

Kriteria dan Klasifikasi Tingkat Degradasi Lahan di Lahan Kering (Studi Kasus : Lahan Kering di Kabupaten Bogor)

A Preliminary Criteria and Classification of Land Degradation Level on Dryland (Case Study : Dryland in Bogor Regency)

SANTUN R.P. SITORUS¹, B. SUSANTO², DAN D. HARIDJAJA³

ABSTRAK

Optimalisasi pemanfaatan lahan kering di Indonesia termasuk di Kabupaten Bogor pada umumnya masih banyak menghadapi kendala. Salah satu penyebabnya adalah degradasi lahan. Sementara itu, data sebaran luas lahan terdegradasi masih belum pasti, karena kriteria dan prioritas penanganannya masih berbeda antar instansi. Penelitian dilakukan di tiga kecamatan yaitu, Kecamatan Sukamakmur, Babakan Madang dan Cigudeg, Kabupaten Bogor. Tujuan penelitian ini adalah (1) mengetahui variabel penentu tingkat degradasi lahan, dan (2) menyusun kriteria (selang pengkelasan) dan klasifikasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau dan semi-detil berdasarkan variabel penentu tingkat degradasi lahan. Metode pengumpulan data adalah metode survei melalui studi kasus. Pengumpulan data biofisik lahan dan pengambilan contoh tanah dilakukan pada 60 daerah kunci (*key region*) (diperoleh dari 3 kecamatan x 5 kelas kekritisan x 4 ulangan). Masing-masing *key region* diambil contoh tanah utuh dengan ring sampel dan contoh tanah komposit sehingga keseluruhan contoh berjumlah 60 contoh tanah utuh dan 60 contoh tanah komposit. Teknik analisis data adalah: analisis diskriminan (*Discriminant Analysis*) dan analisis gerombol (*Cluster Analysis*). Penelitian ini menghasilkan tiga kriteria (selang pengkelasan) untuk lima variabel penentu degradasi lahan pada skala tinjau dan delapan variabel penentu degradasi lahan pada skala semi-detil. Kelima variabel penentu degradasi lahan untuk tingkat tinjau adalah jenis bahan induk, lereng, tindakan konservasi tanah (nilai P), fraksi debu dan jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C). Kedelapan variabel penentu tingkat degradasi lahan untuk skala semi-detil adalah: jenis bahan induk, lereng, tindakan konservasi tanah (nilai P), fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C), P-tersedia, Al-dd, dan H-dd. Penelitian ini juga menghasilkan tiga kelas klasifikasi tingkat degradasi lahan untuk skala tinjau dan semi-detil. Klasifikasi tingkat degradasi lahan untuk skala tinjau yaitu : 1) lahan terdegradasi ringan (skor < 16), 2) lahan terdegradasi sedang (skor 16-39), dan 3) lahan terdegradasi berat (skor > 39). Klasifikasi tingkat degradasi lahan untuk skala semi-detil yaitu : 1) lahan terdegradasi ringan (skor < 15), 2) lahan terdegradasi sedang (skor 15-38), dan 3) lahan terdegradasi berat (skor > 38).

Kata kunci : Degradasi lahan, Klasifikasi, Kriteria, Lahan kering

ABSTRACT

Optimization of dry land utilization in Indonesia including in Bogor Regency is generally still has a lot of constraints. One of the causes is land degradation. At the moment, land degradation inventory is still resulting tentative acreages, since the criterion and overcome priority were different among institutions. This

research aims (1) to know variables affecting level of land degradation, and (2) to compose criterion (classes range) and classification of land degradation level in dry land both for reconnaissance and semi-detail scales based on variables affecting level of degradation. The research was conducted at three subdistricts, namely Sukamakmur, Babakan Madang and Cigudeg subdistricts. Data was collected on surveys through a case study. Biophysical data and soil samples were collected at 60 key regions (derived from 3 subdistricts x 5 land critical levels x 4 replications). On each key region, undisturbed and composite soil samples were collected, altogether 60 undisturbed and 60 composite soil samples. The data were analyzed using discriminant analysis and cluster analysis. This research was resulting three criterions (range of classes) for five variables determining level of land degradation for reconnaissance and eight variables for semi-detail scales. The five variables for reconnaissance scale were type of bedrock, slope, conservation practices (P-value), silt percentage, and land use/vegetation (C-value). The eight variables for semi-detail scale were type of bedrock, slope, conservation practices (P-value), silt percentage, land use/vegetation (C-value), P-available, exchangeable Al, and H. This research had also generated three degradation levels for reconnaissance and semi-detail scales. The classification of land degradation for reconnaissance scale were (1) slightly degraded land (score < 16), (2) moderately degraded land (score 16-39), and (3) strongly degraded land (score > 39). Whilst, the classification of land degradation for semi-detail scale were (1) slightly degraded land (score < 15), (2) moderately degraded land (score 15-38), and (3) strongly degraded land (score > 38).

Keywords : Land degradation Classification, Criterion, Dryland

PENDAHULUAN

Degradasi lahan adalah proses penurunan produktivitas lahan yang sifatnya sementara maupun tetap dicirikan dengan penurunan sifat fisik, kimia dan biologi. Lahan kritis merupakan salah satu bentuk lahan terdegradasi (Dariah *et al.*, 2004). Luas lahan kritis di Kabupaten Bogor pada tahun

1. Guru besar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian dan Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
2. Peneliti pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat.
3. Pengajar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian dan Sekolah Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor.

2008 mencapai 25.229,98 ha (Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Bogor, 2008). Menurut Dariah *et al.* (2004), penyebab utama degradasi lahan di Indonesia adalah erosi air sebagai akibat curah hujan dengan jumlah dan intensitas yang tinggi terutama di Indonesia Bagian Barat. Selain itu, juga disebabkan pengelolaan lahan kering berlereng yang tidak memperhatikan aspek konservasi tanah dan kelestarian lingkungan, serta pencemaran bahan kimia (Syam, 2003; Singer and Munns, 2006; Tan, 2009). Proses degradasi lahan yang disebabkan oleh erosi air dikategorikan sebagai degradasi erosif yaitu proses degradasi yang berhubungan dengan pemindahan bahan atau material tanah oleh kekuatan air (Sitorus, 2009).

Dalam rangka mendukung rencana pemerintah mendayagunakan lahan kering terdegradasi untuk pengembangan pertanian, maka perlu dilakukan identifikasi dan inventarisasi lahan terdegradasi menurut tingkat degradasinya, sehingga rencana penggunaan dan tindakan rehabilitasinya dapat disusun dengan lebih terarah dan tepat sasaran. Beberapa instansi pemerintah, diantaranya: Departemen Kehutanan melalui Direktorat Jenderal Reboisasi dan Rehabilitasi Lahan dan Pusat Penelitian Tanah menggunakan berbagai pendekatan dalam upaya inventarisasi dan penanggulangan lahan terdegradasi, diantaranya adalah kriteria lahan kritis. Parameter-parameter yang digunakan dalam penilaian lahan kritis umumnya bersifat kualitatif, sehingga untuk kegunaan praktis agak sukar diaplikasikan di lapangan. Oleh karena itu, dapat dipahami terdapat perbedaan data luas dan penyebaran lahan kritis di Indonesia yang menyebabkan prioritas penanganan dan penanggulangannya pun berbeda-beda (Kurnia *et al.*, 2007).

Menurut Kurnia (2001), Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat pada tahun 2001 telah meneliti dan membuat rancang bangun kriteria lahan terdegradasi, disebut SODEG dengan menggunakan pendekatan penilaian parameter sumberdaya lahan yang bersifat alami (*natural assessment*), dan parameter sumberdaya lahan yang

dipengaruhi oleh aktivitas manusia (*antrophogenic assessment*). Namun demikian, masih diperlukan perbaikan terhadap kriteria degradasi lahan yang telah dihasilkan tersebut terutama parameter curah hujan, kedalaman tanah, serta vegetasi dan penutupannya. Selain itu, karena skala penelitiannya baru pada taraf perencanaan dan dalam aplikasinya masih banyak mengalami hambatan, maka diperlukan penelitian pengembangan kriteria dan klasifikasi tingkat degradasi lahan untuk skala operasional (lebih detil) melalui penelitian yang lebih sistematis. Berdasarkan hal tersebut maka tujuan penelitian ini adalah : (1) mengetahui variabel penentu tingkat degradasi lahan, dan (2) menyusun kriteria (selang pengkelasan) dan klasifikasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala tinjau dan semi-detil berdasarkan variabel penentu tingkat degradasi lahan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di tiga kecamatan di Kabupaten Bogor yang mewakili Wilayah Pengembangan Bogor Timur, Bogor Tengah, dan Bogor Barat yaitu : 1) Kecamatan Sukamakmur, 2) Kecamatan Babakan Madang, dan 3) Kecamatan Cigudeg. Waktu penelitian dari bulan November 2009 sampai Maret 2010.

Penelitian menggunakan data primer dan data sekunder yang mencakup karakteristik tanah, iklim dan penggunaan lahan. Peta dasar yang digunakan adalah Peta Rupa Bumi (RBI) skala 1:25.000, dengan peta pendukung berupa peta penyebaran lahan kritis Kecamatan Cigudeg, Babakan Madang, dan Sukamakmur skala 1:50.000; peta tanah Kabupaten Bogor skala 1:50.000 (Bappeda Kabupaten Bogor, 2005); serta peta RTRW Kabupaten Bogor skala 1:100.000 (Bappeda Kabupaten Bogor, 2007).

