

LIMPASAN PERMUKAAN DAN EROSI TANAH SETELAH SEPULUH TAHUN MENGGUNAKAN SISTEM TANAMAN LORONG

Titik Islami dan W.H. Utomo

Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Jl. Veteran. Malang 65145

Abstract

Field experiments had been carried out to study the effect of 10 years alley cropping system on surface run off and soil erosion. Experiments were carried out on Alfisols at Jatikerto, Malang and on Vertisols at Ngrimbi, Jombang, East Java. The results showed that after 10 years planting tree crops and or grass as hedgerow in between food crops very effective to decrease surface run off and soil erosion. After 10 years of planting the tree crops, the alley cropping system could decrease surface run off and soil erosion more than 40% (compared to that of the non alley cropping system) At the same time, soil erosion decrease up to 60% of the non alley treatment. The use grass as hedgerow crops yielded a better result, in term of surface run off and soil erosion. A comparison between tree species, *Flemingia* and *Gliricidia* are better than *Leucaena*.

Key words : alley cropping, surface run off, soil erosion, soil conservation

Pendahuluan

Kerusakan tanah karena proses erosi telah dikethui secara luas. Bukan saja karena luas dan intensitasnya telah sampai pada tingkatan yang membahayakan kesinambungan kehidupan, tetapi akibat yang ditimbulkan oleh erosi ternyata dapat menimbulkan kerugian yang sangat besar. Banjir, tanah longsor, dan kekurangan air, adalah beberapa akibat yang dampaknya secara langsung dirasakan oleh ummat manusia. Di Indonesia, bahaya erosi telah dikenal sejak zaman penjajahan Belanda, yaitu dengan terjadinya banjir besar Bengawan Solo pada pertengahan abad ke 18, sebagai akibat adanya perubahan penggunaan lahan di hulu Bengawan Solo dar hutan menjadi lahan perkebunan. Menjelang akhir abad ke

20, pemerintah Indonesia telah berupaya keras untuk melakukan pengendalian erosi dan konservasi tanah. Hasil yang diperoleh ternyata masih sangat mengecewakan. Hal ini terbukti bahwa luasan tanah rusak karena erosi terus mengalami peningkatan (pada tahun 1998 dilaporkan oleh Menteri Kehutanan Soedjarwo bahwa tanah yang rusak karena erosi telah mencapai sekitar 40 juta ha). Disamping itu intensitas erosi di Indonesia juga telah sangat tinggi, misal yang terjadi di DAS Brantas sebesar 3,4 mm/th (Braben, 1980), atau 6,8 mm/th seperti yang terjadi di DAS Cilutung (Hammer, 1980). Padahal ditinjau dari kesinambungan daya dukung tanah, erosi diperbolehkan, Edp, hanya sekitar 2,5 mm/th. Salah satu penyebab kurang berhasil

upaya konservasi tanah disebabkan petani masih banyak yang enggan mengadopsi teknologi yang dianjurkan pemerintah. Selama ini pemerintah terlalu mengutamakan cara-cara teknik sipil, misal pembuatan teras, check dam, dlsb. dalam upaya konservasi tanah. Disamping kurang efektif untuk konservasi tanah, cara teknik sipil memerlukan biaya yang mahal, teknologi yang relatif rumit, serta memerlukan pemeliharaan yang teratur. Padahal, sebagian besar petani Indonesia mempunyai kemampuan yang terbatas, baik dalam arti kemampuan ekonomis maupun ketrampilannya.

Menjelang akhir tahun delapan puluhan para pakar sepakat bahwa cara *agroforestry* merupakan cara yang paling tepat untuk upaya konservasi tanah (lihat. Nair, 1989). Sistem *alley cropping*, atau yang diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia sebagai “tanaman lorong”, merupakan salah satu teknik yang mempunyai prospek bagus untuk dikembangkan. Dalam sistem ini, tanaman pohon (biasanya dipilih tanaman yang termasuk dalam famili leguminosae, ditanam secara berbaris (dengan jarak antarbarisan berkisar 4 s/d 8 m), dan diantaranya, yang disebut lorong, ditanami tanaman pangan. Tanaman pohon yang ditanam dalam barisan tersebut juga disebut tanaman pagar (*hedgerow*). Dengan sistem ini, diharapkan barisan tanaman pohon dapat menahan aliran limpasan permukaan dan tanah yang tererosi. Disamping itu, agar tidak menaungi tanaman pangan, secara berkala cabang dan daun tanam pagar dipangkas, sebagian dikembalikan ke lahan untuk pupuk organik. Dengan demikian, disamping dapat menurunkan laju erosi (Nair, 1989), sistem tanaman lorong juga dapat meningkatkan kesuburan tanah (Hanckok, 1987). Sistem *alley*

