

Karakterisasi dan Resiliensi Tanah Terdegradasi di Lahan Kering Kalimantan Tengah

Characterization and Resilience of Upland Degraded Soils of Central Kalimantan

M.A. FIRMANSAH¹, SUDARSONO², H. PAWITAN³, S. DJUNIWATI⁴, DAN G. DJAJAKIRANA⁴

ABSTRAK

Degradasi tanah merupakan isu penting karena terkait dengan pengelolaan lahan dan kualitas lingkungan berkelanjutan. Pemulihan tanah degradasi lebih tepat dilakukan, jika diketahui karakteristik atau resiliensinya. Tujuan utama penelitian ini adalah karakterisasi dan klasifikasi tanah terdegradasi di lahan kering di Kalimantan Tengah berdasarkan kualitas lahan (LQ) yang menentukan kelas kesesuaian lahan pada tipe penggunaan lahan (LUT). Kualitas lahan yang digunakan terdiri atas ketersediaan air (w), ketersediaan hara (n), toksisitas Al (t), ketahanan tanah terhadap erosi (e), dan deteriorasi tanah antropogenik (d). Tipe penggunaan lahan yang digunakan antara lain padi lokal, padi-padi-kedelai, karet, dan kelapa sawit pada tiga pola A, B, dan C. Tujuan lainnya adalah karakterisasi dan klasifikasi degradasi dan resiliensi tanah berdasarkan indeks lahan dan kelas kesesuaian lahan. Pengkelasan kesesuaian lahan secara parametrik didasarkan indeks lahan yang berasal dari pendugaan produksi komoditas masing-masing LUT berdasarkan kualitas lahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Alfisols memiliki daya dukung tertinggi ditunjukkan dengan indeks lahan yang lebih tinggi dari tanah lainnya pada LUT kelapa sawit. Indikator utama degradasi dan resiliensi tanah adalah LQ ketersediaan hara, ketersediaan air, dan toksisitas Al. Potensi tanah yang tinggi tidak menunjukkan kemampuan resiliensi, begitu pula sebaliknya bahwa potensi tanah yang rendah tidak menjamin rentan degradasi. Resistensi tanah di lokasi penelitian relatif tinggi. Lahan pertanian yang terdegradasi umumnya sulit untuk pulih kembali melalui masa revegetasi alami yang dikenal sebagai lahan tidur. Resiliensi alami maupun resiliensi antropogenik tidak banyak berbeda di tanah-tanah lahan kering Kalimantan Tengah. Taksa tanah tidak mampu menunjukkan perbedaan terjadinya degradasi dan resiliensi di lahan kering Kalimantan Tengah.

Kata kunci : Degradasi, Resiliensi, Lahan kering

ABSTRACT

In relation to land management and sustainable environment quality, soil degradation is considered as important issue. Soil degradation could be appropriately overcome when the characteristics of restoration or its resilience are recognized. The main purpose of this research is to characterize and classify upland degraded soils in Central Kalimantan based on land quality (LQ) that determine land suitability classification within land utilization type (LUT). The parameters of LQ involve water availability (w), nutrient availability (n), Al toxicity (t), soil resistance to erosion (e), and antropogenic soil deterioration (d). While, for LUT, there are several types i.e. rice; rice-rice-soybean; rubber; and oil palm within three patterns A, B, C. The other purpose is to characterize and classify degraded soils and soil resilience based on land index and land suitability classification. The parametric referring to land index taken from production of

commodity estimation within each LUT based on land quality is used to classify land suitability. Research result shows that Alfisols has the highest soil capability. It is indicated by land index that is higher than the other soils. The main indicators of soil degradation and resilience involve LQ of nutrient availability, water availability, and Al toxicity. The high soil potency does not show the ability of resilience. On the other hand, the low soil potency cannot be able to keep sensitivity of degradation. The resistency of soils at study area is relatively high. Generally, degraded agricultural land region is difficult to be conserve through natural revegetation period known as bare land. Both natural and antropogenic resilience are not quite different at upland soils in Central Kalimantan. Soil taxa cannot reflect the difference of degradation process and resilience at upland soils in Central Kalimantan.

Keywords : Degradation, Resilience, Upland

PENDAHULUAN

Konsep pengelolaan lahan berkelanjutan terkait dengan degradasi dan resiliensi tanah. Menurut FAO (1997), degradasi tanah merupakan proses penurunan kemampuan tanah untuk memproduksi barang dan jasa. Umumnya, untuk mengetahui tingkat degradasi tanah disusun klasifikasi degradasi tanah. Klasifikasi degradasi tanah di tingkat global (GLASOD) dan tingkat regional di Asia Selatan dan Asia Tenggara (ASSOD) lebih menekankan pada faktor eksternal erosi, serta faktor internal memburuknya sifat kimia dan fisik tanah akibat ulah manusia (Oldeman 1994; Lynden and Oldeman 1997), sedangkan klasifikasi degradasi tanah di Indonesia beragam. Menurut Swardjo *et al.* (1996) klasifikasi degradasi tanah di sektor kehutanan

1. Peneliti pada Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Kalimantan Tengah, Palangkaraya.
2. Guru Besar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
3. Guru Besar pada Departemen Geofisika dan Meteorologi, FMIPA, IPB, Bogor.
4. Pengajar pada Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.

menekankan aspek hidrologi lahan, sektor transmigrasi melihatnya sebagai tanah marjinal, dan sektor pertanian mengartikannya sebagai tanah kritis; sedangkan PP No. 150/2000 menyebutnya sebagai tanah rusak.

Resiliensi merupakan hal yang relatif baru dan relevan di bidang ilmu tanah yang diadopsi dari ekologi (Seybold *et al.*, 1999). Resiliensi (*resilience*) yaitu kemampuan ekosistem untuk pulih, setelah gangguan hilang (Tengberg and Stocking 2001; Szabolcs 1994). Umumnya saat resiliensi ditandai dengan pemulihan vegetasi alami antara 4-15 tahun (Lahjie 1989; Elliot and Lynch 1994; Uexkull 1996; Islam and Weil 2000). Kendala waktu penelitian resiliensi yang cukup lama di penelitian ini dicoba diatasi melalui penggunaan lahan tidur. Pengetahuan tentang resiliensi tanah umumnya berupa konsep dan hipotesis. Eswaran (1994) mengungkapkan hipotesis bahwa setiap jenis tanah berbeda kemampuannya dalam resiliensi dan degradasi. Daya resiliensi beberapa jenis tanah dari yang terkuat hingga terlemah adalah Mollisols > Vertisols > Alfisols > Oxisols. Sedangkan untuk degradasi terjadi kebalikannya yaitu pada tingkat ringan dimulai Mollisols dan semakin berat pada Oxisols yaitu Mollisols < Vertisols < Alfisols < Oxisols.