Penelitian menggunakan metode survei melalui studi kasus dan analisis di laboratorium. Pelaksanaan penelitian terdiri atas empat tahapan kegiatan, yaitu: 1) menentukan tingkat degradasi lahan sementara

berdasarkan peta lahan kritis dari Dinas Kehutanan dan Perkebunan Kabupaten Bogor, 2) melakukan survei lapang untuk mengumpulkan data primer dan data sekunder, 3) melakukan analisis laboratorium contoh tanah dan analisis data, dan 4) menyusun kriteria dan klasifikasi tingkat degradasi lahan.

Pengumpulan data biofisik lahan dan kimia tanah dilakukan pada tiap daerah kunci (*key region*), yaitu unit lahan pada tiap kategori kelas kekritisitas lahan yaitu: sangat kritis, kritis, agak kritis, potensial kritis dan tidak kritis di ketiga kecamatan. Jumlah keseluruhan *key region* ada 60 unit lahan (diperoleh dari 5 kelas kekritisitas x 4 ulangan x 3 kecamatan). Pada masing-masing *key region* diambil 1 contoh tanah utuh dengan metode ring dan 1 contoh tanah komposit sehingga keseluruhan contoh tanah berjumlah 120 (60 contoh ring dan 60 contoh komposit).

Variabel data biofisik yang dikumpulkan meliputi: curah hujan, jenis erosi, bahan induk, jenis tanah, topografi, kedalaman efektif, batuan di permukaan, singkapan batuan, jenis penggunaan lahan/vegetasi, tindakan konservasi tanah, tekstur, struktur, *bulk density* dan permeabilitas; sedangkan variabel kimia tanah meliputi pH, C-organik, N-total, P-tersedia, Ca, Mg, K, Na, Kapasitas Tukar Kation (KTK), Kejenuhan Basa (KB), Al-dd dan H-dd.

Analisis diskriminan berganda (*Multiple Discriminant Analysis*) metode *step wise* digunakan untuk memilih variabel penentu tingkat degradasi lahan dan mengklasifikasikan tingkat degradasi lahan. Model analisis diskriminan adalah sebuah persamaan yang menunjukkan suatu kombinasi linier dari berbagai variabel *independent*, dengan rumus sebagai berikut (Morrison, 1990; Simamora, 2005 dan Priyanto 2007):

$$D = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \dots + b_kX_k$$

dimana :

- D = Skor diskriminan (*criterion* atau variabel *dependent*)
- b = Koefisien diskriminan atau bobot
- X = *Predictor* atau variabel *independent*.

Analisis gerombol (*Cluster Analysis*) dilakukan untuk menentukan kriteria (selang pengkelasan) dari masing-masing variabel penentu tingkat degradasi lahan berdasarkan karakteristik yang dimiliki. Salah satu metode terbaik yang dapat digunakan untuk analisis gerombol menurut Morrison (1990) dan Simamora (2005) adalah metode *Varians Wards*. Metode varians bertujuan memperoleh kluster/kelompok yang memiliki varians internal kluster yang sekecil mungkin. Secara matematis metode varians yang didasarkan pada kriteria kedekatan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^n (v_{ik} - v_{jk})^2}$$

dimana :

- d_{ij} = Jarak *euclidean*
- v_{ik}, v_{jk} = Skor responden ke-i dan ke-j pada variabel k (k=1, 2, ..., n).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala tinjau

Pemilihan variabel penentu tingkat degradasi lahan dilakukan dengan analisis diskriminan berganda menggunakan metode *stepwise (stepwise multiple discriminant analysis)* dengan tujuan untuk menghilangkan variabel yang dianggap bermasalah (*multikolinearitas*), sehingga diperoleh variabel yang benar-benar bebas satu sama lain dan merupakan variabel yang benar-benar berperan dalam model/fungsi diskriminan. Berdasarkan analisis diskriminan berganda *stepwise* menggunakan uji F dengan signifikansi 0,20 atau tingkat kepercayaan 80% diperoleh lima variabel penentu tingkat degradasi lahan yang paling berkontribusi terhadap fungsi diskriminan pada skala tinjau, yaitu : bahan induk, tekstur fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C), tindakan konservasi tanah (nilai P) dan lereng (Tabel 1).

Tabel 1. Variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala tinjau di Kabupaten Bogor*Table 1. Determining variables of land degradation level for reconnaissance scale in Bogor Regency*

Tahap	Variabel	Wilks' Lambda		
		Lambda	Uji F	
			Statistik	Sig.
1	Bahan induk	0,60	18,91	0,00
2	Tekstur fraksi debu	0,45	13,97	0,00
3	Jenis penggunaan lahan/ vegetasi (Nilai C)	0,39	11,05	0,00
4	Tindakan konservasi tanah (Nilai P)	0,34	9,81	0,00
5	Lereng	0,32	8,30	0,00

Berdasarkan Tabel 1, dapat diketahui ada lima variabel yang mampu mendiskriminasikan terhadap masing-masing grup dengan baik. Kelima variabel tersebut dijadikan sebagai variabel penentu tingkat degradasi lahan yaitu: bahan induk (merupakan variabel yang paling berperan terhadap proses degradasi lahan), tekstur fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi, tindakan konservasi tanah, dan lereng. Penentuan bahan induk tanah di lapangan relatif mudah dilakukan, karena sudah banyak alat bantu yang dapat digunakan dalam menentukan jenis bahan induk, diantaranya : peta geologi, peta jenis tanah, maupun dengan cara pengamatan profil/singkapan tanah di lapangan. Jenis tanah di lokasi penelitian berkembang dari bahan induk volkan dan sedimen. Bahan induk volkan yaitu andesit dan tufa volkan, sedangkan bahan induk sedimen berupa batu liat/batu pasir. Jenis bahan induk tersebut cukup tahan terhadap proses degradasi.

Tekstur tanah terutama fraksi debu merupakan variabel yang cukup berkontribusi terhadap proses degradasi lahan dibandingkan dengan pasir dan liat. Hal ini disebabkan karena debu merupakan fraksi tanah yang paling mudah tererosi. Selain mempunyai ukuran yang relatif halus, fraksi ini juga tidak mempunyai kemampuan untuk membentuk ikatan (tanpa adanya bantuan bahan perekat/pengikat), karena tidak mempunyai muatan. Berbeda dengan debu, liat meskipun berukuran halus, namun karena

mempunyai muatan, maka fraksi ini dapat membentuk ikatan (Dariah *et al.*, 2004). Meyer dan Harmon (1984) menyatakan bahwa tanah-tanah bertekstur halus (didominasi liat) umumnya bersifat kohesif dan sulit untuk dihancurkan.

Jenis penggunaan lahan/vegetasi sangat berperan terhadap proses degradasi lahan, karena terkait dengan persentase tutupan lahan. Pengaruh jenis penggunaan lahan/vegetasi (faktor C) terhadap proses degradasi lahan yaitu dapat mengurangi energi tumbukan air hujan, sehingga tidak mengenai tanah secara langsung. Air hujan yang jatuh ke permukaan tanah akan menghancurkan partikel-partikel tanah dan membawanya ke tempat lain yang lebih rendah bersama aliran permukaan. Apabila aliran permukaan tidak besar pada daerah yang relatif datar akan menghasilkan erosi lembar, tetapi apabila aliran permukaan membentuk alur-alur pada permukaan tanah, dapat menghasilkan erosi alur, dan jika alur-alur yang terbentuk cukup lebar dan dalam lebih dari 0,5 m, dapat menyebabkan erosi parit (Singer and Munns, 2006). Hasil penelitian di Tianzhu, China menunjukkan bahwa tanah yang digunakan secara intensif untuk budidaya pertanian, erosi yang terjadi lebih besar dibandingkan dengan tanah yang digunakan untuk padang penggembalaan. Besarnya erosi yang terjadi pada lahan budidaya berkisar antara 3,1-9,5 kg m⁻² tahun⁻¹ atau 31-95 t ha⁻¹ tahun⁻¹, sedangkan pada lahan yang digunakan untuk padang penggembalaan

berkisar 0,3-1,3 kg m⁻² tahun⁻¹ atau 3-13 t ha⁻¹ tahun⁻¹ (Wu and Tiessen, 2002).

Tindakan konservasi tanah seperti penggunaan mulsa, penggunaan teras, rorak, gulud dan pengolahan tanah searah kontur dan seminimal mungkin (*minimum tillage*) sebagai bagian dari tindakan pengelolaan lahan (faktor P) merupakan salah satu variabel penting dalam penilaian tingkat degradasi lahan (Lal, 1993). Hasil penelitian Sa'ad (2004) menunjukkan bahwa penerapan tindakan konservasi tanah yang jelek dan adanya penggunaan lahan yang sebagaimana besar terdiri dari tanaman pangan dan sayuran di DAS Tugu Utara (Ciliwung Hulu) termasuk Kabupaten Bogor, menyebabkan erosi sebesar 1.285,57 kg ha⁻¹. Sebaliknya, dengan penerapan tindakan konservasi tanah yang baik dapat mengurangi besarnya erosi yang terjadi sebagai penyebab utama degradasi lahan. Hasil penelitian di Jawa Tengah menunjukkan bahwa penggunaan rorak dapat menurunkan jumlah aliran permukaan dan erosi, masing-masing sebesar 33% dan 62%, sehingga memungkinkan dipercepatnya rehabilitasi lahan terdegradasi. Selain itu, integrasi antar embung, rorak dan sistem usahatani lahan kering dapat menurunkan aliran permukaan sebesar 24% (Heryani dan Sutrisno, 2005).

