



# TEKNIK KONSERVASI TANAH TEKNIK KONSERVASI TANAH SECARA VEGETATIF SECARA VEGETATIF

Oleh: Kasdi Subagyo, Setiari Marwanto, dan Undang Kurnia



**BALAI PENELITIAN TANAH**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroekologi  
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Departemen Pertanian



Seri Monograf No. 1  
Sumber Daya Tanah Indonesia

**TEKNIK KONSERVASI TANAH  
SECARA VEGETATIF**

Penulis: Kasdi Subagyono, Setiari Marwanto, dan Undang Kurnia

ISBN 979-9474-29-9

**BALAI PENELITIAN TANAH**

Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat  
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian  
Departemen Pertanian

Penanggung jawab : Kepala Balai Penelitian Tanah

Ketua Penyunting : B.H. Prasetyo  
Anggota : Nata Suharta  
Diah Setyorini  
Wahyunto

Penyunting Pelaksana : Herry Sastramihardja  
Sri Erita Aprillani  
Farida Manalu

Setting/Layout : Didi Supardi

Penerbit : Balai Penelitian Tanah  
Jl. Ir. H. Juanda 98 Bogor 16123,  
Jawa Barat  
Telp. (0251) 326757, Fax : (0251) 321608  
E-mail : [Soil-ri@indo.net.id](mailto:Soil-ri@indo.net.id)



## KATA PENGANTAR

Monograf Sumber Daya Tanah Indonesia No. 1 membahas mengenai teknik konservasi tanah secara vegetatif. Konservasi tanah secara vegetatif merupakan salah satu cara konservasi tanah dengan memanfaatkan tanaman ataupun sisa-sisa tanaman untuk mengurangi erosi.

Sebagaimana diketahui, erosi merupakan penyebab utama degradasi lahan dan hujan merupakan faktor utama penyebab terjadinya erosi di Indonesia. Selain itu penggunaan vegetasi sebagai sarana konservasi tanah mempunyai prospek yang besar untuk diadopsi oleh masyarakat petani Indonesia karena manfaat dan kemudahan penerapan teknik tersebut, biaya yang dibutuhkan relatif rendah, mampu menyediakan tambahan hara bagi tanaman, dan dapat menghasilkan hijauan pakan ternak.

Terima kasih dan penghargaan disampaikan kepada berbagai pihak terutama penulis, penyunting, dan redaksi pelaksana yang telah bekerja keras sehingga monograf ini dapat diterbitkan.

Semoga Monograf Sumber Daya Tanah ini dapat menjadi wadah penyebaran informasi sumber daya tanah dan teknologi pengelolaannya serta sarana komunikasi antara peneliti tanah dan pengguna.

Bogor, Desember 2003  
Kepala Balai Penelitian Tanah

Dr. Fahmuddin Agus  
NIP. 080.079.624

## DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR .....	i
DAFTAR ISI .....	ii
DAFTAR TABEL .....	iv
DAFTAR GAMBAR .....	v
I. PENDAHULUAN .....	1
II. KONSERVASI TANAH .....	2
2.1. Tujuan dan Sasaran .....	2
2.2. Teknik Konservasi Tanah .....	3
III. KONSERVASI TANAH SECARA VEGETATIF .....	6
3.1. Pengertian .....	6
3.2. Jenis-Jenis Konservasi Tanah Secara Vegetatif .....	7
3.2.1. Penghutanan kembali .....	7
3.2.2. Wanatani .....	8
3.2.2.1. Pertanaman sela .....	9
3.2.2.2. Pertanaman lorong .....	10
3.2.2.3. Talun hutan rakyat .....	15
3.2.2.4. Kebun campuran .....	15
3.2.2.5. Pekarangan .....	16
3.2.2.6. Tanaman pelindung .....	16
3.2.2.7. Silvipastura .....	16
3.2.2.8. Pagar Hidup .....	17
3.2.3. Strip rumput .....	18
3.2.4. Mulsa .....	20
3.2.5. Sistem penanaman menurut strip .....	24
3.2.6. Barisan sisa tanaman .....	25
3.2.7. Tanaman penutup tanah .....	26
3.2.8. Penyiangan parsial .....	28
3.2.8.1. Strip tumbuhan alami (NVS) .....	28
3.2.8.2. Penyiangan sekeliling batang tanaman pokok .....	28
3.2.9. Penerapan pola tanam .....	29
3.2.9.1. Pergiliran tanaman .....	30
3.2.9.2. Tumpang sari .....	31
3.2.9.3. Tumpang gilir .....	32
IV. IMPLEMENTASI .....	35
4.1. Prospek Penerapan .....	35
4.2. Kendala Penerapan .....	36

---

---

4.3. Alternatif Implementasi .....	38
DAFTAR PUSTAKA.....	41

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Erosi yang masih dapat diabaikan di daerah beriklim sedang .....	4
Tabel 2. Erosi yang masih dapat diabaikan di Indonesia .....	4
Tabel 3. Pengaruh macam tanaman legum dalam sistem budi daya lorong terhadap sifat tanah Podsolik Merah Kuning di Kuamang Kuning, Jambi .....	12
Tabel 4. Pengaruh <i>alley cropping</i> terhadap erosi dan limpasan permukaan selama pertanaman jagung dan kacang tanah pada tanah Latosol (Haplorthox) Citayam, Bogor dengan curah hujan 1.135 mm selama 73 hari hujan .....	14
Tabel 5. Beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai tanaman pagar .....	15
Tabel 6. Kebutuhan tenaga kerja dalam pembuatan sistem strip rumput (lebar 0,5 m) .....	20
Tabel 7. Pengaruh pemberian mulsa terhadap erosi .....	22
Tabel 8. Jumlah C-organik dan unsur hara makro yang hilang akibat erosi di kampung Kebon Panas, Bogor .....	23
Tabel 9. Rata-rata erosi pada tanah Tropudalfs Putat (DI Yogyakarta) dan Tropaqualfs Punung (Jawa Timur) dengan pola pergiliran tanaman.....	31
Tabel 10. Rata-rata erosi pada tanah Tropudalfs Putat (DI Yogyakarta) dan Tropaqualfs Punung (Jawa Timur) dengan pola tumpang gilir.....	32
Tabel 11. Pilihan teknik konservasi secara vegetatif menurut keadaan biofisik lahan.....	40

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Acuan umum proporsi tanaman pada kemiringan lahan yang berbeda .....	9
Gambar 2. <i>Flemingia congesta</i> sebagai tanaman pagar dalam budi daya lorong .....	11
Gambar 3. Perubahan kandungan bahan organik tanah pada lahan dengan vegetasi alami dan lahan yang direklamasi dengan <i>Flemingia congesta</i> ..	12
Gambar 4. Pengaruh vegetasi alami dan <i>Flemingia congesta</i> terhadap kurva retensi air pada tanah berskeletal volcanik, Gunung Merapi, Kali Gesik, Jawa Tengah.....	13
Gambar 5. Pagar hidup dengan tanaman <i>Gliricidia sepium</i> untuk melindungi tanaman padi gogo .	17
Gambar 6. Strip rumput gajah ( <i>Pennisetum purpureum</i> ) sebagai tanaman penguat teras.....	19
Gambar 7. Strip vetiver dan mulsa untuk mencegah erosi di lahan pertanaman jagung.....	21
Gambar 8. Aplikasi mulsa pada pertanaman jagung .....	21
Gambar 9. Pengaruh mulsa terhadap infiltrasi kumulatif.....	23
Gambar 10. Sistem pertanaman menurut strip searah kontur .....	24
Gambar 11. Barisan sisa tanaman jagung sebagai salah satu tindakan konservasi tanah .....	25
Gambar 12. Tanaman penutup tanah jenis <i>Mucuna</i> sp.....	26
Gambar 13. Pengaruh tanaman penutup tanah terhadap infiltrasi kumulatif pada tanah seri Egbeda di Nigeria.....	27
Gambar 14. Sistem penyiangan parsial pada pertanaman lada dengan penutup tanah <i>Arachis pinto</i> di Sumberjaya, Lampung.....	29
Gambar 15. Hubungan curah hujan dan hari hujan dan beberapa alternatif pola tanam di Desa Kandangan, Semarang tahun 1986/1987.....	34
Gambar 16. Tahapan implementasi sistem usaha tani konservasi.....	36



## I. PENDAHULUAN

Erosi tanah adalah peristiwa terangkutnya tanah dari satu tempat ke tempat lain oleh air atau angin (Arsyad, 1976). Pada dasarnya ada tiga proses penyebab erosi yaitu pelepasan (*detachment*) partikel tanah, pengangkutan (*transportation*), dan pengendapan (*sedimentation*). Erosi menyebabkan hilangnya tanah lapisan atas (*top soil*) dan unsur hara yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman. Erosi yang disebabkan oleh air hujan merupakan penyebab utama degradasi lahan di daerah tropis termasuk Indonesia. Tanah-tanah di daerah berlereng mempunyai risiko tererosi yang lebih besar daripada tanah di daerah datar. Selain tidak stabil akibat pengaruh kemiringan, air hujan yang jatuh akan terus-menerus memukul permukaan tanah sehingga memperbesar risiko erosi. Berbeda dengan daerah datar, selain massa tanah dalam posisi stabil, air hujan yang jatuh tidak selamanya memukul permukaan tanah karena dengan cepat akan terlindungi oleh genangan air.

Tanah yang hilang akibat proses erosi tersebut terangkut oleh air sehingga menyebabkan pendangkalan saluran drainase termasuk parit, sungai, dan danau. Erosi yang telah berlanjut menyebabkan rusaknya ekosistem sehingga penanganannya akan memakan waktu lama dan biaya yang mahal. Menurut Kurnia *et al.* (2002), kerugian yang harus ditanggung akibat degradasi lahan tanpa tindakan rehabilitasi lahan mencapai Rp 291.715,- /ha, sedangkan apabila lahan dikonservasi secara vegetatif, maka kerugian akan jauh lebih rendah. Pencegahan dengan teknik konservasi yang tepat sangat diperlukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor penyebab erosi. Kondisi sosial ekonomi dan sumber daya masyarakat juga menjadi pertimbangan sehingga tindakan konservasi yang dipilih diharapkan dapat meningkatkan produktivitas lahan, menambah pendapatan petani serta memperkecil risiko degradasi lahan.

Pada dasarnya teknik konservasi dibedakan menjadi tiga yaitu: (a) vegetatif; (b) mekanik; dan (c) kimia. Teknik konservasi mekanik dan vegetatif telah banyak diteliti dan dikembangkan. Namun mengingat teknik mekanik umumnya mahal, maka teknik vegetatif berpotensi untuk lebih diterima oleh masyarakat. Teknik konservasi tanah secara vegetatif mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan teknik konservasi tanah secara mekanis maupun kimia, antara lain karena penerapannya relatif mudah, biaya yang dibutuhkan relatif murah, mampu menyediakan tambahan hara bagi tanaman, menghasilkan

hijauan pakan ternak, kayu, buah maupun hasil tanaman lainnya. Hal tersebut melatarbelakangi pentingnya informasi mengenai teknologi konservasi tanah secara vegetatif.

Tulisan ini disusun untuk memberikan uraian yang rinci mengenai teknik konservasi tanah secara vegetatif, macam, prospek dan kendala serta alternatif implementasinya.

## **II. KONSERVASI TANAH**

### **2.1. Tujuan dan Sasaran**

Konservasi tanah adalah penempatan tiap bidang tanah pada cara penggunaan yang sesuai dengan kemampuan tanah dan memperlakukannya sesuai dengan syarat-syarat yang diperlukan agar tidak terjadi kerusakan tanah. Pemakaian istilah konservasi tanah sering diikuti dengan istilah konservasi air. Meskipun keduanya berbeda tetapi saling terkait. Ketika mempelajari masalah konservasi sering menggunakan kedua sudut pandang ilmu konservasi tanah dan konservasi air. Secara umum, tujuan konservasi tanah adalah meningkatkan produktivitas lahan secara maksimal, memperbaiki lahan yang rusak/kritis, dan melakukan upaya pencegahan kerusakan tanah akibat erosi.

Sasaran konservasi tanah meliputi keseluruhan sumber daya lahan, yang mencakup kelestarian produktivitas tanah dalam meningkatkan kesejahteraan rakyat dan mendukung keseimbangan ekosistem.

Penelitian tentang konservasi tanah telah dirintis sejak zaman Belanda tahun 1911, tetapi baru mulai berkembang pada tahun 1970-an, dengan berdirinya Bagian Konservasi Tanah dan Air, Lembaga Penelitian Tanah, Bogor (sekarang menjadi Kelompok Peneliti Konservasi Tanah dan Pengelolaan Air, Balai Penelitian Tanah). Penelitian-penelitian yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui proses erosi mulai dari pengelupasan tanah, pengangkutan sampai pengendapan material terangkut beserta faktor-faktor yang mempengaruhinya serta akibat yang ditimbulkannya. Selanjutnya dilakukan pula penelitian dasar tentang teknik-teknik pencegahan erosi. Lahan-lahan yang diteliti sebagian besar berupa lahan dengan sifat tanah yang buruk (agregat yang tidak stabil, aerasi buruk, permeabilitas rendah dan infiltrasi tanah rendah, serta hara tersedia

bagi tanaman rendah) dan lahan dengan kemiringan yang curam yang rawan terhadap erosi. Lahan dengan bentuk dan sifat tanah seperti di atas mendominasi keberadaan lahan kritis di Indonesia.

Umumnya, hasil-hasil penelitian yang telah dicapai mampu memberikan informasi praktis dalam perencanaan teknik konservasi tanah walaupun masih harus disempurnakan, karena sebagian besar teknologi konservasi dihasilkan dari penelitian pada skala petak kecil. Prediksi erosi pada petak kecil akan memberikan angka yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan yang sebenarnya terjadi di lapangan. Dari penelitiannya di Ungaran, Jawa Tengah, Agus *et al.* (2002) melaporkan bahwa besarnya erosi pada skala tampung mikro dengan penggunaan lahan berupa tumpang sari tanaman pangan semusim adalah sekitar 20 t/ha/tahun, pada penggunaan lahan rambutan sekitar 1,9 t/ha/tahun, dan campuran antara rambutan dan semak sebesar 1,7 t/ha/tahun. Sedangkan hasil penelitian dari Haryati *et al.* (1995) pada skala petak memberikan data erosi yang tiga kali lebih besar pada jenis tanah dan iklim yang tidak jauh berbeda.