Sifat lahan (*Land characteristic* = LC) umum digunakan untuk kajian degradasi, resiliensi dan evaluasi lahan di Indonesia, namun kualitas lahan (*Land quality* = LQ) relatif belum digunakan. Pengertian LC yaitu atribut lahan yang mempengaruhi LUT secara tidak langsung, sedangkan LQ adalah atribut lahan kompleks dan terkait langsung dengan LUT. Akibatnya indikator LC sulit menjelaskan tingkat produksi atau manfaat dari LUT. Sebaliknya menurut Sys *et al.* (1991) keuntungan penggunaan LQ antara lain: LQ terkait langsung dengan kebutuhan spesifik LUT, LQ mampu menghitung interaksi antar faktor lingkungan, dan jumlah LQ lebih sedikit dari LC.

Di Provinsi Kalimantan Tengah tahun 1999/2000 degradasi tanah mencapai 1,76 juta ha (Badan Pusat Statistik, 2001). Sebaliknya menurut Puslittanak (1997) degradasi terjadi di lahan kering sekitar 4,78 juta ha atau 31% luas Kalimantan Tengah. Penggunaan lahan umumnya tanaman pangan dan perkebunan.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkarakterisasi dan mengklasifikasikan degradasi tanah di lahan kering Kalimantan Tengah berdasarkan LQ yang menentukan kelas kesesuaian lahan (KKL) pada LUT berbasis padi lokal, padi-padi-kedelai, karet, dan kelapa sawit, pada tiga pola yaitu A, B, dan C yang didasarkan atas asumsi tingkat produksi dan pemupukan. Pola A didasarkan pada asumsi tingkat produksi lokal dan tanpa pemupukan, pola B pada tingkat produksi nasional dan pemupukan sesuai anjuran, serta pola C pada tingkat produksi nasional dengan pemupukan secara preskripsi. Tujuan lainnya adalah mencari indikator utama mengenal degradasi dan resiliensi tanah.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan tempat penelitian

Waktu penelitian dimulai Maret 2004-September 2006, di lahan kering Kalimantan Tengah pada berbagai jenis tanah didasarkan atas dugaan perbedaan kepekaan terhadap degradasi dan resiliensi, antara lain: Alfisols (Alf) di Barito Selatan, Ultisols (Ult) di Barito Utara, Oxisols (Ox) di Kotawaringin Barat, dan Spodosols (Od) di Gunung Mas.

Bahan penelitian dan pengambilan contoh tanah

Bahan penelitian berupa peta tanah, vegetasi dan penggunaan lahan, dan rekomendasi penggunaan lahan. Contoh tanah diambil pada berbagai unit lahan, yaitu: lahan hutan (LH) sebagai awal kondisi

Tabel 1. Tipe penggunaan lahan berdasarkan komoditas dan atribut LUT*Table 1. Land utilization type, based on commodity and LUT attribute*

LUT	Pola A		Pola B		Pola C	
	Produksi	Pupuk	Produksi	Pupuk	Produksi	Pupuk
	t ha ⁻¹		t ha ⁻¹	%	t ha ⁻¹	
Padi lokal	1,5	-	2,5	100 ^a	2,5	Preskripsi ^b
Padi-padi-kedelai	1,5-1,5-0,8	-	2,5-2,5-1,2	100	2,5-2,5-1,2	Preskripsi
Karet	1,0 ^c	-	1,8 ^d	100	1,8 ^d	Preskripsi
Kelapa sawit	18	-	24	100	24	Preskripsi

Keterangan:

a Penggunaan hara pupuk didasarkan takaran anjuran Tabel 2, dan preskripsi Tabel 3

b Pupuk preskripsi = hara pupuk yang ditambahkan untuk mencukupi kebutuhan tanaman mencapai produksi tertentu,

c 113 hr sd th⁻¹

d 183 hr sd th⁻¹

KK = Karet kering; TBS = Tandan buah segar; - = tidak digunakan

tanah, lahan pertanian (LP) untuk mengetahui apakah pengelolaan lahan oleh petani menyebabkan degradasi, dan lahan tidur (LT) atau terdegradasi pada berbagai jangka waktu (5, 10, 15, dan 20 tahun) untuk menunjukkan waktu pencapaian resiliensi. Penentuan LH dan LT di lapangan dipandu petani setempat.

Contoh tanah utuh dan komposit diambil per horison tanah hingga kedalaman 100 cm kecuali ada lapisan keras. Analisis tanah, yaitu: tekstur, struktur, BD, permeabilitas, kadar air (*pressure plate*), pH H₂O, Ca dan Mg-dd (AAS), K dan Na-dd (*flamephoto-meter*), KTK, KB, C organik, Al-dd, N total, P (Bray-1), mineral pasir (*line counting*). Selain itu dilakukan analisis mineral fraksi pasir untuk mengetahui kondisi cadangan hara di tanah-tanah lokasi penelitian, menggunakan teknik *microscope-line counting*.

Pengambilan contoh tanah untuk penilaian degradasi dan resiliensi tanah dilakukan secara *in situ*, yaitu berdasarkan titik profil tanah bukan poligon, dan tidak pada titik yang sama.

Tahapan penelitian

Penentuan LUT (tipe penggunaan lahan)

Pemilihan LUT berdasarkan pola tanam, dan atribut tingkat produksi serta pemupukan, sehingga

terdapat 12 LUT (Tabel 1). LUT terbagi tiga pola, yaitu pola A digunakan produksi tingkat lokal tanpa pupuk, pola B dan C memiliki tingkat nasional dan masing-masing dengan pupuk anjuran dan preskripsi. Asumsi produksi digunakan asumsi tingkat lokal dan nasional, untuk melihat kemampuan tanah secara spesifik lokasi. Asumsi pemupukan diterapkan teknologi pemupukan tradisional (tanpa pupuk), anjuran (Tabel 2), ataupun preskriptif (Tabel 3), dengan tujuan untuk melihat kemampuan tanah dalam menghasilkan produksi berdasarkan model-model yang telah ditetapkan.