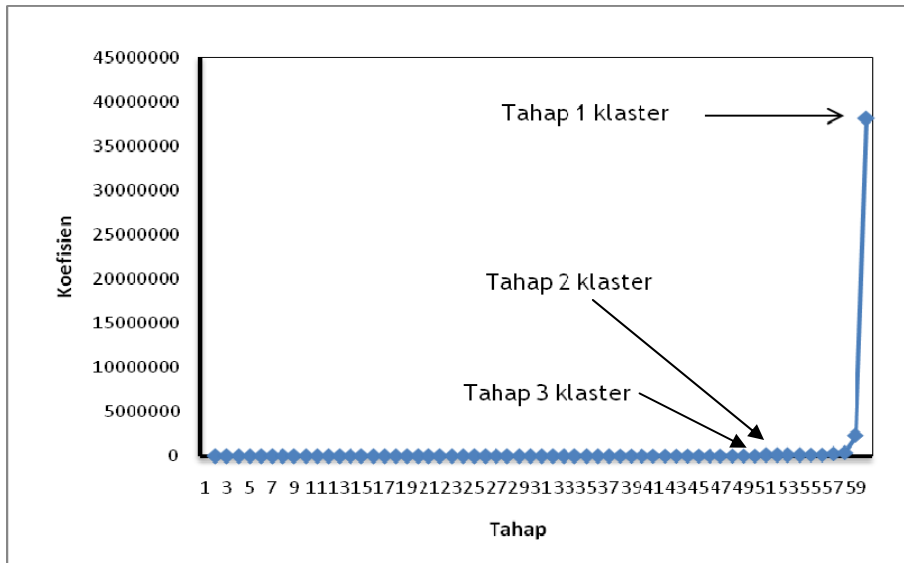
Topografi khususnya lereng sangat berperan penting dalam proses degradasi lahan apalagi didukung oleh curah hujan yang tinggi. Kondisi topografi di lokasi penelitian yang didominasi berombak sampai berbukit dengan lereng yang curam merupakan faktor penyebab alami degradasi lahan (Sitorus, 2009). Arsyad (2010) menyatakan bahwa semakin curam lereng akan memperbesar kecepatan aliran permukaan dan energi angkut aliran permukaan dan jika lereng permukaan tanah menjadi dua kali lebih curam, maka banyaknya erosi per satuan luas menjadi 2,0-2,5 kali lebih besar. Hasil penelitian Wu dan Tiessen (2002) menunjukkan kehilangan tanah pada lahan dengan lereng curam (37%) selama lebih dari 35 tahun rata-rata sebesar 49 t ha⁻¹ tahun⁻¹ pada lereng tengah. Besarnya tanah yang hilang ini jauh lebih tinggi dibandingkan dengan

tanah yang berada pada lereng <5%, yaitu sebesar 3 t ha⁻¹ tahun⁻¹.

Jika dibandingkan dengan penelitian Kurnia *et al.* (2007) tentang bakumutu parameter degradasi lahan untuk skala tinjau, maka jumlah variabel hasil penelitian ini lebih sedikit yaitu hanya lima variabel. Kurnia *et al.* (2007) melibatkan tujuh variabel penentu tingkat degradasi lahan yaitu empat variabel yang bersifat alami (curah hujan, bahan induk, bentuk wilayah, kedalaman tanah) dan tiga variabel yang dipengaruhi oleh manusia (jenis vegetasi, penutupan vegetasi, penerapan teknik konservasi tanah). Dalam penelitian ini, variabel curah hujan dan kedalaman efektif bukan merupakan variabel yang menentukan dalam penilaian tingkat degradasi lahan karena keduanya relatif seragam. Meskipun hanya lima variabel yang digunakan dalam penilaian tingkat degradasi lahan pada skala tinjau, tetapi secara statistik memiliki ketelitian 80%. Menurut Arsyad (2010), tingkat ketelitian untuk survei tingkat tinjau mencapai 75%. Dengan demikian menggunakan lima variabel yaitu bahan induk, tekstur fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C), tindakan konservasi tanah (nilai P) dan lereng secara statistik dapat digunakan untuk menentukan tingkat degradasi lahan di lapangan dengan tingkat ketelitian yang dapat diterima serta lebih efektif dan efisien.

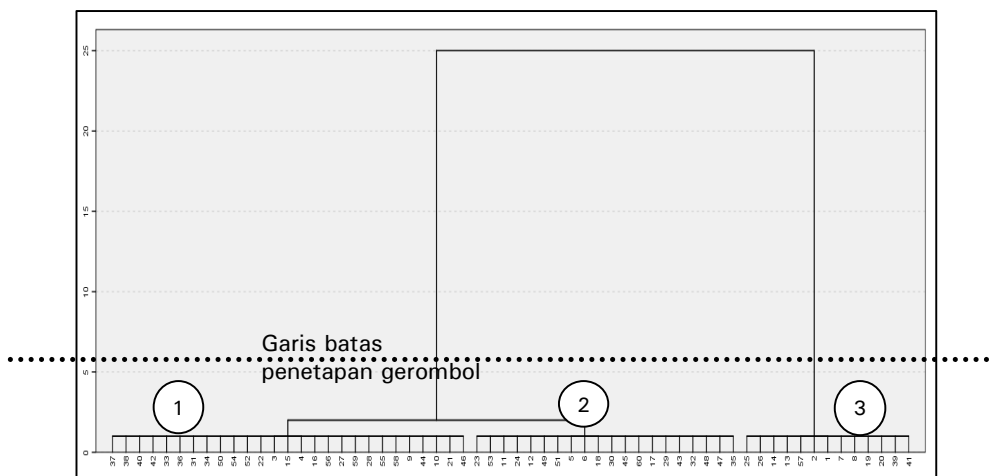
Kriteria variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala tinjau

Setelah didapatkan lima variabel penentu tingkat degradasi lahan yaitu : bahan induk, tekstur fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi, tindakan konservasi tanah, dan lereng, dilakukan analisis gerombol (*cluster analysis*) menggunakan metode Wards untuk menentukan kriteria dan selang pengkelasan dari masing-masing variabel tersebut. Berdasarkan analisis gerombol terhadap lima variabel di atas didapatkan tiga kriteria data yang dapat dilihat dari skedul aglomerasi (Gambar 1) dan *dendrogram* (Gambar 2).



Gambar 1. Grafik koefisien dari skedul aglomerasi hasil analisis gerombol pada skala tinjau

Figure 1. Coefficient Graphic of agglomeration schedule of cluster analysis result for reconnaissance scale



Gambar 2. Dendrogram hasil analisis gerombol pada skala tinjau

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis result for reconnaissance scale

Jika diamati dari dendrogram, maka dapat dilihat dari sisi *Rescaled Distance Cluster Combine*, pada dua tahap terakhir dari dendrogram yaitu tahap tiga kluster dan tahap dua kluster memiliki jarak yang paling besar. Selain itu, jika dilihat dari skedul aglomerasi, terlihat bahwa dari tahap pertama sampai tahap 56, peningkatan koefisien tidak

drastis, akan tetapi lonjakan drastis sebesar $1,93 \times 10^6$ pada tahap 57 dan 58, yaitu dari $3,72 \times 10^5$ (tahap 57) menjadi $2,31 \times 10^6$. (tahap 58) Hal ini terjadi pada saat proses aglomerasi menghasilkan tiga kluster. Dari kedua hasil ini, maka dapat disimpulkan bahwa keputusan tiga kluster adalah yang terbaik.

