

## Sistem *Alley Cropping* : Analisis SWOT dan Strategi Implementasinya di Lahan Kering DAS Hulu

*Alley Cropping : SWOT Analysis and Implementation Strategy in Upland Watershed*

Ratri Ariani\* dan Umi Haryati

Balai Penelitian Tanah, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Pertanian, Jln. Tentara Pelajar No 12, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu, Bogor 16114. Email : ratri.ariani@gmail.com

Diterima 09 Februari 2018, Direview 18 Mei 2018, Disetujui dimuat 18 Maret 2019, Direview oleh: Ai Dariah, Woro Estiningtyas, Achmad Rachman, Sukarman

**Abstract.** *In terms of area, upland in Indonesia is a potential land to be developed as an agricultural area. However, this agricultural busses on this area is faced with several problem, some of them is because the agricultural land is spread in mountainous area with a steep topography that is easy to erosion, therefore conservation agriculture system is absolutely needed. Mechanical soil conservation techniques such as bench terrace which have been widely known and farmer-friendly are believed to reduce erosion, but this technique is not always suitable to be implemented in all condition other than requiring high cost, therefore vegetative conservation vegetative conservation techniques are more suggested to control erosion in this area. Alley cropping system is a vegetative conservation technique that has been proven effective in controlling erosion and runoff, nutrient loss, increasing land and crop productivity, cost efficient and can be adopted by farmers based on the research results. Thus, the alley cropping system is likely to be developed in upland area with attention to its advantages and disadvantages. This paper presents the advantages and disadvantages of alley cropping system and the opportunities and challenges that will be faced in its implementation in upland based on SWOT (strengths, weaknesses, opportunities, threats) analysis. Development of strategy for implementation of alley cropping system includes technical and non technical strategy.*

*Kata Kunci: SWOT analysis / alley cropping / technical and non technical strategy*

**Abstrak.** Ditinjau dari segi luasan, lahan kering di Indonesia merupakan lahan yang cukup potensial, untuk dikembangkan sebagai areal pertanian. Namun usaha pertanian di areal ini dihadapkan pada beberapa kendala, diantaranya karena lahan ini banyak tersebar di daerah pegunungan dengan topografi yang curam sehingga rawan erosi. Untuk itu usahatani konservasi mutlak perlu dilakukan. Teknik konservasi mekanik berupa teras bangku, yang telah banyak dikenal dan diadopsi petani, diyakini dapat menurunkan erosi, namun teknik ini tidak selalu cocok diimplementasikan pada semua kondisi, selain memerlukan biaya yang cukup tinggi. Oleh karena itu, teknik konservasi vegetatif lebih disarankan untuk diaplikasikan di areal ini. Sistem pertanaman lorong (*alley cropping*) merupakan teknik konservasi vegetatif yang telah terbukti efektif mengendalikan erosi dan aliran permukaan (*runoff*), kehilangan hara, meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman, efisien dari segi biaya, serta dapat diadopsi oleh petani berdasarkan hasil-hasil penelitian. Dengan demikian, sistem pertanaman lorong berpeluang untuk dikembangkan di areal lahan kering dengan memperhatikan keunggulan dan kelemahannya. Makalah ini mengemukakan tentang keunggulan dan kelemahan sistem pertanaman lorong serta peluang dan tantangan yang akan dihadapi di dalam implementasinya di lahan kering berdasarkan hasil analisis SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities, threats*). Pengembangan strategi untuk implementasi sistem *alley cropping* meliputi strategi yang bersifat teknis dan non teknis.

*Keywords: Analisis SWO / alley cropping / strategi teknis dan non teknis*

### PENDAHULUAN

Lahan kering di Indonesia mempunyai potensi yang sangat besar untuk pembangunan pertanian. Dari total luas 122 juta ha, lahan kering yang sesuai untuk budidaya pertanian hanya sekitar 70,41 juta ha atau 58% (Mulyani dan Sarwani 2013). Luas dan sebaran lahan kering berdasarkan ketinggian tempat dan iklim di Indonesia menunjukkan bahwa 77% (111.329.332 ha) tersebar di

dataran rendah dan 23% (33.143.879 ha) di dataran tinggi, lahan kering tersebut berada di iklim basah sebanyak 92,56% (133.722.331 ha) serta iklim kering 7,44% (10.750.881 ha) (Ritung *et al.* 2015).

Permasalahan dalam pengelolaan lahan kering sangat bervariasi dari satu wilayah ke wilayah lainnya, baik permasalahan teknis maupun sosial ekonomis. Permasalahan tersebut antara lain: (a) miskin kadar hara dan bahan organik, (b) dominan tingkat pH

rendah, (c) lahan berlereng, sehingga rentan terhadap erosi, (d) kekurangan air, dan (e) lahan garapan sempit, kurang dari 0,5 ha/keluarga (Abdurachman 2008; Juarsah 2015).

Daerah aliran sungai (DAS) merupakan sebidang lahan yang menampung air hujan dan mengalirkannya menuju parit, sungai dan akhirnya bermuara ke danau atau lautan (Sugiyanto 2014) Lahan kering terutama di daerah aliran sungai (DAS) bagian hulu umumnya menghadapi masalah kerusakan lingkungan yang makin parah (Syam 2003). Eksploitasi DAS dapat menimbulkan masalah seperti: (1) penurunan debit air sungai, (2) erosi dan sedimentasi, dan (3) longsor (Komaruddin 2008; Suhairin *et al.* 2015).

Tingkat erosi tanah pada lahan pertanian berlereng antara 3-15% di Indonesia tergolong tinggi, yaitu berkisar antara 97,5- 423,6 t/ha/tahun. Padahal, banyak lahan pertanian yang berlereng lebih dari 15% bahkan lebih dari 100%, sehingga laju erosi dipastikan sangat tinggi. Hal ini terjadi terutama karena curah hujan yang tinggi dan kelalaian pengguna lahan dalam menerapkan kaidah-kaidah konservasi tanah dan air (Abdurachman 2008).

Beberapa teknik konservasi tanah dan air telah dilakukan untuk mengendalikan erosi pada lahan kering. Beberapa diantaranya adalah teras bangku dan teras gulud. Pembuatan teras bangku tergolong mahal bagi petani Indonesia, oleh karena itu baru diterapkan secara besar-besaran setelah diberlakukannya subsidi pemerintah sebesar 52% (Abdurachman dan Sutono 2005). Teras gulud merupakan teknik konservasi mekanis yang biayanya relatif lebih murah dibanding teras bangku, yaitu dibutuhkan 65-180 HOK/ha (Agus *et al.* 1999), namun untuk meningkatkan efektivitasnya dalam menahan erosi perlu diperkuat dengan tanaman penguat teras. Pengurangan luas bidang olah akibat aplikasi teknologi ini juga relatif rendah.

Teknik konservasi vegetatif dengan sistem pertanaman lorong (*alley cropping*) adalah alternatif teknik konservasi lainnya untuk lahan kering di DAS terutama pada bagian hulu karena efektif mengendalikan erosi (Haryati *et al.* 1993a, 1995; Haryati 2000, Wei *et al.* 2007, Wang *et al.* 2010). Dengan penerapan teknologi konservasi hedgerows di dalam sistem usahatani lahan kering memungkinkan para petani dapat melakukan pengelolaan lahan yang berwawasan lingkungan secara bertahap sesuai dengan kesediaan tenaga kerja keluarga dan kemampuan modal petani (Suyana 2003).

Di Indonesia sistem *alley cropping* sudah diyakini efektif mengendalikan erosi (Haryati *et al.* 1993a dan

1995; Dariah *et al.* 1993; Kurnia *et al.* 1984; Kurnia *et al.* 1997; Hafif *et al.* 1993), efisien (Setiani dan Haryati 1991; Haryati *et al.* 1993b; Utomo *et al.* 1997), dapat meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman (Erfandi *et al.* 1988; Dariah dan Rachman 1989; Sudharto *et al.* 1997; Rachman *et al.* 1990) serta dapat diadopsi oleh petani di lahan kering (Kang *et al.* 1984; Haryati 2000; Setiani *et al.* 1995, Santoso dan Dixin 1997, Wei *et al.* 2007).

