

KESESUAIAN LAHAN DI DATARAN TUF MASAM KOTABUMI

Asep Mulyono¹, Bela Dini¹, Iqbal Prahara¹, Sonny Aribowo¹, dan Indah Pratiwi¹

¹UPT Loka Uji Teknik Penambangan dan Mitigasi Bencana Liwa – LIPI
E-mail: asepmulyono@lipi.go.id

Abstrak

Dataran Tufa Masam merupakan grup fisiografi yang terbentuk dari hasil pengendapan bahan tuf vulkanik masam. Tanah yang berasal dari bahan induk tufa masam menghasilkan tanah yang bersifat masam yang termasuk kategori lahan marginal. Kotabumi utara merupakan daerah yang termasuk Kabupaten Lampung Utara yang memiliki hamparan tanah yang dikategorikan masam dengan ordo tanah yang salah satunya adalah ordo tanah Ultisol. Pada umumnya lahan yang didominasi oleh ordo tanah Ultisol, yang dicirikan oleh kapasitas tukar kation (KTK) dan kemampuan memegang/menyimpan air yang rendah, tetapi kadar Al yang tinggi. Mengingat potensi lahan yang cukup luas, pengembangan sumberdaya lahan untuk pertanian lahan kering di wilayah Kotabumi, Lampung Utara dengan kendala karakteristik tanah masam sangat perlu dilakukan agar lahan menjadi lebih optimal. Maka, pengetahuan sifat tanah dari bahan induk tufa masam dan penilaian kesesuaian lahannya sangat diperlukan. Evaluasi lahan secara fisik menggunakan parameter karakteristik lahan yang diperlukan dalam penilaian kesesuaian lahan, diantaranya erosi, perakaran, suhu udara, ketersediaan air dan retensi hara. Penilaian kesesuaian lahan meliputi: sesuai (S) dan tidak sesuai (N). Kesesuaian lahan komoditas perkebunan menunjukkan 2 kelas, yaitu S-2 (karet, kopi, lada, sawit, rambutan, petai); dan S-3 (mangga, pepaya). Kesesuaian lahan komoditas tanaman pangan terdapat 3 kelas, yaitu S-2 (padi gogo, ubi kayu); S-3 (jagung, kacang-kacangan, cabai); dan N (bawang merah).

Kata kunci: tufa masam, lahan, kesesuaian, Kotabumi

PENDAHULUAN

Dataran Tufa Masam merupakan grup fisiografi yang terbentuk dari hasil pengendapan bahan tufa vulkanik masam (ignimbrit). Secara umum daerah ini telah mengalami proses erosi dan denudasi sehingga banyak penorehan terutama pada wilayah berlereng. Bentuk wilayahnya bervariasi dari datar hingga bergelombang berbukit-bukit dan diselingi oleh lembah-lembah sempit sampai lebar di antara punggung-punggungan. Tanah yang berasal dari bahan induk tufa masam menghasilkan tanah-tanah bersifat masam yang termasuk dalam kategori marginal. Di Indonesia lahan marginal dijumpai baik pada lahan basah maupun lahan kering. Lahan basah berupa lahan gambut, lahan sulfat masam dan rawa pasang surut seluas 24 juta ha, sementara lahan kering berupa tanah Ultisol 47,5 juta ha dan Oxisol 18 juta ha (Suprpto, 2002).