Tabel 2. Jumlah anggota pada masing-masing klaster hasil analisis gerombol pada skala tinjau*Table 2. Amount of members of each clusters of cluster analysis results for reconnaissance scale*

No. klaster	Anggota	Jumlah
1	3, 4, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 46, 50, 52, 54, 55, 56, 58, 59	27
2	5, 6, 11, 12, 17, 18, 23, 24, 29, 30, 32, 35, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 53, 60	20
3	1, 2, 7, 8, 13, 14, 19, 20, 25, 26, 39, 41, 57	13

Tabel 3. Kriteria dan selang pengkelasan variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala tinjau di Kabupaten Bogor*Table 3. Criteria and class range of determinant variables of land degradation level for reconnaissance level in Bogor Regency*

No.	Variabel	Kriteria	Skor/nilai atau selang
1.	Bahan induk (skor)	1. Peka	1
		2. Agak tahan	3
		3. Tahan	5
2.	Lereng (%)	1. Curam	> 25
		2. Miring - agak curam	15 - 25
		3. Agak miring - landai	< 15
3.	Tindakan konservasi tanah (nilai P)	1. Pengolahan tanah dan penaman kontur > 20%	> 0,60
		2. Pengolahan tanah dan penaman kontur < 20%	0,40 - 0,60
		3. Teras tradisional	< 0,40
4.	Tekstur fraksi debu (%)	1. Tinggi	> 40
		2. Sedang	20 - 40
		3. Rendah	< 20
5.	Jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C)	1. Pola tanam tumpang gilir	> 0,40
		2. Perladangan	0,40 - 0,30
		3. Semak belukar/padang rumput	< 0,30

Selain menentukan jumlah klaster, dengan dendrogram juga dapat ditentukan anggota dari masing-masing klaster. Jika dimulai dari bagian atas dendrogram, klaster satu beranggotakan sampel 37, 38, 90, 42, 33, 36, 31, 34, 50, 54, 52, 22, 3, 15, 4, 16, 56, 27, 59, 28, 55, 58, 9, 44, 10, 21, dan 46. Klaster 2 beranggotakan sampel 23, 53, 11, 24, 12, 49, 51, 5, 6, 18, 30, 45, 60, 17, 29, 43, 32, 48, 47, dan 35. Terakhir, klaster 3 beranggotakan sampel 25, 26, 14, 13, 57, 2, 1, 7, 8, 19, 20, 39, dan 41. Selengkapnya mengenai jumlah keanggotaan masing-masing klaster dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan jumlah klaster dan keanggotaan klaster di atas, maka kriteria dan selang pengkelasan (skor/nilai) dari masing-masing variabel penentu tingkat degradasi lahan dapat ditentukan. Jumlah klaster merepresentasikan jumlah kriteria dari masing-masing variabel penentu, dan keanggotaan dari masing-masing klaster merupakan selang pengkelasan (skor/nilai) dari masing-masing variabel tersebut. Selang pengkelasan dibuat dengan menggunakan rata-rata setiap klaster pada setiap variabel (*centroid*). Hasil analisis klaster menghasilkan kriteria dan selang pengkelasan (skor/nilai) untuk tiap variabel penentu seperti pada Tabel 3.

Kriteria bahan induk dikelompokkan menjadi tiga yaitu : 1) peka dengan skor 1, 2) agak tahan dengan skor 3, 3) tahan dengan skor 5. Skor yang digunakan dalam kriteria ini mengacu pada hasil penelitian Kurnia *et al.* (2007). Kelompok bahan induk yang masuk kriteria 1 (peka terhadap proses degradasi lahan) yaitu : batupung, abu vulkanik, pasir vulkanik, batupasir, napal (*marl*), batuliat, kapur, tuf berkapur, *shale*, kerakal, kerikil, pasir aluvium, dan debu aluvium. Kelompok bahan induk yang masuk kriteria 2 (agak tahan terhadap proses degradasi lahan) antara yaitu : sedimen/kalkareus kasar, batuliat, batulumpur, batulanau, diatomit, serpih, konglomerat, batu kapur, batukapur kerang, breksi batu kapur, liat aluvium, batusabak, filit, horenfels, kuarsit, batupualam/marmer, gneis, skis, amfibolit, dan zeolit. Kelompok bahan induk yang masuk kriteria 3 (tahan terhadap proses degradasi lahan) yaitu : granit, kuarsa profir, pegmatit, sienit, porfirit berkapur, tonalit, granodiorit berkapur, diorit sedimen, gabro, dolorit, diabas aluvium, norit aluvium, serpentin, peridorit, piroksenit, riolit, liparit, dasit, obsidian, andesit, tefrit, basalt, dan leucirit.

Variabel lereng, tindakan konservasi tanah (nilai P), tekstur fraksi debu, dan jenis penggunaan lahan/vegetasi juga dikelompokkan menjadi tiga kriteria. Kriteria untuk lereng yaitu : 1) curam dengan nilai $> 25\%$, 2) miring – agak curam dengan nilai $15-25\%$, dan 3) landai – agak miring dengan nilai $< 15\%$. Kriteria untuk tindakan konservasi tanah yaitu : 1) pengolahan tanah dan penanaman kontur dengan lereng $> 20\%$ dengan nilai $P > 0,60$; 2) pengolahan tanah dan penanaman kontur dengan lereng $< 20\%$ dengan nilai P berkisar antara $0,40-0,60$; dan 3) teras tradisional dengan nilai $P < 0,40$. Kriteria untuk tekstur fraksi debu yaitu : 1) tinggi dengan nilai $> 40\%$, 2) sedang dengan nilai $20-40\%$, dan 3) rendah dengan nilai $< 20\%$. Kriteria untuk jenis penggunaan lahan/vegetasi yaitu : 1) pola tanam tumpang gilir dengan nilai $C > 0,40$; 2) perladangan dengan nilai C berkisar $0,30-0,40$; dan semak belukar/padang rumput dengan nilai $C < 0,30$.

Selama ini kriteria dari variabel-variabel penentu tingkat degradasi yang digunakan baik oleh Departemen Kehutanan maupun Balai Penelitian Tanah dalam menentukan skor tingkat degradasi lahan masuk berupa data kualitatif yaitu data ordinal, sehingga ada beberapa perhitungan statistik misalnya rata-rata atau standar deviasi tidak dibenarkan dan akan menghasilkan bias yang cukup besar (Simamora, 2005). Kriteria dan selang pengkelasan dengan nilai berupa data kuantitatif yang digunakan pada penelitian ini diharapkan menghasilkan skor tingkat degradasi lahan yang lebih akurat dan dalam aplikasinya di lapangan akan lebih mudah karena sudah diuji secara statistik dengan tingkat kepercayaan 80% .

Klasifikasi tingkat degradasi lahan pada skala tinjau

Penyusunan klasifikasi tingkat degradasi lahan didasarkan pada kriteria dan selang pengkelasan yang dihasilkan dari analisis gerombol. Proses pengklasifikasian tingkat degradasi lahan dilakukan dengan menggunakan analisis diskriminan berganda dengan metode *stepwise* untuk mendapatkan fungsi diskriminan yang nantinya digunakan untuk menghitung skor degradasi lahan yaitu dengan menjumlahkan hasil perkalian antara koefisien diskriminan (bobot) dengan nilai masing-masing variabel.

Berdasarkan analisis diskriminan berganda metode *stepwise* dengan jumlah anggota sebanyak 60 sampel dan dikelompokkan menjadi tiga grup, dihasilkan dua fungsi diskriminan yang dapat menerangkan total keragaman sebesar 100% (Tabel 4). Fungsi 1 dengan nilai *eigenvalue* sebesar 1,436 dapat menjelaskan keragaman sebesar $82,5\%$ dan fungsi 2 dengan nilai *eigenvalue* 0,305 dapat menjelaskan keragaman sebesar $17,5$. Jika dilihat dari persen keragamannya sebesar $82,5\%$, fungsi diskriminan pertama dapat mendiskriminasikan masing-masing klaster/grup dengan lebih baik dibandingkan dengan fungsi diskriminan yang kedua.

Tabel 4. Persen keragaman masing-masing fungsi diskriminan

Table 4. Variability Percent of each discriminant functions

Fungsi diskriminan	Eigenvalue	Keragaman %	Kumulatif	Korelasi Kanonikal
1	1,436 ^a	82,5	82,5	0,768
2	0,305 ^a	17,5	100,0	0,483

Keterangan : a = 2 Fungsi kanonikal diskriminan pertama yang digunakan dalam analisis

Untuk mengetahui apakah dua fungsi diskriminan yang dihasilkan signifikan, dapat dilihat dari nilai *Wilks' Lambda* seperti tertera pada Tabel 5. Dari Tabel 5, terlihat bahwa nilai *Wilks' Lambda* fungsi 1 (1 through 2) sebesar 0,315 yang apabila ditransfer menjadi nilai *chi-square* sebesar 63,582, memiliki tingkat signifikansi 0,000. Tingkat signifikansi ini tentunya jauh di atas 0,05 yang umumnya diterima sebagai batas maksimal tingkat kesalahan. Fungsi 2 dengan nilai *Wilks' Lambda* 0,767, nilai *chi-square* 14,621 dengan tingkat signifikansi 0,006. Jika dilihat dari signifikasinya, fungsi satu dan fungsi kedua mampu mendiskriminasi dengan tingkat kepercayaan di atas 99%.