Fenomena tersebut sangat menarik dan dapat dipergunakan untuk membantu menerangkan, bahwa ekstrapolasi langsung dari skala petak ke tampung mikro dan ke sub-DAS hasilnya akan bias. Oleh karena itu dalam beberapa tahun terakhir penelitian mengenai prediksi erosi dan pengaruh penggunaan lahan terhadap erosi diarahkan pada skala DAS mikro (Watung *et al.*, 2003; Subagyono *et al.*, 2004), dengan tujuan untuk mendapatkan angka prediksi erosi yang mewakili kondisi lapangan yang sangat penting dalam penetapan rekomendasi teknik konservasi.

## 2.2. Teknik Konservasi Tanah

Teknik konservasi tanah di Indonesia diarahkan pada tiga prinsip utama yaitu perlindungan permukaan tanah terhadap pukulan butir-butir hujan, meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah seperti pemberian bahan organik atau dengan cara meningkatkan penyimpanan air, dan mengurangi laju aliran permukaan sehingga menghambat material tanah dan hara terhanyut (Agus *et al.*, 1999).

Manusia mempunyai keterbatasan dalam mengendalikan erosi sehingga perlu ditetapkan kriteria tertentu yang diperlukan dalam tindakan konservasi tanah. Salah satu pertimbangan yang harus

disertakan dalam merancang teknik konservasi tanah adalah nilai batas erosi yang masih dapat diabaikan (*tolerable soil loss*). Pada Tabel 1 disajikan daftar kondisi tanah di daerah beriklim sedang dalam hubungannya dengan erosi yang masih dapat diabaikan dengan mempertimbangkan kedalaman tanah, permeabilitas lapisan bawah dan kondisi substratum (Thompson 1957 dalam Arsyad 1989). Karena pembentukan tanah di Indonesia yang termasuk daerah beriklim tropika basah diperkirakan dua kali lebih besar dari daerah beriklim sedang, maka penetapan erosi yang dapat diabaikan juga akan lain seperti disajikan dalam Tabel 2. Jika besarnya erosi pada tanah dengan sifat-sifat tersebut lebih besar daripada angka erosi yang masih dapat diabaikan, maka tindakan konservasi sangat diperlukan.

Ketiga teknik konservasi tanah secara vegetatif, mekanis dan kimia pada prinsipnya memiliki tujuan yang sama yaitu mengendalikan laju erosi, namun efektifitas, persyaratan dan kelayakan untuk diterapkan sangat berbeda. Oleh karena itu pemilihan teknik konservasi yang tepat sangat diperlukan.

Tabel 1. Erosi yang masih dapat diabaikan di daerah beriklim sedang

No.	Sifat tanah dan substrata	Erosi yang masih dapat diabaikan t/ha/tahun
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 yang permeabilitasnya lambat di atas substrata yang tidak terkonsolidasi	8,97
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	13,41

Sumber: Thompson (1957)

Tabel 2. Erosi yang masih dapat diabaikan di Indonesia

No.	Sifat tanah dan substrata	Erosi yang masih dapat diabaikan t/ha/tahun
1	Tanah sangat dangkal di atas batuan	0,0
2	Tanah sangat dangkal di atas bahan telah melapuk (tidak terkonsolidasi)	4,8
3	Tanah dangkal di atas bahan telah melapuk	9,6
4	Tanah dengan kedalaman sedang di atas bahan telah melapuk	14,4
5	Tanah yang dalam dengan lapisan bawah yang kedap air, di atas substrata telah melapuk	16,8

Sumber : Arsyad (1989)

Keterangan: Berat volume tanah diasumsikan 1,2 g/cm<sup>3</sup>  
 Kedalaman tanah lebih dari 90 cm = dalam;  
 Kedalaman tanah antara 90-50 cm = sedang;  
 Kedalaman tanah antara 50-25 cm = dangkal;  
 Kedalaman tanah kurang dari 25 cm = sangat dangkal.

Teknik konservasi tanah secara vegetatif adalah setiap pemanfaatan tanaman/vegetasi maupun sisa-sisa tanaman sebagai media pelindung tanah dari erosi, penghambat laju aliran permukaan, peningkatan kandungan lengas tanah, serta perbaikan sifat-sifat tanah, baik sifat fisik, kimia maupun biologi.

Teknik konservasi tanah secara mekanis atau disebut juga sipil teknis adalah upaya menciptakan fisik lahan atau merekayasa bidang olah lahan pertanian hingga sesuai dengan prinsip konservasi tanah sekaligus konservasi air. Teknik ini meliputi: guludan, pembuatan teras gulud, teras bangku, teras individu, teras kredit, pematang kontur, teras kebun, barisan batu, dan teras batu. Khusus untuk tujuan pemanenan air, teknik konservasi secara mekanis meliputi pembuatan bangunan resapan air, rorak, dan embung (Agus *et al.*, 1999).

Teknik konservasi tanah secara kimiawi adalah setiap penggunaan bahan-bahan kimia baik organik maupun anorganik, yang bertujuan untuk memperbaiki sifat tanah dan menekan laju erosi. Teknik ini jarang digunakan petani terutama karena keterbatasan modal, sulit pengadaannya serta hasilnya tidak jauh beda dengan penggunaan bahan-bahan alami. Bahan kimiawi yang termasuk dalam kategori ini adalah pembenah tanah (*soil conditioner*) seperti

*polyvinil alcohol (PVA), urethanised (PVAu), sodium polyacrylate (SPA), polyacrilamide (PAM), vinylacetate maleic acid (VAMA) copolymer, polyurethane, polybutadiene (BUT), polysiloxane, natural rubber latex, dan asphalt (bitumen).* Bahan-bahan ini diaplikasikan ke tanah dengan tujuan untuk memperbaiki struktur tanah melalui peningkatan stabilitas agregat tanah, sehingga tahan terhadap erosi.

### III. KONSERVASI TANAH SECARA VEGETATIF

#### 3.1. Pengertian

Pada dasarnya konservasi tanah secara vegetatif adalah segala bentuk pemanfaatan tanaman ataupun sisa-sisa tanaman untuk mengurangi erosi. Tanaman ataupun sisa-sisa tanaman berfungsi sebagai pelindung tanah terhadap daya pukulan butir air hujan maupun terhadap daya angkut air aliran permukaan (*runoff*), serta meningkatkan peresapan air ke dalam tanah.

Kanopi berfungsi menahan laju butiran air hujan dan mengurangi tenaga kinetik butiran air dan pelepasan partikel tanah sehingga pukulan butiran air dapat dikurangi. Air yang masuk di sela-sela kanopi (*interception*) sebagian akan kembali ke atmosfer akibat evaporasi. Fungsi perlindungan permukaan tanah terhadap pukulan butir air hujan merupakan hal yang sangat penting karena erosi yang terjadi di Indonesia penyebab utamanya adalah air hujan. Semakin rapat penutupannya akan semakin kecil risiko hancurnya agregat tanah oleh pukulan butiran air hujan.

Batang tanaman juga menjadi penahan erosi air hujan dengan cara merembeskan aliran air dari tajuk melewati batang (*stemflow*) menuju permukaan tanah sehingga energi kinetiknya jauh berkurang. Batang juga berfungsi memecah dan menahan laju aliran permukaan. Jika energi kinetik aliran permukaan berkurang, maka daya angkut materialnya juga berkurang dan tanah mempunyai kesempatan yang relatif tinggi untuk meresapkan air. Beberapa jenis tanaman yang ditanam dengan jarak rapat, batangnya mampu membentuk pagar sehingga memecah aliran permukaan. Partikel tanah yang ikut bersama aliran air permukaan akan mengendap di bawah batang

dan lama-kelamaan akan membentuk bidang penahan aliran permukaan yang lebih stabil.

Keberadaan perakaran mampu memperbaiki kondisi sifat tanah yang disebabkan oleh penetrasi akar ke dalam tanah, menciptakan habitat yang baik bagi organisme dalam tanah, sebagai sumber bahan organik bagi tanah dan memperkuat daya cengkeram terhadap tanah (Foth, 1995, Killham, 1994, Agus *et al.*, 2002). Perakaran tanaman juga membantu mengurangi air tanah yang jenuh oleh air hujan, memantapkan agregasi tanah sehingga lebih mendukung pertumbuhan tanaman dan mencegah erosi, sehingga tanah tidak mudah hanyut akibat aliran permukaan, meningkatkan infiltrasi, dan kapasitas memegang air.

### 3.2. Jenis-Jenis Konservasi Tanah Secara Vegetatif

Teknik konservasi tanah secara vegetatif yang akan diuraikan dalam monograf ini adalah: penghutanan kembali (*reforestation*), wanatani (*agroforestry*) termasuk didalamnya adalah pertanaman lorong (*alley cropping*), pertanaman menurut strip (*strip cropping*), strip rumput (*grass strip*) barisan sisa tanaman, tanaman penutup tanah (*cover crop*), penerapan pola tanam termasuk di dalamnya adalah pergiliran tanaman (*crop rotation*), tumpang sari (*intercropping*), dan tumpang gilir (*relay cropping*).

Dalam penerapannya, petani biasanya memodifikasi sendiri teknik-teknik tersebut sesuai dengan keinginan dan lingkungan agroekosistemnya sehingga teknik konservasi ini akan terus berkembang di lapangan. Keuntungan yang didapat dari sistem vegetatif ini adalah kemudahan dalam penerapannya, membantu melestarikan lingkungan, mencegah erosi dan menahan aliran permukaan, dapat memperbaiki sifat tanah dari pengembalian bahan organik tanaman, serta meningkatkan nilai tambah bagi petani dari hasil sampingan tanaman konservasi tersebut.

#### 3.2.1. Penghutanan kembali

Penghutan kembali (*reforestation*) secara umum dimaksudkan untuk mengembalikan dan memperbaiki kondisi ekologi dan hidrologi suatu wilayah dengan tanaman pohon-pohonan. Penghutan kembali juga berpotensi untuk peningkatan kadar bahan organik tanah dari serasah yang jauh di permukaan tanah dan sangat mendukung kesuburan tanah. Penghutan kembali biasanya dilakukan pada lahan-lahan kritis yang diakibatkan oleh bencana alam misalnya kebakaran, erosi, abrasi, tanah longsor, dan aktivitas manusia seperti pertambangan, perladangan berpindah, dan penebangan hutan.

Hutan mempunyai fungsi tata air yang unik karena mampu menyimpan air dan meredam debit air pada saat musim penghujan dan menyediakan air secara terkendali pada saat musim kemarau (*sponge effect*). Penghutan kembali dengan maksud untuk mengembalikan fungsi tata air, efektif dilakukan pada lahan dengan kedalaman tanah >3 m. Tanah dengan kedalaman <3 m mempunyai aliran permukaan yang cukup tinggi karena keterbatasan kapasitas tanah dalam menyimpan air (Agus *et al.*, 2002). Pengembalian fungsi hutan akan memakan waktu 20-50 tahun sampai tajuk terbentuk sempurna. Jenis tanaman yang digunakan sebaiknya berasal dari jenis yang mudah beradaptasi terhadap lingkungan baru, cepat berkembang biak, mempunyai perakaran yang kuat, dan kanopi yang rapat/rindang.

Penelitian tentang kondisi biofisik lahan sangat penting untuk menentukan jenis tanaman yang akan dipergunakan dengan tujuan penghutan kembali terutama untuk hutan monokultur. Beberapa tanaman tahunan mempunyai intersepsi dan evaporasi yang tinggi sehingga akan banyak mengkonsumsi air. Penelitian terhadap tanaman pinus (*Pinus merkusii*) yang dilakukan oleh Universitas Gadjah Mada/UGM, Institut Pertanian Bogor/IPB dan Universitas Brawijaya/Unibraw (Priyono dan Siswamartana, 2002), menyimpulkan bahwa tanaman pinus akan aman jika ditanam pada daerah yang mempunyai curah hujan di atas 2.000 mm/tahun. Pada daerah yang mempunyai curah hujan 1.500-2.000 mm/tahun disarankan agar penanaman pinus dicampur dengan tanaman lain yang mempunyai intersepsi dan evaporasi lebih rendah misalnya Puspa atau Agatis. Sedangkan untuk daerah yang mempunyai curah hujan 1.500 mm/tahun atau kurang disarankan untuk tidak menanam pinus karena akan menimbulkan kekurangan (*deficit*) air.

### 3.2.2. Wanatani

Wanatani (*agroforestry*) adalah salah satu bentuk usaha konservasi tanah yang menggabungkan antara tanaman pohon-pohonan, atau tanaman tahunan dengan tanaman komoditas lain yang ditanam secara bersama-sama ataupun bergantian. Penggunaan tanaman tahunan mampu mengurangi erosi lebih baik daripada tanaman komoditas pertanian khususnya tanaman semusim. Tanaman tahunan mempunyai luas penutupan daun yang relatif lebih besar dalam menahan energi kinetik air hujan, sehingga air yang sampai ke tanah dalam bentuk aliran batang (*stemflow*) dan aliran tembus (*throughfall*) tidak menghasilkan dampak erosi yang begitu besar. Sedangkan tanaman semusim mampu memberikan efek penutupan dan perlindungan tanah yang baik dari butiran hujan yang mempunyai energi perusak. Penggabungan keduanya diharapkan dapat memberi keuntungan ganda baik dari tanaman tahunan maupun dari tanaman semusim.

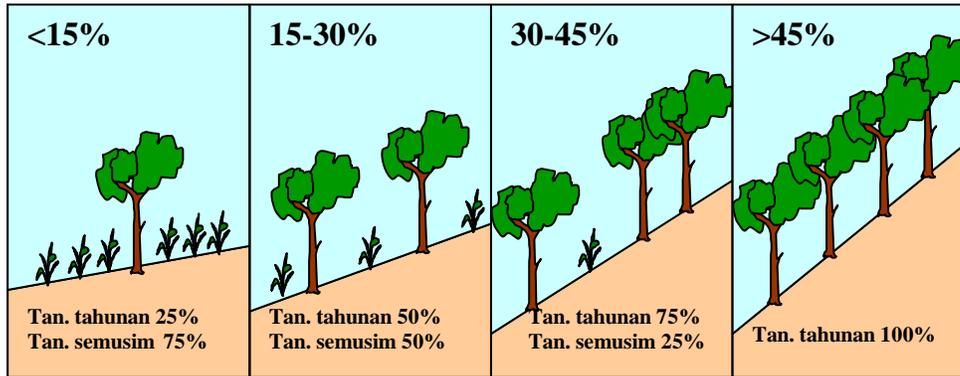
Penerapan wanatani pada lahan dengan lereng curam atau agak curam mampu mengurangi tingkat erosi dan memperbaiki kualitas tanah, dibandingkan apabila lahan tersebut gundul atau hanya ditanami tanaman semusim. Pada Gambar 1 disajikan hubungan proporsi tanaman tahunan dan semusim yang ideal pada lereng yang berbeda pada sistem wanatani. Secara umum proporsi tanaman tahunan makin banyak pada lereng yang semakin curam demikian juga sebaliknya.

