

Bab 11. PENGENDALIAN TANAH LONGSOR

Istilah tanah longsor sudah cukup akrab di telinga kita. Seringkali dijumpai tanah longsor di tepi jalan di pegunungan yang diakibatkan oleh pemotongan bukit-bukit pada saat pembangunan jalan. Tanah longsor bisa hanya kecil saja tetapi kadang-kadang bisa besar sekali. Tidak jarang tanah longsor diikuti dengan aliran massa tanah sehingga terjadi 'banjir bandang'. Kejadian ini sering membawa korban baik korban jiwa maupun harta benda.

11.1. Proses dan Macam Longsor

Sebenarnya tanah longsor dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu longsor dangkal dan longsor dalam. Aliran massa tanah dan batuan bisa terjadi apabila tekanan terhadap massa itu melebihi gaya gesekan oleh lapisan bawahnya (lihat Gambar 11.1 dan 11.2). Tekanan ke bawah disebabkan oleh gaya gravitasi, massa air yang mengisi ruang pori tanah, tanaman yang membebani dan adanya gaya geologi (gelombang seismik). Sedangkan gaya penghambat disebabkan oleh tingkat kemiringan, daya kohesi dan gaya geser antar partikel tanah dan penahanan oleh akar-akar tanaman.

Lereng dapat menjadi penyebab proses longsor melalui tiga proses, yaitu runtuh, bergeser dan mengalir.

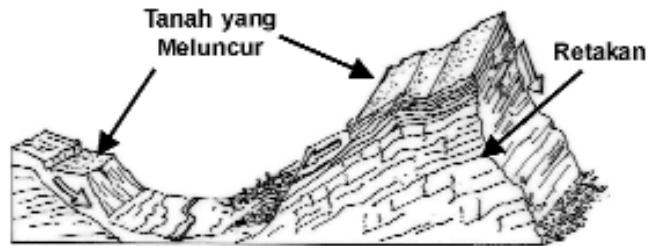
- a. Proses runtuh dapat terjadi jika lereng sangat terjal. Adanya goncangan atau getaran mengakibatkan pecahnya massa tanah dan batuan pada tepi tebing curam sehingga runtuh.
- b. Proses bergeser terjadi karena adanya deformasi yang elastik diikuti oleh pecahnya massa tanah dan batuan dan meluncur sepanjang lereng yang cukup curam.
- c. Proses mengalir atau meluncur terjadi karena deformasi (perubahan bentuk) plastis diikuti oleh pergeseran antar partikel yang umumnya disebabkan oleh air sehingga meleleh (menjadi cairan kental) dan mengalir.

Peristiwa longsor hanya terjadi di daerah perbukitan yang curam, tetapi massa yang runtuh ini dapat terangkut ke bagian hilir jika terdapat aliran air yang cukup tinggi. Di bagian hilir terjadilah banjir bandang walaupun tanpa terjadi hujan deras (lihat Gambar 11.3).

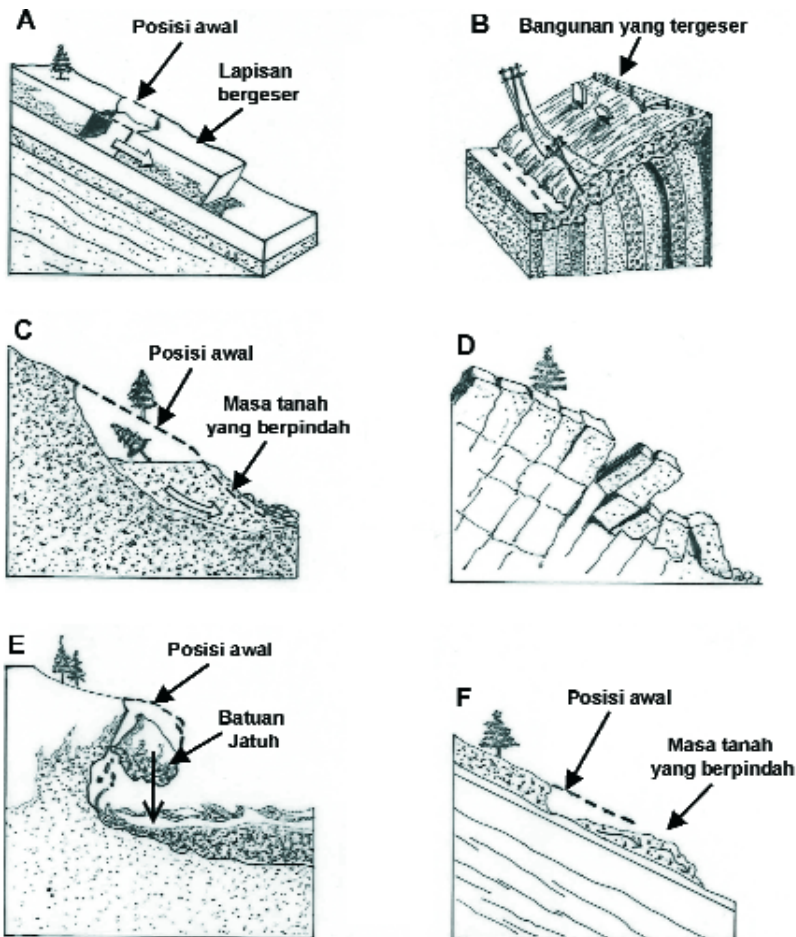
11.2. Daerah rawan longsor

Kawasan yang memiliki potensi longsor adalah daerah berbukit sampai bergunung dipicu oleh satu atau lebih faktor berikut:

- Memiliki lereng yang curam (misalnya lebih dari 45° atau lebih dari 100%)
- Seringkali terjadi hujan dengan intensitas cukup tinggi dan lama (misalnya beberapa hari terus-menerus)



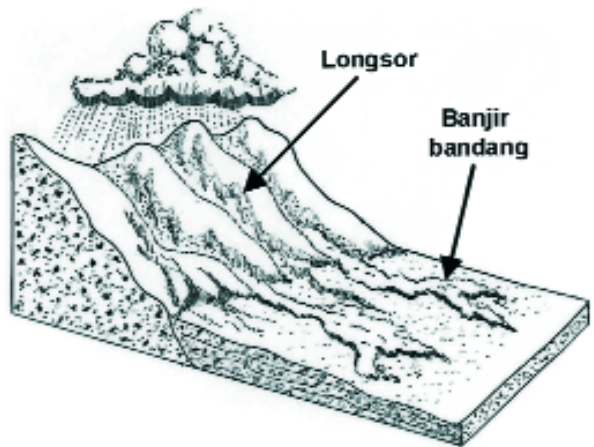
Gambar 11.1. Longsor di tebing jalan (kiri) dan diagram proses longsor



Gambar 11.2. Contoh macam-macam proses longsor

- A. Gerakan massa tanah sejajar dengan bidang luncur yang seringkali sejajar dengan lereng
- B. Gerakan massa tanah secara perlahan sepanjang lereng
- C. Gerakan material mengikuti permukaan geser yang miring
- D. Gerakan batuan ke arah bawah karena adanya bidang belah
- E. Runtuh: material jatuh bebas
- F. Aliran tanah bercampur air seperti cairan kental

- Profil tanah dan bahan induk yang berlapis-lapis. Lapisan pasir berbatu di atas lapisan liat, misalnya, menandakan tanahnya mudah longsor.
- Adanya kegiatan manusia yang memotong bukit sehingga terbentuk lereng yang lebih curam (misalnya untuk perumahan, jalan, penggalian tambang)
- Penebangan pohon-pohonan yang berakar sangat dalam pada lereng yang curam.
- Dekat dengan sumber getaran alami maupun kegiatan manusia (gunung api yang aktif, getaran mesin dan lalu lintas kendaraan bermotor, peledakan, dsb).



Gambar 11.3. Hubungan antara longsor di hulu dan banjir bandang di hilir

Pencegahan Longsor

Antisipasi terhadap titik-titik yang rawan longsor dengan upaya menanam pepohonan yang berakar dalam dan tidak membangun atau mengolah tanah pada titik tersebut merupakan langkah pencegahan longsor yang dianjurkan.

11.3. Pencegahan

Tindakan pencegahan terjadinya longsor adalah tindakan yang paling penting, karena proses longsor datangnya selalu tiba-tiba dan sering mengakibatkan korban jiwa dan harta-benda. Tindakan tersebut di antaranya:

- Menghindari kegiatan di daerah yang rawan longsor dengan tidak membangun jalan, perumahan, galian tambang. Biarkan kawasan yang rawan longsor itu tertutup oleh pohon-pohonan yang berakar dalam.
- Jika sudah ada kegiatan manusia pada lokasi yang rawan longsor sebaiknya dilakukan upaya memperkecil timbulnya penyebab longsor dengan mengkombinasikan:
 - Penanaman pohon yang berakar dalam tetapi ringan seperti bambu kecil.
 - Memperlancar drainase (pembuangan air).



Gambar 11.4. Contoh konstruksi penanggulangan longsor yang memerlukan teknologi tinggi dan biaya mahal.

- Mendirikan bangunan penahan. Konstruksi bangunan semacam ini bisa sangat mahal dan kadang-kadang kurang efektif (Gambar 11.4).

c. Konstruksi bangunan penahan tergantung dari besarnya volume longsor itu. Jika longsor termasuk kategori 'kecil' maka konstruksi bangunan penahan bisa agak sederhana dan tidak terlalu mahal. Namun apabila longsor termasuk kategori 'besar', maka konstruksi bangunan penahan sangat sulit dan mahal (Gambar 11.4). Untuk membuat rancangan dan mendirikan bangunan penahan longsor seperti ini diperlukan tenaga ahli yang berpengalaman. Proyek semacam ini kurang diprioritaskan pada kawasan pertanian.

Di kawasan pertanian dan pemukiman juga seringkali terjadi longsor dalam skala 'kecil' yang mengakibatkan kerusakan sebagian petak lahan atau satu sampai dua bangunan rumah. Peristiwa tanah longsor yang sekecil apapun perlu diwaspadai agar tidak menimbulkan kerugian dan bahkan membahayakan jiwa. Penanggulangan longsor skala kecil dapat dilakukan oleh perorangan atau kelompok masyarakat. Teknologi sederhana dengan memanfaatkan bahan-bahan lokal pada umumnya dapat digunakan. Konstruksi bangunan penahan dari kayu dan bambu atau dari batu dan beton mungkin masih dalam batas kemampuan masyarakat pedesaan (Gambar 11.5).