Tabel 2. Takaran pemupukan anjuran masing-masing komoditas LUT*Table 2. Dosage of fertilizer recommendation in each commodity of LUT*

Komoditas LUT	Pupuk anjuran			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
 kg ha ⁻¹			
Padi	100	90	30	-
Kedelai	35	54	60	-
Karet	60	75	68	-
Kelapa sawit	167	107	178	57

Keterangan:

Pupuk anjuran padi berdasarkan Bastari (1987), kedelai (Arsyad *dalam* Hilman 2004), karet (Adiwiganda *et al. dalam* Adiwiganda, 1994), kelapa sawit (Winarna *et al.*, 2000).

* Populasi 375 pohon per ha (Adiwiganda dan Sihotang, 1992 *dalam* Adiwiganda, 1994).

** Populasi 132 pohon per ha (Sukarji *et al.*, 2000).

- = tidak digunakan.

Hara pupuk anjuran belum diperhitungkan efisiensi pupuk 40% N, 20% P₂O₅, 60% K₂O, untuk tanah berpasir (Spodosols) digunakan 22% N, 13% P₂O₅, 33% K₂O, dan 19% MgO.

Tabel 3. Takaran pemupukan preskripsi masing-masing komoditas LUT

Table 3. Dosage of prescription fertilizer to each commodity of LUT

Jenis tanah dan lokasi	Komoditas LUT	Pupuk preskripsi			
		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO
	 kg ha ⁻¹			
Alf, Barseel	Padi	130,1	51,4	52,9	-
	Kedelai	101,3	26,9	-	-
	Karet	4,7	9,6	-	-
	Kelapa sawit	88,6	31,2	-	-
Ult, Barut	Padi	131,0	50,8	128,0	-
	Kedelai	102,2	26,2	-	-
	Karet	13,7	4,9	-	-
	Kelapa sawit	97,7	26,5	15,7	47,7
Od, Gumas	Padi	139,8	46,3	166,7	-
	Kedelai	111,0	21,7	17,6	-
	Karet	32,3	5,8	-	-
	Kelapa sawit	116,2	27,4	159,7	54,4
Ept, Kobar	Padi	118,4	43,1	122,8	-
	Kedelai	89,6	18,5	-	-
	Karet	12,8	1,0	-	-
	Kelapa sawit	96,8	22,6	45,3	40,5

Keterangan: Alf = Alfisols, Ult = Ultisols, Od = Spodosols, Ept = Inceptisols, Barseel = Barito Selatan, Barut = Barito Utara, Gumas = Gunung Mas, Kobar = Kotawaringin Barat, - = tidak digunakan.

Penentuan kualitas lahan (LQ)

LQ ketersediaan air (LQw)

Penggunaan air tersedia profil dari neraca air untuk memenuhi ETc (Evapotranspirasi) mengacu kepada Doorenbos dan Pruitt (1977). Tanaman menggunakan 40, 30, 20, dan 10% air tersedia profil pada seperempat lapisan pertama, kedua, ketiga, dan keempat. Tebal lapisan tanah untuk tanaman pangan 30 cm dan untuk tanaman perkebunan 60 cm. Penentuan data curah hujan (CH) berdasarkan CH P>75% dan GH Efektif 50%. Pendugaan produksi masing-masing komoditas yaitu

padi, kedelai karet, dan kelapa sawit berturut-turut menggunakan data Sudjito (1986), Mar'ah (1996), Thomas *et al.* (1994), dan Calliman (1992). Persamaan pertama hingga keempat berturut-turut untuk padi, kedelai, karet, dan kelapa sawit adalah sebagai berikut:

$$y = 1,2058\ln(x) - 2,318; R^2 = 0,97 \dots\dots\dots (1)$$

$$y = 0,4688\ln(x) - 0,5079; R^2 = 0,99 \dots\dots\dots (2)$$

$$y = 0,09x + 13,87; R^2 = 0,76 \dots\dots\dots (3)$$

$$y = -0,0277x + 24; R^2 = 0,86 \dots\dots\dots (4)$$

Untuk komoditas padi dan kedelai digunakan x = ketersediaan air rata-rata bulanan dari air tersedia profil (mm), dan y = t ha⁻¹; untuk karet digunakan x = ketersediaan air rata-rata bulanan untuk ETc (mm) dan air tersedia profil (mm), dan y = g sd⁻¹ ph⁻¹ KK; untuk kelapa sawit digunakan x = total defisit air pada air tersedia profil (mm), dan y = t ha⁻¹ th⁻¹ TBS.

LQ ketersediaan hara (LQn)

Jumlah hara tersedia dari pupuk (Tabel 2) dan tanah mempengaruhi produksi berdasarkan model pendugaan komoditas LUT pada LQ ketersediaan hara (Tabel 4). Penetapan indeks LQ ketersediaan hara berdasarkan produksi komoditas terendah akibat ketersediaan jenis unsur hara tertentu sesuai hukum Liebig, yaitu kondisi hara terburuk lebih mempengaruhi produksi.

LQ ketahanan tanah terhadap erosi (LQe)

Jumlah tanah tererosi diduga dengan metode USLE (Wischmeir and Smith 1978). Pendugaan penurunan produktivitas akibat erosi tanah sesuai penelitian Shah (1982), masing-masing dibedakan untuk tingkat agak peka yaitu Alfisols (persamaan 5) dan sangat peka terhadap penurunan produktivitas yaitu: Ultisols, Inceptisols, dan Spodosols (persamaan 6), berturut-turut:

Tabel 4. Persamaan regresi pendugaan produksi komoditas LUT pada LQn

Table 4. Model of estimate regression to LUT commodity product on LQn

Komoditas	Hara	Persamaan regresi	Sumber data
Padi	N	$y = 0,4824\text{Ln}(x) - 0,5207$ $R^2 = 0,80$	Gupta (1983 <i>dalam</i> Gupta dan O'toole, 1986)
	P ₂ O ₅	$y = 0,4258\text{Ln}(x) - 0,1402$ $R^2 = 0,95$	Suwardjo dan Prawirasumantri (1987)
	K ₂ O	$y = 2,1093\text{Ln}(x) - 5,9543$ $R^2 = 0,62$	Jumberi <i>et al.</i> (1994)
Kedelai	N	$y = 0,5733\text{Ln}(x) - 1,602$ $R^2 = 0,76$	Pasaribu dan Suprpto (1985)
	P ₂ O ₅	$y = -0,000001(x)^2 + 0,0412x - 0,1752$; $R^2 = 0,96$	Ballitan (1986)
	K ₂ O	$y = 0,23572\text{Ln}(x) - 0,2429$; $R^2 = 0,94$	Suwono (1986)
Karet*	N	$y = 2,8842\text{Ln}(x) + 15,605$; $R^2 = 0,84$	Tambunan <i>et al.</i> (1987)
	P ₂ O ₅	$y = 4,4938\text{Ln}(x) + 0,4039$; $R^2 = 0,99$	Angkapradipta (1976)
	K ₂ O	$y = 3,0848\text{Ln}(x) + 10,159$; $R^2 = 0,94$	Tambunan <i>et al.</i> (1987)
K. Sawit	N	$y = 11,38\text{Ln}(x) - 35,139$; $R^2 = 0,83$	Sukarji <i>et al.</i> (2000)
	P ₂ O ₅	$y = 11,433\text{Ln}(x) - 28,597$; $R^2 = 0,89$	Sukarji <i>et al.</i> (2000)
	K ₂ O	$y = 8,3351\text{Ln}(x) - 27,898$; $R^2 = 0,91$	Sukarji <i>et al.</i> (2000)
	MgO	$y = 6,2227\text{Ln}(x) - 10,563$; $R^2 = 0,84$	Sukarji <i>et al.</i> (2000)

Keterangan: $y = t \text{ ha}^{-1}$; $x = \text{kg ha}^{-1}$
 * $y = \text{g ph}^{-1} \text{ sd}^{-1}$; $x = \text{kg ha}^{-1}$.

$$y = 104,43 [1 - \exp(-0,018676x)]; R^2 = 88,1 \dots (5)$$

$$y = 100,25 [1 - \exp(-0,025622x)]; R^2 = 80,3 \dots (6)$$

dimana:

$y =$ kehilangan produktivitas (%)

$x =$ kehilangan tanah (cm)

LQ toksisitas Al (LQt)

Penggunaan LQt hanya untuk tanaman pangan, karena tanaman perkebunan toleran terhadap toksisitas Al. Persamaan pendugaan produksi padi dan kedelai akibat toksisitas Al digunakan hasil penelitian Sudjadi *et al.* (1988), untuk padi (persamaan 7) dan untuk kedelai (persamaan 8), berturut-turut:

$$y = -0,0289x + 4,2817; R^2 = 0,94 \dots (7)$$

$$y = -0,0153x + 1,3246; R^2 = 0,70 \dots (8)$$

dimana:

$y =$ produksi ($t \text{ ha}^{-1}$)

$x =$ kejenuhan aluminium (%)

LQ deteriorasi antropogenik (LQd)

Kualitas lahan deteriorasi tanah antropogenik (LQd) adalah penurunan kondisi fisik tanah yang

terjadi secara permanen, hanya menguntungkan untuk jangka pendek namun merugikan untuk penggunaan jangka panjang dan berkelanjutan. Contohnya adalah pembentukan orstein (padasan yang keras dari horison spodik yang berkembang lanjut) akibat pengelolaan petani.

Penetapan indeks LQ , indeks lahan, dan klasifikasi kesesuaian lahan

Indeks LQ dihitung dengan *Square Root Land Index Method* (Khidir 1986 *dalam* Sys *et al.*, 1991) dapat dilihat pada persamaan 9:

$$\text{Indeks lahan} = R_{\text{min}} [(A/100)(B/100)(C/100)(D/100)]^{1/2}$$

dimana:

R_{min} = indeks LQ minimum

A, B, C, D = indeks LQ lainnya

Penetapan kelas kesesuaian lahan (KKL) menggunakan metode parametrik (Sys, 1985; Sys *et al.*, 1991). Klasifikasi kesesuaian lahan berdasarkan indeks lahan, yaitu: indeks lahan 75-100 termasuk S1 (sangat sesuai), 50-75 termasuk S2 (agak sesuai), 25-50 termasuk S3 (sesuai marjinal), dan 0-25 termasuk N (tidak sesuai).

Klasifikasi resiliensi dan degradasi tanah diusulkan menggunakan indeks lahan dan KKL berdasarkan LQ. Hal ini disebabkan masing-masing kelas kesesuaian lahan memiliki tingkat faktor pembatas, produktivitas atau input yang berbeda. Penetapan tingkat resiliensi tanah terbagi dalam tiga kelas: resiliensi kuat, jika peningkatan KKL lebih satu kelas (R3); resiliensi sedang, jika peningkatan KKL satu kelas (R2); resiliensi lemah, jika hanya ada peningkatan indeks lahan (R1). Jika terjadi penurunan KKL dan indeks lahan, maka masuk ke tanah terdegradasi. Tingkat degradasi tanah terbagi tiga kelas, yaitu: degradasi berat, jika ada penurunan KKL lebih satu kelas (D3); degradasi sedang, jika penurunan KKL satu kelas (D2); degradasi ringan, jika hanya penurunan indeks lahan (D1).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi iklim dan lahan

Rata-rata curah hujan (1994-2003) lokasi Barito Utara- Barito Selatan sebesar 2.961 mm th⁻¹ adalah tertinggi diikuti Kotawaringin Barat sebesar 2.917 mm th⁻¹, dan terendah di Gunung Mas (1996-2003) sebesar 2.507 mm th⁻¹. Suhu udara tertinggi terjadi di Gunung Mas, disusul Barito Utara-Barito Selatan dan Kotawaringin Barat, masing-masing 27,0; 26,7; dan 26,4°C.

Mineral tanah umumnya didominasi mineral sukar lapuk (kuarsa, magnetit, konkresi besi) dan sedikit mineral mudah lapuk (hiperstein, amphibol, hornblende, dan augit). Hal itu berarti tanah di lokasi penelitian memiliki cadangan hara sangat rendah.

Indeks lahan dan kelas kesesuaian lahan

Indeks lahan pada jenis tanah dan unit lahan yang sama ternyata memiliki nilai berbeda pada LUT yang berbeda (Tabel 5). Hal ini menunjukkan bahwa setiap LUT memiliki persyaratan penggunaan yang berbeda. FAO (1976) menyatakan bahwa setiap LUT merupakan kumpulan yang mempertimbangkan spesifikasi kondisi fisik, selain ekonomi dan sosial.