Tanaman semusim memerlukan pengolahan tanah dan pemeliharaan tanaman yang lebih intensif dibandingkan dengan tanaman tahunan. Pengolahan tanah pada tanaman semusim biasanya dilakukan dengan cara mencangkul, mengaduk tanah, maupun cara lain yang mengakibatkan hancurnya agregat tanah, sehingga tanah mudah tererosi. Semakin besar kelerengan suatu lahan, maka risiko erosi akibat pengolahan tanah juga semakin besar. Penanaman tanaman tahunan tidak memerlukan pengolahan tanah secara intensif. Perakaran yang dalam dan penutupan tanah yang rapat mampu melindungi tanah dari erosi.

Tanaman tahunan yang dipilih sebaiknya dari jenis yang dapat memberikan nilai tambah bagi petani dari hasil buah maupun

kayunya. Selain dapat menghasilkan keuntungan dengan lebih cepat dan lebih besar, wanatani ini juga merupakan sistem yang sangat baik dalam mencegah erosi tanah.

Sistem wanatani telah lama dikenal di masyarakat Indonesia dan berkembang menjadi beberapa macam, yaitu pertanaman sela, pertanaman lorong, talun hutan rakyat, kebun campuran, pekarangan, tanaman pelindung/multistrata, dan silvipastura.



Gambar 1. Acuan umum proporsi tanaman pada kemiringan lahan yang berbeda (P3HTA, 1987)

### 3.2.2.1. Pertanaman sela

Pertanaman sela adalah pertanaman campuran antara tanaman tahunan dengan tanaman semusim. Sistem ini banyak dijumpai di daerah hutan atau kebun yang dekat dengan lokasi permukiman. Tanaman sela juga banyak diterapkan di daerah perkebunan, pekarangan rumah tangga maupun usaha pertanian tanaman tahunan lainnya. Dari segi konservasi tanah, pertanaman sela bertujuan untuk meningkatkan intersepsi dan intensitas penutupan permukaan tanah terhadap terpaan butir-butir air hujan secara langsung sehingga memperkecil risiko tererosi. Sebelum kanopi tanaman tahunan menutupi tanah, lahan di antara tanaman tahunan tersebut digunakan untuk tanaman semusim.

Di beberapa wilayah hutan jati daerah Jawa Tengah, ketika pohon jati masih pendek dan belum terbentuk kanopi, sebagian lahannya ditanami dengan tanaman semusim berupa jagung, padi gogo, kedelai, kacang-kacangan, dan empon-empon seperti jahe

(*Zingiber officinale*), temulawak (*Curcuma xanthorrhiza*), kencur (*Kaemtoria galanga*), kunir (*Curcuma longa*), dan laos (*Alpinia galanga*). Pilihan teknik konservasi ini sangat baik untuk diterapkan oleh petani karena mampu memberikan nilai tambah bagi petani, mempertinggi intensitas penutupan lahan, membantu perawatan tanaman tahunan dan melindungi dari erosi.

Penanaman tanaman semusim bisa berkali-kali tergantung dari pertumbuhan tanaman tahunan. Sebagai tanaman pupuk hijau sebaiknya dipilih dari tanaman legum seperti *Leucaena leucocephala*, *Glyricidia sepium*, *Cajanus cajan*, *Tephrosia candida*, dan lain sebagainya. Jarak antara tanaman semusim dengan tanaman tahunan secara periodik dilebarkan (lahan tanaman semusim semakin sempit) dengan maksud untuk mencegah kompetisi hara, pengaruh allelopati dari tanaman tahunan, dan kontak penyakit.

### **3.2.2.2. Pertanaman lorong**

Sistem pertanaman lorong atau *alley cropping* adalah suatu sistem dimana tanaman pagar pengontrol erosi berupa barisan tanaman yang ditanam rapat mengikuti garis kontur, sehingga membentuk lorong-lorong dan tanaman semusim berada di antara tanaman pagar tersebut (Gambar 2). Sistem ini sesuai untuk diterapkan pada lahan kering dengan kelerengan 3-40%. Dari hasil penelitian Haryati *et al.* (1995) tentang sistem budi daya tanaman lorong di Ungaran pada tanah Typic Eutropepts, dilaporkan bahwa sistem ini merupakan teknik konservasi yang cukup murah dan efektif dalam mengendalikan erosi dan aliran permukaan serta mampu mempertahankan produktivitas tanah.

Penanaman tanaman pagar akan mengurangi 5-20% luas lahan efektif untuk budi daya tanaman sehingga untuk tanaman pagar dipilih dari jenis tanaman yang memenuhi persyaratan di bawah ini (Agus *et al.*, 1999):

- a. Merupakan tanaman yang mampu mengembalikan unsur hara ke dalam tanah, misalnya tanaman penambat nitrogen ( $N_2$ ) dari udara.
- b. Menghasilkan banyak bahan hijauan.
- c. Tahan terhadap pemangkasan dan dapat tumbuh kembali secara cepat sesudah pemangkasan.

- d. Tingkat persaingan terhadap kebutuhan hara, air, sinar matahari dan ruang tumbuh dengan tanaman lorong tidak begitu tinggi.
- e. Tidak bersifat alelopati (mengeluarkan zat beracun) bagi tanaman utama.
- f. Sebaiknya mempunyai manfaat ganda seperti untuk pakan ternak, kayu bakar, dan penghasil buah sehingga mudah diadopsi petani.



Gambar 2. *Flemingia congesta* sebagai tanaman pagar dalam budi daya lorong

Penelitian-penelitian tentang pertanaman lorong (Puslittanak, 1991) menyimpulkan, bahwa sistem budi daya lorong merupakan salah satu cara untuk mempertahankan produktivitas lahan kering yang miskin hara dan mempunyai KTK yang rendah. Suwardjo *et al.* (1987) melaporkan bahwa kandungan bahan organik tanah Podsolik di Jambi, Sumatera meningkat dari 1,8% menjadi 2,2% setelah 1 tahun ditanami dengan tanaman lorong *Flemingia*. Pada tahun kedua kandungan bahan organik semakin bertambah dengan nilai 2,8%.

Sistem pertanaman lorong juga dapat mempertahankan sifat fisik tanah (Tabel 3) dan hasil tanaman pangan dalam jangka panjang. Dari hasil kajiannya pada penerapan pertanaman lorong (*Alley cropping*) di beberapa negara yang tergabung dalam *ASIALAND*

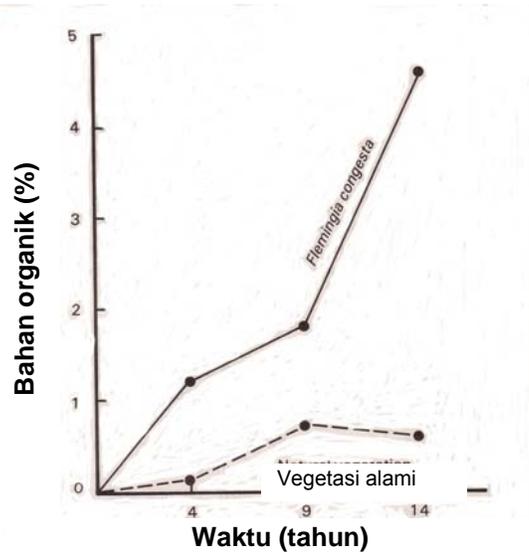
*sloping land project* yang meliputi Indonesia, Phillipines, Laos dan Vietnam, Irawan (2002) melaporkan bahwa *alley cropping* mampu mengurangi kehilangan hara akibat erosi senilai US \$ 4,1-85,5/ha/tahun.

Flemingia mempunyai kemampuan yang tinggi untuk tumbuh dan bertunas sehingga menghasilkan hasil pangkasan yang cenderung terus meningkat. Hasil pangkasan ini merupakan sumber bahan organik yang sangat penting. Dari reklamasi yang dilaksanakan pada tahun 1970 dan evaluasinya pada tahun 1984 pada tanah berskeletal vulkanik Gunung Merapi di Kali Gesik, Jawa Tengah, Sukmana *et al.* (1985) melaporkan bahwa setelah 14 tahun direklamasi dengan *Flemingia congesta* mampu menghasilkan serasah (kering udara) sebanyak 5,6 t/ha. Biomassa ini memberikan kontribusi terhadap peningkatan bahan organik tanah 2,65% yang sebelum direklamasi tidak mengandung bahan organik. Dibandingkan dengan vegetasi alami, Flemingia sangat besar kontribusinya dalam peningkatan bahan organik tanah (Gambar 3). Bahan organik ini sangat penting dalam peningkatan kapasitas tanah menahan air (*water holding capacity*) (Gambar 4).

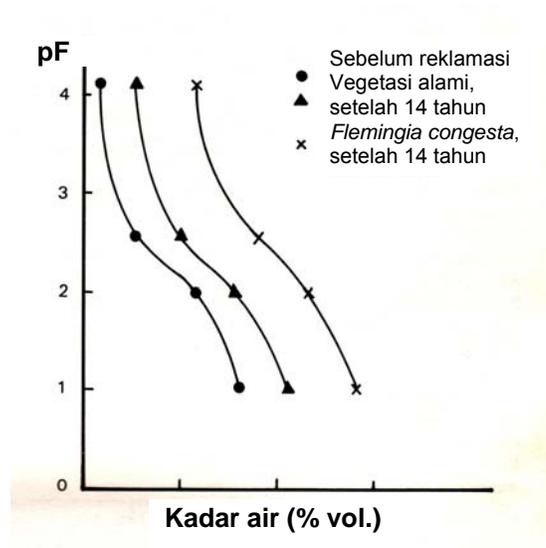
Tabel 3. Pengaruh macam tanaman legum dalam sistem budi daya lorong terhadap sifat tanah Podsolik Merah Kuning di Kuamang Kuning, Jambi

Tanaman legum	Sifat fisik tanah				C-organik	
	Ruang pori total	Pori drainase	Air tersedia	Indeks stabilitas agregat	Tahun 1	Tahun 2
	% isi				% C	
Lamtoro	57,1	22,7	10,9	142	2,04	2,61
Kaliandra	53,0	16,8	11,6	95	1,52	2,53
<i>Flemingia macrophylla</i>	50,3	11,4	12,7	76	1,85	2,16
Kontrol	56,0	13,2	10,3	41	1,80	0,89

Sumber: Pusiittanak (1991)



Gambar 3. Perubahan kandungan bahan organik tanah pada lahan dengan vegetasi alami dan lahan yang direklamasi dengan *Flemingia congesta* (Sukmana *et al.*, 1985)



Gambar 4. Pengaruh vegetasi alami dan *Flemingia congesta* terhadap kurva retensi air pada tanah berkeletral vulkanik, Gunung Merapi, Kali Gesik, Jawa Tengah (Sukmana *et al.*, 1985)

Pada penelitian sistem pertanaman lorong menggunakan tiga jenis legum yang ditanam dua strip tiap baris dilaporkan, bahwa pada tahun kedua penanaman *Flemingia congesta* sudah terlihat adanya pembentukan teras alami dengan tinggi tampingan sekitar 25 cm, lebih tinggi dibandingkan pada tanaman *Calliandra calothyrsus* maupun *Tephrosia volgelli*. Hal ini disebabkan oleh pengaruh kerapatan tanaman serta produksi hijauan *Flemingia congesta* yang mampu menahan partikel tanah lebih baik dibandingkan *Calliandra* maupun *Tephrosia* (Rachman *et al.*, 1990).

Sistem perakaran yang dalam dan hasil dari guguran daun ataupun dari hasil pangkasan yang menumpuk akan membantu terbentuknya teras alami. Aliran permukaan akan menghanyutkan partikel-partikel tanah dan mengendap di bawah tegakan legum. Endapan tersebut makin lama makin tinggi dan akhirnya membentuk bidang olah menyerupai teras dengan tanaman legum sebagai penguat tampingan. Hal ini merupakan cara pembuatan teras yang ekonomis karena menurut Rachman *et al.* (1989), untuk pembuatan teras bangku pada kemiringan 15% membutuhkan tenaga kerja sebesar 607 HOK/ha, sedang untuk teras gulud sebesar 52 HOK/ha.

Penelitian *alley cropping* terhadap erosi Haplothrox Citayam menyimpulkan bahwa dari beberapa perlakuan yang diberikan ternyata *Flemingia congesta* dengan jarak alley 6 m dan ditanam dua baris cukup efektif menahan erosi dan aliran permukaan (Tabel 4). Dari penelitian ini dapat diketahui bahwa jarak tanam yang terlalu rapat menyebabkan pertumbuhan tanaman pagar tidak optimal. Hal ini akan mempengaruhi kemampuan tanaman pagar menahan tenaga kinetik air.

Tabel 4. Pengaruh *alley cropping* terhadap erosi dan limpasan permukaan selama pertanaman jagung dan kacang tanah pada tanah Latosol (Haplorthox) Citayam, Bogor dengan curah hujan 1.135 mm selama 73 hari hujan

Perlakuan	Erosi	Aliran permukaan
-----------	-------	------------------

	t/ha	m <sup>3</sup> /ha	% hujan
Tanpa Alley*	7,47b	165,31b	1,46
<i>Tephrosia notiflora</i> , jarak alley 4 m, 1 baris	5,63b	160,14b	1,41
<i>Flemingia congesta</i> , jarak alley 4 m, 1 baris	4,85b	121,65b	1,07
<i>Tephrosia notiflora</i> , jarak alley 4 m, 2 baris	1,27a	32,44a	0,29
<i>Flemingia congesta</i> , jarak alley 4 m, 2 baris	1,31a	32,76a	0,29
<i>Flemingia congesta</i> , jarak alley 6 m, 2 baris	0,45a	11,45a	0,10

Sumber: Erfandi *et al.* (1989)

Bahan tanaman pagar tidak selalu tersedia di sekitar petani sehingga bantuan benih/bibit tanaman pagar akan sangat membantu penerapannya di lapangan. Analisis kebutuhan tenaga dalam penerapan sistem pertanaman lorong secara rinci adalah sebagai berikut (Agus *et al.*, 1999):

- a. Penanaman dengan menggunakan bahan tanaman berupa bibit (tanaman muda) dan rumput membutuhkan tenaga kerja 100-200 HOK/ha tergantung kelerengan. Perawatannya hanya membutuhkan tenaga kerja antara 20-25 HOK/ha. Apabila memerlukan penanaman rumput akan membutuhkan 20-40 HOK/ha.
- b. Penanaman dengan menggunakan bahan tanaman berupa stek membutuhkan tenaga kerja antara 20-40 HOK/ha dengan kebutuhan perawatan per tahun mencapai 25-30 HOK/ha.
- c. Penanaman secara langsung hanya membutuhkan tenaga kerja 6-12 HOK/ha dengan perawatan pertahun mencapai 25-30 HOK/ha.