Tabel 5. Uji signifikansi fungsi diskriminan dengan *Wilks' Lambda*

Table 5. Significant test of discriminant functions with Wilks' Lambda

Uji fungsi	<i>Wilks' Lambda</i>	<i>Chi-square</i>	df	Sig.
1 through 2	0,315	63,582	10	0,000
2	0,767	14,621	4	0,006

Kedua fungsi diskriminan yang dihasilkan berdasarkan analisis diskriminan berganda dengan metode *stepwise* adalah sebagai berikut :

Fungsi 1 :

$$D_1 = -0,782X_1 + 0,352X_2 - 0,278X_3 + 0,786X_4 + 0,020X_5$$

Fungsi 2 :

$$D_2 = -0,031X_1 - 0,031X_2 - 0,084X_3 + 0,012X_4 + 1,015X_5$$

Dengan fungsi diskriminan di atas, dapat ditentukan skor masing-masing grup (tingkat degradasi lahan) yang merupakan penjumlahan dari perkalian antara koefisien fungsi diskriminan (bobot) dengan masing-masing variabel penentu tingkat degradasi lahan (X_1, \dots, X_5) yang selanjutnya disebut sebagai skor dari tingkat degradasi lahan. Fungsi diskriminan yang digunakan dalam menentukan skor tingkat degradasi lahan adalah fungsi 1, karena fungsi diskriminan ini mampu menjelaskan keragaman 82,5% dengan tingkat kepercayaan 100% dalam mendiskriminasi masing-masing grup.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan fungsi diskriminan 1 di atas, maka tingkat degradasi lahan di lokasi penelitian dapat diklasifikasikan atas tiga kelas yaitu (Tabel 6) :

- 1) Lahan terdegradasi ringan (skor diskriminan < 16).
- 2) Lahan terdegradasi sedang (skor diskriminan antara 16-39).
- 3) Lahan terdegradasi berat (skor diskriminan > 39).

Tabel 6. Klasifikasi tingkat degradasi lahan pada skala tinjau di Kabupaten Bogor

Table 6. Classification of land degradation level for reconnaissance scale in Bogor Regency

Tingkat degradasi lahan	Skor *
1 Lahan terdegradasi ringan	< 16
2 Lahan terdegradasi sedang	16-39
3 Lahan terdegradasi berat	> 39

Keterangan : * Skor dihitung menggunakan fungsi diskriminan 1

Klasifikasi lahan terdegradasi ringan pada skala tinjau yaitu lahan kering dengan kriteria : 1) tanah berkembang dari bahan induk yang tahan terhadap proses degradasi lahan antara lain : granit, kuarsa profir, pegmatit, sienit, porfirit berkapur, tonalit, granodiorit berkapur, diorit sedimen, gabro, dolorit, diabas aluvium, norit aluvium, serpentin, peridorit, piroksenit, riolit, liparit, dasit, obsidian, andesit, tefrit, basalt, dan leucirit, 2) memiliki lereng landai sampai agak miring dengan lereng maksimal 15%), 3) ada tindakan konservasi tanah maksimal teras tradisional dengan nilai P maksimal 0,40), 4) tekstur tanah fraksi debu maksimal 20%, dan 5) jenis penggunaan lahan/vegetasi berupa semak belukar atau padang rumput dengan nilai C maksimal 0,30.

Klasifikasi lahan terdegradasi sedang pada skala tinjau yaitu lahan kering dengan kriteria : 1) tanah berkembang dari bahan induk yang agak tahan terhadap proses degradasi lahan antara lain : sedimen/kalkareus kasar, batuliat, batulumpur, batulanau, diatomit, serpih, konglomerat, batu kapur, batukapur kerang, breksi batu kapur, liat aluvium, batusabak, filit, horenfels, kuarsit, batupualam/marmer, gneis, skis, amfibolit, dan zeolit, 2) memiliki lereng miring sampai agak curam dengan lereng berkisar 15-25%), 3) ada tindakan konservasi tanah berupa pengoahan tanah dan penanaman kontur pada lereng < 20% dengan nilai P 0,40-0,60, 4) tekstur tanah fraksi debu berkisar 20-40%, dan 5) jenis penggunaan lahan/vegetasi berupa perladangan dengan nilai C berkisar 0,30-0,40.

Klasifikasi lahan terdegradasi berat pada skala tinjau yaitu lahan kering dengan kriteria : 1) tanah berkembang dari bahan induk yang peka terhadap proses degradasi lahan antara lain : batupung, abu vulkanik, pasir vulkanik, batupasir, napal (*marl*), batuliat, kapur, tuf berkapur, *shale*, kerakal, kerikil, pasir aluvium, dan debu aluvium, 2) memiliki lereng curam dengan lereng minimal 25%), 3) ada tindakan konservasi tanah berupa pengolahan tanah dan penanaman kontur pada lereng > 20% dengan nilai P minimal 0,60), 4) tekstur tanah fraksi debu minimal 40%, dan 5) jenis penggunaan lahan/

vegetasi berupa pola tanam tumpang gilir dengan nilai C minimal 0,40.

Untuk melihat keterandalan fungsi diskriminan yang telah diperoleh dalam pengklasifikasian dapat dilihat dari hasil pengujian ketepatan klasifikasi pada Tabel 7. Keanggotaan grup yang diklasifikasikan secara benar menggunakan fungsi diskriminan sebesar 76,7%. Keanggotaan dalam grup 1 (tingkat degradasi ringan), dari 27 anggota (sampel) yang diklasifikasikan secara benar sebesar 88,9% (24 anggota) dengan kesalahan klasifikasi 3,7% (1 anggota) masuk grup 2 dan 7,4% (2 anggota) masuk grup 3. Keanggotaan dalam grup 2 (tingkat degradasi sedang), dari 20 anggota (sampel) yang diklasifikasikan secara benar sebesar 70,0% (14 anggota) dengan kesalahan klasifikasi sebesar 10,0% (2 anggota) masuk grup 1 dan 20,0% (4 anggota) masuk grup 3. Keanggotaan dalam grup 3 (tingkat degradasi berat), dari 13 anggota (sampel) yang diklasifikasikan secara benar sebesar 61,5% (8 anggota) dengan kesalahan klasifikasi sebesar 23,1% (3 anggota) masuk grup 1 dan 15,4% (2 anggota) masuk grup 2. Tingkat akurasi sebesar 76,7% dalam proses pengklasifikasian tingkat degradasi lahan pada skala tinjau ini sudah cukup memenuhi syarat, karena menurut Arsyad (2010), tingkat akurasi survei/penelitian pada skala tinjau harus mencapai 75%.

Tabel 7. Hasil pengujian ketepatan klasifikasi terhadap fungsi diskriminan pada skala tinjau

Table 7. Classification accuracy test result of discriminant function for reconnaissance scale

Tingkat degradasi	Prediksi keanggotaan grup			Jumlah	
	1	2	3		
1 (ringan)	24	1	2	27	
Jumlah	2	14	4	20	
3 (berat)	3	2	8	13	
<hr/>					
1 (ringan)	88,9	3,7	7,4	100,0	
%	2 (sedang)	10,0	70,0	20,0	100,0
	3 (berat)	23,1	15,4	61,5	100,0
Rata-rata ketepatan klasifikasi (%)				76,7	

Variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil

Dalam penilaian tingkat degradasi lahan skala semi-detil diperlukan tingkat ketelitian yang lebih tinggi dibandingkan dengan skala tinjau. Menurut Arsyad (2010), tingkat ketelitian survei/penelitian tingkat semi-detil berkisar antara 75-90%. Oleh karena itu, dalam penelitian penyusunan kriteria dan klasifikasi tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil, jumlah variabel yang dianalisis lebih banyak yaitu 23 variabel meliputi 11 variabel fisik lingkungan dan manajemen (jenis bahan induk, curah hujan, lereng, jenis penggunaan lahan/vegetasi, tutupan vegetasi, batuan di permukaan, singkapan batuan, tingkat erosi, tindakan konservasi tanah, kedalaman efektif, dan tekstur fraksi debu), serta 12 variabel sifat kimia (pH, C-organik, N-total, P-tersedia, Ca, Mg, K, Na, KTK, KB, Al-dd, dan H-dd).

Berdasarkan analisis diskriminan berganda dengan metode *stepwise* menggunakan uji F dengan signifikansi 0,10 atau tingkat kepercayaan 90%, diperoleh 8 variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil yaitu : bahan induk, tekstur fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C), tindakan konservasi tanah (nilai P), lereng, P-tersedia, Al-dd, dan H-dd (Tabel 8).

Tabel 8. Variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil di Kabupaten Bogor

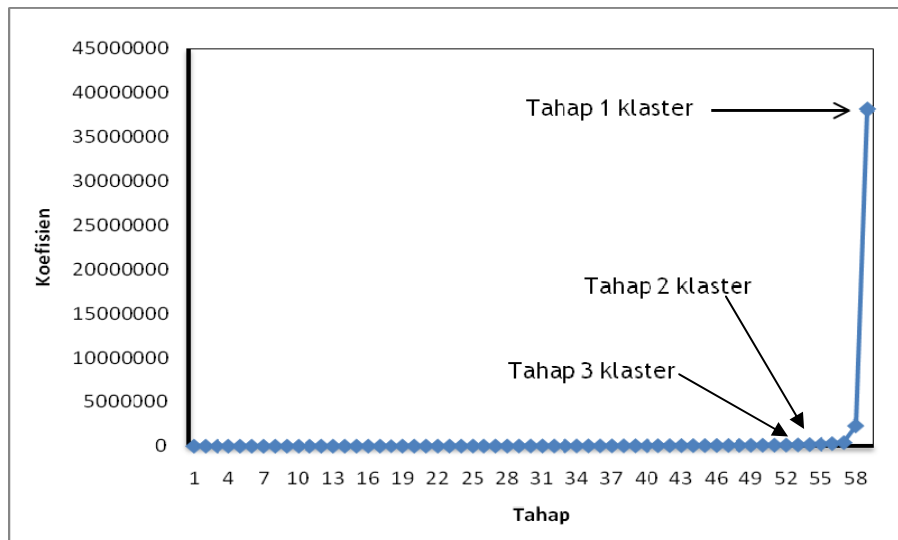
Table 8. Determining variables of land degradation level for semi-detail scale in Bogor Regency

Tahap	Variabel	Wilks' Lambda	
		Lambda	Uji F Statistik Sig.
1	Bahan induk	0,601	18,913 0,00
2	Tekstur fraksi debu	0,445	13,970 0,00
3	P-tersedia	0,367	11,914 0,00
4	Al-dd	0,324	10,225 0,00
5	H-dd	0,295	8,914 0,00
6	Lereng	0,266	8,125 0,00
7	Tindakan konservasi tanah (nilai P)	0,235	7,747 0,00
8	Jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C)	0,204	7,573 0,00

Pengaruh masing-masing 8 variabel di atas terhadap proses degradasi lahan, 5 variabel sudah dibahas pada skala tinjau terdahulu yaitu jenis bahan induk, tekstur fraksi debu, tindakan konservasi tanah (nilai P), jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C), dan lereng yang merupakan variabel fisik, lingkungan dan manajemen. Pada skala semi-detil selain kelima variabel tersebut, variabel sifat kimia tanah seperti P-tersedia, Al-dd dan H-dd juga penting terhadap penilaian tingkat degradasi lahan.