Propinsi Lampung adalah salah satu propinsi di Sumatera dengan hamparan tanah masam lahan kering yang luas. Kotabumi utara merupakan daerah yang termasuk Kabupaten Lampung Utara yang memiliki hamparan tanah yang dikategorikan masam dengan ordo tanah yang salah satunya adalah ordo tanah *Ultisol*. Pada umumnya lahan yang didominasi oleh ordo tanah *Ultisol* dicirikan oleh kapasitas tukar kation (KTK) dan kemampuan memegang/menyimpan air yang rendah, tetapi kadar Al yang tinggi. *Ultisol* dicirikan oleh adanya akumulasi liat pada horizon bawah permukaan sehingga mengurangi daya resap air dan meningkatkan aliran permukaan dan erosi tanah. Erosi merupakan salah satu kendala fisik pada tanah *Ultisol* dan sangat merugikan karena dapat mengurangi kesuburan tanah. Hal ini karena kesuburan tanah *Ultisol* sering kali hanya ditentukan oleh kandungan bahan organik pada lapisan atas. Bila lapisan ini tererosi maka tanah menjadi miskin bahan organik dan hara (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Secara geografis daerah penelitian berada pada ketinggian antara 16 – 120 meter di atas permukaan laut. Jenis tanah daerah penelitian termasuk grup fisiografi Dataran Tufa Masam yang berbahan induk tufa vulkanik masam (Hikmatullah dkk, 1990). Sifat-sifat tanah yang menonjol dari bahan induk tufa masam adalah miskin unsur hara, KTK dan kejenuhan basa rendah serta kejenuhan Al tinggi. Mengingat potensi lahan yang cukup luas, pengembangan sumberdaya lahan untuk pertanian lahan kering di wilayah Kotabumi, Lampung Utara dengan kendala karakteristik tanah masam sangat perlu dilakukan agar pemanfaatan lahan lebih optimal.

TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisa sifat-sifat tanah yang terbentuk dari bahan induk tufa masam dan menilai kesesuaian lahannya untuk beberapa komoditas pertanian dalam menunjang pengembangan pertanian di wilayah Kotabumi, Lampung Utara.

METODOLOGI

Berbagai langkah yang perlu diambil dalam rangka pengembangan sumberdaya lahan secara optimal, antara lain: (a) pengenalan sifat dan karakteristik lahan; (b) menetapkan kesesuaian lahan lahan; (c) menetapkan tingkat manajemen yang diperlukan untuk setiap penggunaan lahan; (d) menilai kesesuaian lahan bagi pengembangan berbagai komoditas pertanian, serta (e) menentukan pilihan komoditas atau tipe penggunaan lahan tertentu yang sesuai secara fisik dan menguntungkan (Budianto, 2001).

Kegiatan evaluasi lahan dilakukan secara fisik dengan menggunakan parameter karakteristik lahan yang berpengaruh terhadap komoditas yang akan dikembangkan. Dalam penilaian kesesuaian lahan, parameter kualitas lahan yang dipertimbangkan untuk dievaluasi lahannya adalah bahaya erosi (eh) mencakup kelas lereng, media perakaran (rc) mencakup kelas tekstur dan kedalaman efektif, rejim suhu udara (tc), sedangkan ketersediaan air (wa) mencakup curah hujan, retensi hara (nr) mencakup kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, kandungan C organik dan derajat keasaman (pH), serta kesuburan tanah yang mencakup ketersediaan unsur hara makro (N, P dan K).

Penilaian kelas kesesuaian lahan secara fisik berdasarkan Djaenudin dkk (2003). Wilayah dibagi dalam beberapa kelompok lahan berdasarkan pada faktor potensi dan kendala masing-masing kelas. Kelas-kelas kesesuaian lahan meliputi kelas sesuai/*suitable* (S) dan kelas tidak sesuai/*not suitable* (N). Kedua kelas tersebut dikelompokkan menjadi:

1. Kelas S-1 yaitu kelas sangat sesuai (*highly suitable*), dimana lahan tidak mempunyai faktor pembatas yang mempengaruhi tingkat pengelolaan tanah/komoditasnya.
2. Kelas S-2 yaitu lahan cukup sesuai (*moderately suitable*), dimana lahan mempunyai faktor pembatas ringan yang dapat mempengaruhi tingkat pengelolaan tanah/komoditasnya dengan masukan biaya ringan
3. Kelas S-3 yaitu lahan sesuai marginal (*marginally suitable*), dimana lahan mempunyai faktor pembatas agak berat yang dapat mempengaruhi tingkat pengelolaan tanah/komoditasnya dengan masukan biaya sedang sampai tinggi.
4. Kelas N yaitu lahan sangat tidak sesuai (*permanently not suitable*).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Daerah penelitian secara administrasi berada di wilayah Kecamatan Kotabumi Utara yang termasuk Kabupaten Lampung Utara. Berdasarkan data curah hujan rata-rata selama 5 tahun (2005-2010), wilayah Kotabumi dikategorikan sebagai zona agroklimat B berdasarkan klasifikasi Oldeman dkk (1979), dengan karakter wilayah dengan kejadian bulan basah 7 bulan berturut-turut dari bulan Oktober - April dan bulan kering berturut-turut selama 5 bulan dari bulan Mei - September. Rata-rata curah hujan terendah di dapat pada bulan Juli dan tertinggi pada bulan Februari. Curah hujan rata-rata tahunan sekitar 2062,1 mm/tahun. Berdasarkan rejim kelembaban tanah, wilayah Kotabumi merupakan rejim kelembaban ustik (agak kering) dengan bulan kering 3-6 bulan. Suhu rata-rata yang terjadi di wilayah penelitian siang hari berkisar antara 31,6 - 34,9°C sedangkan suhu udara minimum rata-rata berkisar antara 21,8 - 23,8°C. Wilayah Kotabumi dikategorikan sebagai wilayah dengan rejim suhu panas (isohyperthermic) dengan ketinggian tempat antara 16 – 120 m di atas permukaan laut atau lebih rendah dari dari 700 m di atas permukaan laut.

