

MENGELOLA LAHAN KERING TERDEGRADASI MENJADI LAHAN PERTANIAN YANG LEBIH PRODUKTIF



**IAARD
PRESS**



**BADAN PENELITIAN DAN PENGEMBANGAN PERTANIAN
KEMENTERIAN PERTANIAN
2013**

**MENGELOLA LAHAN KERING TERDEGRADASI
MENJADI LAHAN PERTANIAN
YANG LEBIH PRODUKTIF**

MENGELOLA LAHAN KERING TERDEGRADASI MENJADI LAHAN PERTANIAN YANG LEBIH PRODUKTIF

Penyusun:

S.Sutono



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Kementerian Pertanian

2014

Cetakan 2013

Hak cipta dilindungi undang-undang

© Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013

Katalog dalam terbitan

SUTONO

Mengelola lahan kering terdegradasi menjadi lahan pertanian
lebih produktif/ Penyusun, Sutono.; Penyunting, Joko Purnomo
dan Neneng L. Nurida.-- Jakarta: IAARD Press, 2013.

viii, 77 hlm.: ill.; 21 cm

631.445.5

1. Lahan kering 2. Lahan pertanian

I. Judul II. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

ISBN 978-602-1520-57-4

Redaksi Pelaksana:

Joko Purnomo

Sri Erita Aprillani

Tata Letak:

Moch. Iskandar

IAARD Press

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jalan Ragunan No. 29, Pasarminggu, Jakarta 12540

Telp. +62 21 7806202, Faks.: +62 21 7800644

Alamat Redaksi:

Pusat Perpustakaan dan Penyebaran Teknologi Pertanian

Jalan Ir. H. Juanda No. 20, Bogor 16122

Telp. +62-251-8321746. Faks. +62-251-8326561

e-mail: iaardpress@litbang.deptan.go.id

KATA PENGANTAR

Pertanian lahan kering umumnya memanfaatkan tanah yang mempunyai tingkat kesuburan rendah atau marginal dan mempunyai kelerengan datar sampai curam, serta jenis tanah Ultisols dan Oxisols. Kedua jenis tanah tersebut di Indonesia menempati luas lahan sekitar 47,5-51,0 juta ha yang tersebar di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi, Maluku, Papua, dan Jawa. Lahan tersebut dikategorikan mempunyai sifat fisika tanah yang baik, namun tergolong peka terhadap erosi dan produktivitasnya sesungguhnya lebih rendah dari potensinya, sehingga diperlukan tindakan revitalisasi untuk meningkatkan produktivitasnya.

Secara ringkas buku ini menjelaskan penyebab terjadinya penurunan produktivitas lahan dan memberikan alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk memulihkan kualitas lahan dimaksud serta dilengkapi dengan perencanaan usaha tani pada lahan kering terdegradasi.

Terimakasih disampaikan kepada Kepala Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian yang telah memfasilitasi diterbitkannya buku ini serta kepada semua pihak yang telah berkontribusi untuk penyusunan buku ini. Saran konstruktif untuk penyempurnaannya diharapkan dan semoga buku ini bermanfaat.

Bogor, Desember 2013
Kepala Balai,



Dr. Ir. Ali Jamil, MP 
NIP. 19650830 199803 1 001

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iv
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
 I. PENDAHULUAN	 1
II. PROSES DEGRADASI LAHAN KERING	5
2.1. Erosi tanah	5
2.2. Penurunan kadar bahan organik tanah	13
III. DAMPAK DEGRADASI LAHAN	26
3.1. Penurunan produktivitas	26
3.2. Inefisiensi <i>input</i> /pupuk	27
3.3. Penurunan pendapatan petani	28
IV. ALTERNATIF TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN TERDEGRADASI	 30
4.1. Teknologi pemulsaan	30
4.2. Teknologi budi daya lorong (<i>alley cropping</i>)	32
4.3. Pemberian pembenah tanah	36
V. USAHA TANI PADA LAHAN TERDEGRADASI ...	52
5.1. Evaluasi <i>land utilization type</i> (LUT)	52
5.2. Perencanaan dan penerapan konservasi tanah	54
5.3. Melakukan rehabilitasi lahan	56
5.4. Meningkatkan kualitas lahan pertanian	57
VI. PENUTUP	59
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	69

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
1	Banyaknya erosi selama 8 musim tanam (1978 – 1980) pada tanah Oxisols di Citayam, Bogor	11
2	Jumlah erosi pada pertanaman sayuran berlereng 20% di tanah Hapludands Batulawang, Cianjur	12
3	Besarnya erosi yang dibolehkan pada keadaan tanah tertentu	12
4.	Kandungan C-organik tanah pada beberapa jenis tanah di Kalimantan Timur	15
5.	Kandungan C-organik pada tanah bukaan baru di Sitiung, Sumatera Barat	21
6	Tekstur, kandungan C-organik, P dan K pada Typic Kanhapludults di KP Taman Bogo, Lampung Timur ..	21
7	Jumlah C-organik, P_2O_5 , dan K_2O yang hilang terbawa oleh erosi pada lahan dengan kemiringan 3% di KP Taman Bogo, Lampung Timur	23
8	Jumlah C-organik dan hara hilang terbawa erosi sebagai akibat rehabilitasi di Jasinga, Bogor	24
9	Jumlah C-organik dan hara terbawa sedimen sebagai akibat rehabilitasi lahan di Jasinga, Bogor	24
10	Kandungan C-organik, P_2O_5 , dan K_2O setiap setelah panen MT I dan MT 8 pada kedalaman 0-20 cm di percobaan erosi Citayam, Bogor.....	25
11	Produksi dan penurunan produksi jagung dan ubikayu tanpa input pupuk dan pembenah tanah pada tanah Alfisols di Mojokerto	27
12	Efisiensi penggunaan pupuk pada pola tanam tumpangsari jagung dengan ubikayu yang dibudidayakan pada tanah Alfisols Mojokerto.....	28

No.	Judul	Halaman
13	Keuntungan usaha tani jagung pada lahan tanpa rehabilitasi sifat kimia di Pauh Menang, Jambi	29
14	Pengaruh pengelolaan tanah, pengelolaan bahan organik, dan pemupukan terhadap hasil tanaman, erosi, dan aliran permukaan selama 6 bulan (Oktober 1989 – Mei 1990) pada tanah Typic Kandiudox dengan lereng 8 – 15 % di Kuamang Kuning, Jambi	35
15	Pengaruh tanaman pagar dalam sistem budi daya lorong terhadap sifat fisika, kimia, dan hasil kedelai musim tanam 5 di Kuamang Kuning, Jambi	36
16	Deposit fosfat alam di Indonesia tahun 2008	39
17	<i>Relative agronomic effectiveness</i> (RAE) fosfat alam untuk tanaman pangan pada tanah masam di Pelaihari, Kalimantan Selatan	40
18	Kadar C-organik, Ca, dan hasil panen pada percobaan pemberian P di Kuamang Kuning, Jambi	41
19	Sifat kimia beberapa zeolit yang beredar di Bogor (Sutono <i>et al.</i> , 2000)	43
20	Kandungan unsur dalam abuvulkanik erupsi G. Merapi	45
21	Pengaruh dosis pembenah tanah berbahan dasar abuvulkanik terhadap hasil panen tanaman kedelai pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur	46
22	Kualitas formula pembenah tanah berbahan baku <i>biochar</i> dan kompos kotoran hewan	49
23	Biji jagung pipilan kering, pH, KTK, dan pori air tersedia tanah setelah aplikasi pembenah biochar satu musim tanam di KP Taman Bogo	50
24	Kriteria evaluasi lahan untuk tanaman kedelai (<i>Glycine max</i> (L.) Merrill	53
25	Hasil penilaian kesesuaian lahan kedelai lahan kering di Desa Kesongo, Kunduran, Blora	55

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1	Erosi lembar yang parah memunculkan perakaran tanaman	6
2	Erosi alur (kiri) yang berproses menjadi erosi parit (kanan)	7
3	Erosi parit membentuk jalur aliran permukaan	8
4	Hubungan kandungan C-organik dengan bobot isi pada tanah Oxisols Mekarmukti, Cisaga, Ciamis	17
5	Hubungan kandungan C-organik dengan indeks kestabilan agregat (IKA) pada tanah Oxisols Mekarmukti, Cisaga, Ciamis	17
6	Hubungan C organik tanah dengan hasil jagung musim hujan 2008/2009 pada tanah Oxisols Ciamis	19
7	Hubungan C organik tanah dengan hasil jagung musim kemarau 2009 pada tanah Oxisols Ciamis	19
8	Pembukaan lahan untuk daerah transmigrasi menggunakan alat berat (kiri) dan manual dengan pembakaran (kanan)	20
9	Sisa tanaman jagung disebarakan sebagai mulsa di permukaan tanah sesaat setelah panen di Oebola, Kupang, NTT	31
10	Sistem budi daya lorong (<i>alley cropping</i>) dengan tanaman pagar serengan jantan (hahapaan, <i>Flemingia congesta</i>) dan tanaman jagung di antara (lorong) <i>Flemingia congesta</i> di KP Taman Bogo, Lampung Timur	33
11	Keragaan tanaman kedelai yang diberi pembenah tanah abuvulkanik pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur	45
12	Hubungan dosis pembenah tanah K532 dengan berat biji kering kedelai pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur	46

No.	Judul	Halaman
13	Hubungan dosis pembenah tanah K424 dengan berat biji kering kedelai pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur	47
14	Bertani pada lahan batu karang bertanah di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang	51
15	Menunggu panen bawang dari lahan usaha tani berupa tanah berbatu karang di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang	58

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
1	Pilihan teknologi konservasi menurut keadaan biofisik (Agus <i>et al.</i> 1999)	70

71. PENDAHULUAN

Lahan pertanian merupakan perpaduan antara sifat fisika – kimia – biologi tanah, ketika ketiganya dalam kondisi ideal berarti kualitasnya sangat baik dan mampu mendukung budi daya berbagai jenis tanaman. Ketika sebagian dari sifat-sifat tanah tersebut mengalami penurunan atau hilang fungsinya akan menyebabkan terjadi ketidakseimbangan kimia dan fisika yang mengakibatkan daya dukungnya berkurang. Daya dukung tanah terhadap budi daya tanaman ditentukan oleh sifat-sifat alamiah tanah tersebut. Sifat-sifat alamiah inilah yang diidentifikasi dalam menentukan kelas kesesuaian lahan pertanian.

Dalam *A framework for land evaluation* (FAO 1976) hasil evaluasi terhadap kondisi alami lahan digolongkan menjadi sesuai (S) dan tidak sesuai (N) untuk suatu komoditas pertanian. Lahan yang sesuai dibagi lagi menjadi sangat sesuai (S_1), cukup sesuai (S_2), dan sesuai marginal (S_3). Ketiga kelas kesesuaian lahan tersebut ditentukan oleh parameter-parameter lahan/tanah dan sifat-sifatnya sebagai pembatas/penentu. Nilai atau kisaran nilai sifat-sifat tanah tersebut sangat erat kaitannya dengan kemampuan lahan memberikan produksi. Parameter-parameter lahan itu diantaranya ketersediaan air, retensi hara, ketersediaan hara, topografi/terain, kedalaman tanah dan toksisitas. Berdasarkan kesesuaian lahan tersebut kemudian diketahui potensi produksi hasil budi daya tanaman.

Budi daya pertanian, terutama tanaman pangan, dapat diarahkan menggunakan tanah dengan kelas kesesuaian S_1 , S_2 , dan S_3 , sesuai dengan kemampuan tanah menyediakan hara (Djaenudin *et al.* 2003). Budi daya tanaman tidak selayaknya

menyebabkan produktivitas tanah menjadi lebih rendah bahkan terdegradasi, sebaliknya produktivitas tanah harus makin meningkat. Dalam budi daya tanaman terdapat input-input untuk memenuhi kebutuhan tanaman agar tanaman memberikan hasil yang memuaskan saat ini. Input berupa pupuk dan pembenah tanah menjadi barang mahal, sehingga kadang-kadang dosisnya dikurangi. Akibatnya tanaman memanfaatkan apa yang ada di dalam tanah untuk memenuhi semua kebutuhannya. Terjadi pengurasan unsur hara oleh tanaman yang menyebabkan tanah menjadi makin miskin. Pemiskinan hara tidak hanya terjadi akibat budi daya yang mengandalkan kondisi alamiah tanah, tetapi juga karena hilangnya lapisan tanah dan dekomposisi bahan organik yang terus menerus. Ketika produksi pertanian makin merosot maka terjadilah apa yang disebut degradasi lahan dan lahan yang telah terdegradasi tersebut tergolong lahan suboptimal.

Degradasi lahan (*land degradation*) adalah suatu proses penurunan produktivitas tanah menjadi lebih rendah, baik sementara maupun tetap, sehingga pada suatu saat lahan tersebut mencapai ke tingkat kekritisan tertentu (Dent 1993). Degradasi lahan dimulai dari penurunan produktivitas tanah sebagai respon terhadap berkurangnya kemampuan memenuhi semua kebutuhan tanaman. Penurunan produktivitas ini terjadi perlahan-lahan, sedikit demi sedikit sejalan dengan penurunan kualitas tanah.

Kualitas tanah yang sangat jelek sebagai akibat memburuknya sifat fisika, kimia, dan biologi tanah akan mendorong terbentuknya lahan kritis. Dalam menilai lahan kritis, menggunakan 4 parameter lahan, yaitu kondisi penutupan vegetasi, tingkat torehan/kepadatan drainase, penggunaan lahan dan kedalaman tanah. Berdasarkan kondisi parameter-parameter

lahan tersebut, lahan kritis dibedakan menjadi 4 tingkat kekritisan lahan, yaitu potensial kritis, semi kritis, kritis, dan sangat kritis (Suwardjo dan Nurida 1994). Potensial kritis mengandung arti bahwa lahan tersebut belum dibuka, tetapi jika dibuka untuk lahan pertanian mempunyai potensi menjadi kritis. Tanah demikian mempunyai solum yang dangkal, terdapat lapisan kedap air, lereng curam, dan tanah peka terhadap erosi.

Lahan semi kritis adalah areal pertanian yang telah mengalami penurunan produktivitas secara nyata, sebagian lapisan atas telah tererosi, dan membutuhkan input tinggi untuk memulihkan produktivitasnya. Lahan kritis dicirikan oleh hilangnya sebagian besar solum tanah, terdapat erosi parit, produktivitasnya sangat rendah. Lahan sangat kritis ditandai oleh hilangnya solum tanah, bahan induk telah muncul di permukaan tanah dan untuk memulihkannya diperlukan input sangat tinggi.

Tingkat kekritisan erat kaitannya dengan tingkat degradasi lahan. Degradasi lahan terjadi sebagai akibat adanya perbedaan kualitas parameter-parameter degradasi tanah. Untuk tanah yang sama, kualitas parameter-parameter tersebut pada saat sekarang lebih buruk dibandingkan periode waktu sebelumnya. Sifat-sifat tanah seperti pH, P-tersedia, C-organik, nitrogen (N), kapasitas tukar kation (KTK), ketebalan *topsoil*, berat isi dan pori aerasi merupakan parameter-parameter degradasi tanah (Soil Horizons 2000).

Sudirman dan Vadari (2000) menginformasikan bahwa kandungan bahan organik, fosfor, dan ketebalan tanah lapisan atas dalam penampang tanah merupakan parameter-parameter degradasi tanah. Selain itu, diperoleh informasi bahwa pada lahan

dengan tingkat kekritisian yang bertambah berat menunjukkan hasil tanaman semakin rendah.

Menurut Arsyad (2006) untuk memulihkan dan mempertahankan produktivitas sesuai kemampuan tanah (*soil capability*) agar dapat digunakan berkelanjutan (*sustainable*) diperlukan tindakan konservasi tanah. Konservasi tanah secara sempit diartikan sebagai upaya mencegah kerusakan tanah oleh erosi dan memperbaiki tanah yang rusak oleh erosi. Erosi menjadi penyebab utama terjadinya degradasi pada lahan kering. Penyebab lainnya adalah ketidakseimbangan hara, aktivitas penambangan, intrusi air laut, bencana longsor dsb. Upaya penanggulangan lahan terdegradasi dapat dilakukan setelah mengetahui pengungkit terjadinya degradasi lahan. Menanggulangi lahan pertanian terdegradasi berarti mencegah terjadinya penurunan produktivitas tanah dan tanaman, mencegah kerusakan lingkungan, dan mencegah bertambah luasnya lahan terlantar, serta mencegah penurunan pendapatan petani.

II. PROSES DEGRADASI LAHAN KERING

Degradasi lahan meliputi berbagai bentuk kerusakan tanah yang diakibatkan oleh aktivitas manusia pada lahan pertanian yang mengakibatkan penurunan produktivitas lahan dan produksi tanaman dan terangkutnya hara-hara tanah (Kurnia *et al.* 2005). Pada dasarnya proses degradasi lahan kering di Indonesia disebabkan oleh (1) hilangnya lapisan permukaan tanah pertanian akibat erosi tanah, dan (2) penurunan kandungan hara sebagai akibat adanya pengurasan hara yang terus menerus.