cropping adalah salah satu sistem yang telah dikenal oleh petani di daerah Nusa Tenggara Timur. Sistem ini kemudian dikembangkan oleh Kang Biauw Tjan di IATA, Ibadan, Nigeria. Anehnya, di Indonesia. data ilmiah tentang pengaruh tanaman lorong terhadap limpasan permukaan dan erosi masih sangat terbatas (Ardiningsih dan Sujadi, 1989). Efektivitas sistem *alley cropping* untuk konservasi tanah dan air pada lahan kering telah dibahas secara intensif oleh Sukmana dan Suwardjo (1997). Peran sistem *alley cropping* untuk konservasi tanah menjaga kesinambungan produksi telah dibuktikan oleh beberapa peneliti (a.l. Kang *et al.*, 1990; Alegre dan Rao, 1996). Laporan yang dibahas dalam makalah ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh tanaman lorong terhadap limpasan permukaan dan erosi dalam jangka panjang. Data yang dibahas pada makalah ini merupakan hasil pengamatan selama 10 tahun, dari 2 lokasi percobaan yang berbeda tanahnya.

Bahan dan Metode

Percobaan dilakukan di 2 lokasi, percobaan pertama dilakukan di kebun percobaan Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya di Jatikerto, Malang, sedang percobaan ke dua dilakukan di kebun percobaan Universitas Tribhuwana Tungadewi di Ngrimbi, Jombang. Percobaan pertama dilakukan sejak tahun 1993, sedang percobaan ke dua penanaman dilakukan mulai tahun 1994. Tanah di Jatikerto dapat dimasukkan ke dalam ordo Alfisols, sedang di Ngrimbi tanahnya didominasi mineral liat montmorilonit, telah mengalami erosi sangat berat sehingga kedalaman tanahnya tinggal 30-60 cm.

Di Jatikerto, dicoba 5 macam tanaman pagar, yaitu *Glicidea sepium*,

(gamal), *Leucaena glauca* (lamtoro) *Calliandra calothyrsus* (kaliandra), *Flemingia congesta* (flemingia), *Penisetum sativum* (rumput gajah), *Vetiveria zizanioides* (rumput akar wangi) dan tanpa tanaman pagar sebagai kontrol. Jarak antar tanaman pagar (lebar lorong) 4 m. *Gliricidia* ditanam menggunakan bahan setek dengan jarak tanam (dalam barisan) 0,5 m; *Leucaena*, *Calliandra* dan *Flemingia* ditanam menggunakan biji dengan jarak 0,20 m, dan tanaman rumput ditanam menggunakan stek batang dengan jarak tanam 0,20 m, 2 baris pada setiap strip/pagar. Tanaman pangan yang ditanam diantara tanaman pagar adalah tumpang sari antara ubi kayu dan jagung. Lereng lahan 12%.

Di Ngrimbi, perlakuan yang dicoba ada 3 faktor. Sebagai faktor pertama adalah sistem tanaman lorong (sistem lorong vs kontrol), faktor ke dua adalah tingkatan erosi (erosi sedang dan erosi berat), dan faktor ke tiga adalah tanaman pangan (Jagung-kedelai secara bergiliran, dan jagung-bero. Tanaman pagar yang digunakan adalah *Gliricidia*. Erosi sedang adalah tanah alami yang telah tererosi (kedalaman 60 cm). Untuk mendapatkan erosi berat tanah alami dikupas sehingga kedalaman tanah tinggal 30 cm. Percobaan dilakukan pada petak erosi berukuran 30 m (panjang), dan 10 m (lebar). Lereng lahan 10%. Untuk menampung air limpasan permukaan dan erosi pada ujung bawah petak erosi dibuat bangunan penampung erosi dari semen (untuk petak Jatikerto), dan drum (untuk petak di Ngrimbi). Pengamatan limpasan permukaan dan erosi dilakukan setiap setelah hari hujan dengan cara mengukur volume limpasan permukaan pada bak penampung, dan untuk mengukur erosi dari bak penampung diambil contoh air limpasan (setelah sebelumnya diaduk secara merata)