Pengamatan lapangan memperlihatkan daerah penelitian terletak pada bentuk wilayah datar sampai berombak dengan relief mikro. Secara umum wilayah ini dapat dibedakan menjadi tiga bagian yaitu bagian puncak, lereng dan lembah. Daerah yang berada pada tempat paling tinggi (puncak) secara umum lebih resisten terhadap erosi dibanding daerah lereng dan lembah. Daerah yang termasuk bagian lereng mengalami proses erosi yang sangat berat, sedangkan daerah lembah merupakan daerah pengendapan.

Penggunaan lahan yang mendominasi daerah penelitian secara umum terdiri atas pertanian lahan kering pada wilayah pedataran yang diantaranya padi yang sebagian besar padi gogo dan hanya sebagian kecil padi sawah, pertanian palawija yang sebagian besar di dominasi oleh komoditas ubi kayu, sedangkan yang lainnya jagung, kacang-kacangan, hortikultura (kebun campuran) dan perkebunan (Gambar 1).



Gambar 1. Penggunaan lahan dominan di daerah penelitian

Hasil analisis tanah di wilayah penelitian menunjukkan tekstur tanah yang merupakan komposisi prosentase pasir, debu dan liat di wilayah penelitian bervariasi dengan tekstur tanah yang mendominasi adalah tekstur liat. Terdapat beberapa contoh tanah yang bertekstur lempung liat berpasir, liat dan liat berpasir. Berdasarkan pengelompokan kelas tekstur tanah, dikategorikan dalam kelompok tekstur yang halus sampai agak halus.

Pada saat dilakukan survey lapangan, kondisi fisik tanah relatif kering dan menunjukkan banyaknya struktur agregat yang tergolong prismatic, komposisi fraksi tanah liat sangat dominan mengakibatkan dalam kondisi fisik yang lembab (musim hujan), tanah akan sangat licin, serta menyulitkan pengolahan tanah karena mudah lengket pada peralatan pengolahan tanah ordo tanah *Ultisols* bersifat lebih lekat dan lebih berat bila diolah, karena mengandung mineral alumino-silikat yang lebih banyak. Air akan ditahan lebih kuat pada tanah ordo tanah *Ultisols*. Sifat fisiknya menyerupai ordo tanah *Oxisols*, jika didominasi mineral kaolin. Bedanya adalah dengan adanya peningkatan liat pada horison argilik/kandik, pergerakan air menjadi lebih terhambat di ordo tanah *Ultisols*. Gambar 2 menunjukkan tanah dengan profil dalam dengan komposisi tekstur liat yang dikategorikan ke dalam jenis tanah *Ultisols*.



Gambar 2. Profil tanah *Ultisols* Kotabumi

Tanah Ultisol mempunyai tingkat perkembangan yang cukup lanjut, dicirikan oleh penampang tanah yang dalam, kenaikan fraksi liat seiring dengan kedalaman tanah, reaksi tanah masam, dan kejenuhan basa rendah. Pada umumnya tanah ini mempunyai potensi keracunan Al dan miskin kandungan bahan organik. Tanah ini juga miskin kandungan hara terutama P dan kation-kation dapat ditukar seperti Ca, Mg, Na, dan K, kadar Al tinggi, kapasitas tukar kation rendah, dan peka terhadap erosi (Sri Adiningsih dan Mulyadi 1993). *Ultisols* umumnya belum tertangani dengan baik. Dalam skala besar, tanah ini telah dimanfaatkan untuk perkebunan kelapa sawit, karet dan hutan tanaman industri, tetapi pada skala petani kendala ekonomi merupakan salah satu penyebab tidak terkelolanya tanah ini dengan baik (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Tabel 1. Beberapa sifat tanah ordo *Ultisols*