2.1. Erosi tanah

a. Pengertian

Penyebab utama degradasi lahan di Indonesia adalah hilangnya lapisan permukaan tanah oleh erosi yang disebabkan oleh air hujan (Suwardjo 1981; Kurnia *et al.* 1997; Abdurachman dan Sutono 2002; Arsyad 2006). Erosi adalah proses penghancuran agregat tanah, pengangkutan partikel tanah dari suatu tempat ke tempat lain oleh aliran air permukaan (*cilcungcang*, *run off*) saat hujan, dan penempatan kembali partikel tanah di tempat-tempat yang lebih rendah. Erosi terjadi perlahan-lahan sesuai dengan kemampuan energi kinetik hujan menghancurkan permukaan tanah, kemampuan tanah mempertahankan diri dari pukulan butir hujan, topografi atau bentuk wilayah, cara budi daya dan jenis tanaman yang dibudidayakan.

b. Jenis-jenis erosi

Jenis erosi yang mungkin terjadi pada lahan pertanian adalah erosi lembar, erosi alur, erosi parit, serta erosi tebing sungai dan longsor (Arsyad 2006). Erosi lembar terjadi di permukaan tanah

dengan ketebalan hilangnya butir-butir tanah merata di seluruh permukaan lahan pertanian (Gambar 1). Perakaran tanaman dapat muncul di permukaan tanah apabila erosi lembar mencapai tingkat yang parah. Erosi lembar terjadi pada lahan pertanian yang seragam lerengnya sehingga tidak terjadi konsentrasi aliran permukaan yang membuat alur-alur aliran permukaan. Erosi lembar tidak mudah dilihat tetapi dapat dirasakan ketika produksi pertanian pada lahan tersebut selalu berkurang dari tahun ke tahun.

Erosi alur terjadi sebagai akibat pengangkutan butir-butir tanah terkonsentrasi pada titik tertentu membuat alur yang mudah terlihat (Gambar 2). Erosi alur banyak dijumpai pada lahan yang ditanami tanaman dengan barisan searah lereng, sering dibiarkan terjadi karena mudah dihilangkan pada saat pengolahan tanah.



Gambar 1. Erosi lembar yang parah memunculkan perakaran tanaman (Foto: S. Sutono 2013)



Gambar 2. Erosi alur (kiri) yang berproses menjadi erosi parit (kanan) (Foto: S. Sutono 2013)

Erosi parit merupakan proses lebih lanjut dari erosi alur, karena alur yang terbentuk dibiarkan saja tanpa mengindahkan dasarnya aliran permukaan pada alur tersebut (Gambar 3). Erosi parit mudah terlihat pada lahan dengan lereng cukup miring, terdapat alur sebagai tempat terkonsentrasinya aliran permukaan yang dibiarkan terjadi tanpa tindakan pencegahan sehingga terbentuk parit yang makin lama makin dalam. Erosi tebing sungai dan longsor tidak hanya menghilangkan lapisan permukaan tanah, tetapi memindahkan tubuh tanah dari permukaan sampai bahan induk tanah ke tempat lain.



Gambar 3. Erosi parit membentuk jalur aliran permukaan
(Foto: S. Sutono 2013)

c. Metode memprediksi erosi

Untuk menghitung dan memprediksi kehilangan lapisan atas tanah atau erosi dapat digunakan beberapa model erosi, diantaranya adalah USLE (*universal soil loss equation*) (Wischmeier dan Smith 1978), GUEST (Rose *et al.* 1983) dan *agriculture non point source polution models* (AGNPS). Model empiris USLE merupakan model yang sederhana dan mudah diaplikasikan di lapangan serta sangat cocok untuk perencanaan tindakan konservasi tanah dan pemilihan jenis tanaman (Lal 1994;

ICRAF 2010). Kelemahan dari model ini adalah memerlukan sumber daya dan waktu yang banyak untuk membangun *data base* yang dibutuhkan (Nearing *et al.* 1994) dan menghasilkan angka erosi 2.000% lebih tinggi (*over estimated*) dari kenyataan yang terjadi (Poel dan Subagyo 1998).

Model prediksi erosi USLE, (Wischmeier dan Smith 1978) yaitu

$$A = R.K.L.S.C.P.$$

dimana: A = banyaknya erosi per tahun

R = intensitas hujan maksimum 30 menit (I_{30}),

K = laju erosi per unit indeks erosi untuk suatu tanah tanpa tanaman (erodibilitas)

L = panjang lereng 22 m,

S = berlaku pada tanah dengan kemiringan 9%

C = nisbah antara besarnya erosi dari suatu areal dengan vegetasi penutup dan pengelolaan tanaman tertentu terhadap besarnya erosi dari tanah yang identik tanpa tanaman, dan

P = nisbah antara besarnya erosi dari tanah yang diberi perlakuan tindakan konservasi tanah.

Model erosi GUEST (Rose *et al.* 1983) merupakan model berdasarkan pendekatan proses erosi yang mempengaruhinya, yaitu daya pelepasan partikel tanah oleh butir-butir hujan dan aliran permukaan sebagai agen utama penyebab erosi tanah. Dalam model ini, erosi terjadi karena adanya tiga proses yang berperan, yaitu pelepasan (*detachment*) oleh butir-butir hujan, pengangkutan (*transportation*) sedimen, dan pengendapan (*deposition*) sedimen.

Model AGNPS adalah model parametrik terdistribusi yang dikembangkan oleh ilmuwan *Agricultural Research Service*

(ARS), *United State Departement of Agriculture* (USDA), bekerjasama dengan Badan Pengendali Polusi Minnesota (*Minnesota Pollution Control Agency*). Model menggunakan persamaan dan metodologi yang telah dikembangkan dan banyak digunakan oleh USDA dan ARS.

Model prediksi erosi USLE, GUEST, AGNPS telah dikaji dan dapat dijalankan pada luasan tertentu (Vadari *et al.* 2004). Untuk skala plot (petak erosi) dapat digunakan model USLE, dengan ukuran petak mencapai 1.000 m² namun kemiringan lerengnya mutlak seragam. Model GUEST dapat diaplikasikan pada bentang lahan atau lanskap DAS yang berukuran 150-200 ha, sedangkan model AGNPS dapat mencakup luasan DAS lebih besar dari 200 ha.

d. Besarnya erosi

Lahan pertanian tanaman pangan merupakan penyumbang terbesar terjadinya erosi. Jenis-jenis erosi lembar, alur, dan parit terjadi pada areal ini, karena penyebab utamanya adalah usaha tani yang intensif pada lahan kering berlereng tanpa disertai upaya pencegahan erosi. Kasus pada tanah Oxisols Citayam, Bogor menunjukkan bahwa jumlah erosi setelah 8 musim tanam (MT) sejak Maret 1978 sampai dengan 1980 mencapai angka 1099,4 t/ha (tanah tidak ditanami diolah sekali pada 1978 selanjutnya tidak diolah sampai 1980). Erosi terendah (39 t/ha) dari perlakuan teknik pengelolaan lahan (diolah sekali selanjutnya tanpa olah tanah diberi mulsa jerami 6 t/ha setiap musim tanam) (Tabel 1). Kesimpulan yang diperoleh adalah erosi pada lahan pertanian tanaman pangan berlereng kurang dari 15%, berkisar antara 220 dan 280 t/ha tahun atau rata-rata 2,5 cm lapisan tanah hilang setiap tahunnya (Suwardjo 1981). Tingginya jumlah tanah tererosi

menyebabkan produktivitas lahan terus menurun dan menjadi kritis karena terjadinya penurunan kualitas fisika tanah.

Tabel 1. Banyaknya erosi selama 8 musim tanam (1978 – 1980) pada tanah Oxisols di Citayam, Bogor

Teknik pengelolaan lahan	MT I	MT I-VIII
	----- t/ha -----	
Tanah tidak ditanami, diolah sekali pada Maret 1978, selanjutnya tidak diolah	195,8	1099,4
Diolah setiap akan ditanami, tanpa mulsa	18,7	630,1
Sekali diolah biasa (Maret 1978), selanjutnya tidak diolah, diberi mulsa jerami 6 t/ha setiap akan tanam	4,7	39

Sumber: Suwardjo (1981). MT=musim tanam

Pada lahan sayuran dataran tinggi terjadi erosi yang sangat tinggi berkisar antara 40 – 100 t/ha bergantung kepada tindakan konservasi tanah yang dilakukan. Pada lahan tanpa tindakan konservasi tanah, yaitu membuat bedengan searah lereng dengan panjang 10 m, menimbulkan erosi sebesar 100,55 t/ha pada pertanaman buncis dan kubis, tetapi jika panjang lereng diperpendek menjadi 4,5–5 m dan dipotong oleh teras gulud, jumlah erosi berkurang sebesar 28–38 % (Tabel 2).

Tabel 2. Jumlah erosi pada pertanaman sayuran berlereng 20% di tanah Hapludands Batulawang, Cianjur

Perlakuan konservasi tanah	Jumlah tanah tererosi		
	Buncis	Kubis	Jumlah
	----- t/ha -----		
Bedengan searah lereng, panjang 10 m	76,95	23,60	100,55
Bedengan searah lereng, setiap 4,5 m dibuat teras gulud memotong lereng, ditanami katuk	23,90	16,30	40,20
Bedengan searah lereng, setiap 4,5 m dibuat teras gulud memotong lereng, ditanami cabai	27,70	18,90	46,60
Bedengan searah kontur	28,60	11,90	40,50

Sumber: Suganda *et al.* 1997

Tabel 3. Besarnya erosi yang dibolehkan pada keadaan tanah tertentu

Sifat tanah dan Substrata	Erosi t/ha
1. Tanah dangkal di atas batuan	1,12
2. Tanah dalam di atas batuan	2,24
3. Tanah yang lapisan bawahnya padat terletak di atas substrata yang tidak terkonsolidasi	4,48
4. Tanah dengan lapisan bawah berpermeabilitas lambat di atas substrata yang tidak terkonsolidasi	8,07
5. Tanah dengan lapisan bawah agak permeabel di atas substrata yang tidak terkonsolidasi	11,21
6. Tanah dengan lapisan bawah permeabel di atas substrata yang tidak terkonsolidasi	13,45

Sumber: Thompson (1957) dalam Abdurachman dan Sutono (2002).

Bedengan searah lereng bila panjangnya tidak melebihi 4,5 m, dan pada bagian bawah bedengan dipotong dengan membuat teras gulud (*ridge terrace*), atau teknik konservasi tanah lain, seperti strip rumput dan tanaman pagar, laju aliran permukaan dan erosi dapat dihambat. Pada bidang teras gulud, sebaiknya ditanami dengan tanaman yang bermanfaat dan mempunyai nilai jual cukup baik, walaupun jenis tanaman tersebut tidak berpengaruh dalam mengurangi laju aliran permukaan dan erosi (Suganda *et al.* 1997; Haryati dan Kurnia. 2001, dan Erfandi *et al.* 2001).

Besarnya erosi pada Oxisols Citayam, Bogor (Tabel 1) dan pada Hapludands Batulawang, Cianjur (Tabel 2) jika dibandingkan dengan jumlah erosi yang dibolehkan pada keadaan tertentu (Tabel 3) menunjukkan bahwa erosi yang terjadi mencapai 3 kali lebih banyak dibandingkan dengan nilai erosi yang diperbolehkan pada tanah dengan lapisan bawah permeabel (nomor 6, Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa lahan pertanian yang berlereng 19 - 22% di Citayam, Bogor dan Batulawang, Cianjur mempunyai resiko menjadi tanah terdegradasi. Lahan usaha tani tanpa tindakan konservasi tanah akan mengalami kemerosotan kualitas lahan dimulai dengan makin tipisnya bidang olah yang dibarengi oleh makin rendahnya tingkat kesuburan tanah. Bidang olah tanah Oxisols, Citayam dan Hapludans, Pacet Cianjur akan bertambah tipis, walaupun pada dasarnya tanah Citayam mempunyai kedalaman solum > 50 cm, demikian halnya dengan kedalaman solum pada lahan Pacet, Cianjur.

2.2. Penurunan kadar bahan organik tanah

Penurunan kadar bahan organik tanah tidak mudah diketahui karena tidak terjadi seketika tetapi melalui proses yang

memerlukan waktu. Penurunan kadar bahan organik tanah mulai dirasakan ketika tanaman makin kerdil dan hasil panen semakin merosot. Uraian berikut menjelaskan deposit dan peranan bahan organik tanah, serta sebab-sebab terjadinya penurunan kadar bahan organik tanah yang terjadi sejak dimulainya pembukaan lahan hingga saat budi daya tanaman pangan dilakukan, termasuk terbawa erosi, diangkut panen, dan pembakaran sisa-sisa panen.

a. Lapisan permukaan tanah sebagai deposit bahan organik tanah

Pada kondisi hutan atau belukar, sebagian besar tanah di Indonesia mempunyai kandungan bahan organik tinggi dan masih tertutup oleh lapisan serasah dan humus. Serasah merupakan sumber bahan organik tanah, yang kemudian didekomposisi oleh mikroba dan pelapukan fisik sehingga sebagian menjadi humus kemudian masuk ke dalam tubuh tanah menjadi bahan organik tanah. Tabel 4 memperlihatkan bahwa berdasarkan hasil survey tanah tinjau di Kalimantan Timur sebagian contoh tanah mempunyai kandungan C-organik tinggi pada lapisan permukaan atau lapisan I dan menurun pada lapisan II dan lapisan III (Suharta *et al.* 2000). Dari beberapa jenis tanah tersebut terlihat bahwa lapisan permukaan tanah atau lapisan I yang mempunyai ketebalan beberapa cm merupakan deposit bahan organik tanah. Lapisan I sebagai horizon A atau horizon akumulasi humus, lapisan II sebagai zona *eluviation* pada horizon A, dan lapisan III merupakan horizon B sebagai zona *illuviation*. Dalam budi daya pertanian, lapisan permukaan tanah merupakan modal dasar dalam usaha tani, jika dibiarkan terlantar dan kandungan bahan organiknya terus terkuras maka keuntungan sulit diperoleh.

Tabel 4. Kandungan C-organik tanah pada beberapa jenis tanah di Kalimantan Timur

Jenis tanah	Vegetasi	Lapisan		
		I	II	III
---- % C-organik ----				
Humic Acrudox	Belukar	4,43	1,74	1,23
Anionic Acrudox	Kebun campur	6,52	2,92	1,12
Humic Hapludox	Belukar	5,28	2,32	1,12
Typic Paleudults	Perkebunan besar	2,09	0,54	0,32
Typic Hapludults	Hutan	1,81	0,52	0,37
	Belukar	1,96	0,55	0,32
	Belukar	4,92	2,22	1,29
Pluentic Dystrudepts	Belukar	3,69	0,70	0,33
	Belukar	1,25	0,49	0,21
Typic Dystrudepts	Belukar	1,25	0,49	0,21
Typic Endoquents	Semak	4,78	1,93	0,86

Sumber: Suharta *et al.* 2000

Lapisan I merupakan lapisan yang berada di permukaan tanah, umumnya mempunyai ketebalan sekitar 5-25 cm, berwarna hitam sampai coklat kehitaman. Lapisan tersebut merupakan tempat timbunan serasah terdekomposisi dan humus pada lahan yang belum dibuka. Sering disebut horizon Ap pada lahan yang telah dibuka untuk budi daya tanaman. Lapisan II berada di bawah lapisan I, tidak terlihat warna hitam, umumnya mempunyai ketebalan ± 30 cm, merupakan zona pencucian. Lapisan III lebih dekat ke lapisan bahan induk tanah, berada pada kedalaman 50 cm atau lebih dikenal pula sebagai zone deposisi.

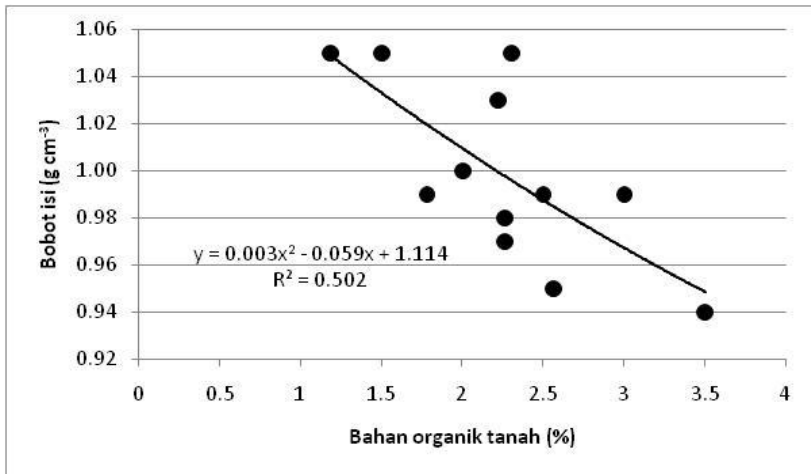
b. Peranan bahan organik tanah dalam memperbaiki sifat fisika tanah

Bahan organik merupakan salah satu bahan amelioran yang dapat digunakan untuk menurunkan kation dan anion dari larutan tanah. Bahan ini berkontribusi terhadap unsur hara karena dapat

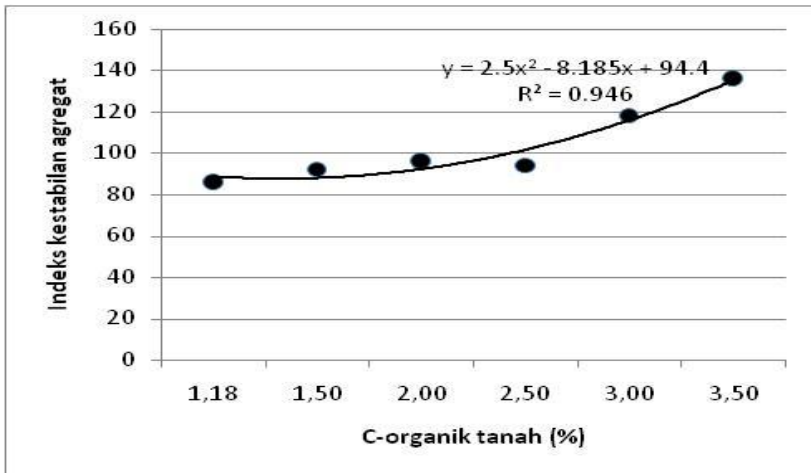
menurunkan aktivitas kation-kation meracun (Ardiwinata *et al.* 2005). Peranan bahan organik tanah adalah mempertahankan sifat-sifat fisika, kimia, biologi, dan produktivitas lahan dalam kondisi yang optimum. Bahan organik mengandung zat-zat yang dapat mempengaruhi proses pengembangan, pengkerutan, dan flokulasi pada tanah. Proses tersebut berlangsung bersama dengan fraksi liat (*klei/clay*) tanah.