Makalah ini mengemukakan tentang keunggulan dan kelemahan sistem pertanaman lorong berdasarkan hasil-hasil penelitian serta peluang dan tantangan yang dihadapi di dalam implementasinya diikuti dengan strategi pengembangannya di lahan kering berdasarkan hasil analisis SWOT (*strengths, weaknesses, opportunities, threats*).

## DEFINISI DAN SEJARAH SISTEM *ALLEY CROPPING*

Salah satu alternatif sistem produksi untuk mengatasi masalah degradasi lahan/tanah akibat praktek tebas-tebang-bakar, yang merupakan sistem produksi yang paling dominan di areal *humid* dan *subhumid tropic* adalah menggunakan sistem *alley cropping*. Sistem ini pertama kali diperkenalkan oleh *International Institute of Tropical Agriculture (IITA)* Ibadan Nigeria pada awal tahun 1970-an. *Alley cropping* adalah sistem *agroforestry* dimana tanaman pangan ditanam pada lorong yang dibentuk oleh pagar dan pohon atau semak (Kang *et al.* 1984), tanaman pagar yang lebih disukai/disarankan adalah dari jenis leguminosa yang dapat mengikat nitrogen secara biologi dari udara, tanaman pagar dipangkas secara periodik selama pertanaman untuk menghindari naungan dan mengurangi kompetisi dengan tanaman pangan. *Leucaena leucocephala* yang pertama diuji dalam sistem *alley cropping* ini dan menyusul kemudian *Gliricida sepium*.

Sistem *alley cropping* pertama kali diperkenalkan di Indonesia menggunakan *Leucaena leucocephala* pada 1910-an di Nusa Tenggara Timur. Sistem ini berkembang luas, sehingga pada tahun 1970-an mulai dipergunakan untuk konservasi tanah dan pakan ternak. Beberapa penelitian terus dikembangkan menggunakan sistem ini, pada tahun 1982 Pusat Penelitian Tanah untuk pertama kali melakukan penelitian dengan menggunakan *Leucaena leucocephala*, *Calliandra calothyrsus*, dan *Flemingia congesta* di Citayam, Bogor. Pada tahun 1991 Sukmana dan Suwardjo menambahkan *Flemingia congesta* dan *Gliricida sepium*

untuk diuji pada lahan petani di DAS Jratun Seluna dan DAS Brantas.

Penerapan teknologi *alley cropping* di Indonesia telah banyak dilakukan di lokasi-lokasi lahan kritis di beberapa propinsi, antara lain Jawa Timur (P3HTA 1992; Thamrin *et al.* 1990), Jawa Tengah (Anwarudiansyah *et al.* 1992; Setiani *et al.* 1995), Jawa Barat (Erfandi *et al.* 1988; Prawiradiputra 1989), Nusa Tenggara Timur (Momuat *et al.* 1991), Jambi (Adiningsih dan Mulyadi 1992) dan Lampung (Irianto *et al.* 1989).

## KEUNGGULAN SISTEM PERTANAMAN LORONG

### Efektivitas Pengendalian Erosi dan Aliran Permukaan (*Runoff*)

Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa sistem *alley cropping* efektif menurunkan erosi dan aliran permukaan (Wei *et al.* 2007, Wang *et al.* 2010). Di Filipina, *alley cropping* dapat menurunkan erosi sebanyak 69%, yang terdiri atas 48% efektif menurunkan erosi dengan kombinasi aplikasi mulsa pada tanah, 8% disebabkan oleh perubahan profil tanah dan 4% oleh penanaman secara kontour (O'Sullivan *et al.* 1990).

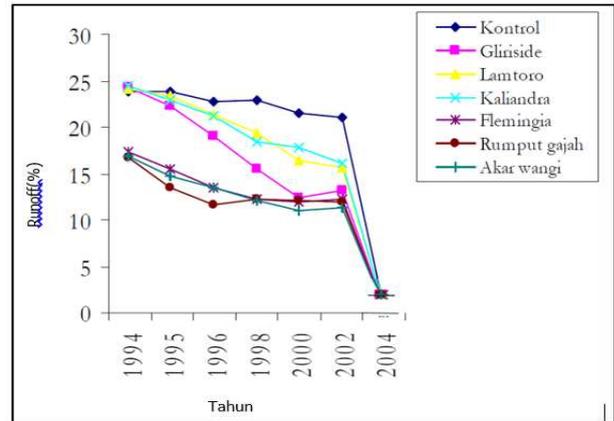
Hasil penelitian selama 10 tahun pada tanah Alfisols di Jatikerto, Malang, Jawa Timur dan Vertisols di Ngarimbi, Jombang, Jawa Timur menunjukkan bahwa pertanaman lorong (*alley cropping*) sangat efektif dalam mengurangi limpasan permukaan dan erosi. Sistem pertanaman

lorong ini dapat mengurangi 40% aliran permukaan dan erosi (Gambar 1 dan Tabel 1) jika dibandingkan dengan tanpa menggunakan sistem ini (Islami dan Utomo 2006).

Efektivitas pengendalian erosi melalui teknik *alley cropping* tergantung pada jenis tanaman pagar yang digunakan, jenis tanah, kemiringan, jarak tanaman pagar, serta waktu aplikasi (Tabel 2).

Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan Wang *et al.* (2010) yang memperkuat hasil penelitian di atas. Penelitian selama 6 tahun menunjukkan bahwa sistem *alley cropping* dapat menurunkan aliran permukaan 20 – 50 % dan erosi 30 – 75 % dibandingkan sistem konvensional (tanpa sistem pertanaman lorong). Dalam penelitiannya Wang *et al.* (2010) menyebutkan bahwa sistem pertanaman lorong

dengan *Paspalum notatum* paling efektif dalam mengendalikan *runoff* dan erosi.



Sumber : Islami dan Utomo 2006

Gambar 1. Pengaruh jenis *Hedgerow* dalam sistem pertanaman lorong terhadap *runoff* pada tanah Alfisols di Jatikerto, Malang Jawa Timur.

Figure 1. The effect of *Hedgerow* on *alley cropping* system to *runoff* on Alfisols Jatikerto, Malang East Java

Tabel 1. Pengaruh jenis *hedgerow* terhadap erosi pada tanah Alfisols di Jatikerto, Malang Jawa Timur

Table 1. The effect of *Hedgerow* on *alley cropping* system to erosion on Alfisols Jatikerto, Malang East Java

Perlakuan	Erosi			
	1994		2004	
	t ha <sup>-1</sup>	mm	t ha <sup>-1</sup>	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

Sumber : Islami dan Utomo 2006

## Perbaikan Kualitas Tanah

Sistem *alley cropping* dapat memperbaiki sifat fisik tanah yaitu menurunkan BD (*bulk density*) dan meningkatkan konduktivitas hidraulik tanah (Tabel 3).

Peneliti lain (Mapa dan Gunasena 1995) menunjukkan bahwa sistem *alley cropping* dapat meningkatkan rata-rata diameter *geometric aggregate* dan kandungan C-organik. Dengan demikian stabilitas agregat akan lebih baik terutama dengan pengaplikasian *gliricidia* dibandingkan dengan kacang babi (*pigeon pea*). dan stabilitas agregat (Tabel 4). *Alley cropping* dengan *Gliricidia* lebih baik dari kacang babi (*pigeon pea*) dalam meningkatkan stabilitas agregat.