Bagaimanapun upaya pencegahan dan menghindari longsor adalah jauh lebih baik. Antisipasi terhadap titik-titik yang rawan longsor dengan upaya menanam pepohonan yang berakar dalam dan tidak membangun atau mengolah tanah pada titik tersebut merupakan langkah yang dianjurkan.

Peristiwa longsor seringkali merupakan masalah besar yang sulit ditangani oleh petani secara individu. Oleh karena itu pencegahan dan penanggulangan longsor perlu dilakukan melalui kerjasama kelompok.



Gambar 11.5. Bangunan penahan 'longsor kecil' dari bambu. Foto: Widiyanto

Bab 12. PENGENDALIAN EROSI JURANG

Erosi jurang (*gully*) terjadi karena pengaruh lereng yang curam dan panjang, tanah peka terhadap erosi, dan tingginya intensitas dan jumlah curah hujan. Proses erosi jurang dipercepat oleh tindakan pengelolaan lahan secara intensif pada lahan yang berlereng curam. Aliran air yang terpusat mengikis lapisan tanah sehingga terbentuk parit (*rill*) dan seterusnya jurang.

Sebelum jurang dikendalikan, perlu dipelajari di mana posisi sumber kejadian pembentukan jurang yang biasa disebut sebagai kepala jurang. Aliran air pada kepala jurang perlu diarahkan dengan membuat saluran pengelak supaya aliran permukaan dapat disalurkan pada saluran yang aman.

Prinsip penanggulangan erosi jurang:

- Kurangi aliran permukaan dari bagian atas atau kepala jurang dengan mengalihkannya ke saluran yang cukup aman melalui saluran pengelak. Bila perlu gunakan terusan (gorong-gorong), pipa plastik, saluran yang dibeton atau saluran yang ditanami rumput pengaman.
- Jangan mengolah tanah sampai ke pinggir jurang, tetapi biarkan kiri-kanan jurang ditumbuhi rumput alami.
- Tanami kepala jurang dan bagian-bagian tertentu di dalam jurang dengan tanaman untuk konservasi tanah (rumput, bambu, leguminose, semak, pohon ringan), guna mengurangi kecepatan aliran air dan meningkatkan stabilitas lereng jurang.

Pengendalian erosi jurang dapat dilakukan dengan cara vegetatif dan/atau cara sipil teknis. Pada umumnya pengendalian secara vegetatif lebih murah dibanding dengan sipil teknis, namun cara vegetatif tidak langsung efektif karena menunggu pertumbuhan tanaman sebelum dapat mengendalikan erosi. Cara vegetatif cocok untuk laju aliran yang tidak terlalu tinggi. Jika laju aliran terlalu tinggi perlu digunakan cara sipil teknis atau gabungan cara sipil teknis dengan cara vegetatif.

12.1. Cara Vegetatif

12.1.1. Semak

Biarkan semak alami tumbuh di dalam dan di kiri-kanan jurang. Cara ini adalah cara termudah dan tidak memerlukan biaya dan tenaga kerja.

12.1.2. Pepohonan

Dianjurkan menanam pohon untuk menyumbat jurang. Pepohonan dapat membentuk sistem perakaran yang dalam dan menyebar, sehingga mengikat massa tanah. Pohon yang

dipilih selain yang mudah beradaptasi juga harus mempunyai perakaran rapat dan dalam dan massa pohonnya tidak terlalu berat (seperti tanaman bambu jenis ringan atau kecil) supaya tidak mudah tumbang.

12.1.3. Rumput

Jenis rumput yang berakar dalam dan lebat dapat juga digunakan untuk mengontrol aliran air penyebab erosi jurang, namun untuk tingkat erosi jurang yang sudah lanjut, rumput kurang efektif. Umumnya jurang yang terbentuk karena erosi sulit ditumbuhi oleh rumput. Karena itu disarankan untuk menggunakan jenis rumput pioner (yang mudah tumbuh pada tanah dengan kesuburan rendah). Jenis rumput seperti vetiver (*Vetiveria zizanioides*), rumput bermuda (*Cynodon dactylon*), atau bahia (*Paspalum notatum*) dapat digunakan. Jenis rumput yang lebih besar seperti gelagah dan bambu juga efektif dalam menanggulangi erosi jurang terutama untuk membelokkan aliran air di kepala jurang.

Keunggulan:

- Relatif murah.
- Tidak memerlukan banyak tenaga kerja kecuali kalau menanam stek.

Kelemahan:

- Mungkin memerlukan penanaman beberapa kali sampai tanaman berhasil tumbuh.
- Tidak langsung efektif (memerlukan waktu untuk tanaman tumbuh).

12.2. Cara Sipil Teknis

Cara sipil teknis adalah sistem dengan menggunakan konstruksi atau galian pengendali erosi di dalam jurang. Konstruksi ini dimaksudkan untuk menghindari makin besar dan dalamnya jurang.

12.2.1. Saluran Pengelak

Pembuatan saluran pengelak (*diversion trench atau diversion waterway*) pada lereng bagian atas perlu dilakukan untuk menghindari masuknya aliran ke jurang agar erosi jurang tidak berlanjut. Ujung dari saluran pengelak diarahkan ke bagian lahan yang masih rapat ditumbuhi tanaman atau ke SPA yang aman, yaitu SPA yang ditumbuhi rumput.

Pembuatan:

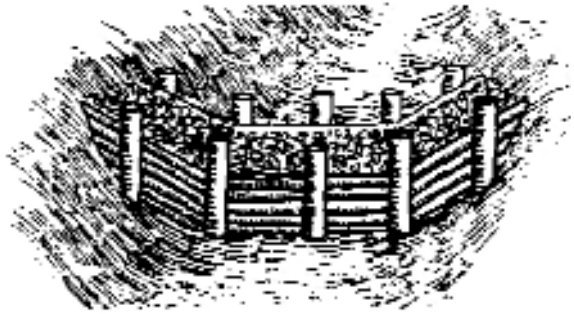
- Ukuran saluran tergantung pada jumlah air aliran permukaan yang akan ditampung.
- Panjang saluran disesuaikan dengan kondisi lapangan dan maksimum 150-200 m dan dipotong dengan saluran pembuangan air.
- Biasanya kemiringan saluran pengelak 0,1-0,5% dari garis kontur.

12.2.2. Dam dari Sabut

Sistem sabut atau ijuk (*brush check dam*) terdiri atas dinding bersabut yang dipasang memotong saluran dan diperkuat dengan patok/pancang (Gambar 12.1). Cara ini digunakan apabila sabuk dan ijuk tersedia di lokasi setempat.

Persyaratan:

- Dalamnya jurang tidak lebih dari 2 m
- Sesuai untuk jurang yang kondisi tanahnya memungkinkan untuk menancapkan tiang penahan.
- Bahan seperti batu, bambu, dan ijuk tersedia di lokasi.



Gambar 12.1. Bangunan pengendali erosi jurang dengan menggunakan anyaman sabut atau ijuk dengan bingkai bambu.

Bahan-bahan dan pembuatan:

- Tiang dari bambu atau kayu. Jarak antara tiang 0,5 m, tinggi tiang penahan ± 1 m.
- Sisa-sisa tanaman seperti batang jagung, rumput vetiver, alang-alang, ijuk, sabut dan lain-lain.
- Kawat tebal untuk pengikat.
- Buat anyaman dan pasangankan di dalam jurang seperti pada Gambar 12.1.

12.2.3. Dam Pengendali dengan Sistem Susunan Batuan Lepas (*loose-rock check dam*)

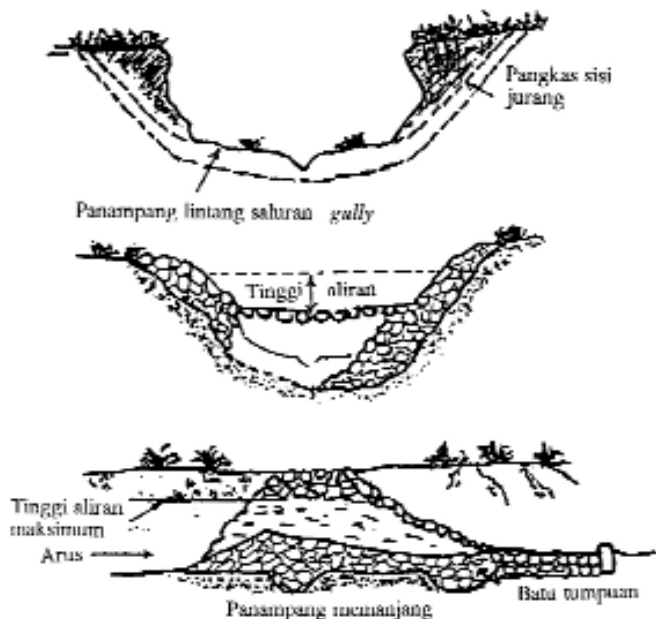
Penggunaan batu yang pipih dan rata (bila tersedia) akan lebih mudah digunakan untuk sumbat jurang dan cukup efektif mengendalikan erosi jurang (Gambar 12.2).

Persyaratan:

- Dalamnya jurang < 2 m.
- Batu mudah diperoleh di lokasi.

Pembuatan:

- Buat pancang penahan sedalam $\pm 0,5$ m di bagian dasar dan samping jurang.



Gambar 12.2. Bangunan pengendali jurang dengan sistem susunan batuan. Sumber: Agus *et al.* (1999a)

- Batu disusun sehingga satu batu dengan yang lainnya saling mengunci. Kalau tidak ada batuan yang pipih maka batu bundar juga dapat digunakan tetapi perlu diikat dengan anyaman kawat (bronjongan= gabion). Batu disusun sedemikian rupa sehingga tidak banyak rongga terbentuk di antara susunan batu.

12.2.4. Bronjong untuk Sumbat Jurang

Bronjong (Gambar 12.3) dibuat untuk menanggulangi erosi jurang yang sudah lanjut, di mana arus aliran permukaan cukup besar sehingga tidak mungkin lagi menggunakan cara vegetatif atau sistem batuan lepas.

Persyaratan:

- Dalamnya jurang bisa > 2 m dan arus aliran permukaan cukup besar.

Pembuatan:

- Pasang bronjong memotong saluran dan isi dengan batuan.
- Bronjong merupakan susunan batu yang ditata di dalam anyaman kawat berdiameter 0,5 cm dan membentuk bangun seperti pondasi rumah. Ketebalan minimum bronjong adalah 30 cm, ketebalan dasar bronjong sama atau kira-kira $3/4$ dari tinggi bronjong.