Penambahan konsentrasi dalam bentuk ion zat-zat tersebut ke dalam tanah akan menurunkan pengembangan klei dan menambah flokulasi menjadi lebih besar. Hal inilah yang mempengaruhi permeabilitas tanah. Bahan organik dalam bentuk pupuk kandang dan humus hutan sebanyak 10 t/ha pada tanah yang baru dibuka secara mekanik mampu menurunkan bobot isi (BD) tanah (Barus dan Suwardjo 1988). Bahan organik yang diberikan sebagai mulsa mempunyai pengaruh nyata terhadap perbaikan sifat fisika tanah (Lal 1976; Suwardjo 1981).

Peranan bahan organik tanah dalam budi daya pertanian sudah banyak diteliti dan banyak dilaporkan peneliti serta praktisi pertanian. Bahan organik tanah berperan dalam memperbaiki kesuburan tanah sehingga dapat meningkatkan produktivitas lahan pertanian. Bahan organik tanah yang terdiri dari karbon (C) dan nitrogen (N) mempunyai kecenderungan mampu memperbaiki bobot isi (Gambar 4) dan mampu meningkatkan indeks kestabilan agregat (Gambar 5) tanah Oxisols Mekarmukti, Cisaga, Ciamis (Sutono dan Kurnia 2012). Indeks kestabilan agregat (IKA) dan bobot isi merupakan dua sifat fisika tanah yang mempengaruhi pembentukan struktur tanah.



Gambar 4. Hubungan kandungan C-organik dengan bobot isi pada tanah Oxisols Mekarmukti, Cisaga, Ciamis. (Sutono dan Kurnia 2012)

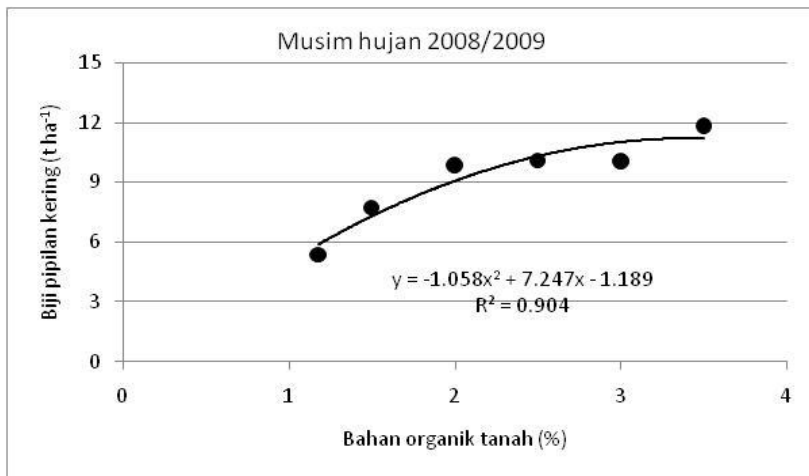


Gambar 5. Hubungan kandungan C-organik dengan indeks kestabilan agregat (IKA) pada tanah Oxisols Mekarmukti, Cisaga, Ciamis. (Sutono dan Kurnia 2012)

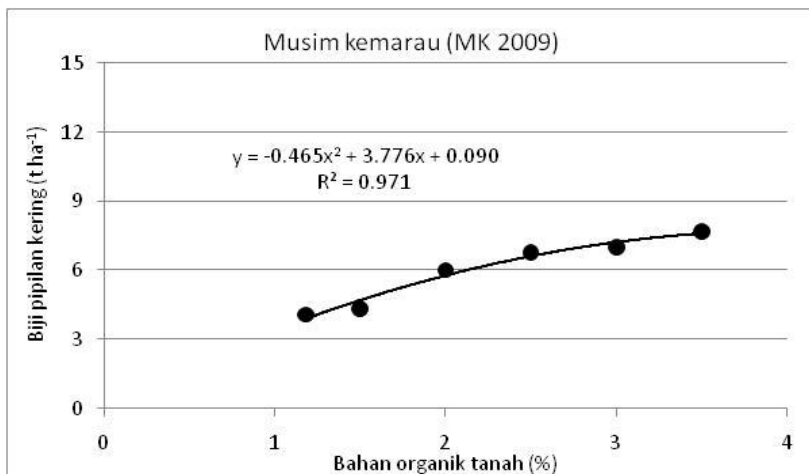
c. Peranan bahan organik tanah dalam mempertahankan produktivitas tanah

Peranan lain dari bahan organik tanah adalah mempertahankan produktivitas tanah. Tipe mineral liat, tekstur tanah, kadar C-organik, dan kandungan P tanah, merupakan sifat-sifat tanah yang menentukan hasil jagung. Tanah dengan kandungan C-organik sekitar 2,5% dapat mencapai separuh hasil atau produksi maksimum jagung. Artinya, bahwa tanah dengan kandungan C-organik kurang dari 2,5% menyebabkan hasil jagung berkurang sekitar 50% dari potensi hasilnya.

Hasil berupa biji jagung pipilan kering pada tanah Oxisols Ciamis meningkat sesuai dengan meningkatnya kandungan bahan organik tanah. Kandungan C-organik tanah sampai dengan 4% masih mempunyai kecenderungan untuk meningkatkan hasil baik pada MT I yang ditanam pada musim hujan (MH) 2008/2009 (Gambar 6) maupun MT II yang ditanam pada akhir musim kemarau (MK) 2009 (Gambar 7). Musim kemarau 2009 tergolong musim kemarau yang basah, karena banyak hujan. Untuk mencapai kandungan tersebut dibutuhkan paling tidak 27 t.ha^{-1} pupuk kandang. Oleh karenanya, standar kualitas tanah bagi kandungan C-organik untuk mempertahankan sifat fisika dan kimia tanah, serta produksi jagung dalam kondisi optimum berada pada kisaran 1,7% - 2,3% atau setara dengan kandungan bahan organik tanah sebesar 2,9 – 4,0 % (Sutono dan Kurnia 2012).



Gambar 6. Hubungan C organik tanah dengan hasil jagung musim hujan 2008/2009 pada tanah Oxisols Ciamis (Sutono dan Kurnia 2012)



Gambar 7. Hubungan C organik tanah dengan hasil jagung musim kemarau 2009 pada tanah Oxisols Ciamis (Sutono dan Kurnia 2012)

d. Kehilangan bahan organik akibat pembukaan lahan

Cara pembukaan lahan berpengaruh terhadap penurunan bahan organik tanah. Pada lahan yang dibuka secara manual kandungan bahan organik tanah lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang dibuka menggunakan alat berat. Penggunaan alat berat akan menggusur sebagian besar humus dari permukaan tanah dan menumpuknya pada bagian tertentu untuk kemudian dibakar. Penumpukan dan pembakaran ditujukan untuk memusnahkan sisa-sisa kayu, batang, dahan, dan ranting tetapi pada saat tersebut humus ikut terdorong, terkumpulkan, dan terbakar (Gambar 8).



Gambar 8. Pembukaan lahan untuk daerah transmigrasi menggunakan alat berat (kiri) dan manual dengan pembakaran (kanan) (Foto: S. Sutono 1984)

Model pembukaan lahan ramah lingkungan adalah dengan cara tebas, tebang, tanpa pembakaran. Kayu dan ranting dicacah dijadikan potongan-potongan kecil (*cheap*) dan dihamparkan ke permukaan tanah sebagai mulsa. Agar kayu dan ranting mempunyai manfaat jangka panjang dapat dijadikan arang (*biochar*) dan diaplikasikan sebagai pembenah tanah.

Pada tanah bukaan baru di lokasi Sitiung, Sumatera Barat menunjukkan bahwa kandungan C-organik semakin ke bawah

makin sedikit (Tabel 5). Bahan organik terkonsentrasi pada lapisan permukaan dan lapisan ini mempunyai ketebalan yang berbeda. (Wade *et al* 1988 dalam Agus 2000). Lapisan tipis inilah yang biasanya hilang lebih dahulu terbawa erosi khususnya pada tanah berlereng yang mempunyai kepekaan erosi tinggi.

Tabel 5. Kandungan C-organik pada tanah bukaan baru di Sitiung, Sumatera Barat

Lokasi	Kedalaman (cm)	C-organik (g/kg)
Sitiung IA, Typic Kandiodox	0 – 13	30
	13 – 37	10
	37 – 68	6
Sitiung IV D, Typic Paleudults	0 – 5	46
	5 – 20	15
	20 – 48	11

Sumber: Wade *et al.* dalam Agus (2000)

Tanah di Kebun Percobaan (KP) Taman Bogo, Lampung Timur yang dikelola secara intensif menunjukkan bahwa tanah pada lapisan 0–21 cm mempunyai kandungan bahan organik 0,87% tergolong sangat rendah. Hal yang menarik adalah kandungan C-organik, P, dan K pada lapisan di bawahnya jauh lebih rendah (Tabel 6).

Tabel 6. Tekstur, kandungan C-organik, P dan K pada Typic Kanhapludults di KP Tamanbogo, Lampung Timur.

Kedalaman cm	Tekstur			C- organik (%)	P- Bray1 ppm	K- Morgan
	Pasir	Debu	Liat			
	-----	%	-----			
0 – 21	53	14	33	0,87	33,6	24,5
21 – 44	37	12	51	0,29	3,0	23,6
44 – 65	36	11	53	0,26	1,8	10,5

Sumber: Sutono *et al.* (2004)

Kandungan bahan organik yang sangat rendah tidak mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman palawija, sehingga untuk memperoleh hasil optimal harus menambahkan bahan organik setiap musim tanam. Erosi mengikis lapisan tanah bagian atas sehingga memunculkan lapisan bawah yang miskin hara, struktur tanah, pori aerasi atau pori drainase cepat menjadi lebih buruk, dan kepadatan tanah meningkat.

Lapisan kaya bahan organik merupakan modal usaha tani yang harus dipertahankan, jika makin tipis atau kandungan bahan organiknya makin rendah berarti bahwa sebagian tanah tersebut telah tererosi.

e. Kehilangan bahan organik akibat terbawa erosi

Kehilangan bahan organik tanah akibat hilangnya lapisan permukaan tanah terutama terjadi pada tanah-tanah peka erosi. Pada tanah seperti Oxisols dan Ultisols keberadaan bahan organik tanah bergantung kepada penerapan teknologi konservasi tanah. Aliran permukaan mengangkut butir-butir tanah (tanah tererosi), bahan organik tanah dan hara yang ada dalam tanah lapisan permukaan. Penurunan kandungan C-organik tanah, P_2O_5 dan K_2O dapat dijadikan petunjuk terjadinya erosi.

Di KP Taman Bogo telah dilakukan penelitian untuk mengetahui hara yang dimanfaatkan tanaman, tercuci air perkolasi, dan terbawa erosi/aliran permukaan menggunakan lisimeter. Lisimeter dibuat dari besi berukuran 1 m x 2 m, permukaan tanah dibuat miring dengan lereng 3%. Pada petak lisimeter tersebut selama satu musim tanam cabai, jumlah erosi yang terjadi 960–1570 kg/ha jumlah C-organik hanyut terbawa aliran permukaan dari petak yang diberi kotoran hewan (pukan)

sebanyak 10,68 kg/ha, P_2O_5 sebanyak 0,11 kg/ha dan K_2O sebanyak 11,78 kg/ha (Tabel 7) (Sutono *et al.* 2004).

Tabel 7. Jumlah C-organik, P_2O_5 , dan K_2O yang hilang terbawa oleh erosi pada lahan dengan kemiringan 3% di KP Taman Bogo, Lampung Timur

Perlakuan	Jumlah erosi	Unsur terbawa erosi		
		C-org	P_2O_5	K_2O
		----- kg/ha -----		
200 kg SP36/ha	960	5,38	0,05	5,04
200 kg SP36/ha + 10 t pukan/ha	1.570	10,68	0,11	11,77
2 t P-alam/ha	1.020	5,81	0,11	5,61
2 t P-alam/ha + 10 t pukan/ha	930	6,23	0,10	6,51

Sumber: Sutono *et al.* 2004

Selama pertanaman jagung musim hujan (MH) 1994/1995 di Jasinga, Bogor jumlah C-organik terbawa erosi di dalam butir-butir tanah mencapai 5.973,6 kg/ha dari petak tanpa rehabilitasi dengan jumlah erosi mencapai 93.480 kg/ha (Tabel 8). C-organik dan hara NPK juga terdapat di dalam sedimen. Sedimen adalah butiran halus tanah (debu dan liat) yang terdapat di dalam air aliran permukaan dalam bentuk organik, dan terlarut (*salution*). Sedimen di dalam air aliran permukaan hasil pengukuran di Jasinga, Bogor berkisar dari 2000 – 5000 g dalam setiap 1000 liter (Tabel 9). Hal ini menunjukkan bahwa erosi tidak hanya membawa butir-butir tanah, tetapi membawa apa saja yang dapat terangkut oleh aliran permukaan termasuk hara. Unsur hara tersebut dapat berasal dari pupuk dan pemberian pembenah tanah.

Tabel 8. Jumlah C-organik dan hara hilang terbawa erosi sebagai akibat rehabilitasi di Jasinga, Bogor

Rehabilitas lahan	Erosi	C- organik	Hara		
			N	P	K
			kg/ha		
Tanpa rehabilitasi	93.480	5.973,6	1065,8	108,5	197,0
Pupuk kandang	19.950	1.057,5	292,2	35,5	68,2
Mulsa jerami	1.960	158,1	38,4	5,5	8,9
Mulsa <i>Mucuna sp</i>	14.190	1.014,6	196,5	29,1	45,2

Sumber: Kurnia *et al.* 1997.

Penurunan kandungan C-organik tanah setelah sebagian tanah pada lapisan permukaan terbawa erosi ditunjukkan oleh Tabel 10. Sejak 1978 sampai 1980 penurunan kadar C-organik di dalam tanah mencapai 0,76% (1,64% menjadi 0,81 %) pada lahan tanpa tanaman, sedangkan pada lahan tanpa pemberian mulsa menjadi 0,50% (1,52% menjadi 1,01%). Dengan demikian erosi menyebabkan penurunan kadar bahan organik tanah diikuti oleh penurunan P_2O_5 dan K_2O .

Tabel 9. Jumlah C-organik dan hara terbawa sedimen sebagai akibat rehabilitasi lahan di Jasinga, Bogor

Rehabilitasi lahan	Sedi- men	C- orgnik	Hara		
			N	P	K
----- g/1000 l -----					
Tanpa rehabilitasi	5.113	143,16	0,003	2,43	4,42
Pupuk kandang	3.256	89,87	0,003	2,37	4,56
Mulsa jerami	2.047	89,04	0,003	2,34	3,79
Mulsa <i>Mucuna</i> sp					

Sumber: Kurnia *et al.* 1997.

C-organik, hara N, P, dan K yang terkuras dari lapisan permukaan tanah, berasal dari butiran tanah tererosi dan sedimen. Karena itu, aliran permukaan atau air limpasan atau *cileungcang* (Sunda) yang mengandung lumpur halus merupakan pembawa hara dalam jumlah yang nyata. Kecepatan meluncurnya aliran permukaan menuruni lereng harus dihambat menjadi semakin lambat agar memberikan waktu terjadinya pengendapan butir dan koloid tanah dalam bidang olah tanah yang dibudidayakan

Tabel 10. Kandungan C-organik, P_2O_5 dan K_2O setiap setelah panen MT I dan MT VIII pada kedalaman 0-20 cm di percobaan erosi Citayam, Bogor.

Pengelolaan lahan	C-organik		P_2O_5		K_2O	
	MT I	MT VIII	MT I	MT VIII	MT I	MT VIII
		%			mg/kg	
Tanah tidak ditanami, diolah sekali pada Maret 1978, selanjutnya tidak diolah.	1,64	0,87	71	19	21	3,6
Diolah setiap akan ditanami, tanpa mulsa.	1,52	1,01	65	30	12	10,7
Sekali diolah biasa, selanjutnya tidak diolah, diberi mulsa jerami 6 t/ha setiap akan tanam.	1,47	1,46	161	52	18	136,7

Sumber: Suwardjo (1981)

III. DAMPAK DEGRADASI LAHAN

Erosi harus dipandang sebagai petaka yang menimbulkan kerugian dalam usaha tani tanaman pangan dan perkebunan pada lahan kering yang mampu menurunkan pendapatan dan kesejahteraan petani. Erosi mampu menghilangkan hara yang seharusnya dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Dampak dari erosi adalah degradasi lahan yang mengakibatkan (1) produktivitas tanah mengalami penurunan; (2) pemberian pupuk menjadi tidak efisien; dan (3) akhirnya menurunkan pendapatan petani.