Berbagai tanaman pagar yang umumnya adalah tanaman pohon telah diteliti dan diidentifikasi sifat-sifat pertumbuhannya. Banyak tanaman mempunyai pertumbuhan yang cepat seperti *Kaliandra* dan *Gliricidia* yang sangat efektif untuk digunakan sebagai tanaman pagar (Tabel 5).

Tabel 5. Beberapa jenis tanaman yang dapat digunakan sebagai tanaman pagar

Spesies	Jenis	Pertumbuhan
<i>Caliandra callothyrus</i>	Legum pohon	Cepat
<i>Gliricidia sepium</i>	Legum pohon	Cepat
<i>Leucaena leucocephala</i>	Legum pohon	Cepat
<i>Leucaena diversifolia</i>	Legum pohon	Cepat
<i>Flemingia congesta</i>	Legum perdu	Lambat
<i>Flemingia macrophylla</i>	Legum perdu	Lambat
<i>Capanus cajosi</i>	Legum perdu	Sedang
<i>Cajanus cajan</i>	Legum perdu	Sedang
<i>Dalbergia sisso</i>	Legum pohon	Sedang/cepat
<i>Desmantus virgatus</i>	Legum perdu	Lambat/sedang
<i>Tephrosia volgelli</i>	Legum pohon	Cepat

Sumber: Abdurachman *et al.* (1997)

### 3.2.2.3. Talun hutan rakyat

Talun adalah lahan di luar wilayah permukiman penduduk yang ditanami tanaman tahunan yang dapat diambil kayu maupun buahnya. Sistem ini tidak memerlukan perawatan intensif dan hanya dibiarkan begitu saja sampai saatnya panen. Karena tumbuh sendiri secara spontan, maka jarak tanam sering tidak seragam, jenis tanaman sangat beragam dan kondisi umum lahan seperti hutan alami. Ditinjau dari segi konservasi tanah, talun hutan rakyat dengan kanopi yang rapat dapat mencegah erosi secara maksimal juga secara umum mempunyai fungsi seperti hutan.

### 3.2.2.4. Kebun campuran

Berbeda dengan talun hutan rakyat, kebun campuran lebih banyak dirawat. Tanaman yang ditanam adalah tanaman tahunan yang dimanfaatkan hasil buah, daun, dan kayunya. Kadang-kadang juga ditanam dengan tanaman semusim. Apabila proporsi tanaman semusim lebih besar daripada tanaman tahunan, maka lahan tersebut disebut tegalan. Kebun campuran ini mampu mencegah erosi dengan baik karena kondisi penutupan tanah yang rapat sehingga butiran air hujan tidak langsung mengenai permukaan tanah. Kerapatan tanaman juga mampu mengurangi laju aliran permukaan. Hasil tanaman lain di luar tanaman semusim mampu mengurangi risiko akibat gagal panen dan meningkatkan nilai tambah bagi petani.

### 3.2.2.5. Pekarangan

Pekarangan adalah kebun di sekitar rumah dengan berbagai jenis tanaman baik tanaman semusim maupun tanaman tahunan. Lahan tersebut mempunyai manfaat tambahan bagi keluarga petani, dan secara umum merupakan gambaran kemampuan suatu keluarga dalam mendayagunakan potensi lahan secara optimal. Tanaman yang umumnya ditanam di lahan pekarangan petani adalah ubi kayu, sayuran, tanaman buah-buahan seperti tomat, pepaya, tanaman obat-obatan seperti kunyit, temulawak, dan tanaman lain yang umumnya bersifat subsisten.

### 3.2.2.6. Tanaman pelindung

Tanaman pelindung adalah tanaman tahunan yang ditanam di sela-sela tanaman pokok tahunan. Tanaman pelindung ini dimaksudkan untuk mengurangi intensitas penyinaran matahari, dan dapat melindungi tanaman pokok dari bahaya erosi terutama ketika tanaman pokok masih muda. Tanaman pelindung ini dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu:

- a. Tanaman pelindung sejenis yang membentuk suatu sistem wanatani sederhana (*simple agroforestry*). Misalnya tanaman pokok berupa tanaman kopi dengan satu jenis tanaman pelindung misalnya: gamal (*Gliricidia sepium*), dadap (*Erythrina subumbrans*), lamtoro (*Leucaena leucocephala*) atau kayu manis (*Cinnamomum burmanii*).
- b. Tanaman pelindung yang beraneka ragam dan membentuk wanatani kompleks (*complex agroforestry* atau sistem multistrata). Misalnya tanaman pokok berupa tanaman kopi dengan dua atau lebih tanaman pelindung misalnya: kemiri (*Aleurites moluccana*), jengkol (*Pithecellobium jiringa*), petai (*Perkia speciosa*), kayu manis, dadap, lamtoro, gamal, durian (*Durio zibethinus*), alpukat (*Persea americana*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), cempedak (*Artocarpus integer*), dan lain sebagainya.

Tajuk tanaman yang bertingkat menyebabkan sistem ini menyerupai hutan, yang mana hanya sebagian kecil air yang langsung menerpa permukaan tanah. Produksi serasah yang banyak juga menjadi keuntungan tersendiri dari sistem ini.

### 3.2.2.7. Silvipastura

Sistem silvipastura sebenarnya adalah bentuk lain dari sistem tumpang sari, tetapi yang ditanam di sela-sela tanaman tahunan bukan tanaman pangan melainkan tanaman pakan ternak seperti rumput gajah (*Pennisetum purpureum*), rumput raja (*Pennisetum purpoides*), dan lain-lain. Silvipastura umumnya berkembang di daerah yang mempunyai banyak hewan ruminansia. Hasil kotoran hewan ternak tersebut dapat dipergunakan sebagai pupuk kandang, sementara hasil hijauannya dapat dimanfaatkan sebagai bahan pakan ternak. Sistem ini dapat dipakai untuk mengembangkan peternakan sebagai komoditas unggulan di suatu daerah.

### 3.2.2.8. Pagar hidup

Pagar hidup adalah sistem pertanaman yang memanfaatkan tanaman sebagai pagar untuk melindungi tanaman pokok (Gambar 5). Manfaat tanaman pagar antara lain adalah melindungi lahan dari bahaya erosi baik erosi air maupun angin. Tanaman pagar sebaiknya tanaman yang mempunyai akar dalam dan kuat, menghasilkan nilai tambah bagi petani baik dari hijauan, buah maupun dari kayu bakarnya.



Gambar 5. Pagar hidup dengan tanaman *Gliricidia sepium* untuk melindungi tanaman padi gogo. Foto : F. Agus

Untuk tanaman pagar dapat dipilih jenis pohon yang berfungsi sebagai sumber pakan ternak, jenis tanaman yang dapat menghasilkan kayu bakar, atau jenis-jenis lain yang memiliki manfaat ganda. Tanaman-tanaman tersebut ditanam dengan jarak yang rapat (< 10 cm). Karena tinggi tanaman bisa mencapai 1,5 – 2 m maka pemangkasan sebaiknya dilakukan 1-2 kali setahun (Agus *et al.*, 1999).

### **3.2.3. Strip rumput**

Teknik konservasi dengan strip rumput (*grass strip*) biasanya menggunakan rumput yang didatangkan dari luar areal lahan, yang dikelola dan sengaja ditanam secara strip menurut garis kontur untuk mengurangi aliran permukaan dan sebagai sumber pakan ternak (Gambar 6). Penelitian yang dilakukan oleh Suhardjo *et al.* (1997), Abdurachman *et al.* (1982), dan Abujamin (1978), membuktikan bahwa untuk lahan dengan lereng di bawah 20% sistem ini sangat efektif menahan partikel tanah yang tererosi dan menahan aliran permukaan. Tetapi apabila lahan mempunyai lereng di atas 20% dibutuhkan tindakan konservasi lainnya seperti *alley cropping* atau teras bangku. Rumput yang ditanam sebaiknya dipilih dari jenis yang berdaun vertikal sehingga tidak menghalangi kebutuhan sinar matahari bagi tanaman pokok, tidak banyak membutuhkan ruangan untuk pertumbuhan vegetatifnya, mempunyai perakaran kuat dan dalam, cepat tumbuh, tidak menjadi pesaing terhadap kebutuhan hara tanaman pokok dan mampu memperbaiki sifat tanah.

Penelitian selama 4 tahun di Bogor (250 m dpl) yang dilakukan oleh Abujamin *et al.* (1983) menggunakan rumput bede (*Brachiaria decumbens*) sebagai strip selebar 0,5 m dan rumput bahia (*Paspalum notatum*) sebagai strip selebar 1 m pada lahan dengan lereng 15-22%, menunjukkan bahwa penggunaan strip rumput dapat menekan tingkat erosi dengan baik. Strip rumput bahia selebar 1 m mampu menekan erosi sampai mendekati 0 t/ha pada tahun kedua setelah penanaman. Sedangkan strip rumput bahia selebar 0,5 m membutuhkan waktu hampir 4 tahun untuk dapat menekan erosi mendekati 0 t/ha. Aliran permukaan pada strip rumput bahia tahun keempat 189 m<sup>3</sup>/ha (1,03% curah hujan), lebih baik dibandingkan

dengan strip rumput bede (760 m<sup>3</sup>/ha atau 4,16% curah hujan) pada tahun yang sama.

Faktor tumbuh tanaman rumput, jarak tanam dalam satu strip, dan jarak antar-strip sangat menentukan efektifitas pengendalian erosi. Penelitian terhadap efektifitas berbagai macam strip rumput yang dilakukan Suhardjo *et al.* (1997), menunjukkan bahwa tingkat erosi pada tahun pertama masih tinggi karena rumput belum tumbuh optimal. Pertumbuhan rumput yang lebih baik pada tahun kedua mampu menekan jumlah tanah tererosi antara 30-60% pada kemiringan di bawah 20%. Sedimen yang tertahan lama kelamaan akan mendekati bentuk datar sehingga menciptakan bidang teras alami. Abujamin *et al.* (1983) melaporkan bahwa setelah 4 tahun (1976/1977 sampai dengan 1979/1980) strip rumput bahia menghasilkan teras alami hasil endapan partikel tanah terangkut dengan ketinggian sekitar 25-30 cm, sedangkan pada strip rumput bede sekitar 50-60 cm.



Gambar 6. Strip rumput gajah (*Pennisetum purpureum*) sebagai tanaman penguat teras. Foto : F. Agus

Strip rumput sangat bagus jika dikombinasikan dengan usaha peternakan. Penelitian yang dilakukan oleh Watung *et al.* (2003) dan Subagyo *et al.* (2004) di sub-DAS Babon, Ungaran, Jawa Tengah, menunjukkan bahwa integrasi penanaman rumput baik secara strip maupun ditanam pada sebagian bidang olah dengan penggembukan sapi terbukti memberikan alternatif yang dapat ditempuh untuk mewujudkan implementasi teknologi konservasi secara berkelanjutan.

Hasil pangkasan strip dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak sedangkan kotoran ternak dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kandang. Di wilayah sentra produksi peternakan, teknik ini mudah diadopsi oleh peternak. Walaupun tingkat kebutuhan hijauan pakan ternak lebih besar daripada kontribusi pupuk kandang ke lahan pertanian, kondisi ini dapat diatasi dengan penanaman rumput secara khusus (padang rumput). Aspek keterjangkauan lahan dari permukiman penduduk desa juga perlu dipertimbangkan karena seringkali strip berupa pakan ternak tersebut dicuri.

Kebutuhan tenaga kerja dalam penerapan sistem strip rumput cukup efisien dan lebih sedikit dibandingkan dengan sistem pertanaman lorong (Tabel 6).

Dalam upaya lebih meningkatkan efektifitasnya dalam menahan erosi, strip rumput dapat dikombinasikan dengan mulsa (Gambar 7). Selain bertujuan untuk menahan erosi, sistem ini juga efektif dalam mempertahankan kelengasan tanah.

Tabel 6. Kebutuhan tenaga kerja dalam pembuatan sistem strip rumput (lebar 0,5 m)

Lereng	Jarak horizontal	Tenaga kerja		Pengurangan luas areal pertanaman jagung
		Penanaman rumput	Pemeliharaan / tahun	
%	m	— HOK/ha —		%
5	40	0,5	2	1
8	20	1	4	3
15	10	2	8	5
30	5	3	15	10
60	2,5	7	30	20

Keterangan: kedalaman solum tanah >10 cm

Sumber: Agus *et al.* (1999)

Strip rumput dapat dikombinasikan dengan teknik konservasi secara mekanis seperti penerapan teras. Penanaman strip rumput di

bibir teras sampai tampingan teras menghasilkan pengurangan tingkat erosi 30-50% dibandingkan bila strip rumput hanya ditanam di bibir teras saja. Menurut Suhardjo *et al.* (1997), pada tanah Inceptisols dengan curah hujan 1.441,8 mm/musim tanam maupun Entisols dengan curah hujan 1.625,5 mm/musim tanam, strip rumput yang ditanam di bibir teras saja ternyata masih menghasilkan erosi yang tinggi yaitu 20 t/ha/musim tanam.

### 3.2.4. Mulsa

Dalam konteks umum, mulsa adalah bahan-bahan (sisa tanaman, serasah, sampah, plastik atau bahan-bahan lain) yang disebar atau menutup permukaan tanah untuk melindungi tanah dari kehilangan air melalui evaporasi (Gambar 8). Mulsa juga dapat dimanfaatkan untuk melindungi permukaan tanah dari pukulan langsung butiran hujan sehingga mengurangi terjadinya erosi percik (*splash erosion*), selain mengurangi laju dan volume limpasan permukaan (Suwardjo, 1981). Bahan mulsa yang sudah melapuk akan menambah kandungan bahan organik tanah dan hara. Mulsa mampu menjaga stabilitas suhu tanah pada kondisi yang baik untuk aktivitas mikroorganisma. Relatif rendahnya evaporasi, berimplikasi pada stabilitas kelengasan tanah. Secara umum mulsa berperan dalam perbaikan sifat fisik tanah. Pemanfaatan mulsa di lahan pertanian juga dimaksudkan untuk menekan pertumbuhan gulma.