No	Sifat-Sifat Tanah	Nilai	Kriteria
1	pH H ₂ O	4,5	Masam
2	pH KCl	3,7	
3	Daya Hantar Listrik (mS)	1,8	Non salin
4	Kadar C-Organik (%)	0,41	Rendah
5	C/N Ratio	5,12	Rendah
6	N-Total (%)	0,08	Sangat rendah
7	P ₂ O ₅ (ppm)	7,2	Sangat rendah
8	K ₂ O (ppm)	26,4	Sedang
9	K-Tersedia (me/100g)	0,11	Rendah
10	Ca-Tersedia (me/100g)	1,89	Sangat rendah
11	Na-Tersedia (me/100g)	0,62	Sedang
12	Mg-Tersedia (me/100g)	0,18	Sangat rendah
13	Kejenuhan Al (%)	56	Tinggi
14	KTK (me/100g)	8,92	Rendah
15	Fraksi Pasir (%)	19	
16	Fraksi Debu (%)	9	Liat
17	Fraksi Liat (%)	72	

Tabel 1 menunjukkan bahwa nilai pH-KCl lebih rendah dari pH-H₂O. Perbedaan antara dua nilai pH ini berhubungan dengan muatan total tanah. Tanah dengan pH-KCl lebih rendah dari pH-H₂O, mempunyai muatan total negatif, dimana menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki kapasitas tukar kation lebih besar dibanding kapasitas tukar anionnya. Walaupun tanah memiliki nilai muatan total negatif, namun kapasitas tukar kation yang dihasilkan rendah, hal ini dikarenakan sumbangan muatan negatif dari bahan organik yang rendah sebagai akibat dari rendahnya kandungan bahan organik dalam tanah (C/N Ratio).

Las dan Setyorini (2010) menyatakan bahwa sekitar 73% lahan pertanian di Indonesia ± 73% memiliki kandungan C-organik tanah <2,00% hal ini disebabkan oleh temperatur yang tinggi dan cepatnya laju dekomposisi. Selain itu, pembukaan hutan yang terjadi pada jaman dahulu oleh masyarakat di wilayah Kotabumi menjadi lahan pertanian mengakibatkan penurunan kadar bahan organik tanah dengan cepat. Hal ini disebabkan pelapukan (*mineralisasi*) bahan organik berlangsung sangat cepat, sebagai akibat tingginya suhu udara dan tanah dan curah hujan yang tinggi. Penurunan bahan organik di lapisan permukaan ini juga terjadi akibat pengangkutan keluar terhadap hasil panen secara besar-besaran tanpa diimbangi dengan pengembalian sisa-sisa panen dan pemasukan dari luar.

Berdasarkan hal ini ditambah beberapa ciri lainnya, tanah tersebut diklasifikasikan sebagai *Ultisols*. Mineral-mineral tersebut memiliki kapasitas menahan hara (KTK) yang rendah, demikian pula potensi kandungan hara rendah. Terlihat pada Tabel 1, menunjukkan bahwa tanah mempunyai masalah kekahatan unsur hara, terutama N, P, K, Ca dan Mg. Di lain pihak, kejenuhan Al dalam tanah dikategorikan tinggi. Hal ini akan mengakibatkan terjadinya keracunan pada tanaman. Akar tanaman adalah bagian tanaman yang pertama kali dipengaruhi oleh keracunan Al, oleh karena itu akar tanaman yang kurang tahan terhadap keracunan Al biasanya tidak mampu berkembang secara normal.

Untuk mengetahui potensi sumberdaya lahan untuk pengembangan komoditas pertanian, maka evaluasi lahan dilakukan secara fisik dengan menggunakan parameter karakteristik lahan yang berpengaruh terhadap produktivitas tanaman. Kesesuaian lahan untuk komoditas perkebunan terdiri dari 8 jenis komoditas yang dianalisis, diantaranya karet, kopi, lada, sawit, rambutan, petai, mangga dan pepaya (Tabel 2).