Besarnya indeks lahan umumnya terjadi peningkatan dari pola A ke pola B maupun pola C, hal ini menunjukkan bahwa atribut LUT yang berperan langsung dalam penghitungan indeks lahan yaitu ketersediaan hara dan produksi. Namun hal itu berbeda dengan pola tanam karet, sebab pola A umumnya memiliki nilai indeks lahan lebih tinggi dibandingkan pola B dan C, hal ini menunjukkan bahwa atribut produksi tingkat lokal (pola A) 0,7 t ha⁻¹ th⁻¹ meskipun tanpa pemupukan lebih sesuai dengan daya dukung lahannya, sedangkan pola B dan C karena menggunakan atribut produksi tingkat nasional 1,8 t ha⁻¹ th⁻¹ meskipun dengan pemupukan anjuran dan preskripsi terlihat kurang sesuai jika digunakan di Kalimantan Tengah, selain itu tanaman karet tidak banyak mengalami peningkatan LQn meskipun digunakan pemupukan anjuran atau preskripsi. Sugiyanto *et al.* (1997) menduga bahwa ketidakrakusan tanaman karet terhadap hara karena lateks sebagai produksi yang diambil bukanlah hasil dari metabolisme primer.

Berdasarkan indeks lahan ternyata kelas kesesuaian lahan pada LUT berbasis tanaman perkebunan lebih tinggi dibandingkan tanaman pangan yaitu S2 hingga S1 (Tabel 6). Jika di LUT berbasis tanaman pangan pola A dan B umumnya di bawah 50, maka di tanaman perkebunan pada pola yang sama memiliki nilai di atas 50 hingga di atas 75. Perkecualian pada tanah Spodosols pada berbagai pola LUT dan pola tanam di luar LH yaitu LT10, LT5, dan LP menunjukkan nilai indeks lahan 0, hal ini disebabkan adanya penghambat LQd yaitu terbentuknya padas orstein pada horizon spodik yang berkembang lanjut. Menurut Adiwiganda *et al.* (1993) Spodosols di kebun Sungai Buatan dan di Sikijang terdapat horizon albik pucat (horizon E), tersusun atas fraksi pasir, dan terdapat horizon Spodik (Bh atau Bhs) yang sangat keras dengan kekerasan melebihi 4,5 kg cm⁻².

Kondisi tersebut menunjukkan bahwa tanah-tanah di lahan kering (Alfisols, Ultisols, Inceptisols) di

Tabel 5. Indeks lahan pada berbagai pola, unit lahan, jenis tanah, dan lokasi di Kalimantan Tengah*Table 5. Land index to pattern, land unit, soil taxa, and location in Central Kalimantan*

Unit lahan	Pola A				Pola B				Pola C			
	Alf	Ult	Od	Ept	Alf	Ult	Od	Ept	Alf	Ult	Od	Ept
<i>Padi lokal</i>												
LH	42	35	67	40	49	46	49	43	63	60	63	55
LT20	41	-	-	39	48	-	-	34	63	-	-	38
LT15	46	30	-	40	43	40	-	24	56	53	-	27
LT10	50	45	0	57	48	40	0	41	62	52	0	45
LT5	51	42	0	48	48	40	0	28	62	52	0	30
LP	46	43	0	59	48	46	0	39	63	59	0	43
<i>Padi-padi-kedelai</i>												
LH	28	26	63	31	44	41	49	39	63	58	60	52
LT20	29	-	-	33	45	-	-	33	64	-	-	41
LT15	39	22	-	41	38	35	-	31	53	40	-	34
LT10	43	36	0	49	44	34	0	39	62	45	0	46
LT5	45	33	0	47	46	34	0	32	63	39	0	35
LP	37	35	0	54	44	40	0	40	61	54	0	45
<i>Karet</i>												
LH	69	70	87	70	58	59	61	52	54	50	57	43
LT20	70	-	-	78	58	-	-	56	54	-	-	47
LT15	73	74	-	90	57	59	-	60	54	51	-	54
LT10	76	81	0	90	59	61	0	61	56	55	0	54
LT5	70	79	0	85	59	59	0	58	55	52	0	50
LP	76	76	0	92	60	59	0	61	57	51	0	54
<i>Kelapa sawit</i>												
LH	92	93	99	87	96	96	71	96	93	99	99	93
LT20	94	-	-	99	96	-	-	99	100	-	-	99
LT15	100	45	-	89	98	91	-	97	100	99	-	94
LT10	100	99	0	99	100	99	0	99	100	99	0	99
LT5	94	56	0	99	96	92	0	99	100	93	0	99
LP	100	99	0	99	100	99	0	99	100	92	0	99

Keterangan: Alf = Alfisols, Ult = Ultisols, Od = Spodosols, Ept = Inceptisols, LH = Lahan hutan, LT = Lahan tidur, LP = Lahan pertanian, 20-5 = lamanya lahan tidur/tidak digunakan, - = tidak dijumpai

Kalimantan Tengah kecuali Spodosols, memiliki potensi yang lebih tinggi dalam mendukung pengembangan tanaman perkebunan (karet dan kelapa sawit) dibandingkan tanaman pangan (padi lokal dan padi-padi-kedelai). Hal tersebut disebabkan karena tanaman perkebunan umumnya termasuk tanaman *non-exigence crop* yaitu tanaman yang membutuhkan hara dalam jumlah relatif lebih rendah karena diambil bertahap dan dalam periode yang panjang atau tanaman yang tidak banyak memerlukan persyaratan khusus, sedangkan tanaman pangan termasuk *exigence crops* yaitu tanaman yang membutuhkan pemenuhan hara

sekaligus dalam periode singkat atau tanaman yang memerlukan banyak persyaratan khusus.

Karakterisasi degradasi dan resiliensi tanah

Degradasi tanah

Kondisi LP ternyata tidak seluruhnya mengalami degradasi, bahkan pada Ultisols, Alfisols dan Inceptisols pada semua LUT yang dikaji berpola A tidak mengalami degradasi. Sebaliknya pada LUT yang dikaji dengan pola B dan C mengalami degradasi secara menyeluruh.