Gambar 12.3. Sistem bronjong

Pemeliharaan:

- Pemeliharaan relatif ringan, berupa pengontrolan secara rutin.

12.2.5. Dam Pengendali Sistem Bangunan Permanen (check dam)

Check dam permanen membutuhkan biaya yang mahal, namun lebih tahan lama. Bentuk check dam permanen menyerupai sistem bronjong hanya saja bangunannya dibeton (Gambar 12.4).



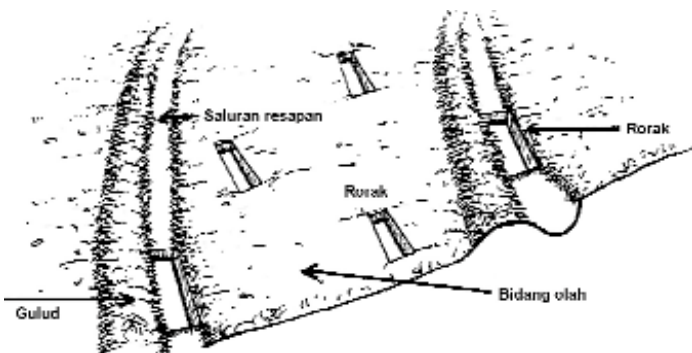
Gambar. 12.4. Check dam dengan bangunan permanen (beton)

Bab 13. PANEN HUJAN DAN KONSERVASI AIR

Pemanenan air hujan merupakan cara penangkapan/penampungan dan pemanfaatan air hujan secara optimal. Tindakan panen hujan tersebut harus didukung oleh teknik konservasi air, maksudnya menggunakan air secara efisien, misalnya melalui penurunan penguapan air. Dengan menerapkan teknik panen hujan dan konservasi air diharapkan terjadi peningkatan ketersediaan air bagi tanaman dan ternak, meningkatkan intensitas tanam, serta peningkatan produksi dan pendapatan petani.

Daerah-daerah yang memerlukan penerapan teknik pemanenan hujan secara khusus adalah:

- Kawasan beriklim kering dan semi kering (>4 bulan kering berturut-turut sepanjang tahun atau 3-4 bulan tanpa hujan sama sekali).
- Kawasan di mana produksi tanaman pangan terbatas karena rendahnya ketersediaan air tanah pada waktu tertentu selama musim tanam.
- Lahan berlereng yang kondisi fisik tanahnya buruk sehingga tidak dapat menyimpan air.



Gambar 13.1. Saluran resapan dan rorak pada sistem teras gulud.
Sumber: Agus *et al.* (1999a)

13.1. Saluran Peresapan

Saluran ini digali untuk menampung air aliran permukaan dan meningkatkan infiltrasi. Biasanya tanah yang digali di saluran ini dibuang di lereng bawah. Saluran ini pendek dan dibuat mengikuti kontur (Gambar 13.1 dan 13.2).

13.2. Rorak

Rorak (Gambar 13.1 dan 13.3) adalah tempat penampungan dan peresapan air dibuat di bidang olah atau di saluran peresapan. Rorak memperbesar peresapan air ke dalam tanah dan menampung tanah yang tererosi.



Gambar 13.2. Saluran resapan atau saluran buntu (*dead-end trenches*) untuk memanen air hujan/aliran permukaan pada areal pertanian tanaman bawang daun di Malang, Jawa Timur. Foto: F. Agus.



Gambar 13.3.
Rorak pada
perkebunan kopi
rakyat di
Sumberjaya,
Lampung.
Foto: F. Agus.

Umumnya rorak berukuran panjang 0,5-1 m, lebar 25-50 cm dan dalam 25-50 cm. Yang harus diwaspadai dalam penerapan rorak dan teknologi pemanenan air lainnya adalah bahwa air hanya boleh tergenang beberapa saat. Apabila penggenangan berlanjut, dikhawatirkan akan terjadi masalah berupa penyakit yang menyerang akar tanaman. Pada daerah curah hujan dan kadar liat tanah tinggi, pembuatan rorak dapat menyebabkan penggenangan yang berlanjut.

13.3. Pematang Bulan Sabit (*crescent dykes*)

Cara ini biasa diterapkan untuk tanaman tahunan pada lahan berlereng. Pematang berbentuk bulan sabit dibuat pada lereng bawah dari pohon. Pematang ini akan menahan aliran air sehingga cadangan air tanah meningkat. Diameter setengah lingkaran ini bisa berkisar dari 1-1,5 m.



13.4. Lubang Penampung Air (*catch pits*)

Lobang penampung air hujan dibuat agar air hujan dapat terkonsentrasi di sekitar perakaran tanaman tahunan sehingga tanah di sekitar akar tanaman lebih lembab. Cara ini cocok untuk daerah beriklim kering dan tanahnya tidak lengket. Diameter lingkaran lobang ini bisa mencapai 2 m dan dalamnya/tinggi guludan 30-50 cm.



13.5. Embung

Seperti teknik panen hujan lainnya, embung penting untuk lahan kering beriklim kering. Kelebihan curah hujan pada musim hujan ditampung di dalam suatu kolam (embung)

untuk digunakan pada musim kemarau. Di NTT dan NTB, misalnya, periode hujan (bulan basah) yang hanya berkisar antara 2 hingga 4 bulan saja antara bulan November dan Pebruari menyebabkan kekeringan dan kekurangan air pada bulan lainnya. Di NTT, sungai-sungai yang bersifat 'sungai hujan' hampir tidak mempunyai arti sebagai sumber air di musim kemarau. Akibatnya usahatani tanaman semusim hanya dapat dilakukan dalam waktu sekitar 3-4 bulan saja, selebihnya tanah dibiarkan kosong selama 7-8 bulan. Sebagai konsekuensinya, produktivitas lahan (usaha tani) per unit luas lahan menjadi rendah.

Embung (Gambar 13.4) adalah kolam buatan penampung air hujan dan aliran permukaan. Kata 'embung' sebenarnya berasal dari bahasa Lombok yang artinya kolam penampung air; namun dewasa ini embung lebih banyak berkembang di NTT. Sebuah cekungan berbentuk kolam dipersiapkan dengan bantuan alat-alat berat (bulldozer, traktor), dilengkapi



Gambar 13.4. Embung di Timor Tengah Selatan, NTT, berukuran sekitar 20.000 m³. Foto: F. Agus.

dengan saluran pemasukan (*inlet*) dan pembuangan (*outlet*). Selama musim hujan embung akan terisi oleh air aliran permukaan yang berasal dari tampungan mikro (DAS Mikro) di bagian hulunya. Air yang tertampung dapat digunakan selama musim kemarau.

Kapasitas embung di NTT berkisar antara 20.000 m³ (100 m x 100 m dengan kedalaman 2 m) hingga 60.000 m³. Dengan kapasitas ini, embung dapat menjamin pengadaan air selama 9 bulan kering untuk satu perkampungan kecil dengan 100 kepala keluarga asalkan tanahnya tidak terlalu porous (mudah melewatkan air). Di berbagai tempat ditemukan juga embung dengan ukuran yang lebih kecil, misalnya 1.200 m³ (30 m x 20 m x 2 m) yang tentunya mempunyai kemampuan yang lebih rendah mengatasi kekurangan air. Dengan ukuran ini embung dapat menyediakan air untuk kebutuhan sehari-hari (minum, mandi, cuci), minuman ternak dan usaha tani berskala kecil di pekarangan. Embung berukuran lebih kecil, misalnya 200 sampai 500 m³ juga sering ditemukan, namun hanya akan mampu menyediakan air untuk areal sangat terbatas.

Untuk usaha tani hortikultura, penggunaan air embung dapat meningkatkan intensitas tanam dari satu kali menjadi dua atau tiga kali dalam setahun, misalnya dengan penanaman sayuran di dalam pot (kantong plastik). Komoditas yang ditanam antara lain cabe, mentimun, buncis dan kacang panjang. Berat tanah di dalam pot sekitar 6 kg berisi campuran tanah dan pupuk kandang (1:1). Penyiraman dilakukan setiap hari sekitar 2-4 gelas air per pot.

Bab 14. PENGELOLAAN KESUBURAN TANAH

Seperti halnya manusia dan hewan, tanaman juga memerlukan makanan untuk hidup dan tumbuh. Makanan untuk tanaman disebut unsur hara. Paling sedikit ada 13 unsur hara yang penting. Tiga di antaranya yaitu nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K) dibutuhkan tanaman dalam jumlah paling banyak, sehingga dinamakan unsur hara makro. Selain unsur hara makro ada 3 unsur lain yang dibutuhkan dalam jumlah agak banyak, yaitu kalsium (Ca), magnesium (Mg) dan belerang (S). Ketiga unsur ini disebut sebagai *unsur hara makro sekunder*. Sementara itu paling sedikit ada 7 unsur lain yang dibutuhkan hanya dalam jumlah sedikit, tetapi jika tidak ada atau jumlahnya tidak cukup dapat mengganggu pertumbuhan tanaman. Kelompok unsur ini dinamakan unsur hara mikro, yaitu besi (Fe), mangan (Mn), tembaga (Cu), molibdenum (Mo), boron (B), seng (Zn) dan khlor (Cl). Oleh karena jumlah kebutuhan unsur hara makro (N, P dan K) cukup banyak, biasanya kebutuhan tanaman untuk ketiga unsur ini dipenuhi dengan pemupukan, baik pupuk buatan, pupuk alami seperti fosfat alam, maupun bahan organik.

Tabel 14.1. Tiga kelompok unsur hara

Unsur hara makro	Unsur hara makro sekunder	Unsur hara mikro
N P K	Ca Mg S	B, Cl, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn

14.1. Asal Unsur Hara

Unsur hara alami berasal dari pelapukan dan penguraian mineral tanah dan bahan organik. Unsur-unsur ini sebagian terikat oleh partikel liat dan bahan organik, dan sebagian lainnya berada pada larutan tanah dan mudah diserap oleh akar tanaman. Perbedaan jenis dan jumlah mineral serta bahan organik yang menyusun tanah mempengaruhi kemampuan tanah menyediakan hara bagi tanaman. Ada tanah yang tidak cepat kekurangan unsur hara walaupun ditanami terus-menerus, tetapi ada pula tanah yang menjadi kekurangan unsur hara hanya sesudah 2-3 musim tanam semenjak tanah tersebut dibuka dari lahan hutan. Hal tersebut berkaitan dengan *kemampuan* atau *kapasitas* tanah menyediakan unsur hara.