Tabel 2. Efektivitas pengendalian erosi sistem *alley cropping* di beberapa lokasi dengan jenis tanah yang berbeda  
 Table 2. Effectiveness of erosion control in *alley cropping* systems in several locations with various types of soil

Lokasi	Jenis tanah	kemiri ngan %	waktu	Jenis legume/perlakuan	Jarak hedgerow m	Erosi t ha <sup>-1</sup> th <sup>-1</sup>	Sumber
Citayam (Bogor)	<i>Haplorthox</i>	3-25	1981/82	Kontrol (tanah terbuka)	-	322,4	Kurnia <i>et al.</i> (1984)
				Kacang Tanah + jagung	-	177,4	
			1982/83	Strip lamtoro	-	86,4	
				Strip rumput alami	-	2,6	
				Strip rumput bahia	-	2,7	
12-14	1991/1992	<i>Flemingia congesta</i>	4,0	6,2	Dariah <i>et al.</i> (1993)		
		<i>Flemingia congesta</i>	6,0	8,1			
		Kontrol	-	48,0			
Kuamang Kuning (Jambi)	<i>Typic Haplortox</i>	0-30	1986/87	<i>Crotalaria ussaramoensis</i> + strip setaria	5,0	1,6	Sukmana dan Erfendi (1988)
				<i>Flemingia congesta</i> + strip setaria	5,0	0,5	
			1986/86 1987/88	Strip setaria	-	1-1,5	
	<i>Typic Kandiudox</i>	7-10	1989/1992	<i>Flemingia congesta</i>	4,5	85,5	Hafif <i>et al.</i> (1993)
				Penutup tanah	-	108,3	
Pengaduk sisa tanaman	-	332,8					
Pembakaran sisa tanaman	-	360,7					
Srimulyo (Malang)	<i>Aquic Tropudalfs</i>	30-38	1987/88	<i>Flemingia congesta</i>	2,5	5-10	Thamrin <i>et al.</i> (1990)
			1988/89				
Ungaran (Semarang)	<i>Typic Eutropepts</i>	10-15	1989/90	<i>Flemingia congesta</i>	4,0	<1	Haryati <i>et al.</i> (1993 a)
			1991/92	<i>Calliandra calothyrsus</i> kontrol	4,0	7,0-23,8 6,4 – 134	
		15-40	1988/89 1993/94	<i>Flemingia congesta</i>	4,0	0,7-109	Haryati <i>et al.</i> (1995)
Ringinrejo (Blitar)	<i>Assosiasi Alfisols-Ultisols</i>	15-40		<i>Gliricidaia sepium</i>	-	39,7	Utomo <i>et al.</i> (1997)
				<i>Flemingia congesta</i>	-	25,3	
				<i>Calliandra calothyrsus</i>	-	38,7	
				kontrol	-	41,0	
Jasinga (Bogor)	<i>Typic Haplohumults</i>	5-15	1993/94	Kontrol	-	75,5-154,9	Kurnia <i>et al.</i> (1997)
			1994/95	<i>Flemingia congesta</i> + pupuk kandang	7,0	24,9 – 51,3	
				<i>Flemingia congesta</i> + mulsa jerami	-	3,0 – 10,8	
				<i>Flemingia congesta</i> + mukuna	-	20,0 – 23,8	

Sumber : Haryati *et al.* 2000

Tabel 3. Pengaruh pertanaman tunggal (semusim) dan *alley cropping* terhadap BD (*bulk density*) dan konduktivitas hidraulik setelah 14 kali pertanaman semusim

Table 3 The effect of monoculture and *alley cropping* to BD (*bulk density*) and hydraulic conductivity after 14 times of monoculture

Perlakuan	BD kg (m <sup>3</sup> ) <sup>-1</sup>	Konduktivitas hidraulik cm hr <sup>-1</sup>
Pertanaman tunggal (semusim)	1,43	18,5
<i>Alley Cropping</i>	1,29	50,0
Hutan Sekunder	1,20	99,8
LSD(0,05)	0,06	6,8

Sumber : Alegre dan Rao (1996)

Tabel 4. Rata-rata diameter geometrik agregat kering dan kandungan C-organik pada sistem *alley cropping* pada tanah Rhodustalfs, Dambulla, Srilanka.

Table 4. Average geometric diameter of aggregate and organic-C content on *alley cropping* system in Rhodustalfs Soil, Dambulla, Sri Lanka.

Perlakuan	Rata rata diameter geometrik		C-Organik	
	1	2	1	2
	mm		%	
Kontrol	1,23a	1,31a	1,31a	1,26a
<i>Alley Cropping:</i>				
- pigeon pea	2,12a	2,68a	1,73a	2,10b
- Gliricidia	2,25a	3,11b	1,89a	2,53b
LSD (p 20,05)	1,22	1,25	0,67	0,71

Keterangan : 1= setelah 2 tahun penanaman, 2= setelah 3 tahun penanaman.

Sumber: Mapa dan Gunasena (1995)

Hasil penelitian Hafif *et al.* (1993) juga menyatakan sistem *alley cropping* dengan *flemingia* dan pengadukan sisa tanaman dapat menurunkan BD dari 1,3 g/cm<sup>3</sup> menjadi 1,0 g/cm<sup>3</sup>. Selain itu site mini juga dapat meningkatkan ruang pori total 8-10 % (Hafif *et al.* 1993; Erfandi *et al.* 1988), meningkatkan permeabilitas tanah 2-4 cm/jam (Dariah *et al.* 1993; Sudharto *et al.* 1997), meningkatkan C-organik 0,4 – 1,5 % (Haryati *et al.* 1995; Sudharto *et al.* 1997; Erfandi *et al.* 1988), serta dapat meningkatkan pori aerasi dan stabilitas agregat tanah (Kurnia *et al.* 1997).

Di Citayam Bogor pada tanah Haplorthox, *Flemingia* dengan jarak 6 m dari kontrol dikombinasikan 2 baris dapat meningkatkan C-organik dari 1,2% menjadi 1,6% dan meningkatkan nilai BD dari 2,2 menjadi 2,7, sedangkan permeabilitas tanah menjadi 6,4 cm/jam dari yang tadinya hanya 4,2 cm/jam (Dariah *et al.* 1993).

Tanaman pagar meningkatkan kandungan bahan organik, berat jenis isi, kadar air lapang, kadar air maksimum dan laju infiltrasi setelah satu musim tanam pada tahun 2000 (Tabel 5). Tanaman pagar tidak berpengaruh terhadap struktur tanah dan stabilitas agregat. Diantara ketiga tanaman pagar, *Flemingia* memberikan pengaruh yang terbaik dibanding dengan strip akar wangi dan tanaman pagar kaliandra terhadap kandungan bahan organik, kadar air lapang, kadar air maksimum dan laju infiltrasi sedangkan pengaruhnya terhadap berat jenis isi ketiga tanaman pagar memberikan pengaruh yang relatif sama (Juanda *et al.* 2003). Pada tanah Typic Eutropepts Ungaran, Jawa Tengah di tahun ke empat setelah aplikasi *Flemingia* cenderung dapat meningkatkan C-organik dan KTK (Haryati *et al.* 1995).

Tanaman pagar (*hedgerow*), di dalam sistem pertanaman lorong, *non legume* lebih banyak digunakan di negara-negara *temperate* sebagai penghasil biomas, di daerah tropika lebih banyak menggunakan jenis leguminosa untuk fungsi fasilitator sedangkan, di subtropik relatif seimbang antara legume dan non legume untuk biomas dan pangan (Wolz dan DeLucia 2018).

Penelitian-penelitian terdahulu memperlihatkan bahwa *alley cropping* dapat meningkatkan unsur hara di dalam tanah. Selain peningkatan unsur C-organik, P, K, Ca dan Mg, *alley cropping* dengan tanaman *Inga edulis* juga dapat menurunkan kejenuhan Al dari 78% menjadi 73 % (Alegre dan Rao 1996). Penelitian (Salazar *et al.* 1993) menyebutkan bahwa pada semua spesies yang dicoba (*Erythrina*, *Leucaena* dan *Inga*) terdapat keseimbangan yang positif untuk N, K, Ca, serta negatif untuk P.