Tabel 2. Kesesuaian lahan komoditas perkebunan

NO	KOMODITAS	PERSYARATAN TUMBUH				KESESUAIAN AKTUAL
		tc	wa	rc	nr	
1	Karet	S1	S2	S1	S2	S2
2	Kopi	S2	S1	S1	S2	S2
3	Lada	S2	S2	S1	S2	S2
4	Sawit	S1	S1	S1	S2	S2
5	Rambutan	S1	S1	S1	S2	S2
6	Petai	S2	S2	S1	S2	S2
7	Mangga	S1	S3	S1	S2	S3
8	Pepaya	S1	S3	S1	S2	S3

Keterangan: S1 = Sangat Sesuai; S2 = Cukup Sesuai, S3 = Sesuai Marginal dan N = Tidak Sesuai

Hasil analisis kesesuaian lahan pada Tabel 2 yang dikategorikan Kelas S-2 yaitu lahan cukup sesuai untuk komoditas karet, kopi, lada, sawit, rambutan dan petai dengan faktor pembatas secara umum adalah retensi hara (nr) mencakup kapasitas tukar kation yang dalam hal ini adalah ketersediaan K, Ca, Mg dan Na yang tergolong rendah. Menurut Boul, dkk (1981), kapasitas tukar kation merupakan (1) petunjuk jenis mineral liat yang ada dalam tanah; (2) petunjuk untuk tingkat pelapukan tanah; dan (3) petunjuk dalam penyediaan unsur hara. Sedangkan lahan faktor pembatas agak berat yang dikategorikan Kelas S-3 yaitu lahan sesuai marginal untuk komoditas mangga dan pepaya. Faktor pembatas suhu dan curah hujan adalah faktor pembatas yang sulit diubah, sedangkan kesuburan tanah masih bisa diperbaiki dengan masukan-masukan teknologi seperti pemupukan.

Kesesuaian lahan untuk komoditas tanaman pangan terdiri dari tanaman pertanian dan palawija diantaranya adalah padi gogo, ketela pohon, jagung, kacang tanah, kacang hijau, bawang merah, cabai (Tabel 3).

Tabel 3. Kesesuaian lahan komoditas tanaman pangan

NO	KOMODITAS	PERSYARATAN TUMBUH				KESESUAIAN AKTUAL
		tc	wa	rc	nr	
1	Padi Gogo	S1	S2	S1	S2	S2
2	Ubi Kayu	S1	S1	S1	S2	S2
3	Jagung	S2	S3	S1	S2	S2
4	Kacang Tanah	S1	S3	S1	S2	S2
5	Kacang Hijau	S2	S3	S1	S2	S2
6	Bawang Merah	S2	N	S1	S2	S2
7	Cabe Rawit	S1	S3	S1	S2	S3

Keterangan: S1 = Sangat Sesuai; S2 = Cukup Sesuai, S3 = Sesuai Marginal dan N = Tidak Sesuai

Hasil analisis kesesuaian lahan yang dikategorikan Kelas S-2 yaitu lahan cukup sesuai (*moderately suitable*) termasuk komoditas padi gogo dan Ubi Kayu. Pengembangan komoditas padi dan ubi kayu dengan faktor pembatas retensi hara (nr) mencakup kapasitas tukar kation dan pH. Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz) merupakan salah satu komoditas yang toleran terhadap berbagai faktor pembatas pertumbuhan diantaranya terhadap pH rendah, keracunan Al dan miskin hara pada tanah masam (Howeler 2002).

Komoditas dengan pengembangan komoditas dengan faktor pembatas agak berat yang dikategorikan Kelas S-3 yaitu lahan sesuai marginal (*marginally suitable*), diantaranya jagung, kacang-kacangan dan cabai. Sedangkan untuk komoditas yang sulit untuk dikembangkan dengan kategori tidak sesuai (N) diantaranya bawang merah dengan faktor pembatas curah hujan.