Tabel 6. Kelas kesesuaian lahan pada berbagai pola, unit lahan, jenis tanah, dan lokasi di Kalimantan Tengah

Table 6. Land suitability class to pattern, land unit, soils taxa, and location in Central Kalimantan

Unit lahan	Pola A				Pola B				Pola C			
	Alf	Ult	Od	Ept	Alf	Ult	Od	Ept	Alf	Ult	Od	Ept
<i>Padi lokal</i>												
LH	S3n	S3n	S2n	S3n	S3n	S3n	S2n	S3n	S2n	S2n	S2n	S2n
LT20	S3n	-	-	S3n	S3n	-	-	S3nw	S2n	-	-	S3w
LT15	S2n	S3n	-	S3n	S3n	S3n	-	Nw	S2n	S2n	-	S3w
LT10	S3n	S3n	Nd	S2n	S3n	S3n	Nd	S3nw	S2n	S2n	Nd	S3w
LT5	S3n	S3n	Nd	S3n	S3n	S3n	Nd	S3w	S2n	S2n	Nd	S3w
LP	S3n	S3n	Nd	S2n	S3n	S3n	Nd	S3nw	S2n	S2n	Nd	S3w
<i>Padi-padi-kedelai</i>												
LH	S3n	S3n	S2n	S3n	S3n	S3n	S3n	S3n	S2n	S2n	S2n	S2n
LT20	S3n	-	-	S3n	S3n	-	-	S3nw	S2n	-	-	S3w
LT15	S3n	Nn	-	S3n	S3n	S3n	-	S3wn	S2n	S3t	-	S3w
LT10	S3n	S3n	Nd	S3n	S3n	S3n	Nd	S3n	S2n	S3nt	Nd	S3wn
LT5	S3n	S3n	Nd	S3n	S3n	S3n	Nd	S3wn	S2n	S3nt	Nd	S3w
LP	S3n	S3n	Nd	S2n	S3n	S3n	Nd	S3nw	S2n	S2n	Nd	S3w
<i>Karet</i>												
LH	S2n	S2n	S1n	S2n	S2n	S2n	S2n	S2n	S2n	S3n	S2n	S3n
LT20	S2n	-	-	S1n	S2n	-	-	S2n	S2n	-	-	S3n
LT15	S2n	S2n	-	S1ne	S2n	S2n	-	S2n	S2n	S2n	-	S2n
LT10	S1n	S1n	Nd	S1ne	S2n	S2n	Nd	S2n	S2n	S2n	Nd	S2n
LT5	S2n	S1n	Nd	S1n	S2n	S2n	Nd	S2n	S2n	S2n	Nd	S3n
LP	S1n	S2n	Nd	S1ne	S2n	S2n	Nd	S2n	S2n	S2n	Nd	S2n
<i>Kelapa sawit</i>												
LH	S1n	S1n	S1	S1n	S1	S1	S2n	S1	S1n	S1	S1e	S1n
LT20	S1n	-	-	S1	S1	-	-	S1	S1	-	-	S1
LT15	S1	S3n	-	S1n	S1	S1n	-	S1n	S1	S1	-	S1n
LT10	S1	S1	Nd	S1	S1	S1	Nd	S1	S1	S1	Nd	S1
LT5	S1n	S2n	Nd	S1	S1	S1n	Nd	S1	S1	S1n	Nd	S1
LP	S1	S1	Nd	S1	S1	S1	Nd	S1	S1	S1n	Nd	S1

Keterangan: Alf = Alfisols, Ult = Ultisols, Od = Spodosols, Ept = Inceptisols, LH = Lahan hutan, LT Lahan tidur, LP = Lahan pertanian, 20-5 = lamanya lahan tidur/tidak digunakan, - = tidak dijumpai

Kondisi tanah LP yang tidak mengalami degradasi (ND) pada LUT tertentu menunjukkan bahwa tanah-tanah tersebut memiliki resistensi tinggi terhadap perubahan berbagai penggunaan lahan.

Degradasi tanah pada LP umumnya tingkat ringan (D1), kecuali pada Spodosols yang umumnya mengalami degradasi berat (D3) pada seluruh LUT yang digunakan. Hal ini menunjukkan bahwa tanah Spodosols memiliki resistensi rendah atau sensitivitas tinggi, artinya adalah Spodosols sangat tidak mampu mempertahankan kualitas lahannya dan cenderung makin memburuk jika lahan alaminya

(lahan hutan) dikonversi untuk penggunaan pertanian ataupun perkebunan.

Resistensi tanah ternyata berbeda-beda tergantung pada jenis tanah dan LUT yang digunakan. Jenis tanah yang berbeda menunjukkan perbedaan tingkat degradasi, dan perbedaan LUT juga mempengaruhi terjadinya tingkat degradasi.

Resiliensi tanah

Resiliensi tanah terdegradasi dalam bahasan ini dibagi ke dalam dua bagian, yaitu resiliensi alami dan

Tabel 7. Tingkat degradasi, resiliensi alami (Rm), dan resiliensi antropogenik (Rt) melalui periode lahan tidur pada berbagai LUT, jenis tanah, dan lokasi di Kalimantan Tengah

Table 7. Level of degradation, nature resilience, and antropogenic resilience by bare land periode on various of LUT, soils taxa, and location in Central Kalimantan

Unit lahan	Alfisols Barsel			Ultisols Barut			Spodosols Gumas			Inceptisols Kobar		
	D	Rm	Rt	D	Rm	Rt	D	Rm	Rt	D	Rm	Rt
<i>Pola A</i>												
PL	ND	-	-	ND	-	-	D3	R1	R1	ND	-	-
P-P-K	ND	-	-	ND	-	-	D3	R1	R1	ND	-	-
Karet	ND	-	-	ND	-	-	D3	R1	R1	ND	-	-
KSw	ND	-	-	ND	-	-	D3	R1	R1	ND	-	-
<i>Pola B</i>												
PL	D1	R1	R1	D1	R1	R1	D2	R1	R1	D1	R1	R1
P-P-K	D1	R1	R3	D1	R1	R1	D2	R1	R1	ND	-	-
Karet	ND	-	-	D1	R2	R3	D3	R1	R1	ND	-	-
KSw	ND	-	-	ND	-	-	D3	R1	R1	ND	-	-
<i>Pola C</i>												
PL	D1	R1	R1	D1	R1	R1	D3	R1	R1	D2	R2	R2
P-P-K	D1	R1	R1	D1	R1	R1	D3	R1	R1	D2	R2	R2
Karet	ND	-	-	ND	-	-	D3	R1	R1	ND	-	-
KSw	ND	-	-	D1	R3	R3	D3	R1	R1	ND	-	-

Keterangan: PL = Padi lokal, P-P-K = Padi-padi-kedelai, KSw = Kelapa sawit, Barsel = Barito Selatan, Barut = Barito Utara, Gumas = Gunung Mas, Kobar = Kotawaringin Barat, D = Tingkat degradasi, ND = Non degradasi, D1 = Degradasi ringan, D2 = Degradasi sedang, D3 = Degradasi berat, Rm = Resiliensi alami, Rt = Resiliensi antropogenik, R1 = Resiliensi lambat, R2 = Resiliensi sedang, R3 = Resiliensi cepat, - = tidak berlaku.

resiliensi antropogenik. Resiliensi alami (Rm) adalah klasifikasi resiliensi tanpa memperhitungkan LQn (ketersediaan hara), sedangkan resiliensi antropogenik (Rt) mengikutsertakan LQn ketersediaan hara yang dipengaruhi oleh LUT pemupukan. Hal ini ditujukan agar diketahui apakah penerapan atribut LUT pemupukan mampu mempercepat resiliensi yang terjadi.