3.1. Penurunan produktivitas

Produksi tanaman dari suatu lahan pertanian dipengaruhi oleh tipe mineral liat, tekstur tanah, kadar C-organik, dan kandungan P tanah. Tanah dengan kandungan C-organik sekitar 1,7% - 2,3% atau setara dengan kandungan bahan organik tanah sebesar 2,9 – 4,0 % dapat mencapai hasil optimum tanaman jagung di DAS Citanduy. Ketika bahan organik tanah menjadi lebih rendah maka hasil tanaman pun akan merosot, penurunan hasil dapat terus berlangsung ketika kondisi lahan, terutama lahan terdegradasi tidak diperbaiki.

Wisnubroto dan Utomo (2008) mengemukakan bahwa pengelolaan lahan yang kurang baik menurunkan hasil tanaman jagung dan ubikayu pada tanah Alfisols Mojokerto (Tabel 11). Pada lahan tanpa input pupuk dan pembenah tanah tersebut, produksi tanaman jagung menurun sebesar 29,3% dan 38,8% serta produksi ubikayu menurun 39,3% dan 53,4% pada tahun 2005 dan 2006. Tanaman jagung dan ubikayu yang ditanam pada

tanah Alfisols Mojokerto tanpa diberi perlakuan perbaikan kualitas tanah (kontrol), produksinya terus merosot.

Tabel 11. Produksi dan penurunan produksi jagung dan ubikayu tanpa input pupuk dan pembenah tanah pada tanah Alfisols di Mojokerto

Jenis tanaman	Produksi (t/ha)			Penurunan dari 2004 (%)	
	2004	2005	2006	2005	2006
Jagung	1,47	1,04	0,90	29,3	38,8
Ubikayu	20,48	12,43	9,55	39,3	53,4

Sumber: Wisnubroto dan Utomo 2008

Santoso *et al.* (2001) mengemukakan bahwa produksi jagung mengalami penurunan yang nyata pada tanah Ultisols Pauh Menang, Jambi yang mengalami defisiensi P. Tanah Ultisols mempunyai sifat menyimpan unsur P dalam ikatan Al-P dan Fe-P sehingga tanah mengalami kekurangan P. Solusinya adalah pemberian pembenah tanah yang mengandung banyak P dan bahan organik.

3.2. Inefisiensi *input/pupuk*

Efisiensi penggunaan pupuk dinyatakan dalam kg hasil tanaman setiap kg pupuk yang diberikan dalam usaha tani tersebut, artinya setiap peningkatan jumlah pemberian pupuk seharusnya diikuti oleh peningkatan hasil tanaman. Namun demikian, karena terdapat hara yang terbawa oleh erosi menyebabkan terjadi ketidakefisienan (inefisiensi) penggunaan pupuk. Ketika struktur tanah menjadi lebih padat sebagai akibat hilangnya lapisan permukaan oleh erosi maka pupuk yang diberikan lebih banyak terbawa oleh erosi.

Wisnubroto dan Utomo (2008) menginformasikan keragaman efisiensi penggunaan pupuk dalam budidaya jagung yang ditumpangsarikan dengan ubikayu pada tanah Alfisols Mojokerto (Tabel 12). Pemberian pupuk sebanyak 400 kg N/ha cenderung menurunkan jumlah erosi, dari 38,67 t/ha pada 2004 menjadi 26,95 t/ha pada 2006, tetapi hasil jagung yang diperoleh hampir tidak berbeda. Hasil jagung cenderung turun sebaliknya hasil ubikayu cenderung meningkat melalui pemupukan 400 kg N/ha. Hal ini menunjukkan bahwa terjadi inefisiensi penggunaan pupuk pada lahan dengan jumlah erosinya tinggi.

Tabel 12. Efisiensi penggunaan pupuk pada pola tanam tumpangsari jagung dengan ubikayu yang dibudidayakan pada tanah Alfisols Mojokerto.

	Pemupukan 400 kg N			Pemupukan NPK (400-200-100)		
	2004	2005	2006	2004	2005	2006
Total erosi (t/ha)	38,67	30,41	26,95	34,21	30,97	24,64
Total biji kering jagung (t/ha)	3,02	3,35	2,99	3,40	3,00	3,28
Efisiensi (kg biji kering jagung/kg pupuk)	7,55	8,38	7,48	4,85	4,29	4,69
Total umbi ubikayu (t/ha)	28,36	30,75	30,48	30,75	32,5	30,65
Efisiensi (kg umbi/kg pupuk)	70,9	76,88	76,20	43,93	46,43	43,79

Sumber: Wisnubroto dan Utomo, 2008

3.3. Penurunan pendapatan petani

Santoso *et al.* (2001) mengemukakan bahwa keuntungan yang diperoleh dari usaha tani jagung pada tanah terdegradasi tanpa upaya rehabilitasi lahan seperti pemberian pupuk P. Keuntungan yang diperoleh pada musim tanam 1 sebesar US\$ 32.04 dan pada

MT 7 sebesar US \$ -374,51 (Tabel 13). Keuntungan makin menurun dan menyebabkan usaha tani mengalami kerugian yang makin besar dari musim ke musim.

Lahan yang telah terdegradasi tidak memberikan keuntungan usaha tani yang menjanjikan sejak MT 1 kalau tidak direhabilitasi terlebih dahulu. Pada kasus Pauh Menang, lahan usaha tani mengalami defisiensi P, rendah bahan organik, reaksi tanah masam, dan terus diusahakan tanpa memperbaiki sifat-sifat tanahnya.

Tabel 13. Keuntungan usaha tani jagung pada lahan tanpa rehabilitasi sifat kimia di Pauh Menang, Jambi

	MT 1	MT 2	MT 3	MT 4	MT 5	MT 6	MT 7
	US \$						
Keuntungan	32,04	-63,76	-44,25	-61,00	-269,44	-286,96	-374,51
B/C ratio	0,35	-0,82	-0,42	-0,67	-0,64	-0,72	-0,89

Sumber: Santoso *et al.* (2001)

Hampir semua tanah di Indonesia akan mengalami penurunan produktivitas apabila kondisi alamiahnya tidak dipelihara dengan baik. Pemeliharaan lahan menjadi penting agar tanah tidak mengalami (1) penurunan kandungan C-organik; (2) defisiensi hara; (3) peningkatan laju erosi yang memperburuk sifat fisika dan kimia tanah; dan (4) penurunan produktivitas tanah dan tanaman.

IV. ALTERNATIF TEKNOLOGI PENGELOLAAN LAHAN TERDEGRADASI

Teknologi pengelolaan lahan terdegradasi merupakan perpaduan antara pencegahan erosi termasuk penurunan laju air aliran permukaan dan peningkatan kandungan bahan organik tanah. Teknologi tersebut diantaranya adalah pemberian mulsa sisa panen, teknik budi daya tanaman pangan dengan *system alley cropping* dan pemberian pembenah tanah.

4.1. Teknologi pemulsaan

Mulsa mempunyai peran dan fungsi dalam memperbaiki sifat fisika tanah, menurunkan jumlah erosi, dan meningkatkan hasil tanaman. Penggunaan mulsa sisa tanaman belum menjadi budaya petani dalam usaha tani tanaman pangan, walaupun perannya untuk menghambat degradasi lahan sangat besar. Pemberian mulsa dapat dilakukan dengan cara disebar di permukaan tanah atau di dalam rorak (*slot mulch*/ mulsa vertikal).

Pemberian mulsa pada lahan kering di daerah beriklim kering berbeda maksud dan tujuannya dengan di daerah beriklim basah. Mulsa yang disebar di permukaan tanah pada lahan pertanian di daerah beriklim kering ditujukan untuk mengurangi penguapan air dari permukaan tanah (evaporasi), sehingga cocok diaplikasikan pada akhir musim hujan (Gambar 9). Pemberian mulsa pada lahan kering beriklim kering seperti di Kupang dapat membantu memperpanjang musim tanam, yaitu menghasilkan panen pada musim kemarau yang kering.



Gambar 9. Sisa tanaman jagung disebar sebagai mulsa di permukaan tanah sesaat setelah panen di Oebola, Kupang, NTT (Foto: S. Sutono 2013).

Mulsa yang disebar di permukaan tanah pada lahan kering beriklim basah lebih diarahkan untuk mengurangi jumlah tanah tererosi. Penurunan jumlah erosi berdampak pada menurunnya jumlah unsur-unsur hara yang hilang sehingga unsur hara tersebut dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk berproduksi. Mulsa mampu menurunkan erosi dan sekaligus meningkatkan kandungan bahan organik tanah Suwardjo (1981) di Pekalongan, Lampung Tengah dan Citayam, Bogor.

Mulsa vertikal (*slot mulch*) adalah mulsa sisa-sisa tanaman atau serasah yang dimasukkan kedalam rorak atau saluran. Pemberian mulsa vertikal ditujukan untuk meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan air dan menampung sedimen. *Slot mulch* dipadukan dengan teras bangku dan teras gulud berpengaruh terhadap penurunan air aliran permukaan dan erosi (Tala'ohu *et al.* 1992). Laju air aliran permukaan dihambat dengan cara dimasukkan ke dalam rorak atau saluran terputus yang telah diisi sisa-sisa tanaman. Pemberian sisa tanaman diharapkan mampu meningkatkan aktivitas fauna tanah membentuk pori-pori

di dalam tanah sehingga lebih banyak air yang meresap ke dalam tanah.

4.2. Teknologi budi daya lorong (*alley cropping*)

Sistem budi daya lorong (*alley cropping*) memadukan tanaman semusim dan tanaman pagar. Tanaman pangan semusim seperti padi gogo, kedelai, jagung, dan ubikayu ditanam pada bidang olah di areal lorong (*alley*) di antara barisan tanaman pagar (*hedgerow crops*). Tanaman pagar merupakan semak berkayu seperti *Flemingia congesta* atau *Flemingia macrophylla* (Indonesia: serengan jantan, Sunda: hahapaan), pohon legum dan rumput pakan, tanaman pagar dipangkas secara berkala, sebagai sumber bahan organik dan mengurangi naungan. Sistem ini sangat baik untuk mengendalikan erosi dan aliran permukaan (Suwardjo *et al.* 1988; Adiningsih dan Mulyadi 1993; Santoso *et al.* 1994). Penerapan teknologi budi daya lorong (*alley cropping*) mempunyai beberapa keuntungan yaitu mampu menurunkan jumlah erosi, mencegah penurunan kandungan bahan organik dan mampu meningkatkan hasil tanaman.

Tanaman *Flemingia congesta* atau *Flemingia macrophylla* (Gambar 10) setelah berumur 4 tahun pada lahan peka erosi di Jasinga mampu membentuk teras alami setinggi 20–30 cm (Sutono *et al.* 1998). Dengan terbentuknya teras, maka panjang lereng berkurang dan kemiringan lahan di masing-masing bidang olah juga berkurang. Teras alami terbentuk karena tanah tererosi dan sedimen yang terbawa oleh aliran permukaan tertahan oleh barisan tanaman pagar.

Selain dapat menekan erosi dan aliran permukaan, budi daya lorong juga menekan kehilangan unsur-unsur hara dari bidang olah.

Agus (2000) melaporkan bahwa sistem budi daya lorong dapat menekan kehilangan hara N, P, dan K hingga menjadi seperlimanya. Kehilangan hara dapat ditekan lebih rendah lagi bila diikuti dengan tindakan konservasi tanah yang lain, misalnya pemberian mulsa dan pengolahan tanah minimum.



Gambar 10. Sistem budi daya lorong (*alley cropping*) dengan tanaman pagar serengan jantan (hahapaan, *Flemingia congesta*) dan tanaman jagung di antara (lorong) *Flemingia congesta* di KP Taman Bogo, Lampung Timur (Foto: S. Sutono 2012)

Hasil penelitian Hafif *et al.* (1992) yang menggunakan *Flemingia congesta* sebagai tanaman pagar, pengolahan tanah minimum dan dosis pemupukan berbeda menunjukkan bahwa hasil pangkasan selama 6 bulan pertama *Flemingia congesta* sebanyak 3 – 9 t/ha. Biomasa ini dapat digunakan sebagai mulsa untuk melindungi tanah dari daya rusak butiran air hujan sekaligus mempertahankan kadar bahan organik tanah. Budi daya lorong dengan olah tanah minimum dapat menurunkan erosi menjadi 34 t/ha sedangkan tanpa budi daya lorong tanah diolah penuh menyebabkan erosi sebanyak 100 t/ha. Budi daya lorong dengan olah tanah minimum tanpa dipupuk menyebabkan erosi lebih

tinggi (34 t/ha) dibandingkan dengan pemberian pupuk dosis sedang (1,1 t/ha) dan tinggi (0,6 t/ha) (Tabel 14).

Erfandi *et al.* (1988) melaporkan bahwa tanaman pagar *F. congesta* lebih baik dalam memperbaiki sifat fisika tanah, terutama berat isi dan menghasilkan C-organik tanah lebih tinggi dibandingkan dengan lamtoro (*L. Leucocephala*) dan kaliandra (*C. calothyrsus*) (Tabel 15). Serangan jantan mempunyai banyak daun sehingga menghasilkan pangkasan bahan hijau lebih banyak. Hasil pangkasan digunakan sebagai mulsa di permukaan tanah (Haryati *et al.* 1991). Atau dapat juga dijadikan mulsa vertikal. Peningkatan kandungan C-organik tanah, menyebabkan bobot isi tanah semakin rendah ($1,08 \text{ g/cm}^3$), kapasitas air tersedia meningkat (14,6 % vol.). Pada kondisi demikian, maka pengolahan tanah minimum dapat dianjurkan pada lahan kering iklim basah seperti di Sumatera dan Kalimantan.

Pengurangan bidang olah pada budi daya lorong tidak berbeda jauh dengan pengurangan bidang pada teras bangku, terutama disebabkan oleh meningkatnya luas kanopi tanaman pagar. Kehilangan bidang olah tidak seharusnya menyebabkan budi daya lorong ditinggalkan, sebab mempunyai keuntungan yang lain untuk menutup kekurangan tersebut.

Sistem budi daya lorong memerlukan tambahan tenaga kerja untuk pemeliharaan dan pemangkasan hijauan tanaman pagar. Karena itu, tanaman pagar yang ditanam hendaknya mempunyai fungsi sebagai tanaman pakan ternak agar tambahan tenaga memberikan keuntungan dari ternak dan dari kotoran ternaknya. Hindari pemilihan tanaman pagar yang mempunyai sifat *alelopati* sebab akan menimbulkan kerugian yang berlipat karena hasil panen menurun.

Keuntungan budi daya lorong dapat dirasakan dalam jangka waktu lebih panjang, misalnya pembentukan teras secara alami diperlukan waktu sampai 4 tahun (Sutono *et al.* 1998). Demikian juga perbaikan sifat fisika tanah akan terlihat setelah 3 – 4 tahun. Pemilihan tanaman pagar perlu mempertimbangkan hal-hal tersebut, agar petani memperoleh keuntungan yang nyata dalam waktu pendek. Untuk menarik minat petani mengembangkan teknologi budi daya lorong sebaiknya dilakukan dengan menggunakan pendekatan partisipatif (Irawan *et al.* 2000), yaitu dengan melibatkan petani sejak dari perencanaan, pelaksanaan hingga evaluasi serta diseminasi hasilnya. Pendekatan ini menjadi penting agar teknologi budi daya lorong sesuai dengan keinginan dan potensi petani.

Tabel 14. Pengaruh pengolahan tanah, pengelolaan bahan organik dan pemupukan terhadap hasil tanaman, erosi, dan aliran permukaan selama 6 bulan (Oktober 1989 – Mei 1990) pada tanah Typic Kandiodox dengan lereng 8-15% di Kuamang Kuning, Jambi

Pengelolaan tanah dan pemupukan			Tanah tererosi	Hasil gabah
Budi daya lorong dan pengelolaan bahan organik	Pengolahan tanah	Takaran pupuk*)		
			----- t/ha -----	
Budi daya lorong, sisa panen dimulsakan	Minimum	Tanpa	34,0	0,4
		Sedang	1,1	1,6
		Tinggi	0,6	1,9
Tanpa budi daya lorong, penutup tanah Mucuna, sisa panen dimulsakan	Penuh	Tanpa	10,7	0,7
		Sedang	4,9	2,0
		Tinggi	6,4	2,4
Tanpa budi daya lorong, sisa panen dibanamkan	Penuh	Tanpa	100,0	0,5
		Sedang	36,1	2,0
		Tinggi	24,7	1,8
Tanpa budi daya lorong, sisa panen dibakar	Minimum	Tanpa	52,8	0,9
		Sedang	13,5	1,7
		Tinggi	13,7	2,2

*) Dosis pupuk sedang untuk padi gogo: 45 kg N dan 20 kg P/ha/MT; pupuk tinggi: 90 kg N 40 kg P, dan 25 kg K/ha/MT;

Sumber: Hafif *et al.* (1992).