untuk kemudian ditentukan konsentrasi tanah tererosi dalam air limpasan tersebut. Analisis kandungan bahan organik tanah menggunakan metoda Walkley-Black, kemantapan agregat dianalisis dengan metode ayakan basah (Yoder) dan hasilnya dinyatakan dalam Diameter Massa Rerata (DMR).

Hasil dan Pembahasan

Limpasan permukaan

Hasil pengamatan yang disajikan pada Tabel 1 dan 2 menunjukkan bahwa adanya tanaman pagar sangat efektif untuk menekan limpasan permukaan. Memang pada tahun pertama limpasan permukaan dari petak yang ditanami tanaman pagar pohon tidak berbeda dengan petak tanpa tanaman pagar, bahkan ada kecenderungan lebih tinggi, tetapi pada tahun ke sepuluh limpasan permukaan dari semua sistem tanaman lorong jauh lebih rendah dibandingkan dengan sistem tanpa tanaman lorong.

Perbandingan diantara perlakuan tanaman pagar, data pada Tabel 1 menunjukkan bahwa tanaman pagar *Penisetum* dan *Vetiveria* memberikan pengaruh yang lebih efektif dibanding tanaman pohon. Hal tersebut merupakan konsekwensi logis dari penampakan tanaman rumput yang lebih rapat dalam membentuk penghalang. Mulai tahun pertama ke dua tanaman pagar telah mampu menurunkan volume limpasan permukaan. Pada tahun ke sepuluh penurunan limpasan permukaan pada tanaman pagar akar rumput wangi hanya 53% dari limpasan permukaan perlakuan kontrol. Untuk tanaman pohon, tanaman pagar *Flemingia* yang paling efektif, kemudian diikuti tanaman *Gliricidia*. Pada tahun ke tujuh, limpasan permukaan dari tanaman pagar *Flemingia* adalah 56% kontrol, dan

limpasan permukaan dari tanaman *Gliricidia* 58% kontrol.

Hasil percobaan yang dilakukan di Ngrimbi juga menunjukkan bahwa sistem tanaman lorong sangat efektif

menurunkan laju limpasan permukaan, baik pada tanah yang mengalami erosi sedang, maupun pada tanah yang mengalami erosi berat (Tabel 2).

Tabel 1. Pengaruh sistem tanaman lorong terhadap limpasan permukaan di Jatikerto

Perlakuan	Limpasan Permukaan			
	1994		2004	
	m ³ /ha	% hujan	m ³ /ha	%hujan
Kontrol	5022	23,94	3342	20,98
<i>Gliricidia</i>	5117	24,40	1976	12,37
<i>Leucaena</i>	5089	24,26	2435	15,24
<i>Calliandra</i>	5148	24,57	2518	15,76
<i>Flemingia</i>	3627	17,29	1905	11,92
<i>Penisetum</i>	3485	16,61	1887	11,81
<i>Vetiveria</i>	3519	16,78	1798	11,25

+) data yang disajikan merupakan rerata dari 2 pengamatan

Tabel 2. Pengaruh tanaman pagar terhadap limpasan permukaan pada berbagai tingkatan erosi dan pola tanam

Perlakuan	Limpasan Permukaan			
	1994		2004	
	m ³ /ha	% hujan	m ³ /ha	%hujan
Kontrol, E.sedang, Jagung-bero	4963	26,15	4427	20,53
Kontrol, E.sedang, Jagung- kedele	4815	25,32	4054	18,80
Kontrol, E.berat, Jagung-bero	5591	29,46	4638	21,51
Kontrol, E.berat, Jagung-kedele	5931	31,25	4607	21,36
<i>Gliricidia</i> , E.sedang, Jagung-bero	4876	25,70	3025	14,03
<i>Gliricidia</i> , E.sedang, Jagung-kedele	4925	25,96	2976	13,80
<i>Gliricidia</i> , E.berat, Jagung-bero	5628	29,66	3459	16,04
<i>Gliricidia</i> , E.berat, Jagung-kedele	5537	29,18	3173	14,71