Di daerah yang memiliki curah hujan tinggi >2000 mm/tahun (misalnya di Jawa Barat, Sumatera dan Kalimantan) banyak unsur hara yang '*tercuci*', maksudnya bergerak bersama pergerakan air ke lapisan tanah yang lebih dalam. Hara yang mudah tercuci adalah nitrat (NO_3^-), amonium (NH_4^+), K^+ , Ca^{++} dan Mg^{++} . Jika pencucian terjadi dalam waktu yang lama, maka tanah kekurangan basa sehingga terbentuklah '*tanah masam*' (tanah yang pH-nya antara 3,5-5,5). Pencucian Ca dan Mg yang terus-menerus juga mengakibatkan meningkatnya kandungan unsur aluminium (Al) yang bersifat masam di lapisan atas tanah. Unsur Al ini bisa meracuni berbagai jenis tanaman bila konsentrasinya tinggi.

Di daerah beriklim kering dengan curah hujan rendah (<1500 mm/tahun) misalnya di sebagian Jawa Timur, NTB, dan NTT, hampir tidak terjadi pencucian unsur hara sehingga tanahnya kaya akan unsur Ca, Mg, dan K, serta tanahnya bereaksi netral sampai agak basa (pH antara 6-8).

14.2. Kandungan Unsur Hara di Dalam Jaringan Tanaman

Tanaman mengumpulkan unsur hara selama tumbuhnya dan ditimbun dalam jaringan tanaman baik dalam akar, batang, daun, bunga maupun buah dan bijinya. Jika tanaman dipanen, maka unsur hara juga ikut terangkut keluar dari lahan bersama hasil panen. Penanaman dan panen yang terus-menerus dalam jangka waktu lama tanpa pemupukan mengakibatkan pengurasan unsur hara, sehingga tanah kekurangan unsur hara tertentu dan menjadi 'kurus' (tidak subur). Oleh sebab itu, unsur hara yang terbawa keluar dalam jumlah banyak bersama hasil panen perlu diganti melalui pemberian pupuk dan bahan organik. Tabel 14.2 memberikan perkiraan kandungan unsur hara di dalam tanaman.

Tabel 14.2. Kandungan unsur hara di dalam jaringan tanaman dan hara yang terbawa bersama panen (misalnya yang dikandung gabah padi).

Tanaman	Hasil	Total hara di dalam jaringan bagian atas (kecuali akar) tanaman						Terangkut bersama panen					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
	ton/ha	kg/ha						kg/ha					
Bijian-bijian													
Jagung hybrida	4,5	115	20	75	9	16	12	70	13	17	2	4	6
Jagung lokal	2,5	65	11	42	5	9	7	40	7	10	1	2	3
Padi unggul	4	90	13	108	11	10	4	60	11	15	1	4	3
Padi lokal	2	45	7	54	6	5	2	30	5	5	1	2	1
Umbi-umbian													
Singkong	20	95	15	91	50	15	10	34	10	50	8	4	4
Kentang	15	80	13	100	14	9	10	41	5	54	5	5	5
Ubi jalar	8	60	9	71	7	6	5	30	4	42	3	4	2
Kacang-kacangan													
K. tunggak	1	80	7	42	21	12	10	55	5	21	4	4	6
K. tanah	2,5	150	13	71	64	21	20	80	8	12	4	4	3
K. hijau	1	90	7	71	21	12	10	55	4	17	3	3	2
Kedelai	1.5	90	8	36	15	6	10	75	6	23	4	4	3
Sayur-sayuran													
Wortel	20	90	13	125	43	12	10	60	10	76	8	4	2
Mentimun	15	45	7	58	15	6	5	26	3	26	5	3	2
Terong	16	100	11	125	29	18	10	30	6	37	2	5	3
K. panjang	12	120	11	58	29	9	10	55	5	25	6	2	2
Okra	12	150	22	91	21	21	10	60	10	50	13	7	2
Bawang merah	25	100	17	91	21	12	20	40	8	43	5	3	5
Paprika	15	70	9	75	43	12	20	41	26	42	8	5	2
Jagung manis	15	140	22	149	25	12	10	71	8	75	6	3	2
Tomat	12	90	9	116	29	12	10	40	5	50	6	4	2

Lanjutan Tabel 14.2

Tanaman	Hasil	Total hara di dalam jaringan bagian atas (kecuali akar) tanaman						Terangkut bersama panen					
		N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
	ton/ha	kg/ha						kg/ha					
Buah-buahan													
Alpukat	10	60	11	66	36	18	10	20	4	37	2	5	1
Pisang	25	220	35	790	179	42	20	60	8	140	8	8	5
Durian	12	80	15	116	43	24	20	30	5	50	4	6	4
Mangga	10	80	9	83	57	36	10	30	4	33	7	4	2
Jeruk	17	130	13	150	43	12	15	31	3	43	10	3	2
Papaya	15	100	9	75	21	6	10	26	5	23	6	2	2
Nanas	50	180	22	280	72	24	20	40	5	90	10	5	2
Rambutan	15	80	13	75	43	24	10	30	5	26	11	5	2
Semangka	16	80	17	100	32	21	10	29	10	37	6	6	2
Tan. Perkebunan													
Coklat	1,5	140	15	158	114	48	10	30	7	17	2	4	2
Cengkeh	0,8	70	13	91	43	24	10	10	1	12	2	2	1
Kelapa	10	160	13	24	86	42	25	70	17	91	14	18	12
Kopi	1,5	120	17	149	57	30	20	40	4	42	5	5	6
Sawit	27	190	26	257	43	60	30	76	14	100	14	22	16
Karet	1	50	7	41	11	6	10	20	5	25	4	5	2
Teh	1	120	15	66	29	9	10	40	5	21	6	2	2
Tebu	85	110	26	141	57	36	30	94	17	94	17	26	17
Tembakau	1,3	90	13	149	57	24	20	50	8	75	14	12	5
Rempah													
Cabe	2,5	160	15	183	36	18	10	60	7	66	6	3	2
Lada	2	180	13	133	29	12	15	60	5	42	4	2	2
Hijauan pakan													
Rumput	6	180	22	166	43	30	25	180	22	160	43	30	25
Legum	8	300	35	266	107	42	40	300	35	266	107	42	40

Sumber: Diolah dari Dierolf *et al.* (2001) dengan izin dari PPI/PPIC (Adapted with permission of PPI/PPIC).

Beberapa catatan tentang pengangkutan unsur hara pada saat panen:

- Unsur hara yang paling banyak terangkut bersama hasil panen adalah N, P, dan K, kemudian diikuti oleh Ca dan Mg.
- Jumlah unsur hara yang terangkut bersama panen berbeda-beda, tergantung dari jenis dan varietas tanaman. Jika hasil tanaman tinggi, maka hara yang terangkut keluar areal pertanian melalui panen semakin banyak pula.
- Biji-bijian mengandung P dan N cukup tinggi. Nitrogen juga banyak dikandung oleh tebu dan rumput.
- Kalium paling banyak terangkut bersama hasil panen buah-buahan, umbi-umbian, tembakau, tebu dan rumput, serta di dalam jerami tanaman biji-bijian.

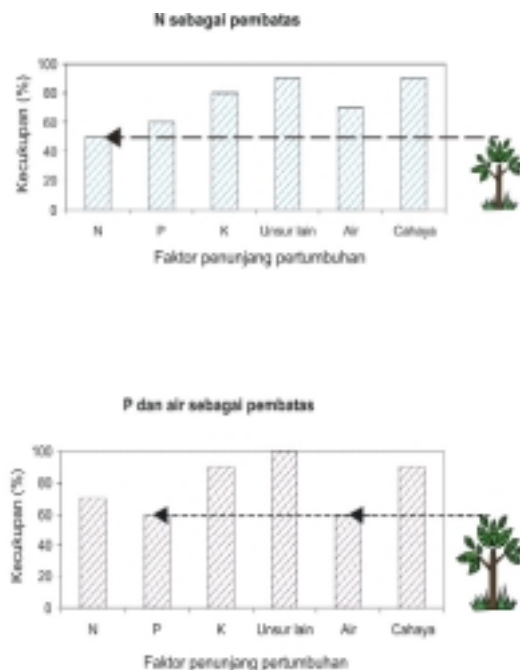
14.3. Neraca Hara

Neraca hara adalah perimbangan jumlah unsur hara yang dimasukkan ke dalam sistem produksi (*input*) dibandingkan jumlah unsur hara yang keluar dari sistem (*output*). Jika neraca ini seimbang maka sistem pertanian akan stabil (berkelanjutan), tetapi jika output lebih besar dari input maka degradasi tanah akan terjadi.

Selain terangkut bersama panen, unsur hara juga dapat hilang melalui pencucian, penguapan (untuk N), terikat pada liat tanah (untuk K dan amonium (NH_4^+), terikat oleh Al, Fe, Ca tanah (untuk P) atau tererosi. Oleh sebab itu untuk menjaga kelestarian hara di dalam tanah tidak cukup hanya menggantikan unsur hara yang hilang bersama panen saja, tetapi juga perlu diperhitungkan kehilangan hara melalui proses lain.

Baik tidaknya pertumbuhan dan produksi tanaman ditentukan oleh banyak faktor. Jika semua faktor itu tersedia dalam jumlah cukup atau pada keadaan yang ideal maka hasil tanaman akan mendekati potensi maksimum hasil suatu varietas tanaman. Bila salah satu atau beberapa faktor dalam keadaan kurang, maka produksi tanaman juga menurun. Faktor-faktor yang kurang itu dinamakan faktor pembatas pertumbuhan dan produksi, disingkat faktor pembatas. Tingkat kekurangan dari faktor pembatas bermacam-macam, mulai dari sedikit sampai sangat serius. Di antara berbagai faktor pembatas pengaruhnya juga berbeda-beda.

Jika salah satu faktor pembatas dikoreksi (diperbaiki) mungkin produksi bisa naik. Gambar 14.1 (atas) mengilustrasikan kekurangan N sebagai faktor pembatas dan pada Gambar 14.1. (bawah), kekurangan P dan air sebagai faktor pembatas. Jika N yang menjadi pembatas utama, maka kenaikan hasil hanya bisa terjadi bila masalah N tersebut diatasi terlebih dahulu. Demikian juga halnya kalau kecukupan air dan P yang menjadi masalah, maka kedua faktor ini harus dibenahi.