Gambar 7. Strip vetiver dan mulsa untuk mencegah erosi di lahan pertanaman jagung



Gambar 8. Aplikasi mulsa pada pertanaman jagung (Abdurachman dan Sutono 2002)

Dalam bahasan ini, mulsa sisa tanaman atau bahan-bahan lain dari tanaman yang berfungsi untuk konservasi tanah dan air diuraikan. Peran mulsa dalam menekan laju erosi sangat ditentukan oleh bahan mulsa, persentase penutupan tanah, tebal lapisan mulsa, dan daya tahan mulsa terhadap dekomposisi (Abdurachman dan Sutono, 2002). Menurut Suwardjo *et al.* (1989), dalam jangka panjang olah tanah minimum dan pemberian mulsa dapat menurunkan erosi hingga di bawah ambang batas yang dapat diabaikan (*tolerable soil loss*). Sebaliknya pada tanah yang diolah dan tanpa diberi mulsa, erosi terjadi makin besar (Tabel 7).

Hasil penelitian telah membuktikan bahwa pemberian mulsa mampu meningkatkan laju infiltrasi. Lal (1978) melaporkan bahwa pemberian mulsa sisa tanaman sebanyak 4-6 t/ha mampu mempertahankan laju infiltrasi, serta menurunkan kecepatan aliran permukaan dan erosi pada tingkat yang masih dapat diabaikan (Gambar 9).

Menurut Kurnia *et al.* (1997), mulsa jerami ditambah dengan mulsa dari sisa tanaman sangat efektif dalam mengurangi erosi serta

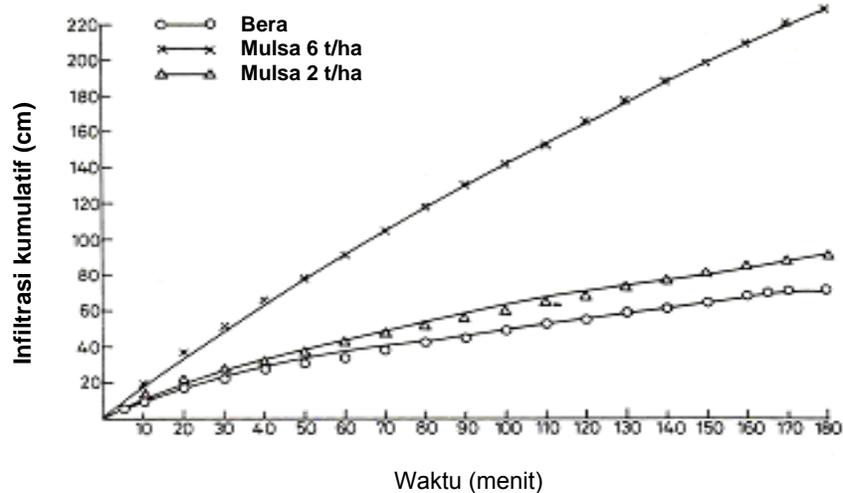
mengurangi konsentrasi sedimen dan hara yang hilang akibat erosi (Tabel 8). Erfandi *et al.* (1994) melaporkan, bahwa hasil pangkasan rumput vetiver yang dijadikan mulsa pada tahun ketiga penelitian sebanyak 5-6 t/ha mampu meningkatkan kadar C dan N tanah masing-masing sebesar 37-70%. Dari penelitian tentang mulsa dan pupuk hijau Sonosiso (*Dalbergia siso*) yang dilakukan oleh Haryati *et al.* (1990) di Desa Gondanglegi, Kabupaten Boyolali dapat disimpulkan bahwa cara pemberian pupuk hijau dengan cara dimulsakan lebih efisien/menguntungkan dibandingkan dengan cara pembenaman ke dalam tanah.

Tabel 7. Pengaruh pemberian mulsa terhadap erosi

Perlakuan	Erosi		
	1979/ 1980	1980/ 1981	1981/ 1082
	———— t/ha ———		
<b>Tropudult Pekalongan (Lampung), lereng 3,5%</b>			
• Bera (tanpa tanaman)	97,8	144,5	102,8
• Tanpa mulsa, diolah, ditanami	2,4	7,1	39,7
• Dengan mulsa, olah tanah minimum, ditanami	0,3	0,3	0,0
<b>Haplorthox (Bogor), lereng 14%</b>			
• Bera (tanpa tanaman)	482,8	440,7	td
• Tanpa mulsa, diolah, ditanami	218,8	227,2	108,6
• Dengan mulsa, olah tanah minimum, ditanami	24,5	3,8	2,9

td : tidak diukur

Sumber : Wardjo *et al.* (1989)



Gambar 9. Pengaruh mulsa terhadap infiltrasi kumulatif (Lal, 1978)

Tabel 8. Jumlah C-organik dan unsur hara makro yang hilang akibat erosi di Kampung Kebon Panas, Bogor

Perlakuan	Erosi	C-organik	Hara makro		
			N	P	K
			kg/ha		
Tanpa perlakuan	93.480	5.973,6	1.065,8	108,5	197,0
40 t/ha pupuk kandang + 6 t/ha mulsa <i>Flemingia congesta</i>	19.950	1.057,5	292,2	35,5	68,2
10 t/ha mulsa jerami padi + 7 t/ha mulsa batang dan daun jagung + 6 t/ha mulsa <i>Flemingia congesta</i>	1.960	158,1	38,4	5,5	8,9
7,75 t/ha mulsa <i>Mucuna</i> sp. + 6 t/ha mulsa <i>Flemingia congesta</i>	14.190	1.014,6	196,5	29,1	45,2

Data diperoleh selama pertanaman jagung musim hujan 1994/1995  
Sumber: Kurnia *et al.*, 1997

Mulsa yang diberikan sebaiknya berupa sisa tanaman yang tidak mudah terdekomposisi misalnya jerami padi dan jagung dengan takaran yang disarankan adalah 6 t/ha atau lebih. Bahan mulsa sebaiknya dari bahan yang mudah diperoleh seperti sisa tanaman pada areal lahan masing-masing petani sehingga dapat menghemat biaya, mempermudah pembuangan limbah panen sekaligus mempertinggi produktivitas lahan.

### 3.2.5. Sistem penanaman menurut strip

Penanaman menurut strip (*strip cropping*) adalah sistem pertanaman, dimana dalam satu bidang lahan ditanami tanaman dengan jarak tanam tertentu dan berselang-seling dengan jenis tanaman lainnya searah kontur. Misalnya penanaman jagung dalam satu strip searah kontur dengan lebar strip 3-5 m atau 5-10 m tergantung kemiringan lahan, di lereng bawahnya ditanam kacang tanah dengan sistem sama dengan penanaman jagung, strip rumput atau tanaman penutup tanah yang lain (Gambar 10).

Semakin curam lereng, maka strip yang dibuat akan semakin sempit sehingga jenis tanaman yang berselang-seling tampak lebih rapat. Sistem ini sangat efektif dalam mengurangi erosi hingga 70-75% (FAO, 1976) dan vegetasi yang ditanam (dari jenis legum) akan mampu memperbaiki sifat tanah walaupun terjadi pengurangan luas areal tanaman utama sekitar 30-50%.



Gambar 10. Sistem penanaman menurut strip searah kontur (Troeh *et al.*, 1980)

Sistem ini biasa diterapkan di daerah dengan topografi berbukit sampai bergunung dan biasanya dikombinasikan dengan teknik konservasi lain seperti tanaman pagar, saluran pembuangan air, dan lain-lain. Penanaman menurut strip merupakan usaha pengaturan tanaman sehingga tidak memerlukan modal yang besar.

### 3.2.6. Barisan sisa tanaman

Pada dasarnya, sistem barisan sisa tanaman (*trash line*) ini sama dengan sistem strip. Sistem ini adalah teknik konservasi tanah yang bersifat sementara dimana gulma/rumput/sisa tanaman yang disiangi ditumpuk berbaris (Gambar 11). Untuk daerah berlereng biasanya

ditumpuk mengikuti garis kontur. Penumpukan ini selain dapat mengurangi erosi dan menahan laju aliran permukaan juga bisa berfungsi sebagai mulsa.

Ketersediaan bahan sisa tanaman harus cukup banyak sehingga penumpukannya membentuk struktur yang lebih kuat. Sisa tanaman tersebut lemah dalam menahan gaya erosi air dan akan cepat terdekomposisi sehingga mudah hanyut. Penggunaan kayu-kayu pancang diperlukan untuk memperkuat barisan sisa tanaman ini. Sistem ini cukup bagus untuk mempertahankan ketersediaan hara melalui dekomposisi bahan organik dan melindungi tanah dari bahaya erosi sampai umur tanaman <5 bulan (Dariah *et al.*, 1998).



Gambar 11. Barisan sisa tanaman jagung sebagai salah satu tindakan konservasi tanah. Foto : S. Sutono

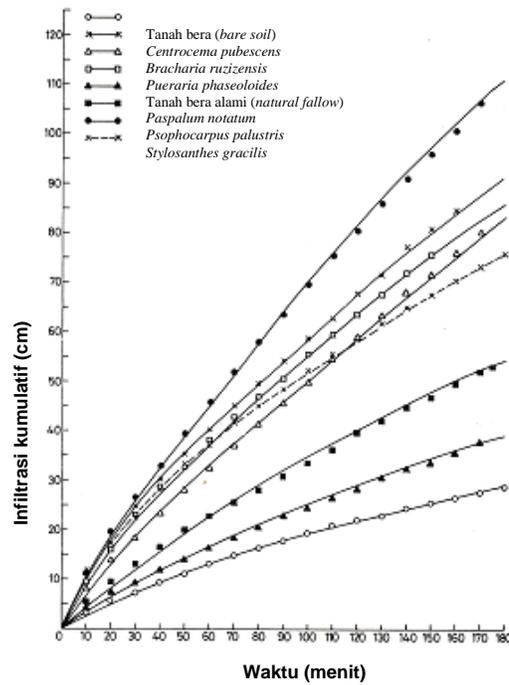
Barisan sisa tanaman tidak memerlukan banyak tenaga kerja. Untuk pembuatan barisan sisa tanaman hanya memerlukan antara 10-30 HOK/ha (Agus *et al.*, 1999). Pada tahun kedua perlu dibuat barisan sisa tanaman yang baru.

### 3.2.7. Tanaman penutup tanah

Tanaman penutup tanah (*cover crop*) adalah tanaman yang biasa ditanam pada lahan kering dan dapat menutup seluruh permukaan tanah (Gambar 12). Tanaman yang dipilih sebagai tanaman penutup tanah umumnya tanaman semusim/tahunan dari jenis legum yang mampu tumbuh dengan cepat, tahan kekeringan, dapat memperbaiki sifat tanah (fisik, kimia, dan biologi) dan menghasilkan umbi, buah, dan daun. Sebagaimana dilaporkan Lal (1978), tanaman penutup tanah mampu meningkatkan laju infiltrasi. Laju infiltrasi pada tanah bera (*bare soil*) atau belum ditanami, tanah bera alami (*natural fallow*), tanah yang ditanami *Paspalum notatum*, *Stylosanthes gracilis*, *Bracharia ruziensis*, *Pueraria phaseoloides*, *Centrocema pubescens*, dan *Psophocarpus palustris* masing-masing adalah 6; 7,5; 8; 18; 21; 25; dan 33 cm/jam, sedangkan kumulatif infiltrasi pada masing-masing perlakuan disajikan pada Gambar 13.



Gambar 12. Tanaman penutup tanah jenis *Mucuna* sp. Foto : S. Sutono



Gambar 13.

Pengaruh tanaman penutup tanah terhadap infiltrasi kumulatif pada tanah seri Egbeda di Nigeria (Lal, 1978)

Tanaman penutup tanah dibedakan menjadi empat (Agus *et al.*, 1999), yaitu: (1) tanaman penutup tanah rendah seperti *Centrosema pubescens*, pueraria (*Pueraria javanica*) dan bengkok (*Mucuna sp.*); (2) tanaman penutup tanah sedang seperti lamtoro (*Leucaena leucocephala*) dan gamal (*Gliricidia sepium*); (3) tanaman penutup tanah tinggi seperti sengon (*Perisierianthes falcataria*); dan (4) belukar lokal.

Tanaman penutup tanah rendah, dapat ditanam bersama tanaman pokok maupun menjelang tanaman pokok ditanam. Tanaman penutup tanah sedang dan tinggi pada dasarnya seperti tanaman sela dimana tanaman pokok ditanam di sela-sela tanaman penutup tanah. Dapat juga tanaman pokok ditanam setelah tanaman penutup tanah dipanen.

Tanaman penutup tanah dimaksudkan untuk menambah penghasilan petani dari hasil panennya, selain itu juga untuk memperbaiki sifat tanah karena mampu menambat N dari udara dan sisa tanamannya dapat dijadikan sumber bahan organik. Sebagai contoh tanaman penutup tanah dari jenis legum seperti *Mucuna* sp. sangat besar kontribusinya dalam memperbaiki produktivitas tanah. Selain mampu mengurangi pengaruh keracunan Al pada tanaman, *Mucuna* sp. juga merupakan sumber unsur hara bagi tanaman. Kandungan hara *Mucuna* sp. sebagai berikut: N=2,32%; P=0,20%; dan K=1,97% (Adiningsih dan Mulyadi, 1992). Ini berarti bahwa setiap pengembalian 1 t biomassa kering *Mucuna* sp. sebagai mulsa, maka akan diperoleh sekitar 23 kg N; 2 kg P dan 20 kg K yang setara dengan 52 kg urea; 10 kg TSP, dan 39 kg KCl. Hasil ini jelas akan memberikan sumbangan yang tidak sedikit bagi petani dalam memenuhi kebutuhan lahannya terhadap pupuk.

### 3.2.8. Penyiangan parsial

Penyiangan parsial merupakan teknik dimana lahan tidak disiangi seluruhnya yaitu dengan cara menyisakan sebagian rumput alami maupun tanaman penutup tanah (lebar sekitar 20-30 cm) sehingga di sekitar batang tanaman pokok akan bersih dari gulma. Tanaman penutup tanah yang tidak disiangi akan berfungsi sebagai penahan erosi. Pada dasarnya teknik ini menyerupai strip rumput dimana vegetasi gulma mampu menahan aliran permukaan dan mengendapkan material terangkut. Hasil tanaman yang disiangi dikembalikan ke lahan atau ditumpuk sebagai barisan sisa tanaman sehingga dapat menambah bahan organik bagi tanah dan memperbaiki sifat tanah.