*) data yang disajikan merupakan rerata dari 2 pengamatan

Data yang disajikan pada Tabel 2 menunjukkan bahwa seperti di Jatikerto, pada tahun pertama penanaman tanaman pagar tidak berpengaruh pada limpasan permukaan. Pada tahun ke sepuluh, penanaman tanaman pagar *Gliricidia* menurunkan limpasan permukaan pada semua perlakuan tingkat erosi dan pola tanam tanaman pangan. Limpasan permukaan pada sistem tanpa tanaman pagar bervariasi dari 18,89% CH sampai 21,56% CH, sedang limpasan permukaan dari petak

yang ada tanaman pagar bervariasi dari 13,80% CH sampai 16,04% CH. Limpasan permukaan pada tanah yang tererosi berat, baik pada petak yang ditanami pagar, maupun pada petak tanpa tanaman pagar lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang tererosi sedang. Hal ini merupakan akibat dari rendahnya permeabilitas tanah yang telah mengalami erosi berat, dimana semua lapisan tanah atasnya telah terkelupas. Rendahnya permeabilitas pada tanah tererosi berat

juga disebabkan tingginya Berat Volume (BV) tanah. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa BV tanah tererosi sedang $1,27 \text{ kg/m}^3$, dan BV tanah tererosi berat $1,35 \text{ kg/m}^3$.

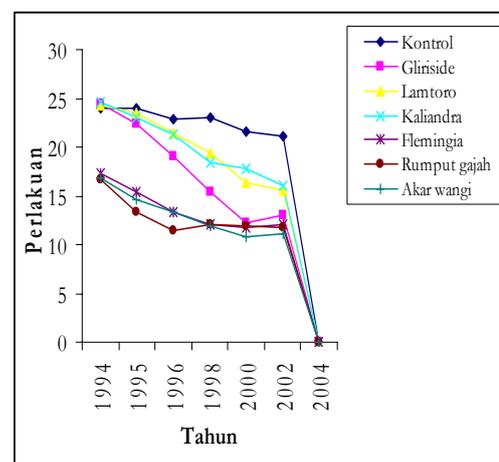
Pada tahun pertama limpasan permukaan dari perlakuan Jagung-bero tidak berbeda dengan Jagung-kedele, sedang pada tahun ke sepuluh limpasan permukaan dari pola tanam jagung-kedele secara konsisten lebih rendah dibandingkan limpasan permukaan dari pola Jagung-bero. Hal ini merupakan akibat adanya penutupan lahan yang lebih baik pada pola tanam jagung-kedele.

Perkembangan perubahan limpasan permukaan sebagai akibat adanya tanaman pagar disajikan pada Gambar 1. Kecuali pada petak yang ditanami tanaman pagar *Leucaena*, pada tahun ke dua sudah terjadi penurunan limpasan permukaan yang cukup besar. Pada petak yang ditanami *Leucaena*, penurunan laju limpasan permukaan cukup besar baru terjadi mulai tahun ke tiga. Hal ini berhubungan dengan pertumbuhan dan kemampuan tanaman menutup permukaan lahan. Pada penelitian ini pertumbuhan tanaman *Leucaena* relatif lambat, sehingga sampai tahun kedua kemampuan menutup permukaan tanah dan kemampuan menghalangi limpasan permukaan rendah.

Pada petak yang ditanami tanaman rumput sebagai tanaman pagar, mulai tahun ke 3 limpasan permukaan (% terhadap curah hujan) sudah tidak mengalami perubahan lebih lanjut. Untuk petak yang menggunakan tanaman pohon sebagai tanaman pagar baru terlihat mulai tahun ke 4. Ditinjau dari limpasan permukaan, penggunaan tanaman rumput sebagai tanaman pagar lebih efisien. Tanaman rumput tumbuh lebih cepat, sehingga pada umur satu

tahun relatif sudah tidak ada lahan kosong diantara tanaman. Dengan demikian kemampuan untuk menghalangi aliran air limpasan permukaan akan lebih besar dibandingkan dengan tanaman pohon.