KESIMPULAN

Tanah di wilayah studi dengan bahan induk yang berasal dari Tufa Masam diklasifikasikan sebagai *Ultisols*. Mineral-mineral tanah memiliki kapasitas menahan hara (KTK) yang rendah, demikian pula potensi kandungan hara rendah dan mempunyai masalah kekahatan unsur hara, terutama N, P, K, Ca dan Mg dan tingkat kejenuhan Al dalam tanah dikategorikan tinggi.

Kesesuaian lahan untuk pengembangan komoditas perkebunan terdapat 2 kelas kesesuaian, yaitu Kelas S-2 yaitu lahan cukup sesuai (*moderately suitable*) untuk komoditas karet, kopi, lada, sawit, rambutan, dan petai; dan kelas S-3 yaitu lahan sesuai marginal (*marginally suitable*) untuk komoditas mangga dan pepaya. Kesesuaian lahan untuk pengembangan komoditas tanaman pangan terdapat 3 kelas kesesuaian, yaitu kelas S-2 yaitu lahan cukup sesuai (*moderately suitable*) untuk komoditas padi gogo dan Ubi Kayu; kelas S-3 yaitu lahan sesuai marginal (*marginally suitable*), untuk komoditas jagung, kacang-kacangan dan cabai; dan kelas tidak sesuai (N) untuk komoditas bawang merah.

UCAPAN TERIMA KASIH

Bersama dengan selesainya penulisan makalah ini, kami ucapkan terimakasih kepada Sekretariat Program Insentif PKPP-BKPI LIPI atas kepercayaan yang diberikan kepada kami untuk melakukan penelitian ini. Rasa terimakasih juga yang sedalam-dalamnya kepada semua pihak khususnya kepada seluruh anggota tim penelitian di UPT Liwa yang telah membantu pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Budianto, J. 2001. *Pengembangan Potensi Sumberdaya Petani Melalui Penerapan Teknologi Partisipatif*. Pros. Seminar Nasional Pengembangan Teknologi Pertanian. Mataram.
- Boul, S.W., Hole, F.D. dan Mc. Cracken, R.J., 1981. *Soil Genesis and Classification*. Second Edition, The Iowa State University Press, Ames
- Djaenudin, D., Marwan, H., dan Hidayat, A., 2003. *Petunjuk Teknik Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian*. Balai Penelitian Tanah, Puslitbang Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Hikmatullah, dkk., 1990. *Peta Satuan Lahan dan Tanah Lembar Baturaja, Sumatera Skala 1 : 250.000*. Proyek Perencanaan dan Evaluasi Sumber Daya Lahan dan Pengelolaan Database Tanah. Pusat Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Howeler R.H., 2002. *Cassava mineral nutrition and fertilization*. In: Hillocks R.J., Thresh J.M. and Belloti A.C. (eds), *Cassava: Biology, Production and Utilization*. CAB International, Wallingford, UK, pp. 115–147.
- Las, I. dan D. Setyorini. 2010. *Kondisi Lahan, Teknologi, Arah, dan Pengembangan Pupuk Majemuk NPK dan Pupuk Organik*. Hlm 47. dalam Prosiding Seminar Peranan Pupuk NPK dan Organik dalam Meningkatkan Produksi dan Swasembada Beras Berkelanjutan. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor 24 Februari 2010.
- Oldeman, L.R., Las, I., Darwis, S.N., 1979. *An Agro-Climatic Map of Sumatra, 17*. Contribution Central Research Institute of Agriculture, Bogor, 22 pp.
- Prasetyo, B.H. dan Suriadikarta, D.A., 2006. *Karakteristik, Potensi, dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia*. Jurnal Litbang Pertanian, 25(2) hal 39–47.
- Sri Adiningsih, J. dan Mulyadi., 1993. *Alternatif teknik rehabilitasi dan pemanfaatan lahan alang-alang*. hlm. 29–50. dalam S. Sukmana, Suwardjo, J. Sri Adiningsih, H. Subagjo, H. Suhardjo, Y. Prawirasumantri (Ed.). *Pemanfaatan lahan alang-alang untuk usaha tani berkelanjutan*. Prosiding Seminar Lahan Alang-alang, Bogor, Desember 1992. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Litbang Pertanian.
- Suprpto, A., 2002. *Land and water resources development in Indonesia* dalam FAO Investment in Land and Water. Proceedings of the Regional Consultation.