Teknik penyiangan yang termasuk dalam penyiangan parsial adalah:

#### 3.2.8.1 Strip tumbuhan alami (*natural vegetative strips* = NVS)

Pada dasarnya teknik ini adalah menyisakan sebagian lahan yang tidak disiangi dan tidak ditanami sehingga rumput alami tumbuh membentuk strip yang kurang lebih sejajar dengan garis kontur. Teknik ini banyak diterapkan untuk tanaman semusim dan sudah berkembang di Mindanao Utara, Filipina (Agus *et al.*, 2002). Meskipun teknik ini efektif mengurangi erosi, tetapi teknik ini juga mengurangi areal produktif lahan pertanian sekitar 5-15%.

### 3.2.8.2. Penyiangan sekeliling batang tanaman pokok

Teknik ini dapat diterapkan pada penyiangan dimana tanah tertutupi oleh gulma rumput maupun tanaman penutup tanah lain yang sengaja ditanam. Penyiangan dilakukan di sekeliling batang tanaman pokok dengan diameter sekitar 120 cm (Gambar 14). Dengan memanfaatkan teknik penyiangan ini pada areal tanaman kopi umur satu tahun dengan kemiringan lereng 60% dan curah hujan sebesar 1.338 mm (selama 6 bulan dari tanggal 1 Mei sampai 30 Oktober 1980) tingkat aliran permukaan hanya sebesar 1,8% dari curah hujan dan erosi sebesar 1,9 t/ha. Sedangkan pada tanaman kopi umur 3 tahun dengan lereng 62-63% dan umur 16 tahun dengan kelerengan 46-49%, curah hujan yang sama menghasilkan aliran permukaan berturut-turut sebesar 3,4% dan 6,3% dari jumlah curah hujan dan erosi yang dihasilkan berturut-turut sebesar 1,6 dan 1,3 t/ha (Gintings, 1982 dalam Agus *et al*, 2002). Penyiangan sekeliling batang tanaman pokok ini juga dimaksudkan, untuk mencegah hama dan penyakit menyerang tanaman pokok dengan tetap memelihara keberadaan tanaman penutup tanah.



Gambar 14. Sistem penyiangan parsial pada pertanaman lada dengan penutup tanah *Arachis pintoi* di Sumberjaya, Lampung. Foto : F. Agus

### 3.2.9. Penerapan pola tanam

Pola tanam adalah sistem pengaturan waktu tanam dan jenis tanaman sesuai dengan iklim, kesesuaian tanah dengan jenis tanaman, luas lahan, ketersediaan tenaga, modal, dan pemasaran. Pola tanam berfungsi meningkatkan intensitas penutupan tanah dan mengurangi terjadinya erosi. Biasanya petani sudah mempunyai pengetahuan tentang pola tanam yang cocok dengan keadaan biofisik dan sosial ekonomi keluarganya berdasarkan pengalaman dan kebiasaan pendahulunya. Pengalaman menunjukkan bahwa dalam suatu usaha tani, erosi masih terjadi. Pemilihan pola tanam yang tepat dapat meningkatkan keuntungan bagi petani dan meningkatkan penutupan tanah sehingga erosi dapat dikurangi. Misalnya penanaman padi gogo yang disisipi jagung pada awal musim hujan, setelah panen disusul penanaman kedelai dan pada saat bera ditanami benguk (*Mucuna* sp.). Jenis tanaman dapat lebih bervariasi tergantung keinginan petani dan daya dukung lahannya.

Pertanaman majemuk yang merupakan salah satu bagian dalam pola tanam pada dasarnya merupakan sistem dimana satu bidang olah ditanami lebih dari satu jenis tanaman pangan. Misalnya dalam satu bidang olah ditanami sekaligus tanaman jagung, padi gogo, mukuna (benguk), dan kedelai. Sistem ini bertujuan untuk mempertinggi intensitas penggunaan lahan, dan dapat mengurangi risiko gagal panen untuk salah satu tanaman, meningkatkan nilai tambah bagi petani dan juga termasuk tindakan pengendalian hama dan pengendalian erosi. Pada tahun 1974, hasil penelitian IRRI membuktikan bahwa populasi hama penggerek jagung (*Ostrinia nubilalis*) pada penanaman tumpang sari antara jagung dan kacang tanah berada dalam jumlah yang lebih kecil dibandingkan dengan jumlah populasi hama tersebut pada saat jagung ditanam secara monokultur.

Dengan penerapan pertanaman majemuk, penutupan tanah akan lebih rapat sehingga mampu melindungi tanah dari pukulan air hujan secara langsung dan menahan aliran permukaan. Sistem pertanaman yang termasuk sistem pertanaman majemuk adalah sistem pergiliran tanaman (*crop rotation*), tumpang sari (*inter cropping*), dan tumpang gilir (*relay cropping*).

### **3.2.9.1. Pergiliran tanaman**

Pergiliran tanaman (*crop rotation*) adalah sistem bercocok tanam dimana sebidang lahan ditanami dengan beberapa jenis tanaman secara bergantian. Tujuan utama dari sistem ini adalah untuk memutuskan siklus hama dan penyakit tanaman dan untuk meragamkan hasil tanaman. Pergantian tanaman ada yang dilakukan secara intensif dimana setelah panen tanaman pertama kemudian langsung ditanami tanaman kedua dan ada pula yang dibatasi periode bera. Daerah yang memiliki musim kering (MK) <4 bulan sangat baik untuk menerapkan sistem ini.

Pada Tabel 9 secara umum disajikan data rata-rata erosi pada tanah Tropaqualfs dengan pola pergiliran tanaman. Penggunaan sistem pergiliran tanaman intensif secara berurutan, antara tanaman pertama yang disusul tanaman kedua dan seterusnya mampu menekan erosi secara nyata dibandingkan lahan yang hanya diolah tanpa ditanami. Pengaruh nyata tersebut dihasilkan dari fungsi tanaman sebagai pengikat tanah (nilai C koefisien tanaman = 0,371) serta penambahan bahan organik dari sisa tanaman tersebut sebagai mulsa dan pembenah tanah sehingga tahan terhadap erosi. Penggunaan sistem ini disarankan untuk tetap menggunakan pupuk dan teknik konservasi tanah, sehingga hasil tanaman dapat maksimal dan lahan yang dipergunakan dapat terjaga produktivitasnya.

Dari segi konservasi tanah, pergiliran tanaman memberikan peluang untuk mempertahankan penutupan tanah, karena tanaman kedua ditanam setelah tanaman pertama dipanen. Demikian seterusnya, sehingga sepanjang tahun intensitas penutupan tanah senantiasa dipertahankan. Kondisi ini akan mengurangi risiko tanah tererosi akibat terpaan butir-butir air hujan dan aliran permukaan.

### **3.2.9.2. Tumpang sari**

Tumpang sari (*intercropping*) adalah sistem bercocok tanam dengan menggunakan dua atau lebih jenis tanaman yang ditanam serentak/bersamaan pada sebidang tanah. Sistem tumpang sari sebagian besar dikelola pada pertanian lahan kering yang hanya menggantungkan air hujan sebagai sumber air utama. Sistem tumpang sari adalah salah satu usaha konservasi tanah yang efektif dalam memanfaatkan luas lahan. Tanaman yang ditanam dapat berupa jagung dengan kacang tanah, jagung dengan kedelai, dan sebagainya. Tanaman tersebut dapat berupa tanaman penambat

nitrogen, berperakaran dalam maupun dangkal yang pada prinsipnya saling menguntungkan.

Tabel 9. Rata-rata erosi pada tanah TropudalFs Putat (DI Yogyakarta) dan TropaqualFs Punung (Jawa Timur) dengan pola pergiliran tanaman

Perlakuan	Putat		Punung	
	1979/1980	1980/1981	1979/1980	1980/1981
	t/ha			
Kontrol	259,1	607,2	375,2	447,8
Berurutan*	142,2	158,8	121,6	157,7
Berurutan + mulsa sisa tanaman	100,6	170,4	106,0	76,4
Berurutan + strip <i>Crotolaria</i> + mulsa sisa tanaman	106,7	144,9	t.p	t.p
Berurutan + pupuk kandang + mulsa jerami	32,1	82,2	1,3	54,8
Jumlah hujan	1.609	2.139	1.598	2.037
Indeks erosivitas hujan ( $EI_{30}$ )	1.110	1.627	1.499	1.366

t.p: tidak ada perlakuan

\* padi-jagung

Sumber: Abdurachman *et al.* (1985)

Kerapatan penutupan tanah akan sangat menguntungkan untuk pencegahan erosi, mempertahankan kadar lengas tanah karena evaporasi terhambat, memperbaiki kondisi tanah karena aktivitas perakaran mempertinggi bahan organik tanah. Hasil ganda yang diperoleh dalam satu luasan lahan dapat meningkatkan pendapatan petani. Setelah tanaman dalam tumpang sari tersebut dipanen sebaiknya tanah langsung ditanami dengan tanaman pangan lain ataupun tanaman penutup tanah yang mampu tumbuh cepat untuk melindungi tanah, sehingga erosi dapat dikurangi.

### 3.2.9.3. Tumpang gilir

Tumpang gilir (*relay cropping*) adalah cara bercocok tanam dimana satu bidang lahan ditanami dengan dua atau lebih jenis tanaman dengan pengaturan waktu panen dan tanam. Pada sistem ini, tanaman kedua ditanam menjelang panen tanaman musim pertama. Contohnya adalah tumpang gilir antara tanaman jagung yang ditanam pada awal musim hujan dan kacang tanah yang ditanam beberapa minggu sebelum panen jagung. Sistem ini diterapkan untuk mempertinggi intensitas penggunaan lahan. Penanaman tanaman kedua sebelum tanaman pertama dipanen

dimaksudkan untuk mempercepat penanamannya dan masih mendapatkan air hujan yang cukup untuk pertumbuhan dan produksinya. Tanaman pertama tidak terlalu terpengaruh akibat kompetisi tanaman kedua karena tanaman pertama telah melewati fase pertumbuhan vegetatifnya. Begitu pula dengan tanaman kedua yang mendapatkan air dan hara yang cukup sehingga dapat memaksimalkan pertumbuhan vegetatifnya.

Dari segi konservasi, penutupan tanah yang rapat pada tumpang gilir mempunyai pengaruh yang cukup baik dalam menahan erosi (Tabel 10). Penerapan teknik ini perlu diiringi dengan penerapan teknik konservasi tanah yang lain seperti penambahan bahan organik, penutup tanah dan jika perlu diterapkan tindakan sipil teknis. Mengingat intensitas tanaman yang tinggi, pemupukan juga perlu dilaksanakan. Penambahan sisa tanaman yang dijadikan mulsa akan mengoptimalkan kemampuan tanah dalam menahan erosi selain menyediakan kebutuhan tanaman akan hara.

Tabel 10. Rata-rata erosi pada tanah TropudalFs Putat (DI Yogyakarta) dan TropaqualFs Punung (Jawa Timur) dengan pola tumpang gilir

Perlakuan	Putat		Punung	
	1979/1980	1980/1981	1979/1980	1980/1981
	t/ha			
Kontrol	432,6	607,2	375,2	447,8
Tumpang gilir*	119,8	177,2	154,5	154,8
Tumpang gilir + mulsa sisa tanaman	54,7	142,3	139,6	84,1
Jumlah hujan	1.609	2.139	1.598	2.037
Indeks Erosivitas Hujan ( $EI_{30}$ )	1.110	1.627	1.499	1.366

\* jagung, padi, ubi kayu, sorghum, kacang tanah

Sumber: Abdurachman *et al.* (1985) dengan modifikasi

Pola tanam yang diintroduksi harus mampu meningkatkan efektivitas penggunaan lahan dan penggunaan air melalui pertimbangan biofisik lahan dan sosial ekonomi suatu wilayah. Perbedaan pola tanam menghasilkan komoditas serta intensitas pertanaman yang berbeda. Pola tanam juga diharapkan dapat meningkatkan efisiensi penggunaan hara terutama jika pola tanam yang diintroduksi mencakup tanaman-tanaman dengan kedalaman perakaran yang berbeda.

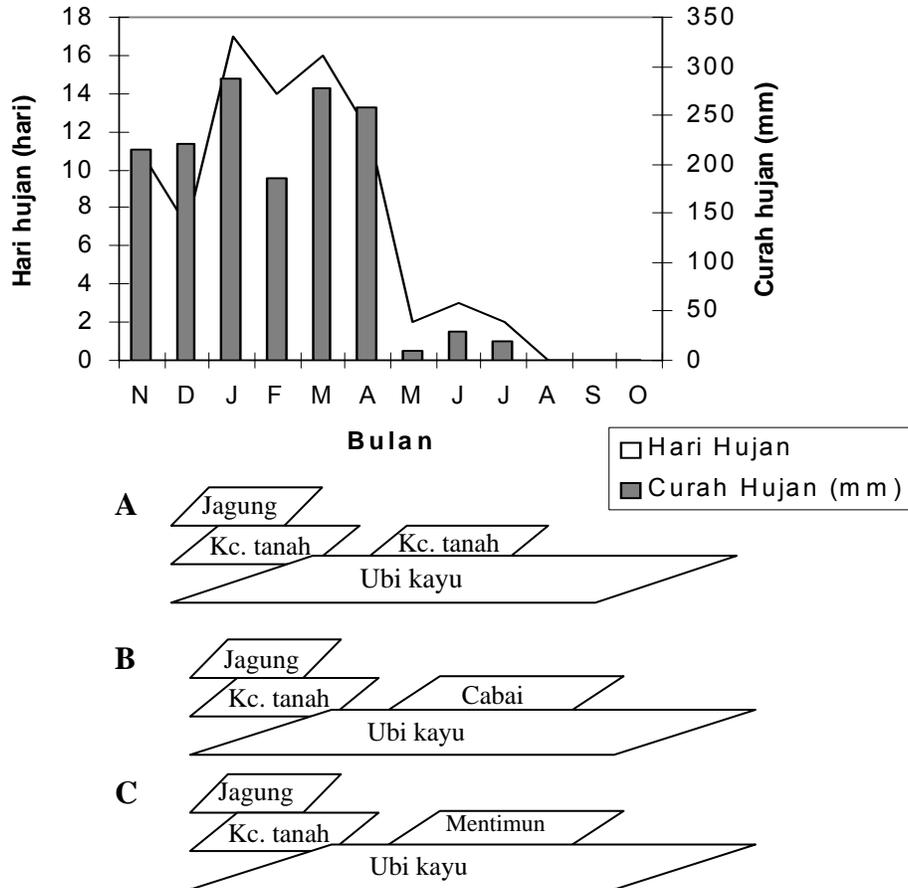
Pola tanam dengan mempertimbangkan kondisi iklim dapat disajikan sebagai berikut (Agus *et al.*, 1999):

- a. Bila bulan kering dalam satu tahun tidak ada atau hanya satu bulan, dapat dilakukan pertanaman sepanjang tahun.
- b. Bila bulan kering 2-3 bulan setahun, dapat dilakukan pertanaman sepanjang tahun tetapi dengan perencanaan lebih hati-hati terhadap teknik konservasi tanahnya, pemeliharaan, pemupukan, dan pemanenannya.
- c. Bila bulan kering 4-6 bulan setahun, dapat dilakukan dua kali penanaman dengan tumpang gilir.
- d. Bila bulan kering 7-9 bulan setahun, pertanaman dapat dilakukan sekali, selebihnya ditanami tanaman penutup tanah.
- e. Bila bulan kering sepanjang tahun, daerah tersebut tidak cocok untuk tanaman pangan bila tanpa irigasi atau sistem pemanenan air.