Kesuburan tanah dalam *alley cropping* ternyata bervariasi menurut fungsi posisi pengambilan sampel tanah pada lorong (diantara tanaman pagar) pada sistem *alley cropping*. Pada *alley cropping* dengan *Casia spectabilis* (Garrity *et al.* 1995 dalam Garrity 1996), C-organik tanah bervariasi dari 1,7% dekat barisan tanaman pagar bagian atas lorong sampai 2,8% pada bagian bawah. P-tersedia dua kali lebih tinggi pada bagian bawah dibandingkan bagian atas, pH tanah tidak berubah tetapi Al-dd menurun, sementara K dan Mg tidak berubah. C-organik meningkat dari 2 menjadi 3%, nitrogen dari 0,2 menjadi 0,27% pada Oxic Palehumults (Samzussaman's 1994 dalam Garrity 1996 dan Turkelboom *et al.* 1993 dalam Garrity 1996). Wang *et al.* (2010) menunjukkan bahwa sistem *alley cropping* meningkatkan kesuburan tanah yang meliputi C-organik, N, P dan K tersedia dan posisi pada lorong

Tabel 5. Pengaruh jenis *hedgerow* dalam sistem *alley cropping* terhadap kandungan bahan organik tanah dan beberapa sifat fisik tanah

Table 5. *The Effect of hedgerow in alley cropping system on soil organic matter content and some soil physics characteristic*

Sifat-sifat Fisik/Kimia Tanah	Jenis Tanaman Pagar			
	Kontrol	Kaliandra	Akar wangi	Flemingia
B. Organik (%)	1,76 c	2,45 b	2,36 b	2,87 a
BD (gcm <sup>-3</sup> )	1,66 a	0,92 b	0,36 b	0,55 b
KA Lapang (% vol)	24,46 b	35,07 a	29,29 a	36,95
KA Maksimum (% vol)	65,71 b	75,70 a	75,50 a	78,41 a
Struktur remah (%)	35,00 a	42,67 a	47,33 a	46,00 a
Agregasi (%)	73,33 a	80,00 a	76,67 a	73,33 a
Laju infiltrasi (cm jam <sup>-1</sup> )	0,55 c	0,79 b	0,75 b	0,95 a

Sumber : Juanda *et al.* 2003 (dimodifikasi), angka yang diikuti huruf yang berbeda di dalam kolom yang sama berbeda pada taraf 5 % DMRT

berpengaruh terhadap kandungan C-organik tanah serta N, P dan K tersedia. Posisi lorong paling bawah mempunyai kesuburan yang paling tinggi, diikuti oleh posisi lorong bagian tengah dan lorong bagian atas mempunyai kesuburan terendah. Hal ini akibat tanah bagian bawah mengandung sedimetasi dari proses erosi yang tertahan karena adanya *hedgerow* dan pengolahan tanah pada sistem *alley cropping* (Garrity 1996; Wang *et al.* 2010).

Sistem *alley cropping* juga dapat meningkatkan kesuburan tanah melalui aktifitas fauna dalam tanah misalnya aktifitas cacing tanah (*Casting*). *Casting* merupakan kotoran cacing yang dapat berguna untuk pupuk. *Casting* ini mengandung partikel-partikel kecil dari bahan organik yang dimakan cacing dan kemudian dikeluarkan lagi yang berguna dalam hal meningkatkan kesuburan tanah (Brata 2017). Respon *spatial* dalam *alley cropping* juga terjadi pada aktivitas organisme di dalam tanah yang ditunjukkan oleh *gradient spatial* dan *temporal* dari aktivitas *Casting* cacing tanah (Hauser *et al.* 1998). Aktivitas *Casting* menurun menurut jarak terhadap tanaman pagar yang ditunjukkan oleh persamaan regresi pada Tabel 6. Aktivitas *Casting* tersebut menurun hingga 0 (nol) pada jarak 200 cm dari tanaman pagar.

Penurunan *Casting* sampai ke bagian tengah lorong tidak linier tetapi mengikuti fungsi logaritmik. Selain menurun menurut jarak, aktivitas *Casting* juga menurun menurut lamanya waktu. Penurunan tersebut berbeda pada bagian lorong dan di bawah tanaman pagar, yang dicerminkan oleh persamaan regresi sebagai berikut :

- di bawah tanaman pagar :  $Cast = -12,7$  (tahun aplikasi) + 184 ( $R^2 = 0,95^*$ )
- di dalam lorong :  $Cast = -14,5$  (tahun aplikasi) + 110 ( $R^2 = 0,80$  ns).

Aktivitas *Casting* pada *alley cropping* dengan *Leucaena leucocephala* pada lorong menurun sebanyak

12,55, 80 dan 86% masing-masing pada tahun pertama, keempat, keenam dan ketujuh bila dibandingkan dengan aktivitas *Casting* di bawah tanaman pagar.

Penelitian di Costa Rica memperlihatkan bahwa *alley cropping* dengan tanaman utama kacang-kacangan dapat meningkatkan kehidupan mikrobiota tanah (nodulasi dengan *Rhizobium*) pada tahun-tahun kering. Akar tanaman yang dikolonisasi oleh fungi *Arbuscular mycorrhiza* (AM) sebanyak 95 – 98%. Sistem ini dapat menurunkan bahaya penyakit *anthrac nose* yang disebabkan oleh *Colletotrichum lindemuthianum* dan menurunkan bahaya fusarium akar. Peningkatan aktivitas mikrobiota ini diperlihatkan dengan adanya peningkatan respirasi CO<sub>2</sub> (Rosemeyer *et al.* 2000).

### Peningkatan Produktivitas Tanaman

Perbaikan produktivitas tanah yang meliputi perbaikan sifat fisik tanah, sifat kimia tanah dan aktivitas biologi tanah tentu saja akan sangat menunjang pertumbuhan tanaman yang pada akhirnya meningkatkan produksi tanaman pangan/semusim yang ditanam pada lorongnya (Tabel 7). Sistem *alley cropping* dengan tanaman pagar *flemingia* dapat meningkatkan hasil tanaman kedelai, padi gogo, kacang tunggak, jagung, serta kacang tanah dan tanaman pagar kaliandra dan lamtoro dapat meningkatkan hasil tanaman jagung dan kedelai.

Sejalan dengan hasil penelitian lain yang menunjukkan bahwa sistem *alley cropping* meningkatkan hasil tanaman pangan/semusim, seperti jagung, kacang tunggak dan ubi kayu dibandingkan dengan tanpa *alley cropping* (Kang *et al.* 1984; Chamshama *et al.* 1998) dan meningkatkan produktivitas buah-buahan 20 – 55 % dan kacang kacangan 13 – 180 % (FAO 2017 dalam Wolz *et al.* 2018).

Tabel 6. Hubungan jumlah bahan kering *Casting* (ton/ha) dengan jarak (cm) dari tanaman pagar beberapa jenis *legume* dalam sistem *alley cropping*

Tabel 6. *The relation of Casting (ton/ha) and distance (cm) from some legume hedgerow in alley cropping system*

Spesies	Waktu Aplikasi	Persamaan Regresi	R <sup>2</sup>
<i>Leucaena</i>	1	Cast = -2,36 ln (jarak) + 62	0,21 ns
<i>Leucocephala</i>	4	Cast = -21,2 ln (jarak) + 154	0,76 ns
	6	Cast = -27,42 ln (jarak) + 151	0,96 **
	7	Cast = -24,24 ln (jarak) + 129	0,99 **
	7	Cast = -17,26 ln (jarak) + 100	0,98 **
<i>Senna siamea</i>	7	Cast = -17,26 ln (jarak) + 100	0,98 **
<i>Dactyladenia barteri</i>	6	Cast = -4,49 ln (jarak) + 55	0,67 ns

ns = tidak nyata pada taraf 0,05 LSD    \*\* = nyata pada taraf 0,05 LSD

Sumber : Hauser *et al.* 1998

Tabel 7. Peningkatan produksi beberapa komoditas tanaman pangan dalam sistem *alley cropping*Table 7. Increased production of several food crops in *alley cropping* system

Jenis Tanaman Pagar	Komoditas	Sumber
Flemingia	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Meningkatkan produksi biji kedelai dari 0,4t ha<sup>-1</sup> menjadi 0,6-0,7 t ha<sup>-1</sup>.</li> <li>- meningkatkan produksi padi gogo dari 0,7-1,6t ha<sup>-1</sup> menjadi 1,4-2,6 t ha<sup>-1</sup></li> <li>- meningkatkan produksi kacang tunggak, dari 0,5 menjadi 0,9</li> <li>- kedelai dari 1,3 menjadi 1,5 t ha<sup>-1</sup> pada tahun kedua,</li> <li>- baris meningkatkan produksi pipilan kering jagung dari 0,34 menjadi 0,55-0,73 t ha<sup>-1</sup></li> <li>- produksi padi gogo dan kacang tanah pada sistem pertanaman lorong dengan flemingia yang dikombinasikan dengan pemupukan relatif lebih stabil.</li> <li>- meningkatkan produksi biji kering kacang tunggak dari 0,34 menjadi 0,55-0,73 t ha<sup>-1</sup></li> <li>- meningkatkan produksi jagung dari 2 menjadi 3,1-3,4 t ha<sup>-1</sup></li> <li>- kacang tanah dari 2 menjadi 3 t ha<sup>-1</sup>.</li> </ul>	Erfandi <i>et al.</i> (1988) Sukmana dan Erfandi (1988) Haryati <i>et al.</i> (1991)  Dariah <i>et al.</i> (1993) Hafif <i>et al.</i> (1993)  Sudharto <i>et al.</i> (1997) Kurnia <i>et al.</i> (1997)
Kaliandra; Lamtoro	<ul style="list-style-type: none"> <li>- meningkatkan produksi jagung sebanyak 1 t ha<sup>-1</sup>.</li> </ul>	Van Noordwijk <i>et al.</i> (1997)

### Pengendalian kehilangan hara

Sistem *alley cropping* selain dapat menurunkan erosi dan *runoff* juga dapat mengendalikan kehilangan hara baik melalui erosi maupun *runoff* diantaranya ditunjukkan hasil penelitian Wang *et al.* (2010) (Tabel 8 dan Gambar 2). Penurunan kehilangan hara bukan disebabkan oleh perubahan konsentrasi hara di dalam air *runoff* melainkan tergantung besarnya volume *runoff* (Owino *et al.* 2006). Namun Wang *et al.* (2010) menunjukkan bahwa hal ini akibat penurunan baik jumlah erosi dan volume *runoff* maupun konsentrasi hara di dalamnya.