Unsur hara P merupakan salah satu unsur hara makro yang banyak dijumpai dalam tanah. Ketersediaan P dalam tanah sangat ditentukan oleh pH, di mana pada pH masam, ketersediaan P rendah karena diikat kuat oleh Al dan Fe dalam bentuk $Al(OH)_2H_2PO_4$ dan $Fe(OH)_2H_2PO_4$, demikian juga pada pH alkalin ketersediaan P juga rendah karena diikat oleh Ca dalam bentuk $Ca_3(PO_4)_2$ (Hardjowigeno, 2003). Tanah-tanah yang belum mengalami degradasi lahan atau terdegradasi ringan, memiliki kandungan P-tersedia yang tinggi, sedangkan tanah-tanah yang telah terdegradasi sedang sampai berat, memiliki kandungan P-tersedia rendah sampai sangat rendah akibat terbawa bersama erosi dan aliran permukaan. Kandungan P-tersedia dalam tanah yang subur (terdegradasi ringan) minimal 26 ppm, sedangkan pada tanah yang agak subur (terdegradasi sedang) 16-25 ppm, dan pada tanah yang tidak subur (terdegradasi berat) < 15 ppm (Hardjowigeno, 2003).

H-dd dan Al-dd dapat dijadikan sebagai indikator dalam penilaian tingkat degradasi lahan. Tanah-tanah yang terdegradasi seperti Ultisol dan Oxisol memiliki kejenuhan Al yang tinggi yang dapat bersifat racun bagi tanaman. Tingginya kandungan H-dd dan Al-dd dalam tanah sangat berhubungan dengan tingkat kemasaman tanah (pH). Pada tanah-tanah yang pHnya masam, kandungan H-dd dan Al-dd pada umumnya tinggi. Konsentrasi H^+ dalam larutan tanah meningkat 10 kali seiring dengan menurunnya pH sebesar satu unit. Kejenuhan Al dalam tanah dibedakan lima kelas yaitu : 1) sangat rendah < 10%, 2) rendah 10-20%, 3) sedang 21-30%, 4) tinggi 31-60%, dan 5) sangat tinggi >



Gambar 3. Grafik koefisien dari skedul aglomerasi hasil analisis gerombol pada skala semi-detil

Figure 3. Coefficient graphic of agglomeration schedule of cluster analysis result for semi-detail scale

60% (Hardjowigeno, 2003). Al pada tanah masam dapat bersifat racun, dimana tingkat toksisitasnya tergantung pada tipe liat, kandungan bahan organik, dan kandungan Ca dan P dalam tanah (Jones *et al.*, 1991).

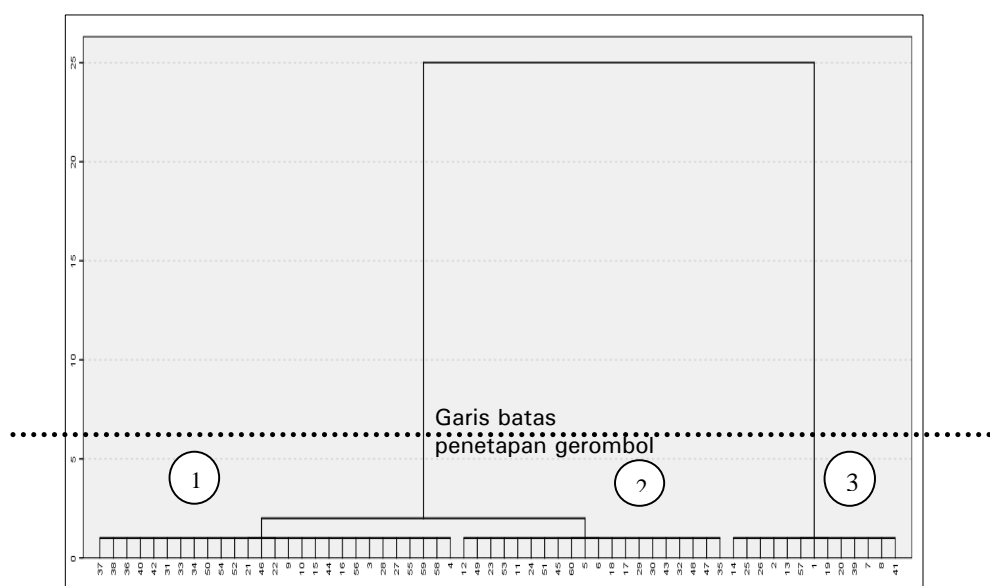
Penilaian tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil yang melibatkan delapan variabel dengan memasukkan variabel sifat kimia diharapkan tingkat ketelitiannya lebih tinggi dibandingkan penilaian pada skala tinjau yang hanya melibatkan variabel sifat fisik lingkungan dan manajemen saja.

Kriteria variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil

Jumlah kriteria tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil berdasarkan analisis gerombol menggunakan metode Wards terhadap delapan variabel penentu tingkat degradasi lahan juga menghasilkan tiga kriteria yang dianggap paling baik jika dilihat dari skedul aglomerasi (Gambar 3) dan *dendrogram* (Gambar 4). Keanggotaan dari masing-masing kriteria (klaster) adalah klaster 1 beranggotakan 27 sampel, klaster 2 beranggotakan

20 sampel dan klaster 3 beranggotakan 13 sampel. Jika diurutkan dari bagian atas dendrogram, maka klaster 1 memiliki anggota sampel nomor 37, 38, 36, 40, 42, 31, 33, 34, 50, 54, 52, 21, 46, 22, 9, 10, 15, 44, 16, 56, 3, 28, 27, 55, 59, 58, dan 4. Klaster 2 memiliki anggota sampel nomor 12, 49, 23, 53, 11, 24, 51, 45, 60, 5, 6, 18, 17, 29, 30, 43, 32, 48, 47, dan 35. Klaster 3 memiliki anggota sampel nomor 14, 25, 26, 2, 13, 57, 1, 19, 20, 39, 7, 8, dan 41. Keanggotaan masing-masing klaster dapat dilihat pada Tabel 9.

Berdasarkan jumlah klaster dan keanggotaan klaster di atas, maka kriteria dan selang pengkelasan (skor/nilai) dari masing-masing variabel penentu tingkat degradasi lahan dapat ditentukan. Jumlah klaster merepresentasikan jumlah kriteria dari masing-masing variabel penentu, dan keanggotaan dari masing-masing klaster merupakan selang pengkelasan (skor/nilai) dari masing-masing variabel tersebut. Selang pengkelasan dibuat dengan menggunakan rata-rata setiap klaster pada setiap variabel (*centroid*). Hasil analisis klaster menghasilkan kriteria dan selang pengkelasan (skor/nilai) untuk tiap variabel penentu seperti pada Tabel 10.



Gambar 4. Dendrogram hasil analisis gerombol pada skala semi-detil
Figure 4. Dendrogram of Cluster analysis result for semi-detail scale

Tabel 9. Jumlah anggota pada masing-masing kluster hasil Analisis Gerombol pada skala semi-detil
Table 9. Amount of members of each clusters of cluster analysis result for semi-detail scale

No kluster	Anggota	Jumlah
1	3, 4, 9, 10, 15, 16, 21, 22, 27, 28, 31, 33, 34, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 46, 50, 52, 54, 55, 56, 58, 59	27
2	5, 6, 11, 12, 17, 18, 23, 24, 29, 30, 32, 35, 43, 45, 47, 48, 49, 51, 53, 60	20
3	1, 2, 7, 8, 13, 14, 19, 20, 25, 26, 39, 41, 57	13

Kriteria dan selang pengkelasan dari variabel bahan induk, lereng, tindakan konservasi tanah (nilai P), tekstur fraksi debu, dan jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C) yang digunakan pada skala semi-detil, skor/nilainya sama dengan pada skala tinjau. Berdasarkan sebaran data yang ada, maka kriteria untuk P-tersedia ada tiga yaitu : 1) rendah dengan nilai < 3 ppm, 2) sedang dengan nilai 3-6 ppm, dan 3) tinggi dengan nilai > 6 ppm. Kriteria untuk Al-dd dibedakan menjadi tiga yaitu : 1) tinggi dengan nilai > 5 meq 100g⁻¹, 2) sedang dengan nilai 3-5 meq 100g⁻¹, dan 3) rendah dengan nilai < 3 meq 100g⁻¹. Kriteria untuk H-dd dibedakan menjadi tiga yaitu : 1) tinggi dengan nilai > 0,4 meq 100g⁻¹, 2) sedang dengan nilai 0,2-0,4 meq 100g⁻¹, dan 3) rendah dengan nilai < 0,2 meq 100g⁻¹. Kriteria dan selang

pengkelasan ini selanjutnya digunakan untuk menentukan skor tingkat degradasi lahan pada tiap kelas degradasi lahan pada skala semi-detil.