Penelitian tentang karakteristik curah hujan, karakteristik tanah, metode pemupukan, varietas unggul, pengendalian hama dan penyakit, pemasaran maupun sosial dan ekonomi pedesaan sangat diperlukan dalam menentukan pola tanam di suatu wilayah dan keberhasilan penerapannya oleh petani. Penerapan pola tanam tidak dapat dipisahkan dengan karakteristik curah hujan, karena tiap-tiap tanaman memiliki respon yang berbeda terhadap ketersediaan air. Karena distribusi curah hujan tidak merata sepanjang tahun, maka model pola tanam yang didasari dengan distribusi curah hujan akan memberikan hasil yang lebih baik. Gambar 15 merupakan salah satu model pola tanam yang diterapkan di DAS Jratunseluna (P3HTA, 1988). Masing-masing adalah:

- a. Model A: kacang tanah tumpang sari dengan jagung disisipi oleh ubi kayu dan diikuti oleh kacang tanah.
- b. Model B: kacang tanah tumpang sari dengan jagung disisipi oleh ubi kayu dan diikuti oleh cabai.
- c. Model C: kacang tanah tumpang sari dengan jagung disisipi oleh ubi kayu dan diikuti mentimun.

Analisis jumlah tenaga kerja per tahun yang dibutuhkan untuk pengolahan tanah, penanaman, pemeliharaan, panen dan pascapanen pada pola tanam petani model A, B dan C masing-masing adalah 475 HOK/ha, 443,4 HOK/ha, dan 370,7 HOK/ha.



Gambar 15. Hubungan curah hujan dan hari hujan dan beberapa alternatif pola tanam di Desa Kandangan, Semarang tahun 1986/1987 (P3HTA, 1988)

#### IV. IMPLEMENTASI

Hasil pengembangan teknik konservasi secara vegetatif yang sudah ada di masyarakat (*indigenous*) maupun dari hasil inovasi, perlu dikenalkan kepada masyarakat luas khususnya petani yang belum paham teknik penerapannya secara benar atau bahkan yang belum menerapkannya. Tidak semua teknik konservasi akan diterapkan oleh petani di lahannya. Petani akan menerapkan teknik konservasi sesuai dengan kemampuan dan kemauan petani itu sendiri serta dengan mempertimbangkan lingkungan, iklim, kemampuan modal, pemasaran, kemudahan dalam mendapatkan bahan tanaman, dan keuntungannya. Selain itu faktor sosial ekonomi seperti umur, jenis kelamin, pendidikan, jumlah tanggungan keluarga, kepemilikan modal, lembaga tradisional, adat istiadat, dan lain sebagainya juga sangat mempengaruhi. Dengan demikian peran penyuluh dalam menggali informasi keadaan biofisik, sosial ekonomi petani serta mendampingi petani dalam pemilihan dan penerapan teknologi konservasi sangat penting.

Untuk mencapai keberhasilan introduksi teknik konservasi tersebut diperlukan informasi-informasi yang dapat digali melalui pendekatan *participatory rural appraisal* (PRA). Teknik ini menggali informasi langsung dari petani sebagai pelaku implementasi teknik konservasi. PRA harus difasilitasi oleh berbagai bidang ilmu meliputi sosiologi, agronomi, dan konservasi tanah (Agus *et al.*, 1998). Pada Gambar 16 disajikan bagan alir tahapan implementasi sistem usaha tani konservasi.

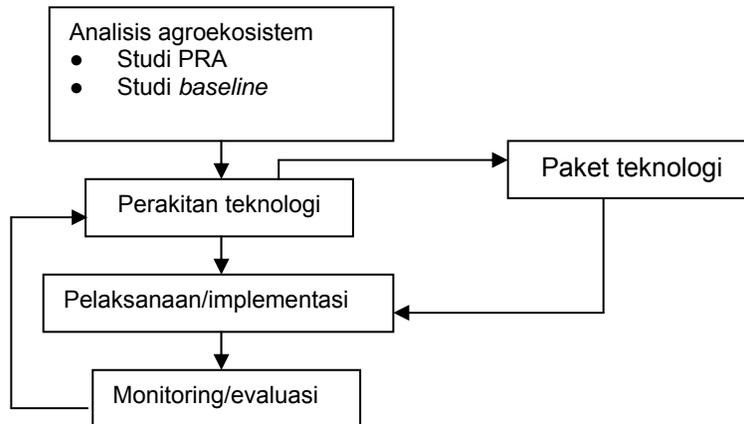
Dalam penerapannya di lapangan, biasanya suatu teknik konservasi vegetatif dikombinasikan dengan teknik konservasi vegetatif yang lain ataupun dengan konservasi mekanis/sipil teknis. Misalnya untuk teras bangku dikombinasikan dengan tanaman penguat teras dari jenis rumput-rumputan seperti rumput guatemala, raja, gajah, vetiver, dan benggala.

#### **4.1. Prospek Penerapan**

Penggunaan vegetasi sebagai sarana konservasi tanah mempunyai prospek yang besar untuk diterima oleh masyarakat petani di Indonesia, karena manfaat dan kemudahan penerapan teknik tersebut. Selain murah, teknik ini mampu memperbaiki dan meningkatkan kualitas tanah dan lingkungan. Penerapan teknik konservasi secara mekanis efektif dalam menahan erosi dan aliran

permukaan, tetapi membutuhkan modal yang besar. Bagi petani dengan kemampuan modal rendah, hal itu sangat memberatkan sehingga teknik konservasi tanah secara vegetatif menjadi pilihan petani untuk memperbaiki dan meningkatkan produktivitas lahannya.

Selain aspek konservasi tanah, penerapan teknik vegetatif menghasilkan tambahan bahan organik bagi lahan. Kombinasi antara ternak dengan vegetasi konservasi untuk pakan ternak mempunyai keuntungan ganda (Dariah *et al.*, 1998). Di satu sisi, erosi yang terjadi dapat ditekan serendah mungkin sementara hasil pangkasan dapat dijadikan pakan ternak. Di sisi lain, hasil limbah ternak berupa kotoran dan urine dapat dimanfaatkan sebagai pupuk kandang bagi tanaman pokok.



Gambar 16. Tahapan implementasi sistem usaha tani konservasi (Sekretariat Tim Pengendali Bantuan P&RP, 2000) dengan modifikasi

Pada Tabel 11 disajikan jenis teknik konservasi secara vegetatif lengkap dengan kesesuaian biofisiknya yang dapat menjadi acuan petani mengelola lahannya. Untuk implementasi di lapangan masih perlu dilihat lagi kesesuaian teknik konservasi secara vegetatif ini terhadap kondisi sosial ekonomi masyarakat, dan faktor-faktor yang berpengaruh lainnya, karena hal ini akan sangat mempengaruhi keberhasilan dan keberlanjutan penerapan teknik konservasi secara vegetatif di lahan petani.

## 4.2. Kendala Penerapan

Meskipun dari tahun ke tahun tindakan konservasi tanah di Indonesia selalu meningkat, tetapi belum dapat mencapai hasil yang optimal. Hal ini dibuktikan dengan masih banyaknya kejadian bencana alam banjir dan kekeringan serta menurunnya produktivitas tanah. Beberapa upaya sudah dilakukan untuk membuka wawasan individu, masyarakat tani, dan pihak pengambil kebijakan tentang arti penting konservasi. Kendala penerapan teknologi konservasi tanah secara vegetatif antara lain adalah ketidaktahuan petani terhadap paket teknologi konservasi maupun proses degradasi lahan akibat pengelolaan lahan yang buruk, teknik yang disarankan tidak sesuai dengan kondisi sosial ekonomi masyarakat maupun kondisi biofisik daerah setempat, dan kesulitan mendapatkan sarana yang direkomendasikan untuk diterapkan di lahan mereka. Petani juga melihat bahwa teknik vegetatif ini akan mengurangi areal produktif bagi tanaman pangan mereka. Selain itu Sekretariat Tim Pengendali Bantuan P&RP (2000) juga mencatat kendala utama penerapan teknologi konservasi sebagai berikut:

- a. Tingginya biaya serta lambatnya pengembalian investasi dari tindakan konservasi.
- b. Ketidakpastian penguasaan lahan.
- c. Petani tidak melihat keuntungan langsung dari penerapan teknik konservasi tanah.

Dengan modal yang terbatas, petani lebih memilih mengelola lahan pertaniannya seefektif mungkin untuk menghasilkan keuntungan yang sebesar-besarnya pada waktu panen. Tindakan konservasi yang baik mendapatkan porsi yang sedikit atau bahkan tidak sama sekali. Kendala-kendala tersebut harus diupayakan untuk dipecahkan bersama sehingga kualitas teknik konservasi yang sudah ada ataupun yang akan diusahakan dapat bertahan bahkan meningkat. Penerapan teknologi konservasi harus menyeluruh dengan melibatkan berbagai instansi pemerintahan, swasta dan pihak akademis dari berbagai bidang ilmu pengetahuan serta melibatkan seluruh lapisan masyarakat. Koordinasi antar-komponen yang kurang baik merupakan kendala yang menyebabkan hasil yang dicapai tidak sesuai dengan

rencana. Koordinasi mulai dari perencanaan hingga pengawasan hasil merupakan keharusan untuk mencapai hasil yang maksimal.

Penyuluh yang kurang cakap juga termasuk kendala dalam penerapan teknologi konservasi ini. Penyuluh yang tidak memahami kondisi biofisik, sosial ekonomi, karakter petani maupun cara penyampaian himbauan sebagian besar akan mengalami kegagalan. Petani sebagai ujung tombak implementasi teknologi konservasi harus diajak untuk bersama-sama memilih dan mengambil keputusan tentang teknologi yang akan diterapkan di lahannya, sehingga petani merasa ikut andil dan memiliki program tersebut (Agus *et al.*, 1999).

### 4.3. Alternatif Implementasi

Pada dasarnya teknologi konservasi tidak populer di mata masyarakat karena untuk merealisasikannya diperlukan biaya yang tidak sedikit, sedangkan hasilnya tidak segera dirasakan oleh masyarakat khususnya petani. Kondisi ini harus disikapi secara bijaksana dan dicari alternatif pemecahannya. Masyarakat yang bertempat tinggal di daerah hilir mempunyai kepentingan yang besar terhadap kelestarian daerah hulu maupun DAS. Untuk itu sangat diperlukan perhatian dari masyarakat hilir yang lebih besar terhadap kesejahteraan masyarakat daerah hulu. Salah satu alternatifnya adalah pemberian bantuan (*incentive*) yang diharapkan mampu mendorong petani untuk menerapkan teknik konservasi secara benar. Upaya pemerintah melalui kerja sama antar-instansi mempunyai peran yang sangat besar dalam mengakomodir dan mengimplementasikan hal tersebut. Lebih penting lagi adalah peran serta seluruh komponen masyarakat untuk peduli terhadap konservasi tanah terutama daerah hulu maupun DAS.

Alternatif implementasi secara teknis dapat disesuaikan lagi dengan kondisi setempat. Beberapa contoh tidak tepatnya rekomendasi teknik konservasi untuk diterapkan pada lahan petani adalah sebagai berikut: pertanaman strip rumput pakan sebagai usaha konservasi penguat teras di daerah Garut kurang berhasil

diterapkan karena petani merasa khawatir dengan pencurian (Dariah *et al.*, 1998). Pemanfaatan tanaman akar wangi di saluran drainase yang idealnya tidak dipanen sebagai salah satu teknik konservasi kenyataannya justru lebih disenangi oleh petani untuk dipanen karena hasilnya lebih baik. Penerapan teknik konservasi di suatu lahan hasilnya tidak menggembirakan karena statusnya bukan milik petani. Petani lebih serius mengelola lahannya sendiri daripada milik orang lain meskipun dia mendapatkan upah untuk mengelola lahan milik orang lain tersebut.

Masalah yang terjadi dari penerapan teknik konservasi perlu diuraikan dan dipahami untuk disempurnakan lagi atau kalau perlu diganti dengan alternatif lain. Pemahaman kondisi masyarakat tani tidak terbatas pada kondisi masyarakat setempat tetapi juga masyarakat sekitarnya. Pemahaman kondisi biofisik perlu dimatangkan lagi dengan mengetahui perilaku iklim, hama, penyakit, status lahan dan informasi lain yang mendukung perencanaan teknik konservasi di wilayah tersebut.

Pendekatan partisipatif (PRA) digunakan untuk menggali informasi sedalam-dalamnya sehingga alternatif yang disampaikan telah berdasar pertimbangan yang matang dan diharapkan petani tertarik untuk memilih serta menerapkannya di lahan pertanian mereka. Penyuluhan yang intensif tentang teknik konservasi ini perlu dilaksanakan sehingga petani akan meningkatkan pengetahuannya, memahami, dan bersedia untuk mencoba di lahannya masing-masing.

Pemilihan teknologi konservasi harus disesuaikan dengan modal petani sehingga pelaksanaannya dapat maksimal, baik modal berupa uang maupun tenaga kerja. Penerapan salah satu atau beberapa teknik yang tidak sesuai dengan modal petani (menuntut modal yang tinggi) tidak akan bertahan lama akibat kesulitan dalam pemeliharannya. Bibit tanaman berbagai vegetasi konservasi tanah perlu disediakan oleh instansi terkait berupa kebun bibit yang selanjutnya dapat disediakan oleh petani sendiri.

Teknik konservasi yang dipilih harus mempertimbangkan kelerengan, jenis tanah, iklim/curah hujan, kedalaman tanah, pola usaha tani, dan ternak. Sedangkan kondisi sosial ekonomi berupa kebiasaan cara bercocok tanam, kepemilikan hewan ternak, cara penggembalaan, beban keluarga, status lahan yang digarap, tingkat pendidikan petani, dan lain sebagainya, akan berpengaruh terhadap respon petani terhadap materi penyuluhan serta keberhasilan

implementasi teknik konservasi tersebut. Teknik konservasi tanah yang mempunyai efektivitas sedang akan lebih baik jika benar-benar dilaksanakan dengan benar oleh petani, daripada teknik konservasi dengan efektivitas tinggi tapi pada akhirnya tidak disukai oleh petani.