Tanaman *Flemingia*, walaupun pada awalnya lebih lambat dibandingkan *Gliricidia*, tetapi setelah berumur satu tahun pertumbuhannya sangat cepat dan dengan cepat membentuk barisan tanaman yang rapat. Oleh karena itu penurunan limpasan permukaan juga terjadi lebih cepat.



Gambar 1. Perubahan limpasan permukaan menurut waktu pada berbagai perlakuan tanaman pagar di Jatikerto

Erosi

Pada tahun pertama, penurunan erosi (dari kontrol) hanya terjadi pada petak yang menggunakan tanaman *Penisetum* dan *Vetiveria* sebagai tanaman pagar (Tabel 3). Erosi dari petak tanaman pagar *Gliricidia* dan *Leucaena* tidak berbeda dengan erosi dari petak kontrol. Pada tahun ke sepuluh, erosi dari semua petak tanaman pagar lebih rendah dibandingkan petak kontrol. Penurunan erosi yang terjadi pada petak tanaman pagar sebagian disebabkan oleh penurunan limpasan permukaan (Tabel 1), dan sebagian lain karena kemampuan

barisan tanaman pagar menghambat aliran bahan/tanah terangkut air limpasan, dan sebagian lainnya karena adanya perbaikan sifat tanah sebagai akibat pengembalian sebagian pangkasan tanaman pagar (Lee dan Jose, 2003). Kemampuan tanaman pagar menghambat aliran bahan/tanah terangkut dibuktikan dengan terjadinya teras alami pada petak tanaman pagar. Bahan/tanah terangkut secara berangsur-angsur diendapkan pada barisan tanaman pagar, sehingga pada tahun ke empat, pada petak tanaman *Penisetum*, *Vetiveria* dan *Gliricidia* sudah terbentuk teras bangku yang relatif sempurna. Kejadian ini akan memperkecil kemiringan lereng, sehingga pada waktu-waktu berikutnya akan berkontribusi dalam menurunkan limpasan permukaan dan erosi. Hasil pengamatan percobaan di Ngrimbi juga menunjukkan fenomena yang sama (Tabel 4).

Tabel 3. Pengaruh tanaman pagar terhadap erosi di Jatikerto

Perlakuan	Erosi			
	1994		2004	
	ton/ha	mm	ton/ha	mm
Kontrol	72,78	6,06	44,72	3,72
<i>Gliricidia</i>	66,97	5,58	18,47	1,53
<i>Leucaena</i>	68,56	5,71	28,36	2,36
<i>Calliandra</i>	72,53	6,04	24,74	2,06
<i>Flemingia</i>	64,56	5,38	20,22	1,68
<i>Penisetum</i>	52,22	4,35	16,71	1,39
<i>Vetiveria</i>	56,97	4,74	19,32	1,61

*) data yang disajikan merupakan rerata 2 pengamatan

Pada tahun pertama penanaman tanaman pagar tidak berpengaruh terhadap erosi. Pada tahun ke sepuluh, penggunaan tanaman pagar pada semua tingkatan erosi dan pola tanam tanaman pangan mampu menurunkan erosi. Pada

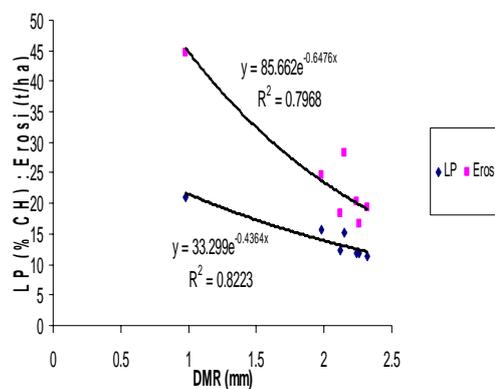
budidaya tanpa tanaman pagar, pada tahun ke lima erosi bervariasi dari 42,62 ton/ha, pada perlakuan tanpa tanaman pagar-Erosi sedang-Jagung-kedele, sampai dengan 49,74 ton/ha, pada perlakuan tanpa tanaman pagar-Erosi sedang-Jagung-Kedele. Jika diberi tanaman pagar *Gliricidia*, erosinya hanya bervariasi dari 24,66 ton/ha (pada perlakuan *Gliricidia*-Erosi sedang-Jagung kedele) sampai dengan 25,64 ton/ha (pada perlakuan *Gliricidia*-Erosi sedang, Jagung-kedele). Seperti halnya di Jatikerto, mulai tahun ke empat pada petak yang ditanami tanaman *Gliricidia* sebagai tanaman pagar juga mulai nampak terbentuknya teras. Pada tahun ke lima teras yang terbentuk sudah relatif sempurna sebagai teras bangku. Adanya teras bangku ini dengan sendirinya akan meningkatkan kemampuan tanaman pagar dalam menekan laju erosi.