Gambar 14.1. Ilustrasi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman yang ditunjukkan melalui kecukupan relatif faktor penunjang pertumbuhan dan tinggi tanaman. Pada gambar atas kekurangan N menjadi penghambat dan pada gambar bawah kekurangan P dan air menjadi faktor penghambat pertumbuhan.

Kekurangan unsur hara pada tanaman bisa diakibatkan oleh:

- Sistem pertanian yang intensif tanpa pemberian pupuk dan bahan organik yang cukup
- Pemberian unsur hara secara tidak berimbang (satu unsur berlebihan sedangkan unsur lain kurang).
- Terlalu tinggi atau terlalu rendahnya pH tanah. pH tanah yang ideal untuk pertumbuhan tanaman adalah antara 6 sampai 7,5.
- Pemberian unsur mikro tertentu secara berlebihan yang dapat mengakibatkan unsur mikro lainnya menjadi tertekan (tidak punya kesempatan untuk diserap tanaman).
- Terlalu basah atau terlalu keringnya tanah sehingga mengganggu penyerapan hara.

14.4. Pemupukan

14.4.1. *Pengelolaan Hara Terpadu (PHT) pada Lahan Kering*

Penggunaan pupuk buatan adalah cara paling cepat untuk memulihkan tanaman dari kekurangan hara. Namun karena harga pupuk buatan relatif mahal dan tidak selalu tersedia, maka petani sering tidak mampu menggunakannya dalam jumlah yang cukup. Oleh sebab itu “pengelolaan hara terpadu” (PHT) penting dilakukan untuk mempertahankan kesuburan tanah dan meningkatkan produksi pertanian. PHT adalah pengelolaan hara dengan menggunakan berbagai sumber, baik pupuk buatan maupun bahan organik serta menggunakan mikroba pembantu penyediaan hara.

Prinsip pengelolaan hara terpadu:

- Pemeliharaan kesuburan tanah dengan cara menyesuaikan antara penyediaan unsur hara dan penyerapan oleh tanaman, sehingga dapat mempertahankan produktivitas tanaman dalam jangka panjang.
- Pemupukan disesuaikan dengan pola tanam. Misalnya, jika jagung ditanam sesudah kacang tanah atau kedelai, maka jumlah pemberian N dapat dikurangi karena kacang tanah atau kedelai bekerja sama dengan bakteri *Rhizobium* dapat menambat N_2 dari udara dan memperkaya kandungan N tanah.
- PHT sangat mengandalkan penggunaan sumber unsur hara yang dapat diperbaharui secara optimal seperti penambatan nitrogen secara biologis (BNF: *Biological Nitrogen Fixation*) dan bahan organik serta penggunaan pupuk mineral seperlunya.

Sumber unsur hara untuk tanaman terdiri dari:

- Pupuk buatan seperti urea, amonium sulfat (ZA), TSP, SP-36 dan KCl.
- Bahan organik (sisa tanaman, pupuk kandang, kompos, pupuk hijau dan sebagainya)
- Air hujan
- Air irigasi (terutama untuk persawahan)
- Proses biologi seperti penambatan N_2 dari udara dan peningkatan penyediaan P oleh mikoriza.

14.4.2. Penggunaan Pupuk Buatan

Pemupukan ditujukan untuk:

- Meningkatkan kesuburan tanah untuk mencapai tingkat kesuburan tertentu. Cara ini ditempuh misalnya apabila sistem pertanian berubah dari sistem pertanian masukan rendah menjadi sistem pertanian masukan sedang atau tinggi.
- Menggantikan unsur hara yang hilang karena terangkut bersama panen.
- Menggantikan unsur hara yang hilang karena berbagai proses seperti pencucian, penguapan, dan pengikatan oleh berbagai unsur lain di dalam tanah.

Dalam pemupukan perlu diperhatikan:

- Cara pemberian pupuk – lebih efisien bila diletakkan dalam alur dan ditutupi dengan tanah daripada disebar di permukaan tanah.
- Waktu – berikan N dalam beberapa kali pemberian. Misalnya untuk jagung diberikan sepertiga dosis pupuk N sewaktu tanam, sepertiga 3 minggu sesudah tanam, dan sepertiga sisanya sewaktu tanaman berumur 6 minggu. Pupuk P dan K diberikan sekaligus sewaktu bertanam karena pupuk ini memerlukan waktu lebih lama untuk melarut.
- Jumlah – cukupi kebutuhan tanaman akan pupuk secara berimbang (maksudnya sesuai dengan kebutuhan tanaman).

Cara Penentuan Dosis Pupuk:

Cara yang paling sederhana dalam penentuan dosis pupuk adalah berdasarkan perkiraan jumlah unsur yang terangkut bersama panen dan mempertimbangkan keadaan kesuburan tanah. Tabel 14.3 memberikan nilai konversi dari berat unsur hara atau oksida dari hara ke dalam berat pupuk yang harus diberikan. Apabila akan ditanami jagung hibrida dengan perkiraan hasil biji sebanyak 4,5 ton/ha maka jumlah unsur N, P dan K yang akan terbawa bersama panen berturut-turut adalah sekitar 70, 13, dan 17 kg per ha (baris ke 6, kolom 9, 10, 11 dari Tabel 14.2). Dengan menggunakan nilai konversi unsur hara ke dalam jumlah pupuk (Tabel 14.3) maka:

- Untuk mengembalikan 70 kg N/ha yang terangkut bersama panen diperlukan sebanyak $2,141 \times 70 \text{ kg Urea/ha} = 150 \text{ kg urea/ha}$.
- Untuk mengembalikan 13 kg P yang terangkut bersama panen diperlukan $5 \times 13 \text{ kg TSP/ha} = 65 \text{ kg TSP/ha}$.
- Untuk mengembalikan 17 kg K yang terangkut bersama panen diperlukan sebanyak $1,9 \times 17 \text{ kg KCl/ha} = 32 \text{ kg KCl/ha}$.

Karena tidak semua unsur hara dari pupuk yang diberikan dapat diserap oleh tanaman (disebabkan adanya proses pengikatan unsur hara oleh tanah, penguapan, dan pencucian) maka pemberian pupuk sebanyak unsur hara yang diangkut keluar bersama panen saja sering belum cukup. Urea, misalnya akan ter volatilisasi (menguap) ke udara terutama apabila pemberiannya tidak ditimbun (hanya disebar di permukaan tanah). Selain itu urea

Tabel 14.3. Konversi pupuk terhadap unsur atau Oksida hara tertentu.

Dari	Kalikan dengan	Untuk dapat/dari	Kalikan dengan	Untuk dapat
$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (urea)	0,47	N	2,14	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (urea)
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Amonium sulfat)	0,21	N	4,72	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (Amonium sulfat)
P_2O_5	0,44	P	2,29	P_2O_5
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (TSP)	0,20	P	5,00	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ (TSP)
$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ (SP36)	0,36	P_2O_5	2,80	$\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ (SP36)
K_2O	0,83	K	1,21	K_2O
KCl	0,63	K_2O	1,58	KCl
KCl	0,52	K	1,91	KCl
K_2SO_4	0,54	K_2O	1,85	K_2SO_4
K_2SO_5	0,45	K	2,23	K_2SO_5
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	0,24	S	4,12	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Sumber: Diolah dari Dierolf *et al.* (2001) dengan izin dari PPI/PPIC (Adapted with permission of PPI/PPIC).

yang sudah terurai menjadi nitrat (NO_3^-) atau amonium (NH_4^+) dapat tercuci terutama di daerah beriklim basah. Jumlah urea yang hilang melalui penguapan dan pencucian dalam contoh perhitungan ini dapat diasumsikan sekitar 25%. Untuk menutupi kehilangan ini maka pemberian urea dapat ditingkatkan menjadi $125\% \times 150 \text{ kg} = 185 \text{ kg/ha}$. Fosfat dapat terfiksasi oleh Ca dan Mg pada tanah basa yang sering dijumpai pada daerah beriklim kering atau oleh Al dan Fe pada tanah masam yang sering dijumpai pada daerah beriklim basah. Tingkat fiksasi meningkat dengan semakin basa atau semakin masamnya tanah. Untuk daerah Jawa Timur, NTB dan NTT pada umumnya tanah mempunyai kadar K yang memadai karena K tidak banyak mengalami pencucian dan tanahnya mengandung K dalam jumlah cukup tinggi. Dengan demikian jarang diperlukan pupuk KCl kecuali jika sistem pertaniannya intensif. Apabila tanah bertekstur pasir, kehilangan unsur hara akan lebih banyak lagi terutama melalui pencucian. Pada tanah demikian, tanaman mungkin hanya bisa memanfaatkan sekitar 50% dari hara yang diberikan.

Penentuan dosis pupuk yang lebih tepat, selain ditentukan oleh perkiraan jumlah hara yang terangkut bersama panen, juga dipengaruhi oleh cadangan hara di dalam tanah serta ada atau tidaknya penambahan unsur hara dalam bentuk lain seperti pupuk kandang, pupuk hijau dan kompos. Penentuan cadangan hara tanah dilakukan dengan analisis unsur hara tanah di laboratorium yang memerlukan waktu dan biaya tambahan. Apabila analisis tanah sulit dilakukan, maka penentuan kebutuhan pupuk seperti diuraikan di atas, cukup baik. Tabel 14.4 memberikan ringkasan cara penentuan dosis pupuk untuk lahan kering beriklim kering seperti di Jawa Timur, NTB atau NTT dengan mempertimbangkan kehilangan hara melalui penguapan, pencucian, pengikatan dan kesuburan tanah. Dalam hal ini diasumsikan bahwa:

- N hilang sebanyak 25% melalui penguapan dan pencucian,
- 20% P tidak tersedia bagi tanaman karena mengalami fiksasi (pengikatan oleh Ca),

Tabel 14.4. Contoh penentuan dosis pupuk berdasarkan jumlah hara yang terangkut bersama panen; dihitung berdasarkan jumlah panen jagung 4,5 t/ha dengan pertimbangan kehilangan hara serta kandungan hara tanah.