### Hasil Biomass dan Pakan Ternak

Tanaman pagar (*hedgerow*) dalam sistem *alley cropping* dipangkas secara periodik dan menghasilkan pangkasan yang cukup tinggi (Tabel 9). Banyaknya hasil pangkasan tergantung kepada frekuensi pangkasan dan jenis legume yang ditanam. Hasil pangkasan

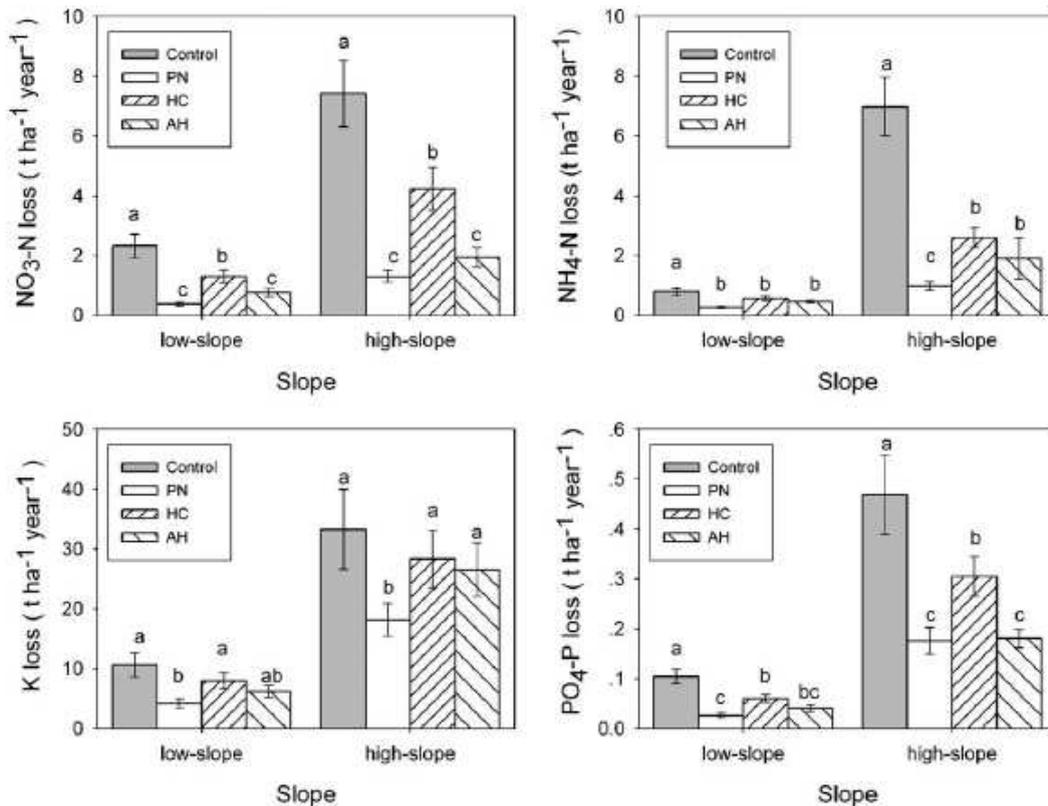
berkisar dari 13,55 – 28,74 t ha<sup>-1</sup>. Hasil pangkasan tertinggi diberikan oleh *Calliandra calothyrsus*, diikuti *Flemingi congesta*, kemudian *Vetiveria zizanoides* dan *Tephrosia candida* menghasilkan hasil pangkasan terendah (Tabel 9). Hasil pangkasan ini dapat dikembalikan ke tanah sebagai mulsa atau pupuk hijau atau diberikan sebagai pakan ternak sesuai kebutuhan.

Teknologi konservasi *alley cropping* dengan menggunakan tanaman *hedgerow* mempunyai peluang besar untuk diadopsi petani lahan kering, karena tanaman *hedgerows* selain berfungsi mengendalikan aliran permukaan dan erosi, juga memproduksi biomassa pertanian yang berguna untuk rehabilitasi dan penyubur tanah, menghasilkan hijauan pakan ternak yang kaya nutrisi, dan menghasilkan kayu bakar untuk keperluan rumah tangga dan industri pedesaan (pembakaran bata merah, batu gamping, dan sebagainya) (Suyana 2003). Namun tingkat adopsi oleh petani masih tergolong rendah karena sistem ini mempunyai beberapa kelemahan (dibahas dalam sub bab “kelemahan sistem pertanaman lorong”).

Tabel 8 . Pengendalian kehilangan hara melalui *runoff* pada sistem sistem pertanaman lorong di Zigui, Prov. Hubei, ChinaTable 8 . Nutrient losses control through *runoff* on *alley cropping* system at Zigui County, Hubei Province, China

Perlakuan /Tanaman pagar ( <i>hedgerow</i> )	Kehilangan hara (t ha <sup>-1</sup> tahun <sup>-1</sup> )			
	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	K	PO <sub>4</sub> -P
Kontrol (tanpasistem pertanaman lorong)	4,87	3,88	22,00	2,39
<i>Paspalum notatum</i> (PN)	0,82	0,62	11,00	0,10
<i>Hemerocallis citrina</i> (HC)	2,80	1,55	20,50	0,27
<i>Arachis hypogaea</i> (AH)	1,35	1,20	16,00	0,92

Sumber : diolah dari Wang *et al.* (2010)



Gambar 2. Pengaruh jenis tanaman pagar pada sistem pertanaman lorong terhadap kehilangan hara melalui *runoff* pada kemiringan yang berbeda di Zigui, Prov. Hubei, China (Wang *et al.* 2010)

Figure 2. The Effect of hedgerows on alley cropping system on nutrient loss through runoff at different slope in Zigui, Prov. Hubei, China (Wang *et al.* 2010)

Tabel 9. Hasil pangkasan segar beberapa jenis legum dalam sistem pertanaman lorong pada tanah Typic Eutropepts Ungaran, Provinsi Jawa Tengah

Table 9. Fresh prunn yield some legumes on alley cropping system on the Typic Eutropepts in Ungaran, Central Java Province

Jenis hedgerow/ Legume	Musim tanam		
	1989/90	1990/91	1991/92
	t ha <sup>-1</sup>		
<i>Flemingi congesta</i>	26,25	24,21	19,46
<i>Calliandra callothyrsus</i>	28,61	28,74	16, 23
<i>Tephrosia candida</i>	13, 55	*	*
<i>Vetiveria zizanooides</i>	**	21,68	14, 94
frekuensi pangkasan	7 kali	6 kali	3 kali

Keterangan : Sumber : Haryati *et al.* (1993a), jarak *hedgerow* 4 m, kemiringan 15 %, \* mati, \*\* belum menghasilkan

Pola usahatani dengan teknologi konservasi *alley cropping* dengan tanaman *hedgerows* melibatkan beberapa jenis tanaman akan menghasilkan ekosistem

yang saling menguntungkan, misalnya residu atau daun yang diambil dari hasil pangkasan tanaman pagar yang dilakukan secara periodik dapat dipakai sebagai mulsa atau dimasukkan ke dalam tanah sebagai pupuk hijau bagi tanaman semusim (Baldy dan Stigter 1997 dalam Suyana 2003). Hasil pangkasan pupuk hijau yang dipakai sebagai mulsa akan dapat mengurangi penguapan lengas tanah, mengendalikan gulma, dan menstabilkan suhu tanah daerah perakaran sehingga memberi jaminan pertumbuhan akar tanaman secara baik (Hawkins *et al.* 1990).