Tabel 15. Pengaruh tanaman pagar dalam sistem budi daya lorong terhadap sifat fisika, kimia, dan hasil kedelai musim tanam ke-5 di Kuamang Kuning, Jambi

Tanaman pagar	Sifat fisika tanah			C organik	Hasil biji kedelai
	Berat isi	Ruang pori total	Air tersedia		
	g/cm ³	% vol.		%	t/ha
<i>Leucaena leucocephala</i>	1,12	56,2	12,5	2,63	0,6
<i>Flemingia congesta</i>	1,08	59,2	14,6	2,85	0,7
<i>Caliandra calothyrsus</i>	1,10	57,4	13,6	2,73	0,8
Tanpa	1,28	51,7	11,3	1,31	0,4

Sumber: Erfandi *et al.* (1988)

4.3. Pemberian pembenah tanah

Pembenah tanah adalah bahan sintetis atau alami, organik atau mineral berbentuk padat atau cair yang mampu memperbaiki sifat fisika, kimia dan biologi tanah secara bersama-sama atau hanya salah satunya saja. Dalam prakteknya sulit sekali membuat pembenah tanah yang dapat memperbaiki ketiga sifat tanah tersebut. Pembenah tanah sering hanya ditujukan untuk memperbaiki sifat fisika tanah saja yang kemudian dapat memperbaiki sifat kimia dan biologi tanah. Jika kondisi sifat fisika tanah mendukung untuk menyimpan dan memberikan hara kepada tanaman dan memberikan lingkungan yang baik bagi perkembangan mikroorganisme tanah, maka pembenah tanah tersebut baik digunakan untuk lahan pertanian. Tujuan penggunaan pembenah tanah adalah menyediakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan produksi tanaman utama yang dibudidayakan, namun pembenah tanah bukanlah pupuk.

Pembenah tanah yang berasal dari bahan mineral dan sudah biasa digunakan untuk pertanian adalah fosfat alam, kapur pertanian, dolomit dan zeolit. Abu vulkanik mempunyai peluang digunakan sebagai pembenah tanah karena mempunyai sifat kimia yang dapat dimanfaatkan untuk lahan kering dan lahan sawah. Hampir semua bahan organik merupakan pembenah tanah termasuk limbah pertanian, sedangkan limbah industri masih memerlukan penelitian lebih lanjut dan harus mendapat izin dari Kementerian Lingkungan Hidup. Bahan pembenah tanah yang ideal untuk digunakan pada lahan kering di Indonesia adalah pembenah tanah alami dengan bahan dasar yang bersifat organik, mudah cara pemberiannya, mampu memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah, dalam jangka panjang tidak menimbulkan pencemaran dan pencemaran dakhil melalui rantai makanan (Sutono dan Abdurachman 1997).

Pembenah tanah diarahkan untuk memenuhi paling tidak satu jenis kekurangan saja, misalnya zeolit hanya diarahkan untuk memperbaiki kapasitas tukar kation tanah dan tidak diharapkan memperbaiki sifat tanah lainnya. Sudah ada beberapa pembenah tanah mampu memperbaiki tiga atau empat macam kekurangan. Fosfat alam dapat meningkatkan kandungan P dan Ca tanah, dan meningkatkan pH tanah. Penggunaan dolomit sebagai pembenah tanah dapat meningkatkan Ca dan Mg dan memperbaiki pH. Kelemahan pembenah tanah tersebut tidak mengandung bahan organik tanah yang sangat dibutuhkan untuk memperbaiki lahan terdegradasi.

a. Fosfat alam

Fosfat alam lebih dikenal sebagai pupuk P-alam karena mampu meningkatkan kadar fosfat tersedia bagi tanaman. Hampir semua pupuk yang mengandung fosfat juga berasal dari P-alam yang telah diproses untuk meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman. Di Indonesia kandungan P_2O_5 dalam batuan yang mengandung fosfat sangat bervariasi, paling rendah 6% dan paling banyak 50% (Tabel 16).

Deposit fosfat di Indonesia berupa guano terdapat di Ciamis dengan kandungan yang sangat bervariasi, yaitu 14 – 39 % P_2O_5 , sedangkan di Tuban kandungan P_2O_5 mencapai 33 – 49 %. Batuan dengan kandungan fosfat tinggi dapat diarahkan untuk dijadikan pupuk P (Sedyarso 1999), sedangkan batuan dengan kandungan fosfat rendah akan lebih baik digunakan untuk pembenah tanah.

Fosfat alam mengandung P dan Ca tinggi, tidak cepat larut dalam air, lambat tersedia (*slow release*) bagi tanaman, dan mempunyai pengaruh residu cukup lama. Sutriadi *et al.* (2005) mengemukakan bahwa penggunaan fosfat alam Ciamis meningkatkan pendapatan petani sebesar 20% menguntungkan untuk tanaman pangan, dan dapat digunakan untuk memperbaiki kesuburan lahan kering masam. Penggunaan fosfat alam Ciamis selama 5 musim tanam di Pelaihari, Kalimantan Selatan memberikan *Relative agronomic effectiveness* (RAE) cukup stabil pada kisaran 90 – 126 (Tabel 17). Fosfat alam dapat digunakan sebagai pupuk dan pembenah tanah. Sebagai pembenah tanah, fosfat alam tidak perlu mudah larut dan mudah tersedia bagi tanaman yang penting dapat memperbaiki sifat kimia tanah. Pada tanah masam, unsur P dan Ca dari fosfat alam dapat dimanfaatkan

untuk mengikat besi dan aluminium agar tidak mengikat P dari pupuk SP36 atau TSP.

Tabel 16. Deposit fosfat alam di Indonesia tahun 2008

No	Provinsi	Deposit t	Kadar P ₂ O ₅ %
1.	Jawa Barat:		
	- Bogor	30.000	33,04
	- Sukabumi	40.000	33,00-39,00
	- Ciamis,	2.516.100	14,55-39,00
2.	Jawa Tengah:		
	- Sukolilo, Pati	85.000	25,0-35,0
	- Salaman, Magelang	225.000	-
	- Ayah, Buayan, Kebumen	285.000	10,0-28,0
	- Grobogan	90.750	30,0
	- Batuwarno, Giritontro, Praciman-toro, Wonogiri	20.400	14,65-35,00
3.	Jawa Timur:		
	- Dander, Bojonegoro	1.870	31,32
	- Paceng, Sedayu, Gresik	2.500	-
	- Babat, Brondong,	7.100	-
	Lamongan	77.000	-
	- Pacitan	80.400	33,4-49,3
	- Tuban	312.500	-
	- Bangkalan	15.000.000	9,79-43,14
	- Sampang		
4.	Aceh	21.000	6,25-40,91
5.	Kalimantan Selatan	166.200	8,82-11,18
6.	Kalimantan Timur	800	-

Sumber: Pusat Sumber Daya Geologi dalam Kasno *at al.* 2009

Tabel 17. *Relative agronomic effectiveness* (RAE) fosfat alam untuk tanaman pangan pada tanah masam di Pelaihari, Kalimantan Selatan

Sumber fosfat alam	Jagung MT-1	Padi gogo MT-2	Kacang tunggak MT-3	Jagung MT-4	Padi gogo MT-5	Rata-rata
	----- % -----					
OCP Maroko	47	104	150	121	128	110
Gafsa Tunisia	114	105	162	113	108	119
Djebel-Onk Aljazaer	25	98	162	130	133	109
ICS Senegal	69	99	112	118	95	98
OTP Togo	41	89	50	130	120	86
Ciamis (Indonesia)	106	114	212	90	122	126

Sumber: Sutriadi *et al.* 2005

b. Kapur pertanian dan dolomit

Purnomo *et al.* (1995), membandingkan penggunaan TSP, P-alam, dan kapur pertanian dalam merehabilitasi lahan terdegradasi di Kuamang Kuning, Jambi. Rehabilitasi lahan menggunakan TSP yang mengandung 15,5% Ca, serta fosfat-alam North Carolina, fosfat-alam Maroko, dan kapur masing-masing mengandung 30,5% Ca, 34,6% Ca, dan 51,5% Ca. Hasil penelitian menunjukkan bahwa TSP, fosfat alam, dan kapur pertanian dapat meningkatkan kandungan Ca serta meningkatkan jumlah kalori yang dihasilkan sampai 3 kali lipat dibandingkan dengan petak control yang tanpa pemberian Ca (Tabel 18).

Tabel 18. Kadar C-organik, Ca, dan hasil panen pada percobaan pemberian P di Kuamang Kuning, Jambi

Perlakuan	Pasca rehabilitasi		Setelah 3 MT		Hasil panen	
	C-org	Ca	C-org	Ca	Kalori	Biomassa
	%	me 100 g ⁻¹	%	me 100 g ⁻¹	----- t ha ⁻¹ -----	
Tanpa P	1,91	1,49	1,65	1,93	9,98	2,36
TSP + kapur	1,78	2,51	1,76	2,31	30,11	8,19
P-alam Nort Carolina	2,02	1,90	1,62	2,56	30,92	9,12
P-alam Maroko	2,31	2,88	1,66	2,22	31,53	8,62

Sumber: Purnomo *et al.*, 1995.

Peningkatan kandungan Ca tanah hendaknya dipadukan dengan penambahan P agar hasil tanaman dapat dipertahankan. Menurut Santoso *et al.* 1994 pemupukan N, P, dan K ditambah pemberian kapur selama 4 tahun selalu memberikan hasil lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian dosis rendah tanpa kapur. Namun demikian, perlakuan pengapuran dan pemupukan dosis tinggi tersebut tidak mampu mempertahankan produktivitas dalam jangka panjang sebab hasil tanaman selama 4 tahun selalu berkurang. Dalam hal ini pembenah tanah berupa kapur pertanian diarahkan untuk memperbaiki reaksi tanah agar kemasamannya menurun dan hara menjadi lebih tersedia bagi tanaman.

c. Zeolit

Zeolit adalah senyawa alumino silikat terhidrasi dari logam alkali dan alkali tanah yang berbentuk kristalin dan memiliki struktur 3 dimensi yang tak terbatas. Zeolit ditemukan berlimpah sebagai bahan vulkanik dan sedimen. Zeolit memiliki kemampuan untuk menahan dan melepaskan air secara *reversible* dan menukar kation yang dikandungnya tanpa perubahan struktur. Zeolit mempunyai struktur berongga dan biasanya rongga ini diisi air

dan kation yang bisa dipertukarkan dan memiliki ukuran pori tertentu (Anwar, *et al* 1988 dalam Sutarti dan Rachmawati 1994).

Sehubungan dengan sifat-sifat tersebut, zeolit mampu meningkatkan KTK tanah (Suwardi 1997), menyerap NH_4^+ dan K^+ sehingga bisa digunakan untuk meningkatkan efisiensi pemupukan serta mampu mengikat logam berat Pb dan Cd untuk merehabilitasi lahan terpolusi (Flanigen and Mumpton 1977), meningkatkan kadar air tanah dan memperbaiki struktur tanah (Iskenderov and Mamedova 1988). Zeolit dapat melepaskan molekul air dari dalam rongga permukaan dan jumlah molekul air sesuai dengan jumlah pori yang terbentuk bila unit sel kristal zeolit tersebut dipanaskan (Sutopo 1991). Beberapa zeolit mampu menyerap molekul air atau gas sebanyak 30% dari bobot keringnya.

Berdasarkan Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011 kualitas zeolit diseragamkan, yaitu minimal mempunyai KTK 60 cmol(+)/kg. Kualitas zeolit yang beredar di pasaran belum seragam, karena KTK-nya masih tergolong rendah sampai sedang. Beberapa zeolit yang dianalisis di laboratorium Balai Penelitian Tanah, mempunyai KTK < 60 cmol(+)/kg, sehingga mutunya tidak sesuai dengan mutu yang disyaratkan (Tabel 19). Hasil penelitian di rumah kaca menunjukkan bahwa penggunaan zeolit sebanyak 1 t/ha secara tunggal belum mampu memperbaiki pertumbuhan tanaman kedelai, sebaliknya zeolit yang dicampur dengan bahan organik mampu memperbaiki pertumbuhan dan hasil kedelai (Sutono *et al.* 1995). Penggunaan pembenah tanah berbahan dasar zeolit harus dipilih yang mempunyai KTK minimal 60 cmol(+)/kg agar memberikan dampak dalam memperbaiki KTK tanah.

Tabel 19. Sifat kimia beberapa zeolit yang beredar di Bogor (Sutono *et al.*, 2000)

Merek dagang/penambang	Sifat kimia					
	P	K	Na	Ca	Mg	CTK pH7
	----- % -----					cmol(+)/ kg
ZKK	tu	1,17	0,96	0,11	0,12	46,74
Zeagro	<0,01	0,55	0,22	9	0,57	14,08
GCP 36 ^{***})	<0,01	0,22	0,3	16,09	0,2	18,31
Climor ^{*)}	<0,01	0,41	0,72	1,14	0,27	50,29
Padalarang ^{**})	0,02	0,34	0,09	1,66	0,2	50,67

Keterangan: *) = dari laboratorium kimia Puslittanak

**) = dari seorang pengusaha tambang di Padalarang

***) = tidak mencantumkan mengandung zeolit

tu = tidak terukur

d. Abuvulkanik

Di Indonesia, terdapat beberapa gunung (G) berapi aktif sampai sangat aktif, seperti G. Merapi di Sumatera Barat, G. Sinabung di Sumatera Utara, G. Merapi di perbatasan Jawa Tengah dan DI Yogyakarta, G. Bromo di Jawa Timur, dan beberapa gunung lainnya di Sulawesi dan Nusa Tenggara. Erupsi gunung berapi mengeluarkan abuvulkanik ke atmosfer. Abuvulkanik mengandung silika, mineral, dan bebatuan, serta paling umum mengandung sulfat, klorida, natrium, kalsium, kalium, magnesium, dan fluoride (Suriadikarta *et al.* 2012). Menurut Anda *et al.* (2012) abuvulkanik segar erupsi G. Merapi sebagai sumber unsur hara makro (K dan P) dan mikro bagi lahan pertanian (Tabel 20). Selain itu, abuvulkanik dari sekitar G. Bromo di Jawa Timur dan G. Merapi di perbatasan Jawa Tengah dan Daerah Istimewa Yogyakarta mempunyai ukuran butir yang

halus ($<0,002$ mm – 2 mm). Proporsi abuvolkanik berukuran $<0,002$ mm sebanyak 9% (Merapi) dan 5% (Bromo), berukuran 0,002 – 0,05 mm sebanyak 27% (Merapi) dan 40% (Bromo), sisanya adalah pasir kasar, sedang dan halus yang berukuran 0,05 mm – 2 mm (Sutono *et al.* 2012). Makin tinggi kandungan ukuran butir $<0,002$ mm – 2 mm makin mudah terdekomposisi, karena abu vulkanik tergolong mineral gelap yang mudah lapuk. Berdasarkan sifat kimia dan sifat fisiknya maka abuvolkanik cocok dijadikan pembenah tanah bagi lahan pertanian tanaman pangan apalagi jika formulanya ditambahkan bahan organik.

Sutono *et al.* (2012) telah memformulasikan pembenah tanah dengan bahan dasar abuvolkanik G. Merapi pada tahun 2011. Pengujian penggunaan formula tersebut dilakukan di rumah kaca pada tahun 2011 dan KP Taman Bogo pada tahun 2012. Hasil penelitian pada tanah Typic Kanhapludults Taman Bogo menunjukkan bahwa pembenah tanah formula K532 dan K424 mampu memberikan keragaan tanaman yang baik (Gambar 11) dan meningkatkan hasil panen kedelai (Tabel 21). Dosis optimum untuk formula K532 sebesar 3,1 t/ha dan untuk formula K424 sebanyak 3,4 t/ha (Gambar 12 dan 13). Penggunaan dosis 1 – 5 t/ha mampu memperbaiki produktivitas tanah dan menghasilkan biji kedelai sebanyak 33 – 74 % lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pemberian pembenah tanah.

Tabel 20. Kandungan unsur dalam abuvulkanik erupsi G. Merapi.

Kabupaten	n	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	SO ₃	LOI [†]
..... %													
Sleman	6	56,89	0,61	19,29	6,92	0,16	7,05	1,43	3,89	2,17	0,39	0,22	0,86
Magelang	7	56,56	0,65	19,22	7,28	0,17	7,29	1,39	3,95	2,12	0,40	0,29	0,51
Klaten	3	55,42	0,71	19,59	6,96	0,17	7,73	1,55	3,83	1,89	0,39	0,14	1,44
Boyolali	1	56,22	0,66	19,55	7,41	0,04	7,57	1,45	4,08	2,14	0,38	0,03	0,20
Rataan	17	56,39	0,65	19,34	7,15	0,16	7,32	1,44	3,92	2,10	0,39	0,21	0,77

Keterangan n = jumlah contoh

Sumber: Anda *et al.* (2012).



