannya semakin meningkat. Sebagai contoh jenis pohon nomor 46 (*Toona sureni*) pada gerombol 1, menurut Departemen Kehutanan termasuk kelas kuat IV (tidak kuat). Sementara jenis pohon nomor 24 pada gerombol 2 (*Dillenia*

*obovata*) termasuk kelas kuat III (kurang kuat) dan nomor jenis pohon 9 (*Calophyllum inophyllum*) pada gerombol 3 memiliki kelas kuat II (kuat).

#### 4.4. Analisis Diskriminan (Discriminant Analyses)

Untuk analisis ini gerombol III tidak dimasukkan karena hanya terdiri dari 1 anggota saja. Hasil analisis diskriminan dengan menggunakan Minitab menunjukkan proporsi ketepatan klasifikasi sebesar 98%. Persentase ketepatan tersebut dianggap bisa diterima karena analisis fungsi diskriminan tidak selalu (bahkan jarang) diperoleh fungsi diskriminan dengan tingkat ketepatan yang sempurna (100%). Kesalahan klasifikasi terjadi hanya pada satu individu jenis kayu pada Grup 1 (Tabel 4).

Tabel 4. Hasil klasifikasi berdasarkan analisis diskriminan

		Hasil Klasifikasi		% salah klasifikasi
		1	2	
seharusnya	1	29	0	0
	2	1	19	5
		Total		2

Tabel 5. Fungsi diskriminan linear untuk kelompok

Konstanta	Fungsi Diskriminan	
	1	2
	<b>-0.9708</b>	<b>-2.5702</b>
X1	-0.1791	-1.8471
X2	0.4283	1.7332
X3	0.3226	-0.6699
X4	0.1230	-0.3462
X5	-1.1660	1.8045
X6	-2.4612	3.5592
X7	-0.1381	-0.0351
<b>X8</b>	<b>0.2364</b>	<b>-0.4864</b>

Berdasarkan Tabel 5 dapat ditulis fungsi diskriminan linear secara matematis sebagai berikut:

$$Y_1 = -0.9708 - 0.1791X_1 + 0.4283X_2 + 0.3226X_3 + 0.1230X_4 - 1.1660X_5 - 2.4612X_6 - 0.1381X_7 + 0.2364X_8$$

$$Y_2 = -2.5702 - 1.8471X_1 + 1.7332X_2 - 0.6699X_3 - 0.3462X_4 + 1.8045X_5 + 3.5592X_6 - 0.0351X_7 - 0.4864X_8$$

#### 4.5. Peubah Dominan Setiap Gerombol

Untuk mengetahui peubah mana yang paling menentukan dalam setiap gerombol maka dilakukan Analisis Komponen Utama, terhadap setiap gerombol. Hasil analisis dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Tabel 6. Komponen Matrik Pada Gerombol 1

Peubah	Komponen
	1
X2	.955
X3	.935
X7	.883
X6	.882
X8	.882
X1	.853
X4	.769
X5	.747

Tabel 7. Komponen Matrik Pada Gerombol 2

Peubah	Komponen	
	1	2
X2	.882	.038
X6	.856	.211
X7	.847	.244
X1	.717	-.244
X3	.697	.343
X5	-.641	.453
X8	.460	.456
X4	-.529	.764

Dari Tabel 6 dan Tabel 7 dapat diketahui bahwa untuk kedua gerombol, peubah yang menjadi penentu sifat kekuatan adalah MOR ( $X_2$ ), sedangkan untuk peubah dominan yang kedua terjadi perbedaan untuk gerombol 1 adalah tekan sejajar ( $X_3$ ) dan untuk gerombol 2 adalah kekerasan ujung

Jumlah komponen utama yang menggambarkan keragaman total untuk setiap gerombol berbeda. Pada gerombol 1 nilai kumulatif sudah mencapai 74.9 % dengan satu komponen utama. Sementara pada gerombol 2, dengan 2 komponen utama nilai kumulatif baru mencapai 67.6%.

#### 4.6. Uji Beda Nilai Rata-Rata (*mean*) Antar Gerombol

Uji beda nilai rata-rata (*Mean*) dilakukan untuk mengetahui apakah nilai rata-rata masing-masing peubah dalam kedua populasi (Gerombol 1 dan Gerombol 2) berbeda secara signifikan atau tidak. Jika hasil uji nilai rata-rata antar kedua populasi (gerombol) tersebut berbeda secara signifikan, berarti pengelompokkan tersebut dikatakan baik dan sebaliknya.

Dari hasil uji beda nilai rata-rata terhadap setiap peubah dari kedua populasi yang dilakukan secara individual, ternyata hasilnya menunjukkan nilai rata-rata kedua gerombol berbeda nyata pada selang kepercayaan 95%, sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua gerombol memiliki karakter (kekuatan) yang berbeda. Dengan perkataan lain, penggerombolan yang dilakukan dengan analisis gerombol pada subbab C di atas sangatlah efektif.

## V. PENUTUP

Dari hasil analisa komponen utama menunjukkan bahwa dengan dua komponen utama telah menggambarkan keragaman total dari seluruh peubah.

Dengan analisis gerombol berhirarki dihasilkan tiga gerombol sifat mekanis yang menjadi pembeda kelas kuat kayu.

Berdasarkan analisis diskriminan menunjukkan tingkat ketepatan klasifikasi total 98% dan hanya satu jenis pohon yang salah klasifikasi (*misclassification*).

Berdasarkan hasil AKU, peubah yang paling menentukan dalam gerombol 1 dan gerombol 2 adalah MOR ( $X_2$ ).

Berdasarkan uji beda nilai rata-rata antara gerombol 1 dan gerombol 2 ternyata terdapat perbedaan yang signifikan, sehingga dapat disimpulkan penggerombolan yang dilakukan sangat efektif.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alhusin, S. 2003. Aplikasi Statistik Praktis dengan SPSS for Windows (Edisi Revisi). Penerbit Graha Ilmu. Yogyakarta
- Departemen Kehutanan. 1992. Manual Kehutanan. Departemen Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Departemen Pertanian. 1976. Vademacum Kehutanan Indonesia. Departemen Pertanian, Direktorat jenderal Kehutanan.
- Dillon, W.R. dan M. Goldstein. 1984. Multivariate Analysis Methods and Application. John Wiley and Sons Inc. New York.
- Fengel and Weleger. 1995. Kayu Kimia Ultrastruktur Reaksi-Reaksi. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Multivariate\\_statistics](http://en.wikipedia.org/wiki/Multivariate_statistics). Diakses tanggal 13 Juni 2007.
- Irawan, N dan S.P. Astuti. 2006. Mengolah Data Statistik dengan Mudah Menggunakan Minitab 14. CV Andi Offset. Yogyakarta.
- Karnasudirdja, S. B Ginoga dan O Rachman. 1973. Klasifikasi Kekuatan Kayu Berdasarkan Hubungan antara Keteguhan Lentur Patah dengan Sifat Keteguhan Kayu Lainnya. Laporan No. 115 Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Bogor.
- Martawijaya, A., Iding Kartasujana, Y.I. Mandang, S.A. Amongprawira dan K. Kadir. 1989. Atlas Kayu Indonesia. Departemen Kehutanan, Badan Litbang Kehutanan, Bogor.
- Morrison, D. F. 1990. Multivariate Statistical Methods. McGraw-Hill. San Fransisco.
- Purnamasari, S. 2002. Pengelompokan Beberapa Jenis Kayu Berdasarkan Sifat Mekanik dengan Analisis Gerombol. Skripsi Jurusan Statistika, fakultas MIPA-IPB.