Unsur	Unsur terangkut panen (kg/ha)	Konversi ke pupuk	Jenis pupuk	Jumlah pupuk (kg/ha)	Asumsi	Anjuran Dosis pupuk ²⁾ (kg/ha)
N	70	2,14	Urea	150	Menguap 25%	185
P	13	5,00	TSP ¹⁾	65	Terfiksasi 20%	80
P	13	6,40	SP36 ¹⁾	85	Terfiksasi 20%	100
K	17	1,90	KCl	32	K tanah cukup tinggi (Jatim, NTT, NTB)	0

1) Gunakan salah satu TSP atau SP36

2) Dosis pupuk ini diberlakukan dengan asumsi tidak ada tambahan bahan organik seperti pupuk kandang dari luar lahan pertanian dan semua sisa tanaman musim sebelumnya dikembalikan ke tanah.

- Kandungan K cukup tinggi untuk lokasi di Jawa Timur, NTB dan NTT sehingga tidak diperlukan pupuk
- Semua sisa tanaman (batang, jerami) dikembalikan.

14.4.3. Penggunaan Bahan Organik

Bahan organik tidak saja dapat menyumbangkan unsur hara, tetapi juga dapat memperbaiki sifat fisik dan meningkatkan aktivitas jasad renik, fauna dan flora di dalam tanah. Akan tetapi, kandungan hara di dalam bahan organik lebih rendah dibandingkan dengan yang ada di dalam pupuk buatan dan sangat bervariasi tergantung dari mana asal bahan dan proses apa yang dialami bahan (misalnya diguyur hujan atau tidak). Contoh kandungan hara beberapa jenis bahan organik diberikan pada Tabel 14.4. Dari Tabel 14.3 diketahui bahwa kandungan P dari TSP adalah 20% dan dari Tabel 14.5 kandungan P dari pupuk kandang adalah 0,3%. Ini berarti bahwa kandungan P dari pupuk TSP adalah sekitar $20/0,3 = 67$ kali lebih tinggi dari P pupuk kandang. Dengan kata lain, bila rekomendasi dosis pupuk TSP pada Tabel 14.4 adalah 80 kg/ha, maka untuk mendapatkan P yang sama diperlukan 67×80 kg pupuk kandang = 5,3 ton pupuk kandang/ha. Jika pupuk kandang yang tersedia misalnya hanya 2,5 ton, maka kebutuhan P masih harus dipenuhi dari sumber lain, misalnya 45 kg TSP/ha.

Tabel 14.5. Kandungan karbon dan hara beberapa jenis bahan organik segar

Sifat/konsentrasi	Jenis bahan organik				
	Sipramin ¹⁾	<i>Flemingia congesta</i> ²⁾	<i>Gliricidia sepium</i> ³⁾	Pupuk kandang ²⁾	Kompos ²⁾
	----- % -----				
C organik	8 – 13	51	-	18	9
N	4,4 – 4,6	3	2,4	1,3	1,3
P	0,07 – 0,2	0,4	0,2	0,3	1,2
K	0,6 – 1	1,3	1,8	0,5	0,2

Sumber: 1) Sofyan *et al.* (1997), 2) Sutono (data tidak dipublikasi), 3) Agus *et al.* (1999b)

* : Satuan untuk konsentrasi zat yang dikandung Sipramin adalah g/L. Sipramin adalah pupuk cair hasil sampingan pembuatan monosodiumglutamat.

14.4.3.1. Pupuk Kandang

Kotoran hewan dapat disebar langsung oleh ternak ke suatu areal pertanian apabila lahan dijadikan tempat penggembalaan (misalnya sesudah panen). Jika hewan dikandangkan diperlukan tenaga kerja untuk pengangkutan ke lahan pertanian. Seperti disebutkan terdahulu pupuk kandang mengandung unsur hara yang bervariasi berdasarkan jenis dan proses yang dialaminya. Contoh kandungan hara beberapa jenis pupuk kandang diberikan pada Tabel 14.6. Dengan pemberian 2 ton berat kering atau 4 ton berat basah pupuk kandang kambing per hektar (Tabel 14.6), berarti kita menambahkan 16 kg N, 14 kg P, 30 kg K, dan 16 kg Ca. Pemberian sebanyak ini sudah hampir setara dengan pemberian 35 kg urea, 75 kg TSP, 60 kg K dan sejumlah kieserite (pupuk Mg). Di samping unsur ini pupuk kandang juga mengandung berbagai unsur mikro. Karena itu apabila pupuk kandang tersedia, sangat dianjurkan penggunaannya sekitar 2 sampai 4 ton/ha berat kering atau 4 sampai 8 ton berat basah.

Tabel 14.6. Kandungan hara beberapa jenis pupuk kandang.

Jenis pupuk kandang	Kadar air	N	P	K	Ca
		-----%-----			
Sapi	60	0,5	0,2	0,5	0,3
Kambing	50	0,8	0,7	1,5	0,8
Domba	50	1,0	0,7	1,5	1,7
Babi	80	0,9	0,3	0,6	1,2
Ayam	55	1,5	0,5	0,6	2,3

Pupuk kandang dapat diberikan sebelum penanaman untuk tanaman semusim atau sesudah panen untuk tanaman pohon. Usahakan agar pemberian tidak terlalu dekat dengan rumpun tanaman. Lebih baik jika pupuk kandang dicampur dengan tanah. Sebaiknya pupuk kandang dimatangkan lebih dahulu (jangan diberikan dalam keadaan segar). Pupuk kandang segar dapat merusak tanaman karena proses perombakannya oleh jasad renik berjalan aktif. Pupuk kandang yang sudah matang adalah yang sudah berwarna hitam dan sudah tidak terlihat lagi wujud segarnya, serta tidak berbau busuk.

14.4.3.2. Pembuatan dan Penggunaan Kompos Cacing (Vermikompos)

Salah satu jenis pupuk organik yang cukup banyak dipakai adalah pupuk organik dengan bantuan cacing. Cacing dapat membantu dalam proses perombakan bahan organik dan memperbaiki struktur tanah. Cacing dapat ditanakkan pada wadah berbentuk tong atau bak yang disemen untuk pembuatan pupuk organik. Cacing-cacing tersebut merubah limbah organik menjadi pupuk yang disebut vermikompos. Pupuk organik buatan dengan skala rumah tangga ini kaya unsur hara dan juga dapat memperbaiki kualitas tanah.

Setiap kilogram Vermikompos mengandung sekitar 7 g N, 10 g P dan 4 g K. Dengan bak atau tong berukuran 2 m x 1 m x 1 m dapat diperoleh sekitar 350 kg vermikompos setiap bulannya, asalkan bahan untuk pembuatannya cukup tersedia. Jumlah ini cukup untuk

memupuk sekitar 350 batang pohon-pohonan kecil sampai sedang atau sekitar 0,2 ha areal tanaman pangan. Cairan ekstrak yang terkumpul dari bak dapat digunakan untuk memupuk sampai sekitar 250 batang tanaman pohon-pohonan setiap minggunya (atau sesuai dengan jumlah cairan yang dihasilkan; 1 liter untuk satu pohon). Cairan ekstrak ini merupakan cairan dengan konsentrasi hara tinggi dan biasanya perlu diencerkan dengan air.

Keuntungan Vermikompos:

- Menyediakan beberapa macam unsur hara yang bisa diserap tanaman secara cepat sehingga meningkatkan produktivitas tanah.
- Memelihara kandungan bahan organik tanah dan meningkatkan kapasitas penyimpanan air tanah.
- Biaya relatif murah dan pembuatannya tergolong mudah

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan vermikompos per 2 m³ bak atau tong (setiap 2 bulan):

- Limbah organik kering seperti sisa tanaman, sampah organik = 400-800 kg
- Pupuk kandang segar = 100-200 kg
- Air = 10-15 liter tiap 3 hari
- Cacing = 1.000-2.000 ekor (satu kali pemberian akan melipatgandakan sebanyak 20-25 kali jumlah cacing dalam waktu 70-75 hari)

Cara Pembuatan:

- Penuhi dasar tangki dengan satu lapisan genteng yang sudah tak terpakai, batu bata atau kulit kacang.
- Masukkan satu lapisan daun-daunan atau limbah organik lainnya, lalu campur dengan pupuk kandang. Biarkan melapuk selama 15 hari.
- Lepaskan cacing (1000-2000 ekor), kemudian tambahkan satu lapisan limbah organik di atasnya.
- Tutup tangki dengan kawat berlubang untuk mencegah burung mematuk cacing-cacing tersebut.
- Semprotkan air setiap 3 hari untuk menjaga kelembaban yang sesuai dan menjaga suhu.
- Kumpulkan pupuk cair dari keran yang telah dibuat di dasar tangki ke dalam ember setiap minggu.
- Kompos siap digunakan setelah 4 minggu tergantung dari jenis bahan organik yang digunakan. Kompos yang sudah siap pakai adalah yang suhunya sudah tidak panas.

Pada saat kompos dipindahkan dari bak, kompos tersebut ditimbun sehingga berbentuk kerucut (bukit kecil). Cacing tanah perlahan-lahan akan turun ke bawah dan keluar dari tumpukan kompos tersebut dalam 2-3 jam. Cacing-cacing tersebut kemudian dikumpulkan lagi untuk digunakan dalam proses pembuatan vermikompos selanjutnya.

Kelebihan cacing dapat digunakan sebagai makanan ikan atau unggas. Kompos yang dihasilkan dikeringkan, diayak dan dibungkus dan siap digunakan untuk berbagai jenis tanaman.

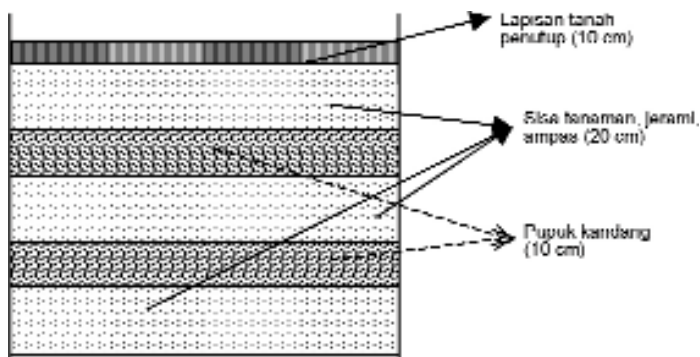
Hal yang perlu diperhatikan dalam pembuatan vermikompos:

- Gunakan bahan-bahan yang berasal dari tanaman seperti sisa sayuran, jerami, daun atau rumput.
- Lindungi tempat pembuatan dari rayap, semut, tikus dan kodok. Parit kecil yang dibuat di sekeliling tangki akan sangat membantu mencegah rayap.
- Air yang menggenang atau kekeringan dapat mematikan cacing, karena itu semprotkan sekitar 10 liter air tiap 3 hari.
- Pindahkan kompos sesudah satu bulan dan isi kembali bak dengan limbah.