Di Filipina, Secara kualitatif petani kebanyakan mengakui pengaruh dan arti dari beberapa strategi konservasi tanah seperti penanaman *hedgerow* dan pembuatan *stone walls* (tumpukan/tembok batu menurut kontur) berpengaruh dalam memperbaiki kesuburan tanah di lahan mereka. Selain itu menurut petani kelebihan lain dari penanaman *hedgerows* menurut kontur pada dasar lahan dengan pembuatan *stone walls* diantaranya dapat memberikan pupuk hijau dan rumput makanan ternak (Garcia *et al.* 1995 dalam Suyana 2003).

## Efisiensi Biaya

Sistem *alley cropping* telah terbukti merupakan teknik konservasi vegetatif yang relatif murah dan efisien. Hasil penelitian di Ungaran, Semarang membuktikan bahwa untuk pembuatan sistem pertanaman lorong jauh lebih murah yaitu sekitar 1/3 kali pembuatan teras bangku karena sangat hemat dalam penggunaan tenaga kerja (Haryati *et al.* 1993a).

Hasil penelitian di dua lokasi memperlihatkan bahwa sistem *alley cropping* mampu memberikan pendapatan yang cukup tinggi sejak tahun pertama untuk berbagai jenis tanaman pagar yang digunakan (Tabel 10). Di India, pada tahun ketiga setelah aplikasi nilai pendapatan kotor dari pertanaman lorong dengan lamtoro meningkat dua kali pada pertanaman sorgum dan tujuh kali pada kacang tanah (Singh *et al.* 1989).

Sistem *alley cropping* hanya membutuhkan 36 HOK, yaitu hanya sekitar 6% dari pembuatan teras bangku (Haryati *et al.* 1993a) karena adanya penghematan penggunaan tenaga kerja (tanpa pembuatan teras, serta pengolahan tanah minimum dan pemupukan) meskipun ada tambahan tenaga kerja untuk pemangkasan. Rendahnya biaya yang dikeluarkan masih mampu memberikan kenaikan pendapatan melalui peningkatan hasil seperti yang terjadi di Ungaran selama tiga tahun penelitian (Setiani dan Haryati 1991). Dengan demikian adanya penggunaan tenaga kerja yang lebih hemat, rendahnya modal yang dibutuhkan, serta kemampuan memberikan keuntungan yang positif merupakan keunggulan komparatif yang dimiliki sistem *alley cropping*.

*Net present value* (NPV) menurun setelah tiga tahun bahkan negatif setelah 9 tahun pada usaha tani tanpa penerapan *alley cropping* sedangkan pada *alley cropping* tetap bernilai positif sampai 25 tahun (Nelson *et al.* 1997). Hasil analisis dominansi juga memperlihatkan bahwa sistem *alley cropping* mempunyai nilai B/C ratio > 1, apabila tanpa pupuk memberikan nilai pengembalian marjinal (*marginal rate*

*of return*) tertinggi yaitu 447 % (Tonye dan Titi-Nwel 1995).

## Adopsi

Proses adopsi secara tidak langsung akan ditentukan oleh penilaian petani terhadap teknologi. Menurut Pullin (1993) ada lima hal yang mendasari persepsi petani terhadap suatu teknologi baru, yaitu kemudahan, kompatibilitas, keuntungan, keterujian, dan esensi teknologi. Beberapa paneliti telah mencoba mengevaluasi kecenderungan adopsi oleh petani. Setiani *et al.* (1995) melaporkan bahwa setelah 3 tahun implementasi sistem penanaman lorong di desa Gunungsari, DAS Jratuseluna ternyata hasil evaluasi menunjukkan secara teknis, ekonomis maupun sosial teknik konservasi ini dapat diterima petani dan terdapat kecenderungan diadopsi petani.

Haryati *et al.* (1993a) menyatakan bahwa di lahan kering DAS Jratuseluna setelah 3 tahun penerapan teknik pertanaman lorong, *Gliricidia sepium* terseleksi menjadi tanaman yang paling diminati petani, karena manfaatnya terasa langsung sebagai pakan ternak dan kayu bakar. Jenis legume lainnya yaitu *Flemingia congesta* dan *Calliandra calothyrsus* setelah melalui seleksi tidak lagi dipilih petani. Tanaman pagar sebagai penguat teras dan pupuk bagi petani DAS Jratunseluan tidak lagi menjadi prioritas. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Sembiring *et al.* (1991), bahwa petani di Desa Sumberkembar lebih memilih jenis tanaman legum yang berfungsi sebagai pakan ternak dan kayu bakar seperti *Gliricidia sepium* dan sonosiso dibandingkan jenis lainnya. Dalam proses seleksi, preferensi petani terhadap legume dapat berubah dari tahun ke tahun sesuai dengan perubahan manfaat yang dirasakan petani. Hal tersebut juga menjadi bahan pertimbangan petani di desa Ringinrejo, Blitar dalam memilih jenis legume. *Gliricidia sepium* dan *Flemigia congesta* lebih disukai karena di lapangan terlihat bahwa pertumbuhan tanaman pangan sebagai tanaman pokok tidak terganggu, selain dahannya dapat berfungsi

Tabel 10. Pendapatan kotor dari sistem pertanamaan lorong di Ungaran, Semarang dan Desa Ringinrejo, Blitar  
Table 10. Gross income from alley cropping system in Ungaran, Semarang, and Ringinrejo village, Blitar.

Jenis hedgerow	Ungaran <sup>1</sup>			Desa Ringinrejo <sup>2</sup>	
	Tahun I	Tahun II	Tahun III	Tahun I	Tahun II
	----- x Rp 1.000 -----				
<i>Gliricidia sepium</i>	-	-	-	1.381	1.209
<i>Calliandra calothyrsus</i>	496,26	1.401,48	1.296,45	1.320	1.095
<i>Flemingia congesta</i>	550,80	1.832,40	1.282,95	-	-

<sup>1</sup>Haryati *et al.* (1993a); <sup>2</sup>Utomo *et al.* (1997)

sebagai kayu bakar, bahkan 24% petani kooperator bermaksud menanam *Gliricidia sepium* sebagai tanaman pagar untuk luasan yang lebih besar (0,5 ha) (Utomo *et al.* 1997).

Dalam beberapa tahun terakhir, tiga sistem *alley cropping* (*Paspalum notatum*, *Hemerocallis citrina*, dan *Arachis hypogaea*) telah diadopsi oleh petani lokal di wilayah Zigui, Provinsi Hubei, Cina dan dapat berkembang secara bertahap. Dalam penerapannya, sistem *alley cropping* dengan *Paspalum notatum* sebagai tanaman pagar adalah yang paling banyak diadopsi dan berkembang (Wang *et al.* 2010).

### Mitigasi Terhadap Perubahan Iklim

Hasil penelitian Nair (2012) pada skala global, sistem multistrata dan *inter cropping* dengan pepohonan (*alley cropping*) akan terus memberikan keuntungan mitigasi perubahan iklim, pengelolaan lahan dalam skala luas, manfaat pohon-pohonan di lahan kering, dan pembangunan areal penyangga secara vegetatif dengan pohon kayu-kayuan. Ini adalah bentuk promosi agroforestry untuk mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Mitigasi perubahan iklim dengan agroforestry pohon buah-buahan rendah, dapat mendorong penelitian jangka panjang yang memberikan fasilitas panen secara periodik yang berkelanjutan (Nair 2012).

Sistem *alley cropping* menghasilkan biomass yang selanjutnya dapat meningkatkan cadangan karbon dalam tanah (*C-sequestration*). Hal ini akan mengurangi pelepasan CO<sub>2</sub> ke atmosfer sehingga peningkatan suhu udara/pemanasan global (*global warming*) berkurang. Menurut Agus *et al.* (2016) sistem *alley cropping* merupakan salah satu sistem *agroforestry* yang dapat meningkatkan kualitas tanah, mengurangi air limpasan permukaan. Selanjutnya sistem perakaran dari *hedgerow* yang dalam dan hasil pangkasannya menjadi sumber bahan organik yang memperbaiki struktur tanah. Agus *et al.* (2016) juga menyatakan bahwa semua hal tersebut berkontribusi terhadap peningkatan cadangan karbon dalam tanah (*C-sequestration*) yang pada gilirannya mendukung aksi mitigasi perubahan iklim.