Resiliensi yang terjadi pada tanah Ultisols tergolong cepat (R3) khususnya untuk LUT berbasis tanaman perkebunan, dan termasuk resiliensi lambat jika digunakan untuk LUT berbasis tanaman pangan. Pada tanah Spodosols terlihat bahwa resiliensi yang terjadi pada lahan pertanian yang terdegradasi berat (D3) termasuk dalam resiliensi lambat (R1). Artinya bahwa tanah Spodosols cenderung mengalami degradasi berat jika dilakukan perubahan penggunaan dari lahan alaminya, dan tanah Spodosols yang rusak berat akan lama untuk pulih kembali.

Perbandingan kecepatan resiliensi alami dan antropogenik relatif tidak banyak perbedaan, hanya pada tanah Alfisols pada LUT padi-padi-kedelai terlihat bahwa atribut pemupukan mampu mempercepat tercapainya resiliensi dari lambat (R1 = > 10 tahun) menjadi resiliensi cepat (R3 = 5 tahun), begitu pula di Ultisols pada LUT karet menunjukkan bahwa atribut pemupukan mampu mempercepat resiliensi dari resiliensi sedang (R2) menjadi resiliensi cepat (R3).

Hipotesis Eswaran (1994) bahwa tanah tertentu memiliki ketahanan terhadap degradasi dan kemampuan resiliensi lebih baik dari jenis tanah lainnya ternyata tidak berlaku di tanah-tanah lahan kering Kalimantan Tengah. Hal ini disebabkan perbedaan antara taksa (ordo) tanah di lahan kering Kalimantan Tengah umumnya tidak ekstrim, berbeda halnya dengan tanah-tanah di Amerika serikat dimana Eswaran mengajukan hipotesisnya.

Rekomendasi LUT

Berdasarkan tingkat degradasi dan resiliensi maka disusun rekomendasi penggunaan tanah terbagi tiga macam: 1) direkomendasikan, artinya jenis tanah tertentu tidak mengalami degradasi apabila diterapkan LUT tertentu; 2) direkomendasikan bersyarat, artinya akan terjadi degradasi tingkat sedang namun memiliki resiliensi sedang hingga cepat jika tanah tersebut digunakan untuk LUT tertentu; 3) tidak direkomendasikan, artinya penggunaan tanah tersebut akan menyebabkan degradasi berat atau sedang, namun resiliensi yang akan terjadi tergolong lambat.

Jenis rekomendasi LUT pada jenis tanah di Kalimantan Tengah yang termasuk direkomendasikan antara lain: 1) tanah Ultisols untuk LUT PL pola A, PPK pola A, Karet pola A dan C, kelapa sawit pola A dan B; 2) tanah Alfisols untuk LUT PL pola A, PPK pola A, karet pola A dan C, kelapa sawit pola A, B, dan C; 3) tanah Inceptisols untuk LUT PL pola A, PPK pola A dan B, karet pola A, B, dan C, kelapa sawit pola A, B, dan C. Jenis LUT yang direkomendasikan bersyarat antara lain: 1) tanah Ultisols pada LUT PL pola B, PPK pola B dan C, karet pola B, kelapa sawit pola C, 2) tanah Alfisols pada LUT PL pola B dan C, PPK pola B dan C; 3) tanah Inceptisols pada LUT PL pola B dan C, PPK pola C. Seluruh LUT yang digunakan tidak direkomendasikan pada tanah Spodosols.

KESIMPULAN

1. Potensi tanah di lokasi penelitian lebih baik dalam mendukung LUT berbasis tanaman perkebunan dibandingkan tanaman pangan.
2. Faktor utama degradasi dan resiliensi tanah-tanah di lahan kering Kalimantan Tengah adalah LQ ketersediaan hara, kecuali pada Spodosols dijumpai LQ deteriorasi tanah antropogenik.
3. Spodosols memiliki sifat mudah terdegradasi berat dan lambat untuk pulih kembali jika

digunakan untuk budidaya, sehingga perlu dipertahankan kondisi alaminya.

4. Taksa tanah tidak mampu menunjukkan bahwa tanah tertentu di lahan kering Kalimantan Tengah lebih tahan terhadap degradasi atau lebih cepat mengalami resiliensi.

SARAN

Pengelolaan wilayah untuk kawasan budidaya hendaknya menggunakan tanah yang dimungkinkan tidak mengalami deteriorasi tanah antropogenik yaitu Spodosols. Selain itu, upaya resiliensi adalah memperbaiki faktor pembatas, dan tidak hanya menyandarkan kepada proses alami namun juga diupayakan melalui rehabilitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiwiganda, R., A.S. Koendadiri, dan Z. Poeloengan. 1993.** Karakteristik tanah Spodosols pada formasi geologi Minas (Qpmi). *Bulletin PPKS* 1(2):163-173.
- _____. **1994.** Tinjauan pemupukan tanaman karet. *Warta Perkaretan*. 13(2):14-18.
- Angkapradipta, P. 1976.** Hasil sementara percobaan pemupukan optimum NPK dengan tanaman produktif klon GT 1 pada tanah Latosol. *Menara Perkebunan* 44(5):227-233.
- Bastari, T. 1987.** Penetapan anjuran teknologi untuk meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk. Hlm. 7-35. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Pupuk. Cipayung, 16-17 November 1987. Puslittanak.
- Badan Pusat Statistik. 2001.** Statistik Indonesia 2001. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Balittan. 1986.** Laporan Tahunan 1984/1985. Bogor.
- Caliman, J.P. 1992.** Kelapa sawit dan defisit air. Lokakarya Kiat Menghadapi Kemarau Panjang. Bandung, 19-20 Februari 1992. AP3I-Perhimpni-BMG. Hlm 22.
- Doorenbos, J. and W.O. Pruitt. 1977.** Guidelines for predicting crop water requirements. FAO. Rome. 144 p.