14.4.3.3. Pembuatan Kompos dan Penggunaannya

Pembuatan kompos dimaksudkan untuk melapukkan (dekomposisi) bahan organik yang kaya unsur hara sehingga unsur hara tersebut tersedia bagi tanaman. Cara pembuatannya hampir sama dengan vermikompos tetapi tidak menggunakan cacing. Banyak cara dan bahan yang dapat digunakan untuk pembuatan kompos, salah satunya adalah sebagai berikut:

- Buat lubang galian di tanah berukuran 2 m x 1 m dengan kedalaman 1 m atau disesuaikan dengan ukuran yang paling mudah dikelola, ketersediaan tenaga kerja dan bahan baku yang tersedia. Dasar lubang dipadatkan sehingga sulit merembeskan air.
- Sediakan berbagai jenis bahan organik seperti sisa tanaman, ampas, bungkil, dan pupuk kandang yang tersedia di sekitar rumah atau ladang.
- Masukkan campuran berbagai bahan organik yang akan dikomposkan secara berlapis-lapis ke dalam lubang, mulai dengan sisa tanaman, kemudian pupuk kandang atau bahan lain secara berlapis (lihat skema dalam Gambar 14.4).
- Tutup bagian atas permukaan dengan tanah setebal 5-10 cm.
- Semprotkan air sebanyak 30 liter di atas lubang setiap 10 hari dan aduklah seluruh bahan dalam lubang sekali setelah satu bulan selama proses pengkomposan berlangsung.
- Biarkan selama 1,5-2 bulan agar terjadi proses pengkomposan dengan sempurna.



Gambar 14.4. Skema penumpukan lapisan bahan organik dalam lubang pengomposan.

Sebagaimana pupuk organik lainnya, kandungan hara kompos sangat bervariasi tergantung bahan pembuat

dan proses pembuatannya. Yang menjadi masalah dalam pembuatan kompos adalah keterbatasan bahan dan tingginya kebutuhan tenaga kerja untuk memproduksinya dalam jumlah banyak. Dari bak atau lubang berukuran 2 m x 1m x 1m dapat dihasilkan sekitar 0,5 – 0,8 ton kompos. Jumlah ini hanya cukup untuk memupuk sekitar 0,2 sampai 0,3 ha areal tanaman pangan atau sekitar 500 pohon umur 2-4 tahun.

14.4.4. Pemanfaatan Endapan Lumpur

Lumpur (sedimen) yang dimaksud di sini adalah tanah yang diendapkan oleh aliran air permukaan atau tanah yang tererosi (bahasa Jawa: walet). Lumpur biasanya mengendap di sepanjang dasar aliran sungai, dasar suatu bendungan, dasar kolam atau di dalam lobang jebakan sedimen (rorak). Sedimen sering mengandung unsur hara yang lebih tinggi dari hara tanah asalnya disebabkan adanya proses pengkayaan sedimen. Sedimen selain dapat menyuburkan tanah juga dapat digunakan untuk meratakan tanah dari cekungan.

Manfaat Lumpur:

- Lumpur yang diberikan pada cekungan dapat meratakan permukaan tanah sehingga membuat tanah lebih mudah diolah dan lebih produktif
- Jika lumpur diberikan pada tanah berpasir dapat meningkatkan kapasitas menahan air dan memperbaiki struktur tanah. Jika diberikan pada tanah liat dapat memperbaiki drainase dan meningkatkan kedalaman perakaran.
- Selain perbaikan sifat fisik, pemberian lumpur dapat memperbaiki sifat kimia dan biologi tanah baik pada tanah berpasir maupun tanah liat.

Catatan: Adakalanya lumpur mengandung kadar garam yang tinggi terutama pada tanah salin-alkalin di kawasan pantai. Untuk itu pada kawasan ini lumpur perlu dianalisis sebelum digunakan.

14.5. Proses Biologi dan Sumbangannya terhadap Kesuburan Tanah

Beberapa jenis mikroorganisme dalam tanah dapat membusukkan (merombak) sisa-sisa tanaman dan hewan. Mikroorganisme dapat mengatur daur unsur hara di dalam tanah dengan mengasimilasi, memproduksi biomassa (imobilisasi), serta merubah karbon, nitrogen, fosfor dan sulfur dari senyawa organik menjadi bentuk mineral (mineralisasi).

Penambahan Nitrogen secara Biologis

Penambahan N secara biologi merupakan bagian yang tak terpisahkan dari siklus nitrogen di alam. Untuk tanah yang sebelumnya belum pernah diinokulasi (ditambahkan bakteri *Rhizobium*), diperlukan inokulasi (pemberian pupuk hayati) untuk mengaktifkan bakteri ini. Praktek ini akan sangat nyata meningkatkan ketersediaan nitrogen bagi tanaman leguminosa, sehingga penggunaan pupuk N buatan untuk tanaman kacang-kacangan bisa sangat berkurang (hanya sekitar 30-40 kg urea/ha). Inokulan *Rhizobium* atau

Bradyrhizobium tersedia pada toko sarana pertanian. Inokulasi dilakukan dengan cara mencampur bakteri (inokulan) dengan biji. Bahan inokulan ini dikenal dengan istilah biofertilizer. Beberapa kiat penggunaan biofertilizer:

- Pilihlah jenis pupuk hayati (biofertilizer atau inokulan) yang tepat dan masih baru (belum melampaui batas kadaluwarsa).
- Gunakan inokulan yang sudah teruji, biasanya diproduksi oleh perusahaan yang sudah terkenal. Perhatikan label rekomendasi Departemen Pertanian.
- Campur benih dengan inokulan menggunakan tangan, keringkan di atas selembar plastik dan letakkan di tempat teduh.
- Tugalkan benih 48 jam setelah proses inokulasi (Ikuti aturan pakai pada kemasan inokulan.)

DAFTAR BACAAN

- Agus, F. 2001. Selection of soil conservation measures in Indonesian greening program. p. 198-202 *dalam* Stott DE, Mohtar RH, and Steinhardt GC (eds.). Sustaining the Global Farm: Selected Papers from the 10th International Soil Conservation Organization (ISCO) Meeting held in May 24-29 at Purdue University. Purdue University Press. Purdue, USA.
- Agus F, Gintings AN, dan van Noordwijk M (eds.). 2002. Pilihan Teknologi Agroforestri/Konservasi Tanah untuk Areal Pertanian Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. International Center for Research in Agroforestry, South East Asia Regional Research Programme, Bogor, Indonesia (www.worldagroforestrycentre.org/sea).
- Agus F, Abdurachman A, Rachman A, Tala'ohu SH, Dariah A, Prawiradiputra BR, Hafif B, dan Wiganda S. 1999a. Teknik Konservasi Tanah dan Air. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat, Jakarta.
- Agus F, Garrity DP, dan Cassel DK. 1999b. Soil fertility in contour hedgerow systems on sloping Oxisols, in Mindanao, Philippines. *Soil & Tillage Research* 50: 159-167.
- Beets WC. 1990. Raising and sustaining productivity of smallholder farming systems in the tropics. AgBé Publishing, Alkmaar, Holland.
- Dierolf T, Fairhurst T, dan Mutert E. 2001. Soil Fertility Kit: A toolkit for acid, upland soil fertility management in Southeast Asia. Potash and Phosphate Institute/Potash and Phosphate Institute of Canada (PPI/PPIC) (www.eseap.org).
- Djaenudin D, Hidayat A, Suharta N, Marwan, dan Mulyani A. 2003. Kriteria Kesesuaian Lahan untuk Komoditas Pertanian. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Friday KS, Drilling ME dan Garrity DP. 2000. Rehabilitasi padang alang-alang menggunakan Agroforestri dan pemeliharaan permudaan alam (Diterjemahkan dari *Imperata Grassland Rehabilitation* oleh: Widiyanto, Sunaryo, Suprayogo D dan Hairiah K). Southeast Asian Regional Programme. Bogor.
- Gonsalves JF, dan Queblatin EE (Eds.). 2003. Farmer-led organization in natural resource management. World Agroforestry Centre (ICRAF) and the International Fund for Agricultural Development (IFAD). 62 p.
- Hairiah K, Utami SR, Suprayogo D, Widiyanto, Sitompul SM, Sunaryo, Lusiana B, Mulia R, Van Noordwijk M, dan Cadish G. 2000. Agroforestri pada Tanah Masam di daerah Tropika Basah: Pengelolaan interaksi antara pohon-tanah-tanaman semusim. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Bogor, Indonesia (www.worldagroforestrycentre.org/sea).
- Hairiah K, Widiyanto, Utami SR, Suprayogo D, Sunaryo, Sitompul SM, Lusiana B, Mulia R, Van Noordwijk M, dan Cadish G. 2000. Pengelolaan Tanah Masam Secara Biologi, Refleksi

Pengalaman dari Lampung Utara. ICRAF SEA, Bogor, Indonesia (www.worldagroforestrycentre.org/sea).

Myrada dan IIRR. 1997. Resource Management in Rainfed Dryland. Myrada. Bangalore, India and International Institute of Rural Reconstruction, Silang, Cavite, Philippines.

Myrada. 2003. Training Manual for Capacity Building of Peoples Institutions Managing Watersheds. Myrada, Bangalore, India.

Mulawarman, Roshetko JM, Sasongko SM dan Iriantono D. 2002. Pengelolaan Benih Pohon, Sumber Benih, Pengumpulan dan Penanganan Benih: Pedoman Lapang untuk Petugas Lapang dan Petani. World Agroforestry Centre (ICRAF) and Winrock International. Bogor, Indonesia (www.worldagroforestrycentre.org/sea).

Naiola BP. 2003. Embung sebagai sentra pengembangan usahatani terpadu di kawasan savana NTT. Puslit Biologi, LIPI, Bogor (Tidak dipublikasi).

Pujiyanto, Wibawa A, dan Winaryo. 2001. Pengaruh teras dan tanaman penguat teras terhadap erosi dan produktivitas kopi arabica. Pelita Perkebunan, 17(1):18-29.

Roshetko JM dan Gutteridge RC. 1995. Nitrogen Fixing Trees for Fodder Production: A Field Manual. Proceedings of an International Workshop, FACT Net, Winrock International. Arkansas, USA.