## KELEMAHAN SISTEM PERTANAMAN LORONG

### Persaingan Hara dan Cahaya

Penurunan produktivitas pada tanaman yang dekat dengan tanaman pagar menunjukkan adanya

kombinasi kompetisi di bagian atas dan bawah tanah (Garrity 1996). Tanggap tanaman sepanjang lorong dalam *alley cropping* pada tahun-tahun pertama adalah menyerupai parabola convex, jika tanaman pagarnya dipangkas. Bentuk tanggap yang berbeda (bentuk dome) terjadi pada padi gogo (Salazar *et al.* 1993), sementara jagung relatif lebih netral. Pola tanggap ini juga berbeda sejalan dengan umur tanaman pagarnya.

Interaksi yang tidak menguntungkan terjadi antara tanaman semusim dengan *hedgerow* dalam beberapa aspek yaitu : 1) kompetisi cahaya : naungan pohon pada tanaman semusim akan menurunkan intensitas cahaya yang diperolehnya (Mc Intyre *et al.* 1996; Garrity 1996; Hairiah *et al.* 2000), 2) kompetensi hara dan air. Tanaman pagar dengan sistem perakaran yang dangkal akan berkompetisi dengan tanaman pangan semusim dalam hal perolehan hara dan air, dimana sistem perakaran tanaman pangan/semusim akan menyerap lebih sedikit hara dan air (Hairiah *et al.* 2000), 3) Tanaman pagar bisa sebagai inang hama dan penyakit bagi tanaman pangan/semusim ataupun sebaliknya (Hairiah *et al.* 2000).

Persaingan antara tanaman pagar dengan tanaman pangan untuk mendapatkan cahaya, air dan zat hara seringkali sangat mengurangi pengaruh positif tanaman pagar (Van Noordwijk *et al.* 1998 dalam Haryati 2007). Persaingan yang ditimbulkan oleh legum yang cepat pertumbuhannya (*fast growing leguminous tree*) seperti lamtoro, kaliandra, *Flemingia sp.* dan *Gliricidia* lebih tinggi dibandingkan dengan persaingan yang ditimbulkan tanaman legum lokal (*Peltophorum dasyrrhachis*) walaupun sebenarnya kontribusi *fast growing leguminous tree* terhadap kesuburan tanah juga cukup besar.

Hasil penelitian Agus *et al.* (1997) tentang *alley cropping* pada tanah Oxisols miring menunjukkan bahwa distribusi air dipengaruhi oleh posisi dalam lorong. Air tersedia pada kedalaman 10-15 cm adalah 0,16 ; 0,13 dan 0,08 m<sup>3</sup> masing-masing pada bagian bawah, tengah dan atas dari lorong. Transmisivitas air menurun dari 0,49 mm/detik pada bagian bawah menjadi 0,12 mm/detik pada bagian atas dari lorong. Kandungan air tanah dan tekanan air tanah menurun pada bagian lorong yang dekat pada tanaman pagar. Hal ini akan menyebabkan kompetisi air antara tanaman pagar dengan tanaman pangan pada lorong.

### Allelopati Tanaman Pagar (*hedgerow*) terhadap Tanaman Utama/Pokok

*Allelopati* didefinisikan sebagai pengaruh langsung ataupun tidak langsung dari suatu tumbuhan terhadap

yang lainnya, termasuk mikroorganisme, baik yang bersifat positif/ perangsangan, maupun negatif/ penghambatan terhadap pertumbuhan, melalui pelepasan senyawa kimia ke lingkungannya (Rice 1995; Inderjit dan Keating 1999; Singh *et al.* 2003 *dalam* Junaedi *et al.* 2006 ). Selain *alelopati*, terdapat pula hubungan antar tumbuhan yang disebut persaingan atau kompetisi. Perbedaan *alelopati* dari kompetisi, yaitu pada *alelopati* terdapat senyawa kimia yang dikeluarkan ke lingkungan, sedangkan pada kompetisi terjadi pengambilan dan pengurangan beberapa faktor tumbuh (air, hara, cahaya) dari lingkungan. Fenomena *alelopati* dan kompetisi pada kenyataannya dalam ekosistem sulit dipisahkan sehingga Muller pada 1969 memperkenalkan istilah “interferensi” (*interference*) yang mencakup batasan keduanya (Rice 1995; Qasem dan Foy 2001 *dalam* Junaedi *et al.* 2006).

Pada suatu agroekosistem, senyawa *alelopati* kemungkinan dapat dihasilkan oleh gulma, tanaman pangan, dan hortikultura (semusim), tanaman berkayu, residu dari tanaman dan gulma, serta mikroorganisme. *Alelopati* dari tanaman dan gulma dapat dikeluarkan dalam bentuk eksudat dari akar dan serbuk sari, luruhan organ (*decomposition*), senyawa yang menguap (*volatile*) dari daun, batang, dan akar, serta melalui pencucian (*leaching*) dari organ bagian luar (Reigosa *et al.* 2000; Qasem dan Foy 2001 *dalam* Junaedi *et al.* 2006).

Pengaruh *alelopati hedgerow* dalam sistem *alley cropping* dapat diantisipasi dengan memilih *hedgerow* yang tidak mempunyai sifat *alelopati* misalnya dari jenis *legume tree crops* (LTC), tanaman berakar dalam sehingga *alelopati* yang berasal dari eksudat akar tidak berpengaruh terhadap tanaman pokok semusim.

### **Konflik Kepentingan (*Conflict of interest*) Penggunaan Biomass**

Biomass atau hasil pangkasan tanaman pagar dapat dikembalikan ke tanah dan ditaburkan diatas permukaan tanah sebagai mulsa untuk meningkatkan kesuburan tanah baik secara fisik, kimia dan biologi. Selain itu juga dapat diberikan ke ternak dan dipergunakan sebagai pakan ternak. Hal ini akan menimbulkan konflik kepentingan apakah biomass hasil pangkasan tersebut akan dikembalikan ke tanah atau diberikan ke ternak (Ibrahim 2003). Oleh karena itu diperlukan pengaturan jadwal pangkas, dan pembagian proporsi antara untuk mulsa dan pakan ternak serta jadwal pemberian antara kapan diberikan untuk ternak dan kapan dikembalikan ke tanah.

Pada saat musim hujan, biasanya cukup tersedia hijauan ternak yang berasal dari biomass sisa hasil tanaman pokok semusim dan rumput lokal sehingga ternak mempunyai cukup persediaan pakan. Oleh karena itu hasil pangkasan sebaiknya dikembalikan ke tanah sebagai mulsa untuk melindungi permukaan tanah dari kekuatan energi kinetik hujan, sehingga tanah tidak rusak dan tererosi. Hasil pangkasan tersebut tidak ditanam kedalam tanah agar tidak mengganggu pertumbuhan tanaman dalam proses dekomposisinya. Pada musim kemarau, ketersediaan pakan ternak berkurang, jadi pada saat itu hasil pangkasan diberikan ke ternak disertai dengan pemilihan jenis dan kualitasnya (Ibrahim 2003).

Pada umumnya petani yang menerapkan sistem *alley cropping* sebagian sudah menerapkan pengaturan jadwal tersebut, namun sebagian yang lain belum menerapkannya karena pertumbuhan tanaman pagar kurang baik, sehingga hasil pangkasannya tidak mencukupi kebutuhannya (Haryati *et al.* 1993a; Setiani dan Haryati 1991; Setiani *et al.* 1995).