- Elliott, L.F., and J.M. Lynch. 1994.** Biodiversity and soil resilience. CAB International. Pp 353-364.
- Eswaran, H. 1994.** Soil resilience and sustainable land management in the context of AGENDA 21. CAB International. Pp 21-40.
- FAO. 1997.** A framework for land evaluation. Soil Bulletin 32. Rome. 72 p.
- Gupta, P.C. and C.J. O'toole. 1986.** Upland rice a global perspective. IRRI. 360 p.
- Hilman, Y. 2004.** Inovasi teknologi pengembangan kedelai lahan kering masam. Hlm 10-22. *Dalam* Prosiding Lokakarya Pengembangan Kedelai Lahan Kering. Palembang, 9 Desember 2004. PPSE.
- Islam, K.R. and R.R. Weil. 2000.** Land use effects on soil quality in a tropical forest ecosystem of Bangladesh. *Agric. Ecosys. Environ.* 79:9-16.
- Jumberi, A., M. Imberan M, dan Nurita. 1994.** Pemupukan kalium padi gogo di lahan kering beriklim basah Kalimantan Selatan. *Buletin Penelitian Kindai* 5(1):23-30.
- Lahjie, A.M. 1989.** Praktek perladangan penduduk asli dan pendatang di Kaltim. Pp 163-178. *In* Proceeding of the Pusrehut Seminar on Reforestration. Mulawarman University.
- Lynden, van G.W.J. and L.R. Oldeman. 1997.** The assessment of the status of human-induced soil degradation in South and Southeast Asia. UNEP-FAO-ISRIC. 35 p.
- Mar'ah, M. 1996.** Pengaruh Tingkat Air Tersedia dan Tingkat Pemberian Pupuk K terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman. Skripsi. FMIPA. IPB. Hlm 87.
- Oldeman, LR. 1994.** An international methodology for an assessment of soil degradation land georeferenced soils and terrain database. Bangkok, 25-29 October 1994. FAO. Pp 35-68.
- Pasaribu, D. dan S. Suprpto. 1985.** Pemupukan NPK pada kedelai. *Puslitbangtan.* Hlm 159-169.
- Puslittanak. 1997.** Statistik Sumberdaya Lahan/ Tanah Indonesia. Hlm 301.
- Seybold, C.A., J.E. Herrick, and J.J. Brejda. 1999.** Soil resilience. *Soil Sci.* 164(4):224-234.
- Shah, M.M. 1982.** Economic aspects of soil erosion and conservation. CSR-FAO. Bogor. 19 p.
- Sudjadi, M., J.S. Adiningsih, dan I P.G. Widjaja-Adhi. 1988.** Pengelolaan lahan masam untuk tanaman pangan. Hlm 387-399. *Dalam* Risalah Simposium II Penelitian Tanaman Pangan. Buku 2. Ciloto, 21-23 Maret 1988. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan.
- Sudjito, D. 1986.** Pengaruh Status Air Tanah terhadap Evapotranspirasi, Koefisien Tanaman, dan Pertumbuhan Empat Varietas (Galur) Padi Gogo. Skripsi. Jurusan Geofisika dan Meteorologi. FMIPA. IPB.
- Sugiyanto, Y., M.Z. Nasution, dan H. Munthe. 1997.** Peluang dan strategi peningkatan efisiensi pemupukan tanaman karet. Hlm 19-32. *Dalam* Prosiding Apresiasi Teknologi peningkatan Produktivitas Lahan Perkebunan Karet. Medan, 30-31 Juli 1997.
- Sukarji, R., Sugiyono, dan W. Darmosarkoro. 2000.** Pemupukan N, P, K, Ca, dan Mg pada kelapa sawit pada Typic Distropepts di Sumut. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit* 8(1):23-37.
- Suwardjo, H., Rb. Sunyoto, Wahyunto, dan A. Dariah. 1996.** Penyebaran lahan kritis dan teknologi penanggulangannya di Kawasan Timur Indonesia. Hlm 275-295. *Dalam* Prosiding Temu Konsultasi Sumberdaya Lahan untuk Pembangunan Kawasan Timur Indonesia. Palu, 17-20 Januari 1994. Puslittanak.
- Suwardjo, H. dan J. Prawirasumantri. 1987.** Status report kelompok kerja efisiensi pupuk pada lahan kering. Hlm 141-160. *Dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Pupuk. Cipayung, 16-17 November 1987.
- Suwono. 1986.** Pegaaruh pemupukan kalium terhadap hasil dan pertumbuhan kedelai di lokasi "gejala kuning" di Ponorogo. *Penelitian Palawija* 4(2):142-148.
- Sys, C. 1985.** Land Evaluation Part I, II, III. State University of Ghent. 352 p.
- Sys, C., Ranst vans E. and J. Debaveye. 1991.** Land evaluation part I: principles in land evaluation and crop production calculations. *Agricultural Publications No. 7.* Brussels. 274 p.

- Szabolcs, I. 1994.** The concept of soil resilience. Pp 33-39. *In*. Greenland and Szabolcs (Ed.). Soil resilience and use sustainable land. CAB International. Wallingford.
- Tambunan, D., H. Sihombing, dan R. Arianto. 1987.** Hasil sementara percobaan pemupukan optimum NPK karet menghasilkan GT1 pada PMK. *Buletin Perkaretan Rakyat* 3(2):17-23.
- Tengberg, A. and M. Stocking. 2001.** Land degradation, food security, and agrobiodiversity-examining an old problem in a new way. Science Publishers, Inc. Pp 171-185.
- Thomas, M., Lasminingsih, U. Junaidi, G. Wibawa, K. Amylupy, dan H. Sihombing. 1994.** Pengaruh kekeringan dan usaha mengatasinya pada karet. *Warta Perkaretan* 13(2):1-7.
- Uexkull von H. 1996.** Constraints to agricultural production and food security in Asia. IMPHOS-AARD/CSAR. Bali, December 9-12, 1996. Pp 1-28.
- Winarna, W. Darnosarkoro, dan E.S. Sutarta. 2000.** Teknologi Pemupukan Tanaman Kelapa Sawit. PPKS. Medan. Hlm 113-134.
- Wischmeier, W.H. and D.D. Smith. 1978.** Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. USDA. Agriculture Handbook No. 537. 58 p.