Klasifikasi tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil

Berdasarkan analisis diskriminan yang dilakukan dengan jumlah anggota sebanyak 60 sampel dan dikelompokkan menjadi tiga grup, dihasilkan dua fungsi diskriminan yang masing-masing dapat menerangkan total keragaman sebesar 100% (Tabel 11). Fungsi 1 dengan nilai *eigenvalue* sebesar 2,083 dapat menjelaskan keragaman sebesar 78,0% dan fungsi 2 dengan nilai *eigenvalue* 0,587 dapat menjelaskan keragaman sebesar 22,0.

Tabel 10. Kriteria dan selang pengkelasan variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil di Kabupaten Bogor*Table 10. Criteria and class range of determinant variables of land degradation level for semi-detail level in Bogor Regency*

No. Variabel	Kriteria	Skor/nilai atau selang
1. Bahan induk (skor)	1. Peka	1
	2. Agak tahan	3
	3. Tahan	5
2. Lereng (%)	1. Curam	> 25
	2. Miring - agak curam	15 - 25
	3. Agak miring - landai	< 15
3. Tindakan konservasi tanah (nilai P)	1. Pengolahan tanah dan penanaman kontur > 20%	> 0,60
	2. Pengolahan tanah dan penanaman kontur < 20%	0,40 - 0,60
	3. Teras tradisional	< 0,40
4. Tekstur fraksi debu (%)	1. Tinggi	> 40
	2. Sedang	20 - 40
	3. Rendah	< 20
5. Penggunaan lahan/jenis vegetasi (nilai C)	1. Pola tanam tumpang gilir	> 0,40
	2. Perladangan	0,40 - 0,30
	3. Semak belukar/padang rumput	< 0,30
6. P-tersedia (ppm)	1. Rendah	< 3
	2. Sedang	3 - 6
	3. Tinggi	> 6
7. Al-dd (meq 100g ⁻¹)	1. Tinggi	> 5
	2. Sedang	3 - 5
	3. Rendah	< 3
8. H-dd (meq 100g ⁻¹)	1. Tinggi	> 0,4
	2. Sedang	0,2 - 0,4
	3. Rendah	< 0,2

Jika dilihat dari persen keragamannya sebesar 78,0%, fungsi diskriminan pertama dapat mendiskriminasikan masing-masing klaster/grup dengan lebih baik dibandingkan dengan fungsi diskriminan yang kedua.

Berdasarkan nilai *Wilks' Lambda* seperti tertera pada Tabel 12 dapat diketahui nilai *Wilks' Lambda* fungsi 1 (1 *through* 2) sebesar 0,204 yang apabila ditransfer menjadi nilai *chi-square* sebesar 84,931 memiliki tingkat signifikansi 0,000. Tingkat signifikansi ini jauh di atas 0,05 yang umumnya diterima sebagai batas maksimal tingkat kesalahan. Fungsi 2 dengan nilai *Wilks' Lambda* 0,630, dengan nilai *chi-square* 24,692 memiliki tingkat signifikansi 0,001.

Jika dilihat dari signifikasinya, baik fungsi satu maupun fungsi kedua mampu mendiskriminasikan dengan tingkat kepercayaan di atas 99%.

Tabel 11. Persen keragaman masing-masing fungsi diskriminan*Table 11. Variability percent of each discriminant function*

Fungsi diskriminan	<i>Eigenvalue</i>	Keragaman Kumulatif	Korelasi Kanonikal
	 %	
1	2,083 ^a	78,0	0,822
2	0,587 ^a	22,0	0,608

Keterangan : a = 2 Fungsi kanonikal diskriminan pertama yang digunakan dalam analisis

Tabel 12. Uji signifikansi fungsi diskriminan dengan Wilks' Lambda

Table 12. Significant test of discriminant functions with Wilks' Lambda

Uji fungsi	Wilks' Lambda	Chi-square	df	Sig.
1 through 2	0,204	84,931	16	0,000
2	0,630	24,692	7	0,001

Sumber : Hasil analisis diskriminan berganda dengan metode *Stepwise*

Fungsi diskriminan yang dihasilkan dari analisis diskriminan berganda dengan metode *stepwise* adalah sebagai berikut :

Fungsi 1 :

$$D_1 = 0,866X_1 - 0,530X_2 + 0,329X_3 - 0,709X_4 + 0,053X_5 + 0,392X_6 + 0,457X_7 - 0,526X_8$$

Fungsi 2 :

$$D_2 = -0,112X_1 - 0,055X_2 + 0,633X_3 + 0,405X_4 - 0,685X_5 + 0,703X_6 + 0,447X_7 + 0,180X_8$$

Dengan fungsi diskriminan di atas, dapat ditentukan skor masing-masing grup (tingkat degradasi lahan) yang merupakan penjumlahan dari perkalian antara koefisien fungsi diskriminan (bobot) dengan masing-masing variabel penentu tingkat degradasi lahan (X_1, \dots, X_8) yang selanjutnya disebut sebagai skor dari tingkat degradasi lahan. Fungsi diskriminan yang digunakan dalam menentukan skor tingkat degradasi lahan adalah fungsi 1, karena fungsi diskriminan ini mampu menjelaskan keragaman 78,0% dengan tingkat kepercayaan 100% dalam mendiskriminasikan masing-masing grup.

Berdasarkan hasil perhitungan dengan fungsi diskriminan 1 di atas, maka tingkat degradasi lahan di lokasi penelitian dapat diklasifikasikan atas tiga kelas yaitu (Tabel 13) :

- 1) Lahan terdegradasi ringan (skor diskriminan < 15).
- 2) Lahan terdegradasi sedang (skor diskriminan antara 15-38).
- 3) Lahan terdegradasi berat (skor diskriminan > 38).

Tabel 13. Klasifikasi tingkat degradasi lahan di lahan kering pada skala semi-detil di Kabupaten Bogor

Table 13. Classification of land degradation level for semi-detail scale in Bogor Regency

Tingkat degradasi lahan	Skor *
1 Lahan terdegradasi ringan	< 15
2 Lahan terdegradasi sedang	15 – 38
3 Lahan terdegradasi berat	> 38

Keterangan : * Skor dihitung menggunakan fungsi diskriminan 1

Klasifikasi lahan terdegradasi ringan pada skala semi-detil yaitu lahan kering dengan kriteria : 1) tanah berkembang dari bahan induk yang tahan terhadap proses degradasi lahan antara lain : granit, kuarsa profir, pegmatit, sienit, porfirit berkapur, tonalit, granodiorit berkapur, diorit sedimen, gabro, dolorit, diabas aluvium, norit aluvium, serpentin, peridorit, piroksenit, riolit, liparit, dasit, obsidian, andesit, tefrit, basalt, dan leucirit, 2) memiliki lereng landai sampai agak miring dengan lereng maksimal 15%), 3) ada tindakan konservasi tanah maksimal teras tradisional dengan nilai P maksimal 0,40), 4) tekstur tanah fraksi debu maksimal 20%, 5) jenis penggunaan lahan/vegetasi berupa semak belukar atau padang rumput dengan nilai C maksimal 0,30, 6) kadar P-tersedia dalam tanah minimal 6 ppm, 7) kadar Al-dd maksimal 3 meq 100g⁻¹, dan 8) kadar H-dd maksimal 0,2 meq 100g⁻¹.

Klasifikasi lahan terdegradasi sedang pada skala semi-detil yaitu lahan kering dengan kriteria : 1) tanah berkembang dari bahan induk yang agak tahan terhadap proses degradasi lahan antara lain : sedimen/kalkareus kasar, batuliat, batulumpur, batulanau, diatomit, serpih, konglomerat, batu kapur, batukapur kerang, breksi batu kapur, liat aluvium, batusabak, filit, horenfels, kuarsit, batupualam/marmer, gneis, skis, amfibolit, dan zeolit, 2) memiliki lereng miring sampai agak curam dengan lereng berkisar 15-25%), 3) ada tindakan konservasi tanah berupa pengoahan tanah dan penanaman kontur pada lereng <20% dengan nilai P 0,40-0,60, 4) tekstur tanah fraksi debu berkisar 20-40%, 5)

jenis penggunaan lahan/vegetasi berupa perladangan dengan nilai C berkisar 0,30-0,40, 6) kadar P-tersedia dalam tanah 3-6 ppm, 7) kadar Al-dd berkisar 3-5 meq 100g⁻¹, dan 8) kadar H-dd maksimal 0,2-0,4 meq 100g⁻¹.