Berdasarkan data yang disajikan pada Tabel 1, 2, 3 dan 4, terlihat bahwa penurunan erosi lebih tinggi dibandingkan penurunan limpasan permukaan. Pada tahun ke sepuluh penurunan erosi dapat mencedekati 60% (dari 3,72 ton/ha turun menjadi 1,61 ton/ha, lihat Tabel 3), sedang penurunan limpasan permukaan hanya sekitar 50% (dari 20,98% CH turun menjadi 11,25% CH, lihat Tabel 1). Fenomena ini membuktikan bahwa penurunan laju erosi tidak hanya terjadi karena adanya penurunan limpasan permukaan, tetapi juga disebabkan oleh adanya perbaikan sifat tanah, terutama kemantapan agregat (Tabel 5). Analisis regresi antara limpasan permukaan erosi dengan kemantapan agregat tanah menghasilkan persamaan (Gambar 2).

Tabel 4. Pengaruh tanaman pagar terhadap erosi pada berbagai tingkatan erosi dan pola tanam di Ngrimbi

Perlakuan	Erosi Pada Tahun			
	1994		2004	
	ton/ha	mm	ton/ha	mm
Tanpa tan.pagar, E.sedang, Jagung- bero	68,76	5,73	49,74	4,14
Tanpa tan.pagar, E.sedang, Jagung-kedele	72,45	6,03	42,62	3,55
Tanpa tan.pagar, E.berat, Jagung-bero	82,36	6,86	48,75	4,06
Tanpa tan.pagar, E.berat, Jagung-kedele	77,38	6,44	45,56	3,79
<i>Gliricidia</i> , E.sedang, Jagung-bero		69,25		
<i>Gliricidia</i> , E.sedang, Jagung-kedele		67,84		
<i>Gliricidia</i> , E.berat, Jagung-bero		77,26		
<i>Gliricidia</i> , E.berat, Jagung-kedele		73,28		

*) data merupakan rerata 2 pengamatan



Gambar 2 . Hubungan antara limpasan permukaan dan erosi dengan DMR Agregat tanah pada 10 tahun setelah penggunaan tanaman pagar di Jatikerto.

Peningkatan kemantapan agregat tanah pada lahan yang menggunakan sistem tanaman lorong, tidak diragukan lagi disebabkan oleh adanya peningkatan kandungan bahan organik sebagai akibat pengembalian hasil pangkasan tanaman pagar (Tabel 5). Peningkatan kemantapan agregat tanah ini didukung oleh peningkatan aktivitas mikroba tanah (Rosemeyer *et al.*, 2000; Lee dan Yose, 2003). Pada tahun pertama hanya pada petak yang ditanami tanaman rumput sebagai tanaman pagar erosinya lebih rendah dibandingkan perlakuan tanpa tanaman pagar (Gambar 3). Laju

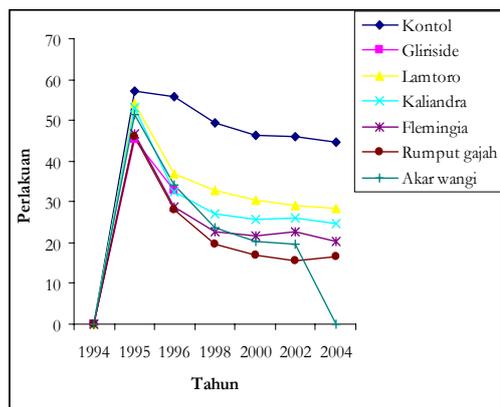
erosi pada petak-petak lainnya relatif tidak berbeda.