Tabel 11. Pilihan teknik konservasi secara vegetatif menurut keadaan biofisik lahan

Teknik konservasi	Lereng	Kedalaman solum	Efektivitas pengendalian erosi <sup>1</sup>	Interval horizontal	Kebutuhan tenaga kerja (HOK/ha) atau HOK/100m saluran <sup>2</sup>			Keterangan dan persyaratan lainnya
					Pembuatan	Penanaman rumput	Pemeliharaan/tahun	
	%	cm		M				
Wanatani	0-60	>20	E/S		Menurut sistem wanatani			<ul style="list-style-type: none"> <li>- Lebih baik jika ada pengaruh yang saling menguntungkan antara berbagai jenis tanaman</li> <li>- Terutama untuk lereng agak curam atau curam</li> </ul>
Pertanaman lorong ( <i>alley cropping</i> )	3-40	>20	E	3-10	TI: 6-12 S:20-40 B:100-200	0 0 20-40	25-30 25-30 20-25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terutama bila kesuburan tanah rendah, pangkasan tanaman leguminosa digunakan untuk mulsa/pupuk hijau</li> <li>- Tidak cocok untuk daerah kering (&lt;1000 mm CH/th), karena produksi biomassa rendah</li> </ul>
Strip rumput ( <i>grass strip</i> ) lebar 0,5 m	5 8 15 30 60	>10	E	40 20 10 5 2,5		0,5 1 2 3 7	2 4 8 15 30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terutama untuk rumah tangga yang memiliki ternak ruminansia dan daerah beriklim kering (&lt;1500 mm CH/th), tetapi juga cocok untuk lahan yang lebih basah</li> <li>- Penanaman diasumsikan menggunakan benih. Bila menggunakan stek, kebutuhan tenaga 1,5x lebih banyak</li> </ul>
Penanaman menurut strip ( <i>strip cropping</i> )								<ul style="list-style-type: none"> <li>- Rumah tangga dengan lahan luas (jika sejumlah strip ditanami rumput)</li> <li>- Periode tanam cukup panjang</li> <li>- Drainase tanah baik</li> </ul> Jika lereng 8-30% memerlukan tindakan konservasi lainnya (strip rumput, dan lain-lain)
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Barisan sisa tanaman (<i>trash line</i>)</li> <li>▪ mulsa</li> <li>▪ pencampuran sisa tanaman</li> <li>▪ pupuk hijau</li> <li>▪ pupuk kandang</li> <li>▪ kompos</li> </ul>	3-30 0-60 0-60 0-60 0-60	semua 20 >10 semua	A E A A/E A A	5-30 -- -- -- --	10-30 10-15 5-10 10-15 5-10 10-20	-- -- -- -- -- --	-- -- -- -- -- --	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Tersedia bahan sisa tanaman yang cukup banyak</li> <li>- Menggunakan stakes untuk memperkuat barisan</li> <li>- Pada lereng &gt;15% perlu disertai teknik konservasi lainnya, terutama penting pada sistem pengolahan tanah minimum</li> <li>- Mulsa, pupuk hijau terutama penting untuk daerah beriklim kering</li> <li>- Untuk menurunkan jumlah erosi rekomendasi &gt;6t mulsa/ha/ tahun</li> <li>- Pupuk hijau terutama bila tanah tidak tertutup selama waktu tertentu; bisa sebagai sistem rotasi tanaman</li> <li>- Perlu proses penyiapan kompos yang memerlukan tenaga kerja tambahan</li> </ul>
Tanaman penutup tanah ( <i>cover cropping</i> )	0-60	>10	E					Terutama untuk daerah basah dengan musim kering yang pendek atau tidak ada (0-3 bulan) atau rumah tangga yang memiliki cukup lahan
Pagar hidup ( <i>hedgerow</i> )	0-60	>10	A	--				Terutama di batas milik lahan
Pergiliran tanaman ( <i>crop rotation</i> )	0-60	>20	A/E					Terutama apabila musim kering tidak ada atau pendek (<4 bulan)
Tumpang sari ( <i>intercropping</i> )	0-60	>20	A/E					Untuk lahan kering dengan air hujan sebagai sumber air
Tumpang gilir ( <i>relay cropping</i> )	0-60	>20	A/E					Terutama apabila musim kering tidak ada atau pendek (<4 bulan)

Keterangan: TI: tanam langsung; S: stek; B: bibit (+ rumput); <sup>1</sup>Efektivitas pengendalian erosi: A: agak efektif; E: efektif; S: sangat efektif.Sumber : Agus *et al.* (1999), dengan modifikasi



**DAFTAR PUSTAKA**

- Abdurachman, A., dan S. Sutono. 2002. Teknologi pengendalian erosi lahan berlereng. hlm.103-145 *dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Abdurachman A., Sutono, dan I. Juarsah. 1997. Pengkayaan bahan organik tanah dalam upaya pelestarian usaha tani lahan kering di DAS bagian hulu.hlm. 89-105 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Makalah Review. Cisarua-Bogor, 4-6 Maret 1997. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Abdurachman, A., A. Barus, Undang Kurnia, dan Sudirman. 1985. Peranan pola tanam dalam usaha pencegahan erosi pada lahan pertanian tanaman semusim. Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk 4:41-46.
- Abdurachman, A., S. Abujamin, dan Suwardjo. 1982. Beberapa cara konservasi tanah pada areal pertanian rakyat. Disampaikan pada Pertemuan Tahunan Perbaikan Rekomendasi Teknologi tgl. 13-15 April. Pusat Penelitian Tanah, Bogor (Tidak dipublikasikan).
- Abujamin, S. 1978. Peranan rumput dalam usaha konservasi tanah. Seminar LP. Tanah, 8 Juli 1978 (Tidak dipublikasikan).
- Abujamin, S., A. Adi, dan U. Kurnia. 1983. Strip rumput permanen sebagai salah satu cara konservasi tanah. Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk 1: 16-20.
- Adiningsih, J.S. dan Mulyadi. 1992. Alternatif teknik rehabilitasi dan pemanfaatan lahan alang-alang. hlm. 29-46 *dalam* Prosiding Seminar Lahan Alang-alang: Pemanfaatan Lahan Alang-alang untuk Usahatani Berkelanjutan. Bogor, 1 Desember 1992. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Agus, F., A.Ng. Ginting, dan M. van Noordwidjk. 2002. Pilihan Teknologi Agroforestri/Konservasi Tanah untuk Areal Pertanian Berbasis Kopi di Sumberjaya, Lampung Barat. International Centre for Research in Agroforestry, Bogor.

- Agus, F., A. Abdurachman, A. Rachman, S.H. Tala'ohu, A. Dariah, B.R. Prawiradiputra, B. Hafif, dan S. Wiganda. 1999. Teknik Konservasi Tanah dan Air. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. Jakarta.
- Agus, F., A.Ng. Ginting, U. Kurnia, A. Abdurachman, and P. van der Poel. 1998. Soil erosion research in Indonesia: Past experience and future direction. pp. 255-267. *In* F.W.T. Penning de Vries, F. Agus, and J. Kerr (Eds.). Soil Erosion at Multiple Scales: Principles and Methods for Assessing Causes and Impacts. CAB International, Wallingford, UK.
- Arsyad, S. 1989. Konservasi Tanah dan Air. Penerbit IPB. Bogor.
- Arsyad, S. 1976. Pengawetan Tanah dan Air. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Dariah, A., S. Damanik, S.H. Tala'ohu, D. Erfandi, A. Rachman, dan N.L. Nurida. 1998. Studi teknik konservasi tanah pada lahan pertanaman akar wangi di Kecamatan Semarang, Kabupaten Garut. hlm. 185-197 *dalam* Prosiding Lokakarya Nasional Pembahasan Hasil Penelitian Pengelolaan Daerah Aliran Sungai: Alternatif dan Pendekatan Implementasi Teknologi Konservasi Tanah. Bogor, 27-28 Oktober 1998. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor.
- Erfandi, D., H. Suwardjo, dan O. Sopandi. 1994. Alternatif teknologi penanggulangan lahan kritis akibat perladangan berpindah di Propinsi Jambi. hlm. 1-10 *dalam* Risalah Hasil Penelitian Peningkatan Produktivitas dan Konservasi Tanah untuk Mengatasi Masalah Perladangan Berpindah. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Erfandi, D., Ai Dariah, dan H. Suwardjo. 1989. Pengaruh Alley cropping terhadap erosi dan produktivitas tanah Haplothrox Citayam. hlm. 53-62 *dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah Bidang Konservasi Tanah dan Air. Bogor, 22-24 Agustus 1989. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- FAO. 1976. Soil Conservation for Development Countries. Soil Bulletin No. 30.
- Foth, H.D. 1995. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Haryati, U., Achmad Rachman, dan A. Abdurachman. 1990. Aplikasi mulsa dan pupuk hijau Sonosiso untuk pertanaman jagung pada tanah Usthorhents di Gondanglegi. hlm. 1-8 *dalam* Risalah Pembahasan Hasil Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah. Tugu-Bogor, 11-13 Januari 1990. Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air (P3HTA), Salatiga, Departemen Pertanian.
- Haryati, U., Haryono, dan A. Abdurachman. 1995. Pengendalian erosi dan aliran permukaan serta produksi tanaman dengan berbagai teknik konservasi pada tanah Typic Eutropepts di Ungaran, Jawa Tengah. *Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk* 13: 40-50.
- Irawan. 2002. Investment analysis of Alley cropping for sustainable farming of sloping lands. p. 51-62. *In* Proceedings Management of Sloping Lands for Sustainable Agriculture Final Report of Asialand Sloping Land Project, Phase 4.
- Killham, K. 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press.
- Kurnia, U., Ai Dariah, Suwanto, dan K. Subagyono. 1997. Degradasi lahan dan konservasi tanah di Indonesia: Kendala dan pemecahannya. hlm. 27-45 *dalam* Prosiding Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat: Makalah Review. Cisarua-Bogor, 4-6 Maret 1997. Pusat Penelitian Tanah dan 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.
- Kurnia, U., Sudirman, dan H. Kusnadi. 2002. Teknologi rehabilitasi dan reklamasi lahan kering. hlm. 147-181 *dalam* Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Lal, R. 1978. Influence of tillage methods and residue mulches on soil structure and infiltration rate. p. 393-402. *In* Emerson, W.W., R.D. Bond, and A.R. Dexter (*Eds.*) Modification of Soil Structure. John Willey & Sons. Chichester, New York, Brisbane, Toronto.
- P3HTA. 1988. Laporan Tahunan 1986/1987. UACP-FSR. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- P3HTA. 1987. Penelitian Terapan Pertanian Lahan Kering dan Konservasi. hlm. 6. UACP-FSR. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Priyono, N.S. dan Siswamartana S. 2002. Hutan Pinus dan Hasil Air. Pusat Pengembangan Sumber Daya Hutan Perhutani, Cepu.
- Puslittanak. 1991. Laporan Tahunan 1988/1989. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Rachman, A., A. Abdurachman, Umi Haryati, dan Soleh Sukmana. 1990. Hasil hijauan legum, panen tanaman pangan dan pembentukan teras dalam istem pertanaman lorong. hlm. 19-25 *dalam* Risalah Pembahasan Hasil Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah. Tugu-Bogor, 11-13 Januari 1990. Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air (P3HTA), Salatiga. Departemen Pertanian.
- Rachman, A., H. Suwardjo, R.L. Watung, dan H. Sembiring. 1989. Efisiensi teras bangku dan teras gulud dalam pengendalian erosi. hlm. 11-17 *dalam* Risalah Diskusi Ilmiah Hasil Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah di Daerah Aliran Sungai. Batu-Malang, 1-3 Maret 1989. Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air (P3HTA), Salatiga. Departemen Pertanian.
- Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. 2000. Kelompok Kerja Penelitian dan Pengembangan Teknologi Sistem Usaha Tani Konservasi. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Subagyo, K., T. Vadari, Sukristiyonubowo, R.L. Watung, and F. Agus. 2004. Land Management for Controlling Soil Erosion at Micro catchment Scale in Indonesia. p. 39-81. *In* Maglinao, A.R. and C. Valentin (*Eds.*) Community-Based Land and Water Management Systems for Sustainable Upland Development in Asia: MSEC Phase 2. 2003 Annual Report. International Water management Institute (IWMI). Southeast Asia Regional Office. Bangkok. Thailand.

- Suhardjo, M., A. Abas Idjudin, dan Maswar. 1997. Evaluasi beberapa macam strip rumput dalam usaha pengendalian erosi pada lahan kering berteras di lereng perbukitan kritis D.I. Yogyakarta. hlm. 143-150 *dalam* Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi Sistem Usahatani Konservasi. Bagian Proyek Penelitian Terapan Sistem DAS Kawasan Perbukitan Kritis Yogyakarta (YUADP Komponen-8). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sukmana, S., H. Suwardjo, A. Abdurachman, and J. Dai. 1985. Prospect of *Flemingia congesta* Roxb. for reclamation and conservation of volcanic skeletal soils. *Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk* 4:50-54
- Suwardjo, A. Abdurachman, and Sofijah Abujamin. 1989. The use of crop residue mulch to minimize tillage frequency. *Pembrit. Penel. Tanah dan Pupuk*. 8: 31-37
- Suwardjo, H., Z. Kadir, dan A. Abdurachman. 1987. Pengaruh cara pemanfaatan sisa tanaman terhadap kadar bahan organik dan erosi pada tanah Podsolik Merah Kuning di Lampung. hlm. 409-424 *dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Cipayung, 21-23 Februari 1984. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- Suwardjo. 1981. Peranan Sisa-Sisa Tanaman dalam Konservasi Tanah dan Air pada Usahatani Tanaman Semusim. Disertasi FPS IPB. Bogor.
- Thomson, L.M. 1957. *Soil and Soil Fertility*. Mc Graw-Hill Book Company Inc. New York.
- Troeh, F.R., J.A. Hobbs, and R.L. Donahue. 1980. *Soil and Water Conservation for Productivity and Environmental Protection*. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. USA.
- Watung, R.L., T. Vadari, Sukristiyonubowo, Subiharta, and F. Agus. 2003. *Managing Soil Erosion in Kaligarang Catchment of Java, Indonesia. Phase 1 Project Completion Report*. International Water management Institute (IWMI). Southeast Asia Regional Office. Bangkok. Thailand (Unpublished).