Klasifikasi lahan terdegradasi berat pada skala semi-detil yaitu lahan kering dengan kriteria : 1) tanah berkembang dari bahan induk yang peka terhadap proses degradasi lahan antara lain : batupung, abu vulkanik, pasir vulkanik, batupasir, napal (marl), batuliat, kapur, tuf berkapur, shale, kerakal, kerikil, pasir aluvium, dan debu aluvium, 2) memiliki lereng curam dengan lereng minimal 25%), 3) ada tindakan konservasi tanah berupa pengolahan tanah dan penanaman kontur pada lereng > 20% dengan nilai P minimal 0,60), 4) tekstur tanah fraksi debu minimal 40%, 5) jenis penggunaan lahan/vegetasi berupa pola tanam tumpang gilir dengan nilai C minimal 0,40, 6) kadar P-tersedia dalam tanah minimal 6 ppm, 7) kadar Al-dd minimal 5 meq 100g⁻¹, dan 8) kadar H-dd minimal 0,4 meq 100g⁻¹.

Untuk melihat keterandalan fungsi diskriminan yang telah diperoleh dalam pengklasifikasian dapat dilihat dari hasil pengujian ketepatan klasifikasi pada Tabel 14. Keanggotaan grup yang diklasifikasikan secara benar menggunakan fungsi diskriminan sebesar 88,3%. Keanggotaan dalam grup 1 (tingkat degradasi ringan), dari 27 anggota (sampel) yang diklasifikasikan secara benar sebesar 96,3% (26 anggota) dengan kesalahan klasifikasi 3,7% (1 anggota) masuk grup 2. Keanggotaan dalam grup 2 (tingkat degradasi sedang), dari 20 anggota (sampel) yang diklasifikasikan secara benar sebesar 80,0% (16 anggota) dengan kesalahan klasifikasi sebesar 5,0% (1 anggota) masuk grup 1 dan 15,0% (3 anggota) masuk grup 3. Keanggotaan dalam grup 3 (tingkat degradasi berat), dari 13 anggota (sampel) yang diklasifikasikan secara benar sebesar 84,6% (11 anggota) dengan kesalahan klasifikasi sebesar 7,7% (1 anggota) masuk grup 1 dan 7,7% (1 anggota) masuk grup 2. Tingkat akurasi sebesar 88,3% dalam proses pengklasifikasian tingkat degradasi lahan pada skala semi-detil ini sudah cukup memenuhi syarat, karena menurut Arsyad

(2010), tingkat akurasi survei/penelitian pada skala semi-detil sebesar 75-90%.

Tabel 14. Hasil pengujian ketepatan klasifikasi terhadap fungsi diskriminan pada skala semi-detil

Table 14. Classification accuracy test result of discriminant function for semi-detail scale

	Tingkat degradasi	Prediksi keanggotaan grup			Jumlah
		1	2	3	
Jumlah	1 (ringan)	26	1	0	27
	2 (sedang)	1	16	3	20
	3 (berat)	1	1	11	13
%	1 (ringan)	96,3	3,7	0,0	100,0
	2 (sedang)	5,0	80,0	15,0	100,0
	3 (berat)	7,7	7,7	84,6	100,0
Rata-rata keanggotaan grup yang diklasifikasikan dengan benar					88,3

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Variabel penentu tingkat degradasi lahan pada skala tinjau ada lima variabel yaitu: bahan induk, lereng, tindakan konservasi tanah (nilai P), tekstur fraksi debu, dan jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C); dan pada skala semi detil ada delapan variabel yaitu: bahan induk, lereng, tindakan konservasi tanah (nilai P), tekstur fraksi debu, jenis penggunaan lahan/vegetasi (nilai C), P-tersedia, Al-dd dan H-dd. Masing-masing variabel tersebut dikelompokkan atas tiga kriteria dengan selang pengkelasannya.
2. Tingkat degradasi lahan dikelompokkan atas tiga tingkatan yaitu: 1) terdegradasi ringan, 2) terdegradasi sedang, dan 3) terdegradasi berat, baik pada skala tinjau maupun skala semi-detil; dengan skor masing-masing pada skala tinjau: <16, 16-39, >39, dan pada skala semi-detil: <15, 15-38, dan >38.
3. Ketepatan hasil klasifikasi tingkat degradasi lahan yang diperoleh pada skala tinjau sebesar 77%, dan pada skala semi-detil sebesar 88%.

Ketepatan hasil klasifikasi ini dapat diterima sesuai tingkatan skala tinjau dan semi-detil.

Saran

Kriteria dan klasifikasi tingkat degradasi lahan yang dihasilkan dalam penelitian ini masih perlu divalidasi dengan menambah data pengamatan dari tempat lain yang memiliki variasi lingkungan dan karakteristik lahan yang lebih luas, sehingga kriteria dan klasifikasi tingkat degradasi lahan yang kelak dihasilkan dapat digunakan untuk proses identifikasi lahan kering secara umum dengan tingkat keakuratan yang tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih dan penghargaan disampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang membiayai kegiatan penelitian ini berdasarkan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Hibah Kompetitif Penelitian Sesuai Prioritas Nasional Batch III Tahun Anggaran 2009 dengan Nomor: 540/SP2H/PP/DP2M/VII/2009, tertanggal 22 Juli 2009.

DAFTAR PUSTAKA

- Arsyad, S. 2010.** Konservasi Tanah dan Air. Edisi Kedua Cetakan Kedua. IPB Press. Bogor. Hlm 382.
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bogor. 2005.** Penyusunan Master Plan Kawasan Agropolitan Kabupaten Bogor. BAPPEDA Kabupaten Bogor. Bogor
- Badan Perencanaan Pembangunan Daerah Kabupaten Bogor. 2007.** Rencana Tata Ruang Wilayah Kabupaten Bogor. BAPPEDA Kabupaten Bogor. Bogor.
- Dariah, A., A. Rachman, dan U. Kurnia. 2004.** Erosi dan degradasi lahan kering di Indonesia. Hlm 1-8. *Dalam* U. Kurnia, A. Rachman, dan A. Dariah (Eds.). Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Bogor. 2008.** Monografi Pertanian dan Kehutanan Tahun 2008. Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Bogor.
- Hardjowigeno, S. 2003.** Ilmu Tanah. Jakarta: CV. Akademika Pressindo. Hlm 148.
- Heryani, N. dan N. Sutrisno. 2005.** Panen hujan dan aliran permukaan serta peranan dam parit dalam peningkatan produktivitas lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 1(1):32-44.
- Jones, J.B. Jr., B. Wolf, and H.A. Mills. 1991.** Plant Analysis Handbook: a practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide. USA: Micro-Macro Publishing Inc. P 213.
- Kurnia, U. 2001.** Standarisasi dan Penanggulangan Lahan Terdegradasi. Laporan Akhir Bagian Proyek Sumberdaya Lahan dan Agroklimat No. 18/Puslitbangtanak/2001. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.
- Kurnia, U., A. Dariah, dan S.H. Tala'ouhu. 2007.** Penyusunan Bakumutu dan Teknologi Lahan Terdegradasi. Laporan Akhir Tahun. Balai Penelitian Tanah, Bogor. Hlm 65.
- Lal, R. 1993.** Tillage effects on soil degradation, soil resilience, soil quality, and sustainability. *Soil and Tillage Research* 27:1-8.
- Meyer, L.D. and W.C. Harmon. 1984.** Susceptibility of agricultural soils to interill erosion. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 8(1):152-157.
- Morrison, F.D. 1990.** Multivariate Statistical Methods. Third Edition. P 481. *In* R.A. Weinstein, J. Maisel (Editors). New York: McGraw-Hill Publishing.
- Priyanto. 2007.** Penerapan analisis diskriminan dalam pembedaan kelas umur tegakan pinus. *JMHT* 13(3):155-165.
- Sa'ad, N.S. 2004.** Kajian pendugaan erosi sub Daerah Aliran Sungai Tugu Utara (Ciliwung Hulu). *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 6(1):31-38.
- Simamora, B. 2005.** Analisis Multivariat Pemasaran. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hlm. 143-232.

- Singer, M.J. and D.N. Munns. 2006.** Soil Degradation. Sixth Edition. Pp. 354-384. *In* D. Yarnell, M. Rego, A.B. Wolf (*Eds.*). Soils An Introduction. Pearson Prentice Hall.
- Sitorus, S.R.P. 2009.** Kualitas Degradasi dan Rehabilitasi Lahan. Edisi Ketiga. Sekolah Pascasarjana. IPB. Bogor. Hlm 42.
- Syam, A. 2003.** Sistem pengelolaan lahan kering di Daerah Aliran Sungai bagian hulu. *J Litbang Pertanian* 22(4):162-171.
- Tan, K.H. 2009.** Environmental Soil Science. Third Edition. CRC Press. Pp.324-332.
- Wu, R. and H. Tiessen. 2002.** Effect of land use on soil degradation in Alpine Grassland Soil, China. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66:1648-1655.