Tabel 5. Kandungan C organik dan kemantapan agregat tanah (DMR) setelah 10 tahun menggunakan sistem tanaman lorong di Jatikerto

Tanaman pagar	C-organik (%)	DMR (mm)
Kontrol	1,23	0,98
<i>Gliricidia</i>	2,78	2,12
<i>Leucaena</i>	2,55	2,15
<i>Calliandra</i>	2,46	1,98
<i>Flemingia</i>	2,65	2,24
<i>Penisetum</i>	2,52	2,26
<i>Vetiveria</i>	2,77	2,32

*) data yang disajikan merupakan rerata 2 pengamatan

Dibandingkan dengan erosi tahun pertama, pada tahun kedua terjadi penurunan erosi yang sangat besar. Penurunan bukan karena pengaruh perlakuan percobaan, tetapi karena perubahan kondisi petak percobaan. Tingginya erosi pada tahun pertama ini disebabkan terjadinya perusakan tanah untuk persiapan percobaan yang meliputi perataan kemiringan dan pengolahan tanah. Pada tahun kedua kondisi petak percobaan sudah relatif stabil, sehingga perubahan erosi pada tahun ketiga memang terjadi karena perlakuan percobaan.



Gambar 3. Perubahan erosi menurut waktu pada berbagai perlakuan tanaman pagar

Lebih lanjut, data yang disajikan pada Gambar 3 menunjukkan bahwa saat mulai terjadinya penurunan erosi karena adanya tanaman pagar berbeda-beda. Untuk tanaman *Flemingia*, penurunan telah terjadi mulai tahun kedua, untuk tanaman *Gliricidia* penurunan terlihat mulai tahun ke tiga, sedang untuk tanaman *Leucaena* dan *Calliandra* penurunan erosi baru terlihat mulai tahun ke empat.

Kesimpulan

Sistem budidaya lorong dapat menurunkan limpasan permukaan dan erosi. Pada tahun ke sepuluh ditinjau dari kemampuan untuk menekan limpasan permukaan dan erosi, tanaman pagar *Flemingia* dan *Gliricidia* merupakan tanaman yang sangat efektif. Tingkatan erosi yang telah terjadi sebelumnya berpengaruh terhadap limpasan permukaan dan erosi. Makin tinggi tingkatan erosi yang telah terjadi sebelumnya, makin tinggi limpasan permukaan dan erosi.

Daftar Pustaka

- Alegre, J.C. and Rao, M.R. 1996. Soil and water conservation by contour hedging in the humid-tropics of Peru. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 57 : 17 -25
- Ardiningsih, J.S. dan Sudjadi. M. 1989. Peranan sistem bertanam lorong (Alley Cropping) dalam meningkatkan kesuburan lahan kering masam. Seminar Pengelolaan dan Budidaya Pertanian Lahan kering. Universitas Jendral Soedirman, Purwokerto.
- Braben, T.A. 1980. Reservoir Sedimentation in East Java. Indonesian report O.D. 15. Hydraulics England Res. Sta. Wallingfort.
- Hammer. H.I. 1980. Soil Conservation Consultant Report. Centre for Soil Research Tech. Publ. No. 7. Bogor.
- Hancock, A.T. 1987. Preliminary studies in nutrient cycling within the farming system of the Solomon Islands. Proc. Intl. Symp. Nitrogen for Food Crops. IB-Harren-Universitas Brawijaya. Harren, The Netherlands.
- Kang, B.T., Reynolds, L. and Atta-Krah, A.N. 1990. Alley Farming. *Advances in Agronomy* 43 : 315- 359
- Lee, K.H. and Jose. S. 2003. Soil respiration and microbial biomass in pecan-cotton alley cropping system. *Agroforestry System Journal* 44 : 175 -186
- Nair, P.K.R. 1989. The role of tree in soil productivity and protection. In Nair, P.K.R. (ed.) *Agroforestry Systems in The Tropics*. Kluwer acad. Publ. Dordrecht.
- Rosemeyer, M., Viance, N., Swartz, H. and Kattler, J. 2000. The effect of slash/mulch and alley cropping bean production system on soil microbiota in the tropics. *Applied soil Ecology* 15 : 49-59.
- Sukmana, S. And Suwardjo, H. 1991. Prospect of vegetatif soil conservation method for sustainable upland agriculture. *IARD Journal* 13 : 1 -7