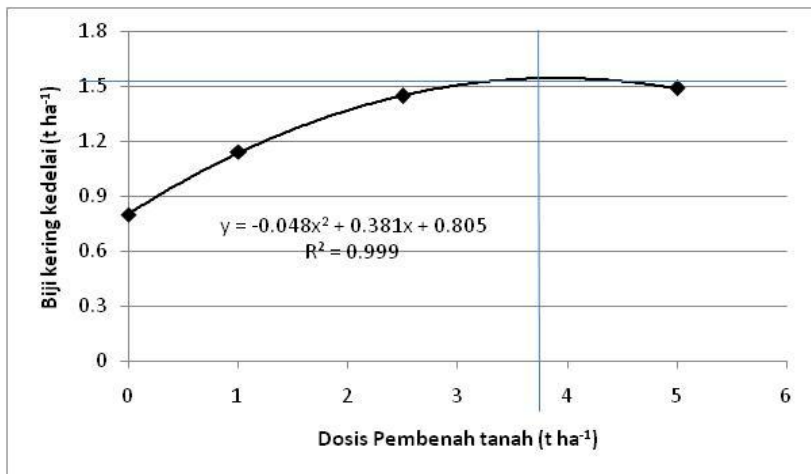
Gambar 11. Keragaan tanaman kedelai yang diberi pembenah tanah abuvulkanik pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur (Foto: S. Sutono *et al.* 2012)

Tabel 21. Pengaruh dosis pembenah tanah berbahan dasar abu vulkanik terhadap hasil panen tanaman kedelai pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur

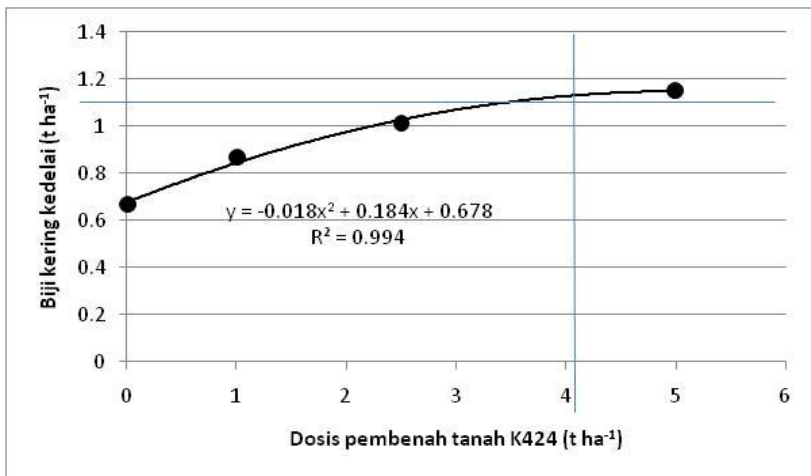
Dosis pembenah tanah	Berat kering tanaman	Berat kering biji kedelai
----- t/ha -----		
0	1,57 b*	0,76 b
1,0	2,16 a	1,01 a
2,5	2,51 a	1,23 a
5,0	2,66 a	1,32 a

Sumber: Sutono *et al.* 2012

* Angka dalam kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata dalam uji Duncan 5%



Gambar 12. Hubungan dosis pembenah tanah K532 dengan berat biji kering kedelai pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur (Sutono *et al.* 2012a)



Gambar 13. Hubungan dosis pembenah tanah K424 dengan berat biji kering kedelai pada Typic Kanhapludults di KP. Taman Bogo, Lampung Timur (Sutono *et al.* 2012a)

Pembenah tanah berbahan dasar abuvolakanik yang telah diformulasi (K532 dan K424) dapat memperbaiki sifat fisika tanah dan kimia tanah, karena mengandung bahan organik dan fosfat alam. Penambahan bahan organik ke dalam pembenah tanah ditujukan untuk memperbaiki sifat-sifat fisika tanah, sedangkan abuvolkanik halus mudah terdekomposisi menjadi unsur-unsur pembentuknya serta berpengaruh terhadap perbaikan reaksi tanah. Pembenah tanah ini mengandung unsur-unsur lebih lengkap (Tabel 20) karena memadukan bahan-bahan mudah terdekomposisi.

e. Pembenah tanah berbahan dasar organik dan arang (*biochar*)

Arang atau *biochar* dapat dibuat dari sisa-sisa tanaman yang tidak mudah lapuk seperti tempurung kelapa, sekam padi, kulit buah

kakao, dan kayu atau ranting. Bahan-bahan tersebut dijadikan arang dalam proses pirolisis, yaitu pembakaran tidak sempurna karena memanfaatkan sedikit oksigen. Arang merupakan bahan organik yang tidak mudah terdekomposisi/ lapuk sehingga dapat bertahan sampai ratusan tahun di dalam tanah.

Pembenah tanah berbahan dasar organik mempunyai formula bahan organik paling tinggi dibandingkan bahan lain. Saat ini telah dikembangkan pembenah tanah campuran antara bahan organik yang berasal dari kotoran hewan atau kompos dengan arang (*biochar*). Penggabungan kedua bahan tersebut adalah untuk meningkatkan daya simpan bahan organik di dalam tanah. *Biochar* dapat tersimpan di dalam tanah sampai ratusan tahun dan hampir tidak atau sedikit terdegradasi. Penggabungan kompos kotoran hewan dengan *biochar* merupakan perpaduan yang bagus, karena kotoran hewan yang sudah jadi kompos merupakan bahan mudah terdegradasi mikroba diharapkan memberikan pengaruh nyata dalam jangka pendek sedangkan pengaruh *biochar* dapat terlihat dalam jangka panjang. Hasil formulasi pembenah tanah biochar ditambah kotoran hewan menghasilkan kualitas pembenah tanah yang memenuhi syarat yang ditetapkan oleh Kementerian Pertanian (Tabel 22).

Tabel 22. Kualitas formula pembenah tanah berbahan baku *biochar* dan kompos kotoran hewan.

Parameter	Satuan	SP50	SP75	KS50	Permentan 70/2011
pH H ₂ O		7,1	7,7	7,4	4 - 9
C-organik	%	32,07	32,82	41,83	Min 15
N total	%	1,70	1,47	1,83	
C/N		22	25	26	25 - 35
KA	%	10,24	8,69	10,07	15 - 25
P ₂ O ₅	%	1,14	0,91	1,09	
K ₂ O ₅	%	1,14	0,90	1,10	
KTK	cmol(+)/kg	32,32	23,43	21,83	

Sumber: Nurida dan Rahman (2012), Permentan 70/2011

Penggunaan arang (*biochar*) sekam padi tanpa penambahan kotoran hewan atau kompos mampu memperbaiki sifat tanah Typic Kanhapludults, Lampung Timur. Sutono dan Nurida (2012) mengemukakan bahwa kapasitas air tersedia pada tanah tersebut meningkat antara 1 – 4 % vol setelah aplikasi *biochar* satu musim tanam. Selain itu, Nurida *et al.* (2012a) . mengemukakan bahwa pemberian *biochar* juga mampu meningkatkan produksi tanaman jagung (Tabel 23).

Efektifitas penggunaan *biochar* sangat tergantung pada sifat kimia dan fisika *biochar*, yang ditentukan oleh jenis bahan baku (kayu lunak, kayu keras, sekam padi dll.) dan metode karbonisasi (tipe alat pembakaran, temperatur), dan bentuk *biochar* (padat, serbuk, karbon aktif) (Ogawa 2006). Kuwagaki dan Tamura (1990) menyarankan penggunaan 7 kriteria untuk menilai kualitas *biochar* yang akan digunakan untuk pembenah tanah yaitu (1) pH; (2) kandungan bahan mudah menguap (*volatile content*); (3) kadar abu; (4) kapasitas memegang air; (5)

BD; (6) volume pori; dan (7) luas permukaan spesifik. Keuntungan lain dari penggunaan *biochar* adalah bentuknya yang stabil dalam tanah sehingga mampu bertahan dalam waktu yang lama dan berfungsi sebagai cadangan karbon. Hasil penelitian Ogawa . (2006) menunjukkan bahwa kontribusi *biochar* terhadap cadangan karbon sekitar 52,8%, artinya *biochar* mampu mengakumulasi karbon dalam jumlah yang cukup besar.

Tabel 23. Biji jagung pipilan kering, pH, KTK, dan pori air tersedia tanah setelah aplikasi pembenah biochar satu musim tanam di KP Taman Bogo

Dosis pembenah tanah berbahan baku biochar	pH	KTK	PAT	Biji kering
	H ₂ O	cmol(+)/kg	% Vol.	t/ha
0 t/ha	4,15	4,75	6,69	0,37
2,5 t/ha	4,20	5,77	7,46	1,41
5,0 t/ha	4,19	6,00	10,01	1,85
7,5 t/ha	4,22	5,91	9,18	2,31

Sumber: Nurida dan Rahman (2012)

Seorang petani Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang berhasil melaksanakan budi daya cabai pada lahan batu karang bertanah (Gambar 14). Tanah yang sedikit jumlahnya menempati cekungan permukaan batu karang diberi pembenah tanah SP50 yang dibuatnya sendiri memberikan hasil sangat baik. Petani tersebut berhasil panen sampai lebih dari 12 kali pada musim kemarau yang kering. Penanaman dilakukan menjelang musim hujan berakhir dan musim kemarau tanaman dipelihara dengan disiram, karena kelompok taninya berhasil menaikan air ke dekat lahan tersebut. Pembenah tanah SP50 yang mengandung *biochar*

mempunyai kemampuan menyimpan dan menyediakan air bagi tanaman cabai.



Gambar 14. Bertani pada lahan batu karang bertanah di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang.

V. USAHA TANI PADA LAHAN TERDEGRADASI

Tahapan untuk melakukan usaha tani modern pada lahan terdegradasi pada areal yang cukup luas adalah (1) penetapan *Land Utilization Type* (LUT); (2) perencanaan dan penerapan teknologi konservasi tanah; (3) melakukan rehabilitasi lahan; dan (4) meningkatkan dan mempertahankan kesehatan dan kualitas lahan pertanian. Langkah-langkah tersebut bergantung kepada keadaan lahan yang akan dijadikan tempat usaha tani.

5.1. Penetapan *land utilization type* (LUT)

Penetapan *Land Utilization Type* (LUT) dapat dipelajari dari peta-peta sumber daya lahan pertanian yang sudah ada. Pemilihan LUT untuk tanaman yang paling unggul di suatu daerah dipermudah dengan adanya Atlas Arahkan Komoditas Unggulan (Puslitbangtanak 2001). Namun demikian, evaluasi lahan dapat dilakukan sendiri berdasarkan data-data biofisik rencana areal pertanian. Rincian LUT berisikan jenis penggunaan lahan yang diuraikan secara detil, mencakup pengelolaan lahan, masukan yang diperlukan, dan keluaran spesifik yang diharapkan. Penetapan LUT dibutuhkan karena setiap tanaman menginginkan lingkungan perakaran yang spesifik agar mampu tumbuh dan berkembang dengan baik.

Sebagai panduan dalam menetapkan LUT dapat digunakan kriteria kesesuaian lahan untuk tanaman tertentu yang telah diterbitkan berupa juknis evaluasi lahan (Djaenudin *et al.* 2003), contoh untuk tanaman kedelai (Tabel 24).

Tabel 24. Kriteria evaluasi lahan untuk tanaman kedelai
(*Glycine max (L.)* Merrill)

Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Temperatur (tc)				
Temperatur rerata (C)	23-25	20-23 25-28	18-20 28-32	< 18 > 32
Ketersediaan Air (wa)				
Curah hujan (mm) pada masa pertumbuhan	350-1100	250-350	180-250	<180
Kelembaban (%)	24-80	1100-1600 20-24 80-85	1600-1900 <20 >85	>1900
Ketersediaan oksigen (oa)				
Drainase	Baik sampai agak terhambat	Agak cepat	Terhambat	Sangat terhambat-cepat
Media perakaran (rc)				
Tekstur	Halus, sedang	H, agak halus,	Agak kasar	Kasar (k)
Bahan kasar (%)	<15	15-35	35-55	>55
Kedalaman tanah (cm)	>75	50-75	20-50	<20
Gambut				
Ketebalan (cm)	<60	60-140	140-200	>200
+dengan sisipan/pengkayaan	<140	140-200	200-400	>400
Kematangan	Saprik(+)	Saprik+hemik	Hemik+fibriik	Fibriik
Retensi hara (nr)				
CTK liat (cmol)	>16	≤16		
Kejenuhan basa (%)	>35	20-35	<20	
pH H ₂ O	5,5-7,5	5,0-5,5 7,5-7,8	<5,0 >7,8	
C-organik	>1,2	0,8-1,2	<0,8	
Toksisitas (xc)				
Salinitas (dS/m)	<6	6-7	7-8	>8
Sodisitas (xn)				
Alkalinitas/ESP (%)	<15	15-20	20-25	>25

Karakteristik Lahan	Kelas Kesesuaian Lahan			
	S1	S2	S3	N
Bahaya sulfidik (xs)				
Kedalaman sulfidik (cm)	>100	75-100	40-75	<40
Bahaya erosi (eh)				
Lereng (%)	<8	8-16	16-30	>30
Bahaya erosi	Sangat ringan (sr)	r-sedang (s)	Berat (b)	Sangat berat
Bahaya banjir (fh)				
Genangan	F0 (tanpa)	-	F1 (ringan)	>F2 (sedang)
Penyiapan lahan (lp)				
Bantuan di permukaan (%)	<5	5-15	15-40	>40
Singkapan batuan (%)	<5	5-15	15-25	>25

Sumber: Djaenudin *et al.* (2003)

Berdasarkan kriteria tersebut evaluasi lahan dilakukan dengan menggunakan data-data yang tersedia, dan hasilnya disajikan pada Tabel 25. Secara keseluruhan lahan kering di Desa Kesongo, Kec. Kunduran, Kab. Blora tergolong S1 untuk kedelai tetapi mempunyai faktor pembatas (S2) yang disimbolkan nr berupa kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, dan bahan organik tanah. Faktor pembatas nr tersebut dapat diperbaiki dengan memberikan pembenah tanah berbahan dasar organik seperti kotoran hewan, pupuk organik granul, SP50, dan lainnya yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan bahan organik tanah.

5.2. Perencanaan dan penerapan konservasi tanah

Perencanaan konservasi tanah dilakukan dengan cara menyesuaikan kondisi kemiringan lahan dan kepekaannya terhadap erosi, curah hujan, dan ketersediaan biaya modal karena

biaya untuk konservasi tanah cukup mahal. Menerapkan teknologi konservasi tanah dengan cara memilih teknologi yang dapat digunakan sesuai kemampuan dan kondisi lahan.

Perencanaan dan penerapan teknik konservasi tanah dapat dilakukan dengan mempelajari tabel lampiran yang telah disediakan pada halaman selanjutnya. Tabel tersebut merupakan ringkasan petunjuk teknis perencanaan dan pelaksanaan konservasi tanah pada lahan kering, berisikan pilihan teknik konservasi tanah yang dilengkapi perkiraan biaya dan pengurangan luas lahan pertanian.

Tabel 25. Hasil penilaian kesesuaian lahan kedelai lahan kering di Desa Kesongo, Kunduran, Blora

Karakteristik lahan	Kelas kesesuaian lahan			
	Nilai data	Aktual	Perbaikan	Potensial
Temperatur (tc)		S1		S1
Temperatur rerata (°C)	26,5 - 28,4	S1		S1
Ketersediaan air (wa)		S1		S1
Curah hujan (mm) pada masa pertumbuhan	1800	S1		S2
Kelembaban (%)	80	S1		
Ketersediaan oksigen (oa)		S1		S1
Drainase	baik	S1		S1
Media perakaran (rc)		S1		S1
Tekstur	liat	S1		S3
Bahan kasar (%)	<5	S1		S1
Kedalaman tanah (cm)	dalam	S1		S1
Retensi hara (nr)		S2		S1
KTK liat (cmol)	<16	S2	*	S1
Kejenuhan basa (%)	50	S2		S1
pH H ₂ O	agak alkalin	S2	*	S1
C-organik	rendah	S2	*	S1
Bahaya erosi (eh)		S1		S1
Lereng (%)	15 - 30	S1		S1
Bahaya erosi	rendah	S1		S1
Bahaya banjir (fh)		S1		S1
Genangan	Tidak pernah	S1		S1
Kelas Kesesuaian Lahan	Aktual	S2nr	Potensial	S1

Sumber: Mulyani *et al.* (2004)

Budi daya pertanian pada lahan terdegradasi adalah mengubah sistem evaluasi lahan kualitatif menjadi evaluasi lahan kuantitatif. Mempertimbangkan output yang harus diberikan untuk memperbaiki lahan agar diperoleh hasil yang lebih baik. Pertimbangan ekonomi berupa pengeluaran biaya dan keuntungan yang akan diperoleh selalu menjadi pemikiran petani. Walau kadang-kadang pertimbangan tersebut diabaikan karena adanya keinginan yang kuat untuk memperoleh hasil panen tanpa mempertimbangkan besarnya pengeluaran.

5.3. Melakukan rehabilitasi lahan

Teknologi rehabilitasi lahan dapat dipilih sesuai dengan ketersediaan bahan yang ada secara *in-situ* atau kemudahan memperoleh bahan-bahan pembenah tanah. Ketika lahan sudah mengalami degradasi berat dibutuhkan bahan pembenah tanah yang banyak untuk mencapai daya dukung tanah yang optimum bagi pertumbuhan tanaman. Pada tanah dengan bahan organik < 1 % dibutuhkan penambahan sekitar 1,5 % lagi agar tanah mempunyai bahan organik 2,5%. Penambahan sebesar 1,5% tersebut setara dengan pemberian 2.200 t bahan organik ke dalam tanah. Oleh karena itu, penambahan bahan organik dapat dilakukan secara bertahap terencana selama beberapa tahun. Dapat juga dilakukan penanaman *cover cropp* yang menghasilkan bahan hijauan, atau memilih teknologi yang telah dijelaskan di muka.

Melakukan rehabilitasi lahan suatu keniscayaan yang harus dikerjakan agar tanaman yang dibudidayakan dapat memberikan hasil yang menguntungkan. Keberhasilan rehabilitasi lahan dapat dilihat dari peningkatan produktivitas tanah dan

jumlah hasil panen dari musim ke musim. Perlu diketahui bahwa rehabilitasi lahan membutuhkan waktu beberapa tahun agar tanah betul-betul ideal untuk tumbuh dan berkembangnya tanaman yang diusahakan.

5.4. Meningkatkan kualitas lahan pertanian

Rehabilitasi lahan yang berhasil akan meningkatkan kualitas lahan pertanian. Kunci keberhasilan meningkatkan kualitas lahan pertanian terletak pada keberhasilan rehabilitasi lahan, sehingga rehabilitasi lahan harus dilakukan terus menerus agar lahan mampu mempertahankan daya dukungnya terhadap pertumbuhan tanaman.