Roshetko JM. 1998. Albizia and Paraserianthes Production and Use: A Field Manual. Winrock International, Arkansas, USA (www.worldagroforestrycentre.org/sea).

Roshetko JM dan Evans DO (eds.). 1999. Domestication of agroforestry trees in Southeast Asia. Proceedings of a regional workshop held November 4-7, 1997, in Yogyakarta, Indonesia. Forest, Farm, and Community Tree Research Reports Special issue: Taiwan Research Institute and Council of Agriculture, Taiwan, Republic of China, Winrock International, Morrilton, Arkansas, USA, International Centre for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya.

Roshetko JM dan Gunasena HPM. 2000. Tree Domestication in Southeast Asia: Results of a Regional Study on Institutional Capacity for Tree Domestication in National Programs. ICRAF/Winrock, Bogor, Indonesia (www.worldagroforestrycentre.org/sea).

Roshetko JM (Ed.). 2001. Agroforestry Species and Technologies. A compilation of the highlights and factsheets published by NFTA and FACT Net 1985-1999. Winrock International, Taiwan Forestry Research Institute, Taiwan, Republic of China.

Sofyan A, Setyorini D, dan Sri Adiningsih J. 1997. Dampak penggunaan pupuk cair Sipramin terhadap sifat kimia tanah. Hal. 23-51 dalam Prosiding Seminar Dampak Penggunaan Pupuk Cair Sipramin Terhadap Sifat Kimia, Fisika, dan Mikroorganisme Tanah, Batu, Malang 10 April 1997. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Wade MK, Gill DW, Subagio H, Sudjadi M dan Sanchez PA. 1988. Overcoming soil fertility constraints in a transmigration area of Indonesia. TropSoils Bulletin No. 88-01. North Carolina State Univ., Raleigh, USA.

Tabel Lampiran 1. Kesesuaian lahan untuk kelompok tanaman pangan menurut ketinggian tempat dan iklim.

Letak wilayah	Iklim basah	Iklim kering
Dataran Rendah (< 500 m dpl.)	Kacang-kacangan: <ul style="list-style-type: none"> - Kedelai - Kacang tanah - Kacang hijau - Kacang tunggak - Kacang arab - Mukuna Serealia: <ul style="list-style-type: none"> - Padi - Jagung - Sorgum Umbi-umbian: <ul style="list-style-type: none"> - Ubi jalar - Ubi kayu - Talas - Iles-Iles 	Kacang-kacangan: <ul style="list-style-type: none"> - Kedelai - Kacang tanah - Kacang hijau - Kacang tunggak - Kacang arab - Kacang panjang - Mukuna Serealia: <ul style="list-style-type: none"> - Gandum - Sorgum Umbi-umbian: <ul style="list-style-type: none"> - Ubi kayu - Ubi jalar
Dataran Sedang–Tinggi (>500 m dpl)	Kacang-kacangan: <ul style="list-style-type: none"> - Kedelai - Kacang merah - Kacang kapri - Buncis - Mukuna Serealia: <ul style="list-style-type: none"> - Padi - Jagung - Sorgum Umbi-umbian: <ul style="list-style-type: none"> - Ubi jalar - Ubi kayu - Talas - Iles-Iles 	Serealia: <ul style="list-style-type: none"> - Sorgum Umbi-umbian: <ul style="list-style-type: none"> - Ubi jalar - Iles-Iles

Catatan: Daerah beriklim basah adalah daerah dengan tipe iklim A, B, dan C yaitu mempunyai jumlah bulan kering (curah hujan < 60 mm) berturut-turut paling lama 4 bulan. Daerah beriklim kering adalah daerah dengan tipe iklim D, E dan F mempunyai bulan kering berturut-turut 5 bulan atau lebih menurut Schmidt dan Ferguson (1951).

Sumber: Djaenudin *et al.* (2003).

Tabel Lampiran 2. Kesesuaian lahan untuk kelompok tanaman hortikultura sayuran berdasarkan ketinggian tempat dan iklim.

Letak wilayah	Iklim basah	Iklim kering
Dataran Rendah (< 500 m dpl.)	<ul style="list-style-type: none"> - Seledri - Selada - Tomat - Mentimun - Cabe hijau - Cabe merah - Paprika - Terung - Kuncai - Bayam - Pare - Bawang daun 	<ul style="list-style-type: none"> - Bawang merah - Terung - Bawang daun
Dataran Sedang - Tinggi (>500 m dpl)	<ul style="list-style-type: none"> - Kubis - Gambas - Seledri - Selada - Kentang - Asparagus - Brokoli - Wortel - Tomat - Lobak - Bawang daun - Biet - Sawi - Lettuce - Kailan - Petsai - Tomat - Cabai - Carica 	<ul style="list-style-type: none"> - Bawang putih - Bawang daun

Catatan: Daerah beriklim basah adalah daerah dengan tipe iklim A, B, dan C yaitu mempunyai jumlah bulan kering (curah hujan <60 mm) berturut-turut paling lama 4 bulan. Daerah beriklim kering adalah daerah dengan tipe iklim D, E dan F mempunyai bulan kering berturut-turut 5 bulan atau lebih menurut Schmidt dan Ferguson (1951).
Sumber: Djaenudin *et al.* (2003).

Tabel Lampiran 3. Kesesuaian lahan untuk kelompok tanaman hortikultura bunga-bunga berdasarkan ketinggian tempat dan iklim.

Letak wilayah	Iklim basah	Iklim kering
Dataran Rendah (< 500 m dpl.)	- Mawar tabur - Hairbrass	- Mawar - Hairbrass
Dataran Sedang–Tinggi (>500 m dpl.)	- Aster - Mawar potong - Bunga matahari - Kenanga - Sedap malam	- Aster - Mawar potong - Bunga matahari - Kenanga - Sedap malam

Catatan: Daerah beriklim basah adalah daerah dengan tipe iklim A, B, dan C yaitu mempunyai jumlah bulan kering (curah hujan <60 mm) berturut-turut paling lama 4 bulan. Daerah beriklim kering adalah daerah dengan tipe iklim D, E dan F mempunyai bulan kering berturut-turut 5 bulan atau lebih menurut Schmidt dan Ferguson (1951).

Sumber: Djaenudin *et al.* (2003).

Tabel Lampiran 4. Kesesuaian lahan untuk kelompok tanaman buah-buahan dan perkebunan berdasarkan ketinggian tempat dan iklim.

Letak wilayah	Iklim basah	Iklim kering
Dataran Rendah (< 500 m dpl.)	- Rambutan - Duku - Durian - Manggis - Belimbing - Nangka - Jeruk - Jambu air - Campedak - Klengkeng - Sukun - Jambu batu - Sawo - Kedondong - Alpokat - Salak - Petai - Jengkol - Delima - Strawberi - Srikaya - Sirsak - Pepaya - Pisang - Kelapa sawit	- Mangga - Jeruk - Anggur - Alpokat - Jambu batu - Kedondong - Salak - Nangka - Sukun - Klengkeng - Kelapa - Jambu mete - Kapok - Kapas - Tembakau - Tebu

Letak wilayah	Iklim basah	Iklim kering
Dataran Rendah (< 500 m dpl.)	<ul style="list-style-type: none"> - Kelapa - Kopi (robusta) - Karet - Kakao - Melinjo Kelompok B: <ul style="list-style-type: none"> - Melon - Blewah - Semangka - Nenas 	Kelompok B: <ul style="list-style-type: none"> - Melon - Blewah - Semangka
Dataran Sedang–Tinggi (>500 m dpl)	Kelompok A: <ul style="list-style-type: none"> - Jeruk - Klengkeng - Nangka - Sukun - Jambu air - Jambu batu - Sawo - Kedondong - Alpokat - Kesemek - Kina - Teh - Kopi (arabika) 	Kelompok A: <ul style="list-style-type: none"> - Apel - Jeruk - Alpokat - Nangka - Sukun - Jambu batu - Kedondong - Klengkeng - Kopi (arabika) - Tembakau

Catatan: Daerah beriklim basah adalah daerah dengan tipe iklim A, B, dan C yaitu mempunyai jumlah bulan kering (curah hujan < 60 mm) berturut-turut paling lama 4 bulan. Daerah beriklim kering adalah daerah dengan tipe iklim D, E dan F mempunyai bulan kering berturut-turut 5 bulan atau lebih menurut Schmidt dan Ferguson (1951).
Sumber: Djaenudin *et al.* (2003).

Tabel Lampiran 5. Kesesuaian lahan untuk kelompok tanaman rempah dan obat berdasarkan ketinggian tempat dan iklim.

Letak wilayah	Iklim basah	Iklim kering
Dataran Rendah (< 500 m dpl.)	Kelompok A: - Cengkeh - Pala - Lada Kelompok B: - Akar wangi - Serai wangi - Kencur - Kunyit - Jahe - Lengkuas - Jarak - Kapulaga	Kelompok A: - Kemiri - Jarak Kelompok B: - Wijen
Dataran Sedang–Tinggi (> 500 m dpl)	Kelompok A: - Cengkeh - Jarak - Kayu manis Kelompok B: - Kunyit - Lengkuas - Kapulaga - Akar wangi - Serai wangi	Kelompok A: - Kemiri - Jarak

Catatan: Daerah beriklim basah adalah daerah dengan tipe iklim A, B, dan C yaitu mempunyai jumlah bulan kering (curah hujan < 60 mm) berturut-turut paling lama 4 bulan. Daerah beriklim kering adalah daerah dengan tipe iklim D, E dan F mempunyai bulan kering berturut-turut 5 bulan atau lebih menurut Schmidt dan Ferguson (1951).
 Sumber: Djaenudin *et al.* (2003).

Tabel Lampiran 6. Konversi besar sudut kemiringan (lereng) dari persen ke derajat dan dari derajat ke persen.

Persen (%)	Derajat (°)	Derajat (°)	Persen (%)
5	2.9	5	9
10	5.7	8	14
15	8.5	10	18
20	11.3	15	27
25	14.0	20	36
30	16.7	25	47
40	21.8	30	58
50	26.6	35	70
60	31.0	40	84
70	35.0	45	100
80	38.7	50	119
90	42.0	55	143
100	45.0	60	173




World Agroforestry Centre
TRANSFORMING LIVES AND LANDSCAPES

pidre
Participatory Integrated
Development in Rainfed Areas



IFAD
INTERNATIONAL
FUND FOR
AGRICULTURAL
DEVELOPMENT