Sebagai ilustrasi seorang ibu rumah tangga (Gambar 15) menanam bawang merah tidak lebih dari 5 bedeng yang berukuran 1 – 6 meter pada lahan pertanian berkapur di Kupang yang sulit air. Lahan tersebut mempunyai sifat fisika dan kimia tanah cukup baik, tetapi tidak bisa panen sepanjang tahun karena ketiadaan air. Hambatan tersebut dapat diatasi setelah kelompok taninya mampu membawa air dari sumbernya ke lahan usaha tani tersebut. Air dari sungai dialirkan secara gravitasi menggunakan pipa. Upaya tersebut menimbulkan gairah menanam pada musim kemarau sehingga bisa melakukan panen pada musim kemarau walaupun hasilnya masih sedikit. Peningkatan kualitas lahan terjadi dengan cara menghilangkan penghambat utamanya yaitu air pada musim kemarau.

Jika dihitung secara ekonomi biaya untuk mengalirkan air tidak sebanding dengan hasil panen, namun upaya ini mampu menggairahkan petani berusaha tani pada musim kemarau. Padahal musim kemarau di Kupang, Nusa Tenggara Timur cukup

panjang sehingga seharusnya upaya seperti ini dapat dikembangkan untuk areal yang lebih luas dengan memanfaatkan sumber air yang ada betapun kecil debitnya.

Pertimbangan biaya hendaknya tidak dihitung untuk kembali dalam jangka pendek, karena modal usaha tani yang dikeluarkan akan berdampak jangka panjang. Pemberian mulsa jerami misalnya selain mampu mencegah erosi juga mampu meningkatkan kandungan bahan organik tanah, sehingga kesuburan fisik tanah meningkat dari tahun ke tahun. Peningkatan inilah yang memperbaiki daya dukung tanah terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman sehingga selalu menghasilkan panen dalam jumlah yang memadai.



Gambar 15. Menunggu panen bawang dari lahan usaha tani berupa tanah berbatu karang di Desa Oebola, Kec. Fatuleu, Kab. Kupang (Foto: S. Sutono 2012).

VI. PENUTUP

Lahan pertanian terdegradasi akan semakin luas sesuai dengan meningkatnya usaha tani yang tidak memperhatikan kelestarian lahan pertanian. Usaha tani pada lahan kering berlereng $> 5\%$ di daerah yang bercurah hujan tinggi dan tanah peka terhadap erosi berpotensi sebagai penyumbang meningkatnya luas lahan pertanian terdegradasi. Teknologi untuk menghambat dan menghentikan proses degradasi sudah tersedia, tetapi penguasaan modal oleh petani masih tergolong rendah, sehingga teknologi tersebut tidak menarik untuk diterapkan. Oleh karena itu, untuk menghambat bertambah luasnya lahan terdegradasi diperlukan suatu gerakan masyarakat untuk membangun kembali lahan-lahan pertanian terdegradasi agar kualitasnya meningkat.

Memperbaiki kualitas lahan terdegradasi berarti memperbaiki kehidupan. Luas lahan pertanian makin sempit tetapi jumlah penduduk selalu bertambah. Oleh karena itu diperlukan gerakan untuk (1) menghambat kerusakan lahan pertanian; (2) mengurangi jumlah erosi pada musim hujan; (3) mengurangi kehilangan pupuk dan hara tanaman oleh erosi; (4) mengurangi penurunan hasil panen; (5) mengurangi waktu nganggur di musim kemarau; dan (6) dalam jangka panjang mengurangi jumlah kerugian finansial.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A. dan Sutono. 2002. Teknologi pengendalian erosi lahan berlereng. Hal. 103-145 *dalam* Abdurachman, A., Mappaona, dan Arsil Saleh (Eds.). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Adiningsih, J.S. dan Mulyadi. 1993. Aternatif teknik rehabilitasi dan pemanfaatan lahan alang-alang. Hal. 29-50 *dalam* Prosiding Pemanfaatan Lahan Alang-Alang untuk Usaha tani berkelanjutan. Bogor 1 Desember 1992. Puslittanak. Bogor.
- Agus, F. 2000. Kontribusi bahan organik untuk meningkatkan produksi pangan pada lahan kering beriklim kering bereaksi masam. Hal. 87–104 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan: Buku III. Cisarua-Bogor, 9-11 Februari 1999. Puslittanak. Bogor.
- Anda, M., A. Kasno, dan M. Sarwani. 2012. Sifat dan khasiat material letusan Gunung Merapi untuk perbaikan tanah pertanian. Hal. 87 – 96 *dalam* Kajian Cepat Dampak Erupsi Gunung Merapi 2010 terhadap Sumber daya Lahan Pertanian dan Inovasi Rehabilitasinya/Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian – Jakarta : IAARD Press.
- Ardiwinata, A.N., Juwarsih, S.Y. Jatmiko, dan E.S. Harsanti. 2005. Kemampuan Adsorpsi Amelioran terhadap Residu Insektisida Aldrin, Lindan, Heptaklor, Dieldrin dan Klorpirifos di Dalam Tanah. Makalah disampaikan *dalam* Seminar Nasional Pengendalian Pencemaran Lingkungan Pertanian Melalui Pendekatan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS) Secara Terpadu. Surakarta Maret 2006. 14 hlm. (Tidak dipublikasikan)

- Arsyad, S. 2006. *Konservasi Tanah & Air*. IPB Press. Bogor.
- Barus, M.A., dan H. Suwardjo. 1988. Rehabilitasi lahan rusak karena hilangnya lapisan atas tanah dengan berbagai bahan organik. Hal. 17-27 *dalam* Hasil Penelitian Pasca Pembukaan Lahan Menunjang Transmigrasi di Kuamang Kuning Jambi. Kerjasama Departemen Transmigrasi dengan Pusat Penelitian Tanah.
- Dent, F.J. 1993. Towards a Standard Methodology for the Collection and Analyses of Land Degradation Data. Proposal for Discussion Expert Consultation of the Asian Network on Problem Soils. 25-29 October 1993. FAO Regional Office for Asia and Pacific (RAPA). FAO-UN Bangkok, Thailand. (*Unpublished*).
- Djaenudin, D., Marwan H., H. Subagyo, A. Mulyani, dan N. Suharta. 2003 . Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. Versi 4. Januari 2003. Balai Penelitian Tanah. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor
- FAO. 1976. A Framework for Land Evaluation. FAO Soil Bull. 32.
- Flanigen, E.M. and F.A. Mumpton. 1977. Commercial properties of natural zeolites. p. 165-175. F.A. Mumpton (*Ed.*). *In* Mineralogy and geology of natural zeolites. Short course notes, Mineralogical Society of America. 1009 K Street, N.W. Washington D.C. 2006, U.S.A.
- Erfandi, D., H. Suwardjo, dan A. Rachman. 1988. Penelitian alley cropping di Kuamang Kuning, Jambi. Hal. 105-110 *dalam* Hasil Penelitian Pola Usaha tani Terpadu di Daerah Transmigrasi Kuamang Kuning Jambi. Kerjasama Departemen Transmigrasi dengan Pusat Penelitian Tanah.

- Hafif, B., D. Santoso, Mulud Suhardjo, dan I G. P. Wigena. 1992. Beberapa cara pengelolaan tanah untuk pengendalian erosi. *Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk* 10: 54-60
- Haryati, U., dan Undang Kurnia. 2001. Pengaruh teknik konservasi terhadap erosi dan hasil kentang (*Solanum tuberosum*) pada lahan budi daya sayuran di dataran tinggi Dieng. Hal. 439-460 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Reorientasi Pendayagunaan Sumber daya Tanah, Iklim, dan Pupuk. Cipayung-Bogor, 31 Oktober-2 November 2000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor. Buku II.
- Irawan, J. Purnomo, Sukristiyonubowo, dan D. Santoso. 2000. Pendekatan partisipatif pengembangan dan kelayakan finansial teknologi budi daya lorong dalam peningkatan produksi pangan pada lahan kering. Hal. 457-470 *dalam* Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan. Buku III. Cisarua-Bogor. 9-11 Februari 1999. Puslittanak, Bogor.
- Iskenderov, I.S. and S.N. Mamedova. 1988. Aplication of natural zeolite in Azerbaijan SSR for increasing yield of wheat. p. 717-720. Kallo, D and H.S. Sherry (*Eds.*). *In* Occurrence properties and utilization of natural zeolites.
- Haryati, U., A. Rachman, dan A. Abdurachman. 1991. Aplikasi mulsa Flemingia pada pola tanam jagung-kedele-kacang tunggak pada tanah Usthortens Gondanglegi. Hal. 1-11 *dalam* Risalah Seminar Hasil Penelitian Lahan Kering dan Koservasi Tanah di Kabupaten Semarang dan Boyolali. P3HTA/UACP-FSR. Badan Litbang Pertanian.
- ICRAF (International Center for Research AgroForestry). 2001. Modelling Erosion at Different Scales, Case Study in The Sumber Jaya Watershed, Lampung, Indonesia. Internal Report. Bogor. 84p. (*Unpublished*).

- Kasno, A., S. Rochayati, dan B.H. Prasetyo. 2009. Deposit, penyebaran dan karakteristik Fosfat Alam. Hal. 1 – 24 *dalam* Fosfat Alam: Pemanfaatan Fosfat Alam yang Digunakan Langsung Sebagai Sumber Pupuk. Balai Penelitian Tanah. Bogor
- Kementerian Pertanian. 2011. Permentan No. 70/Permentan/SR.140/10/2011
- Kurnia, U., Sudirman, dan H. Kusnadi. 2005. Teknologi rehabilitasi dan reklamasi lahan terdegradasi. Hal. 141 – 168 *dalam* Abdurachman, A. dan Mappaona (Eds). Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian Tanah dan Pengembangan Tanah Agroklimat. Bogor
- Kurnia, U., N. Sinukaban, F. G. Suratmo, H. Pawitan, dan H. Suwardjo. 1997. Pengaruh teknik rehabilitasi lahan terhadap produktivitas tanah dan kehilangan hara. *Jurnal Tanah dan Iklim* 15:10-18.
- Kuwagaki, H. and K. Tamura. 1990. Aptitude of wood charcoal to a soil improvement and other non fuel use. p. 27-44. *In* Technical report on the research development of the new uses of charcoal and pyroligneous acid, technical research association for multiuse of carbonized material.
- Lal, R. 1994. Soil Erosion by Wind and Water: Problem and Prospects. p: 1-10. *In*: R, Lal (Ed.). Soil/Erosion Research Methods. Soil and Water Conservation Society. Florida.
- Lal, R. 1976. Influence of Residue Mulches and Tillage, Methods on Soil Structure and Infiltration Rate, in Modification of Soil Structure. ISSS meeting of comm. 1 Adelaide 23–27, 1976. Wiley London
- Mulyani, A., Hikmatullah, dan H. Subagyo. 2004. Karakteristik dan potensi tanah masam lahan kering di Indonesia. Hal. 1-32 *dalam* Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan

- Tanah Masam. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Nearing, M.A., L.J. Lane, and V.L. Lopes. 1994. Modelling Soil Erosion. p: 127-158. Lal, R. (Ed.). *In Soil Erosion Methods*. Soil and Water Conservation Society. Florida.
- Nurida, N.L. dan Achmad Rachman. 2012. Alternatif pemulihan lahan kering masam terdegradasi dengan formula pembenah tanah biochar di Typic Kanhapludults Lampung. Hal. 639 – 648 *dalam* Pros. Sem. Nas. Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi. Bogor, 29-30 Juni 2012. BB. Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Bogor
- Nurida, N.L., A. Rachman, dan Sutono. 2012. Potensi pembenah tanah biochar dalam pemulihan sifat tanah terdegradasi dan peningkatan hasil jagung pada Typic Kanhapludults Lampung. J. Buana Sains. Unitri. Malang
- Ogawa, M. 2006. Carbon sequestration by carbonization of biomass and forestation: three case studies. p 133-146.
- Puslitbangnak. 2002. Atlas Arahana Tata Ruang Pertanian Indonesia. Skala 1:1.000.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Poel, Van der dan K. Subagyo. 1998. The Use of USLE in The RTL Process. National Watershed Management and Conservation Project. Bogor.
- Purnomo, J., Mulyadi, S. Widodo, dan J.S. Adiningsih. 1995. Rehabilitasi tanah Ultisols (Podsolik Merah Kuning) dengan pemupukan P dan pengelolaan bahan organik. Hal. 13 – 24 *dalam* Pros. Pert. Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Buku III Bidang Kesuburan dan Produktivitas Tanah. Cisarua, Bogor 26 – 28 September 1995. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor

- Rose, C.W., J.R. Williams, G.C. Sander, and D.A. Barry. 1983. A mathematical model of soil erosion and deposition processes I. Theory for a plane element. *Soil Science Society of America Journal* 47: 991-995.
- Santoso, D., J. Purnomo, I G. P. Wigena, Sukristiyonubowo, and R. D. B. Lefroy. 2001. Management of phosphorus and organik matter on an acid soil in Jambi, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim* 18: 64- 72.
- Santoso, D., S. Karama, Sri Adiningsih, I G. P. Wigena, J. Purnomo, and S. Widodo. 1994. The management of sloping lands for sustainable agriculture in Indonesia. *p.* 89-121. Sajjapongse, A. (Ed.). *In* Report of the Annual Review Meeting on *ASIALAND: The Management of Sloping Lands for Sustainable Agriculture in Asia*. Guiyang, China 2-8 September 1993. Network Document No. 8. IBSRAM, Bangkok
- Soil Horizons. 2000. Sindi (Soil Indicators) is alive. *Soil Horizons* 4:1-2
- Sudirman dan T. Vadari. 2000. Pengaruh kekritisian lahan terhadap produksi padi dan kacang tanah di Garut Selatan. Hal. 411-418 *dalam* Prosiding Kongres Nasional HITI ke VII. Bandung 2-4 Nopember 1999.
- Suganda, H., M. Sodik. D. Santoso, dan S. Sukmana. 1997. Pengaruh cara pengendalian erosi terhadap aliran permukaan, tanah tererosi dan produksi sayuran pada Andisol. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 15: 38-50.
- Suharta, N., Suratman, Rofik, Y.A. Hidayat, dan H. Hidayat. 2000. Laporan Akhir Survei dan Pemetaan Tingkat Tinjau (skala 1:250.000) Provinsi Kalimantan Timur (Bag II). Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. (Tidak dipublikasikan)

- Suwardjo, and N. L. Nurida. 1994 . Land Degradation in Indonesia. Data Collection and Analysis. Center for Soil and Agroclimate Research. Bogor-Indonesia.
- Suwardjo, H., L. H. Sibuea, dan J. Purnomo. 1988. Penerapan pola tanam dalam usaha perawatan tingkat produktivitas tanah di Kuamang Kuning, Jambi. Hal. 145–163 *dalam* Hasil Penelitian Pola Usaha tani Terpadu di Daerah Transmigrasi Kuamang Kuning, Jambi. Puslit Tanah, Bogor
- Suwardjo, H. 1981. Peranan Sisa-sisa Tanaman dalam Konservasi Tanah dan Air pada Usaha tani Tanaman Semusim. Disertasi Fakultas Pasca Sarjana, IPB Bogor.
- Sutarti, M dan M. Rachmawati. 1994. Zeolit Tinjauan Literatur. Pusat Dokumentasi dan Informasi Ilmiah. LIPI. Jakarta.
- Sutriadi, M.T., R. Hidayat, S. Rochayati, dan D. Setyorini. 2005. Ameliorasi lahan dengan fosfat alam untuk perbaikan kesuburan tanah kering masam Typic Hapludox di Kalimantan Selatan. Hal. 143-155 *dalam* Pros. Seminar Nasional Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim. Bogor, 14-15 September 2004. Puslittanak, Bogor.
- Sutono, S. dan Undang Kurnia. 2012. Baku mutu tanah pada lahan terdegradasi di Daerah Aliran Sungai Citanduy, Provinsi Jawa Barat. J. Tanah dan Iklim.
- Sutono, S. A. Kasno, J. Purnomo, dan Y. Soelaeman. 2012. Pemanfaatan abu vulkanik untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Suboptimal. Laporan Akhir Program Insentif Riset Terapan. Balai Penelitian Tanah (tidak dipublikasikan).
- Sutono, S., dan N.L. Nurida. 2012. Kemampuan Biochar Memegang Air pada Tanah Bertekstur Pasir. Jurnal Buana Sains. Unitri. Malang
- Sutono, S., M.S. Djunaedi, D. Erfandi, dan U. Kurnia. 2004. Pengangkutan hara oleh erosi, aliran permukaan, perkolasim dan tanaman cabai rawit pada tanah Typic Kanhapludults di

Taman Bogo. Hal. 97 – 122 *dalam* Pros. Sem. Nas. Inovasi Teknologi Sumber Daya Tanah dan Iklim. Bogor, 14 – 15 September 2004. Puslitbangtanak.

- Sutono, S., Kuswanda, dan F. Agus. 2000. Laporan Akhir. Pengaruh zeolit terhadap ketersediaan air tanah. Bagpro Penelitian Sumber daya Lahan dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. (Tidak dipublikasikan)
- Sutono, S., Suhartono, dan U. Kurnia. 1998. Tanaman pagar serengan jantan (*Flemingia congesta* Roxb.) dan pengaruhnya terhadap sifat fisika tanah Ultisol Jasinga. Hal. 129–141 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat: Bidang Fisika dan Konservasi Tanah dan Air serta Agroklimat. Bogor, 10–12 Februari 1998. Puslittanak. Bogor.
- Sutono dan A. Abdurachman. 1997. Pemanfaatan soil conditioner dalam upaya merehabilitasi lahan terdegradasi. Hal. 107-122 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat: Makalah Review. Cisarua, Bogor, 4-6 Maret 1997. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian.
- Sutono, S., A. Abdurachman, dan I. Juarsah. 1995. Perbaikan tanah Podsolik Merah Kuning (Haplorthox) menggunakan bahan organik dan anorganik: Suatu percobaan rumah kaca. Hal. 17-36 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Buku IV Bidang Konservasi Tanah dan Air, serta Agroklimat. Cisarua, Bogor, 26-28 September 1995. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Sutopo, F.X.R. 1991. Pengkajian karakteristik zeolit Cikalong, Tasikmalaya dan Pemanfaatannya dalam pengelolaan air. Pusat Pengembangan Teknologi Mineral. Bandung.

- Suwardi. 1997. Studies on agricultural utilization of natural zeolites in Indonesia. PhD Thesis. Graduate School of Agriculture, Tokyo University of Agriculture.
- Tala'ohu, S.H., A. Abdurachman, dan H. Suwardjo. 1992. Pengaruh teras bangku, teras gulud, slot mulsa *Flemingia*, dan strip rumput terhadap erosi hasil tanaman dan ketahanan tanah Tropudults di Sitiung. Hal. 79–89 *dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah Bidang: Konservasi Tanah dan Air. Bogor, 22–24 Agustus 1989. Puslitbangtanak, Bogor.
- Vadari, T., K. Subagyo, dan N. Sutrisno. 2004. Model prediksi erosi: prinsip, keunggulan, dan keterbatasan. Halaman 31-70 *dalam* Kurnia, U. *et al.* (Eds.) Teknologi Konservasi Tanah pada Lahan Pertanian Berlereng. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Wischmeier, W.H., and D.D. Smith. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses – A Guide to Conservation Planning. Agriculture Handbook No. 537. U.S. Departement of Agriculture, Washington DC. 58p.
- Wisnubroto, E.I. dan W.H. Utomo. 2008. Perbaikan mutu tanah pada lahan tanaman ubikayu pengaruhnya terhadap produksi, pendapatan petani, dan erosi. Hal. 79-91 *dalam* Pros. Sem. Nas dan Konres MKTI VI. Safari Garden, Cisarua, Bogor 17-18 Des 2007. Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia. Jakarta

LAMPIRAN

Lampiran 1. Pilihan teknologi konservasi menurut keadaan biofisik (Agus *et al.* 1999)

Teknik konservasi	Lereng	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian	Interval horizontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengurangan luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan/tahun		
	%	cm		m				%	
1. Sistem drainase									
1. Saluran pengelak (<i>interception/diversion ditch</i>)	-	<20	-	-	10-20	-	2-3		Aliran air yang terkonsentrasi perlu dihindari terutama pada tanah yang peka terhadap erosi jurang (<i>gully</i>) - Diperlukan SPA yang aman (berumput) untuk mengalihkan aliran permukaan ke sungai - Penting untuk areal dengan aliran permukaan yang tinggi di atas lahan pertanian atau untuk melindungi lahan dari erosi parit.
2. Saluran teras	-	>20	-	-	Lihat teras			2-10	Untuk dialirkan ke saluran air yang aman (berumput/tidak tererosi)
3. Saluran pembuangan air (SPA)	-	>20	-	-	10-20		2-3	1-3	- Perlu terjunan bila lereng > 8% atau tanah peka erosi - Diberi dinding batu bila lereng >30%
4a. Bangunan terjunan dari batu	>8	>20	-	2-10	2-50		1-10	0	- Bahan harus tersedia di lokasi yang bersangkutan - Bahan dapat berupa bata, gabion (bronjong), susunan batu, kantong pasir, rumput dan lain-lain

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Le- reng	Kedalam an solum	Efektivi- tas peng- endalian	Interval hori- zontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengu- rang- an luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembu- atan	Penanam- an rumput	Pemelihara- aan/raan/ tahun		
	%	cm		m				%	
4b. Bangunan terjunan dari bambu	>8	>40	-	2-10	2-50		Perlu diganti sesudah 2 tahun	0	Bahan harus tersedia di lokasi yang bersangkutan Stabilisasi dengan rumput atau bambu hidup
II. Pengendalian erosi secara vegetative									
1. Pertanaman lorong (<i>alley cropping</i>)	3-40	>20	E	3-10	Tl: 6-12 S : 20-40 B : 100- 200	0 0 20-40	25-30 25-30 20-25	5-20	- Pertama bila kesuburan rendah, pangkasan tanaman leguminosa digunakan untuk mulsa/ pupuk hijau - Tidak cocok untuk daerah kering (<1000 mm curah hujan), karena produksi biomassa ren-dah - Tanaman langsung: s = Stek; b= bibit rumput. - Pertama untuk rumah tangga (RT) yang memiliki ternak ruminansia dan daerah beriklim kering (<1500 mm curah hujan/tahun), tetapi juga cocok untuk lahan yang lebih basah - Penanaman diasumsi menggunakan benih. Bila menggunakan stek, kebutuhan tenaga 1,5x lebih banyak.
2. Strip rumput (<i>grass strip</i>) lebar 0,5 m	5 8 15 30 60	<10	E	40 20 10 5 2,5	10-20	0,5 1 2 3 7	2 4 8 15 30	1 3 5 10 20	
3. Penanaman Menurut strip (<i>strip cropping</i>)	3-8 8-30	>20 >20	A; (E jika strip rumput) E (dengan rumput)	5-30 3-10	- -	Sangat rendah Sangat rendah	10-25 10-25	0, 20- 50 Jika strip Rumput 20-50	- RT dengan lahan luas (jika sejumlah strip ditanam rumput) - Periode tanam cukup panjang. - Drainase tanah baik - Jika lereng 8-30% memerlukan tindakan konservasi - Lainnya (strip rumput, dan lain-lain)

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Le- reng	Kedala man solum	Efektivi- tas pengen- dalian	Interval hori- zontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengu- rang- an luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembu- atan	Penanam- an rumpun	Pemeliha- raan/tahun		
	%	cm		m				%	
4. Pengelolaan Bahan organik -mulsa -pencampuran Sisa tanaman -pupuk hijau -pupuk kandang -kompos	0-60 0-60 0-60 0-60 0-60	Semua 20 >10 Semua semua	E A A/E A A	- - - - -	10-15 Diimpo r 5-10 10-15 5-10 10-20	- - - - -	- - - - -	0	- Pada lereng > 15% perlu disertai teknik konser-vasi lainnya, terutama penting pada system pengolahan tanah minimum - Mulsa, pupuk hijau terutama penting untuk daerah beriklim kering - Untuk menurunkan jumlah erosi rekomendasi >6 t mulsa ha⁻¹ tahun⁻¹ - Pupuk hijau terutama bila tanah tidak tertutup selama waktu tertentu, bisa sebagai system rotasi tanaman - Perlu proses penyiajan kompos yang memerlukan tenaga tambahan - Baik untuk lahan landai dan lahan yang sudah dteras
5. Pertanaman maje- muk (<i>multiple Crop- ping</i>)	0-40	>20	A	-					
6. Penggiliran Tanam- an (<i>crop rotation</i>)	0-60	>20	A/E					0	- Terutama apabila musim kering tidak ada atau pendek (<4 bulan).
7. Tumpangsari (<i>intercropping</i>)	0-60	>20	A/E						
8. Tumpanggilir (<i>relay cropping</i>)	0-60	>20	A/E					0	- Terutama apabila musim kering tidak ada atau pendek (<4 bulan).
9. Pertanaman sela (<i>tree intercropping</i>)	0-60	>20	A/E					0	- Tanaman semusim harus yang tahan naungan.
10. Tanaman penu- tup tanah (<i>cover cropping</i>)	0-60	>20	A/E					0	- Terutama apabila pasaran untuk kayu dekat. - Terutama untuk daerah basah dengan musim kering yang pendek atau tidak ada (0-3 bulan) atau RT yang memiliki cukup lahan

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Leren g	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian	Interval horizontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 msaluran			Pengurangan luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan/tahun		
	%	cm		m				%	
11. Pagar hidup	0-60	>20	A	-		-	-	<5	- Terutama di batas milik lahan
12. Barisan sisa tanaman (<i>trash line</i>)	3-30	semua	A	5-30	10-30	-	Tahun ke dua perlu diperbaharui	1-5	- Tersedia bahan sisa tanaman cukup banyak - Menggunakan stakes untuk memperkuat barisan
13. Wanatani (<i>agroforestry</i>)	0-60	>20	E/S		Tergantung system wanatani				- Lebih baik jika ada pengaruh yang saling menguntungkan antara berbagai jenis tanaman (misalnya pohon leguminosa) - Terutama untuk lereng agak curam atau curam
III. Pengendalian erosi secara sipil teknis									
1. Pengolahan tanah konservasi (<i>conservation tillage</i>)	0-60	>20	E		Kekurangan tenaga kerja untuk persiapan tanah			0	- Untuk tanah gembur - Penanggulungan gulma dengan mulsa atau herbisida harus intensif
-Pengolahan tanah minimum		>20	E						
-Tanpa olah tanah (<i>no till, zero tillage</i>)	>3-10	>20	>E	>15-40	60-160	TL: 5-10 S : 10-20	15-35	10-20	- Permeabilitas dan daya infiltrasi tinggi - Diperlukan SPA yang aman (berumput) untuk mengalirkan aliran permukaan ke sungai - Teras gulud punya pematang yang kecil diantara pematang yang besar
2. Teras gulud (<i>ridge terrace/ graded contour bunds</i>)	10-40 40-60		E A	5-15 3-5					- Terutama untuk daerah basah dengan musim kering yang pendek atau tidak ada (0-3 bulan) atau RT yang memiliki cukup lahan
3. Teras bangku gulir kampak, datar mi-ting (<i>bench terrace: back sloping, level, forward sloping</i>)	10 20 30 60	>40 >60 >75 >90	S	6-12 3-6 2,5-4 2	600- 1900* 400- 1200 500-900 600	5 10 15 30	70-100 50-70 45-55 45	5 10 16 33	

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Le- reng	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian	Interval horizontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengurangan luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan per tahun		
	%	cm		m				%	
4. Teras individu	15-60	>25	A/E	4-6	20-60	50	25	0	- Rumput atau legume perlu ditanam diantara pohon
5. Teras kredit (<i>credit/anyajuu terrace</i>)	5-40	>40	S	5-15	150-250 250-350	5-10	30-50	10-20	- Daya infiltrasi tanah dan permeabilitas tinggi - Tidak sering hujan lebat - Tenaga kerja cukup banyak - Tidak pada kanal yang banyak
6. Pematang kontur (<i>graded contour bund</i>)	1-15	>20	E	15-50	30-90	2	10-20	1-2	- Tidak untuk entisols (Litosol) - Diperlukan SPA yang aman (berumput) untuk mengalirkan aliran permukaan ke sungai
7. Teras kebun (<i>garden terrace</i>)	3-25	>25	E	4-7	150-300	40	30-60	0	- Jarak teras tergantung kerapatan pohon - Rumput atau legume diantara teras
8. Barisan batu (<i>stone lines</i>)	3-25	semua	E	5-50	20-200	-	20-20	1-5	- Cokok bila batuan banyak ditemukan ditempat - Terutama pada iklim semi kering, karena peningkatan infiltrasi akan meningkatkan hasil tanaman
9. Teras batu (<i>stone wall terrace</i>)	10-60	>40	S	5-15	400-2000	-	20-100	1-5	- Cokok bila batuan banyak ditemukan ditempat - Lahan hamper seragam tanpa jurang (<i>gullies</i>) - Tenaga kerja sangat banyak

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Lereng	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian	Interval hori-zontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengurangan luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan per tahun		
	%	cm		m				%	
IV. Pengendalian erosi jurang									
A. Cara vegetatif sumbat jurang (<i>gully plug</i>) dengan									
1. pepohonan		>20	A/E	-	200	-	20	100	- Tanah peka terhadap erosi parit
2. semak		>15	A/E	-	20	-	2	100	- Tingkat erosi parit sedang tetapi meluas
3. rumput		>10	A/E	-	-	50	5	100	
B. Cara sipil teknis									
2. Dam system sabut (<i>brush check dam</i>)		>30	E	5-20	sedang	-	Sedang	0	- Pada tanah dimana pancang dapat ditancaapkan - Sabut tersedia ditempat, kedalaman jurang <1-2 m
3. Dam pengendali system susunan batuan lepas (<i>loose rock check dam</i>)		semua	S	5-25	sedang	-	Rendah/tinggi	0	- Tampungan <4 ha. arus tidak begitu deras - Batu tersedia ditempat - Kedalaman jurang <1-2 m
4. Dam pengendali system bronjong (<i>gabion dam</i>)		semua	S	5-25	Sedang/tinggi	-	Rendah	0	- Batu tersedia ditempat - Perlu biaya tinggi
5. Dam pengendali system bangunan permanen -semen		semua	S	5-25	Sedang/tinggi	-	Rendah	0	- Perlu biaya tinggi
6. Gorong-gorong		-	E-S	-	Sedang/tinggi		Rendah		- Memerlukan susunan batuan pada jatuhan air supaya tidak terjadi penggerusan
7. Sumbat jurang bronjong slender (<i>sausage dam</i>)		semua	E	5-25	rendah	-	Rendah	0	- Lebih murah dan perlu lebih sedikit tenaga kerja - Hanya untuk jurang kecil atau sedang (kedalaman <1-2m)

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Lereng	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian	Interval horizontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengurangan luas lahan	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan per tahun		
	%	cm		m				%	
V. Pemanenan air (water harvesting)									
1. Saluran peresapan (<i>infiltration ditch</i>)		>20	E-S					0-15	- Lahan kering dengan >4 bulan kering (terutama jika >3 bulan tanpa hujan) - Tanah mempunyai kapasitas infiltrasi yang rendah - Sangat mudah dibuat pada tanah yang sudah ada saluran terasnya - Dapat diisi dengan mulsa vertical untuk mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan sedimentasi dan meningkatkan kesuburan tanah
2. Rorak dengan atau tanpa mulsa vertical (<i>slot mulch</i>)		>20	E-S		15 rorak/HOK			3-10	- Dapat diisi dengan mulsa vertical untuk mengurangi kecepatan aliran, meningkatkan sedimentasi dan kesuburan tanah
3. Embung		>50	E-S		200 HOK/embung				- Perlu modal besar - Cocok untuk tanaman bernilai ekonomi tinggi - Daya infiltrasi tanah dan permeabilitas rendah

Lampiran 1. (lanjutan)

Teknik konservasi	Le- reng	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian	Interval horizontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100 m saluran			Pengurangan luas lahan %	Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan/tahun		
	%	cm		m					
VI. Lain-lain									
Penanaman menurut kontur (<i>contour farming</i>)	1-60	>20	A						- Terutama kalau drainase dikurangi dapat menyebabkan <i>waterlogging</i> atau bahaya longsor
<i>Hedgerows</i> (ditanam dengan benih langsung atau stek/ tebar <i>hedgerows</i> 0,75-1m	30-60 20-40 10-25 5-15	>25	E	3-5 10 25 30	4-20 2-10 1-4 1-2	- - - -	10 5 2 1	20 10 4 2	- Terutama untuk batas pemilikan/penggarapan, terutama uang kurang lebih menurut kontur - Pilih jenis pakan bila ada ternak dan jenis penghasil kayu bakar jika diperlukan atau jenis dengan keuntungan lain - Memerlukan tenaga kerja yang rendah - Apabila jarak antara <i>hedgerows</i> berdekatan, 4-6 m, maka system ini menyerupai system tanaman lorong yang menggunakan pangkasan tanaman pagar daun sebagai mulsa - Jika ditanam dari anakan tenaga kerja penanaman 5x lebih banyak
Penanaman konservasi (pohon,semak)	0-60	>15	A/E		1-5				- Menggunakan benih langsung atau stek (stek hanya untuk daerah terbatas) - Untuk daerah tererosi banyak(banyak jurang, <i>badlands</i>)
Pematang kontur adsorpsi (<i>adsorption contour bund</i>)	1-15 5-15	>30 >50	S S	25-50 20-30	50-150 150-250	5 8	10-30 30-50	3-7 5-10	- Daya infiltrasi tinggi - Tidak untuk entisols (Litosol) - Cocok untuk lereng yang panjangnya >150m - Curah hujan<1500mm/tahun, intensitas tidak terlalu tinggi
Saluran air yang ditanami rumput (<i>grassed waterway</i>)	semua	>10	-	200-400 antara saluran	10-100	1-2	2-10	0-5	- Mengikuti cekungan atau saluran drainase alami jika memungkinkan - Kecepatan aliran sedang
Saluran terbuka (<i>flume</i>)			E		2-5		1	0	- Untuk kepala jurang yang vertical - Saluran dari kayu, besi, pvc

Kontak Penulis
Balai Penelitian Tanah
Jl. Tentara Pelajar 12
Kampus Penelitian Pertanian
Cimanggu - Bogor
Telp. 0251.833657; Fax. 0251.8321608, 8322933
Website: <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>
email: balittanah@litbang.deptan.go.id; soil-ri@indo.net.id

40 Years Anniversary



SCIENCE . INNOVATION . NETWORKS
www.litbang.deptan.go.id



**IAARD
PRESS**



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jalan Ragunan No. 29, Pasarmingu, Jakarta 12540
Telp.: 021 7806202, Faks.: 021 7800644

ISBN 978-602-1520-54-3



9 786021 152054