### **Pengurangan Luas Bidang Olah**

Beberapa permasalahan yang ditemukan di lapangan diantaranya ada beberapa pendapat petani yang menyatakan bahwa dengan penerapan budidaya lorong areal produksi yang dimiliki berkurang, padahal rata-rata pemilikan lahan usaha tani sangat sempit. Berkurangnya luas lahan untuk pertanaman ini tergantung pada tipe kanopi tanaman pagar dan jarak tanaman pagar. Semakin lebar kanopi dan semakin rapat jarak antara tanaman pagar, maka ketersediaan lahan untuk tanaman pokok semakin berkurang. Jarak antara tanaman pagar ditentukan oleh kemiringan lahan. Semakin miring lahan, jarak antara tanaman pagar semakin rapat, sehingga lahan untuk pertanaman semakin berkurang. Berdasarkan hasil penelitian (Sukmana dan Erfandi 1988; Dariah *et al.* 1993; Hafif *et al.* 1993; Haryati *et al.* 1993, 1995) jarak tanaman pagar dapat berkisar antara 4 - 6 m pada kemiringan  $\pm 15\%$ . Berdasarkan perhitungan apabila ruang yang diperlukan untuk tanaman pagar selebar 0,5 – 1,0 m, maka lahan untuk tanaman pokok akan berkurang sekitar 15 - 20 %, bahkan peneliti lain menunjukkan 20-22% (Alegre dan Rao 1996).

Berkurangnya lahan untuk pertanaman dalam sistem *alley cropping* ini akan menjadi keberatan/hambatan bagi petani dalam menerapkan teknologi ini, sehingga sampai saat ini tingkat adopsi teknologi *alley cropping* oleh petani tergolong sangat rendah. Hal ini dapat diantisipasi dan atau

dikompensasi dengan cara diversifikasi tanaman, pengaturan pola tanam dan peningkatan produktivitas tanaman melalui pemberian pupuk organik dan anorganik secara seimbang (pemupukan berimbang).

### **Pengetahuan dan Keterampilan Pengguna dan Pengambil Kebijakan**

Sistem pertanaman lorong belum banyak diketahui baik oleh pengguna dalam hal ini petani, penyuluh dan atau para pengambil kebijakan, sehingga pengetahuan dan keterampilan petani kurang memadai apabila akan menerapkan teknologi ini (Muryunika 2015). Kunci suksesnya implementasi teknologi konservasi tanah sangat berpengaruh kepada kemampuan sumberdaya manusia yang berbeda pada institusi/lembaga terkait, khususnya penyuluh dalam mensinkronkan pilihan teknologi dengan kondisi biofisik setempat untuk sistem pengambilan keputusan, dan dengan kondisi sosial ekonomi, latar belakang budaya petani serta preferensi petani dengan menggunakan pendekatan partisipatif (*participatory rural appraisal*). Melibatkan petani sejak awal perencanaan, pengambilan keputusan sampai penerapan/ implementasi suatu teknologi menyebabkan petani sebagai pelaku lebih merasa memiliki dan merasa dihargai dari pada bertindak hanya sebagai pelaksana saja. Oleh karena itu pendekatan bottom-up akan lebih menunjang suksesnya suatu adopsi teknologi dari pada *top-down*. Berkaitan dengan hal tersebut, konsekuensinya adalah penentu kebijakan, peneliti, penyuluh dan petani harus duduk bersama dalam merencanakan implementasi suatu teknologi baru.

Peranan penyuluh tidak kalah pentingnya dalam memberikan bimbingan dan memotivasi petani dalam mengadopsi teknologi. Selain itu pemerintah perlu berperan dalam pemberian subsidi, misalnya dalam penyediaan benih atau bibit tanaman pagar, ternak sebagai insentif yang dapat diberikan sebagai dana bergulir (*revolving fund*) dan juga legalisasi pemilikan lahan. (Haryati 2007)

## **STRATEGI IMPLEMENTASI**

### **Analisis SWOT Implementasi Sistem Pertanaman Lorong**

SWOT adalah akronim yang merupakan singkatan dari *strengths*, *weaknesses*, *opportunities*, dan *threats*. Ini merupakan suatu alat untuk menganalisis faktor internal positif (kekuatan = *strengths*) dan negatif (kelemahan = *weaknesses*) serta faktor eksternal positif

(peluang = *opportunities*) dan negatif (ancaman = *threats*) dari perencanaan suatu kegiatan atau program atau proyek tertentu yang akan diimplementasikan (Marimin 2004, Berry 2017). Tahapan yang dilakukan dalam menganalisis SWOT agar keputusan yang diperoleh lebih tepat yaitu: 1) tahap pengambilan data yaitu evaluasi faktor eksternal dan internal, 2) tahap analisis yaitu pembuatan matriks internal eksternal dan matriks SWOT, dan 3) tahap pengambilan keputusan (Marimin 2004).

Bedasarkan uraian sebelumnya, sistem pertanaman lorong mempunyai keunggulan dan kelemahan sehingga dapat dijabarkan apa yang menjadi peluang dan apa saja yang akan menjadi ancaman apabila sistem tersebut akan diimplementasikan dan dikembangkan (Tabel 11).

### **Strategi Kekuatan-Peluang/ (Strategi SO)**

Strategi kekuatan-peluang/SO yang dapat dilakukan diantaranya adalah implementasi dengan penataan dan pendekatan hamparan dalam kelompok petani. Penataan dilakukan terhadap komponen teknik konservasi penunjang seperti saluran pembuangan air (SPA), bangunan terjunan air (BTA), saluran pengelak ditata dalam satu hamparan yang dimiliki oleh kelompok tani. Dengan demikian, pengendalian erosi, runoff, dan kehilangan hara dapat memaksimalkan peluang pengendalian degradasi lahan dan praktek pertanian ramah lingkungan dapat tercipta secara optimal serta mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Pemilihan *hedgerow* yang mempunyai bentuk kanopi yang sempit tapi padat, menghasilkan biomas yang tinggi, cepat tumbuh, berakar dalam, tahan terhadap pemangkasan, tahan penyakit, dan dapat memfiksasi N<sub>2</sub> dari udara merupakan strategi SO berikutnya. Hal ini untuk memaksimalkan kekuatan peningkatan produktivitas tanah dan tanaman, menghasilkan bahan organik/biomas, dan menghasilkan pakan ternak dari hasil pangkasan tanaman pagar (*hedgerow*). Integrasi tanaman – ternak dan penguatan kelembagaan kelompok tani merupakan strategi SO selanjutnya yang menggunakan kekuatan peningkatan produktivitas tanah dan tanaman dan menghasilkan pakan ternak guna memaksimalkan peluang adopsi oleh petani.

### **Strategi Kekuatan-Ancaman/ (Strategi ST)**

Pendekatan hamparan lahan yang dimiliki petani dalam satu kelompok yang sama dan kejelasan status pemilikan lahan atau legalisasi pemilikan lahan atau

Tabel 11. Kekuatan, kelemahan, peluang, dan ancaman implementasi sistem pertanaman lorong di lahan kering DAS hulu

Table 11. *Strengths, weaknesses, opportunities, and threats of alley cropping implementation in upland watershed*

Kategori	Aspek	Sumber
Kekuatan (Strengths)/S	Efektif mengendalikan erosi dan <i>runoff</i> (S1)	Haryati <i>et al.</i> 1993, 1995; Haryati 2000, Wei <i>et al.</i> 2007, Wang <i>et al.</i> 2010
	Efektif menurunkan kehilangan hara (S2)	Hairiah <i>et al.</i> 2000; Wang <i>et al.</i> 2010
	Meningkatkan perbaikan kualitas tanah dan produktivitas tanaman (S3)	Erfandi <i>et al.</i> 1988; Hafif <i>et al.</i> 1993; Alegre and Rao 1996 ; Mapa and Gunasena, 199 ; Dariah <i>et al.</i> 1993; Sudharto <i>et al.</i> 1997; Haryati <i>et al.</i> 1995; Juanda <i>et al.</i> 2003
	Menghasilkan bahan organik/biomas (S4)	Haryati <i>et al.</i> 1993; Suyana 2003; Wolz dan DeLucia 2018
	Efisiensi biaya (murah) dalam implementasinya (S5)	Singh <i>et al.</i> 1989; Haryati <i>et al.</i> 1993a;; Utomo <i>et al.</i> (1997); Nelson <i>et al.</i> 1997
	Menghasilkan pakan ternak dari hasil pangkasan tanaman pagar ( <i>hedgerow</i> ) (S6)	Haryati <i>et al.</i> 1993a; Yuhaeni <i>et al.</i> 1997; Suyana 2003;
	Mitigasi Perubahan Iklim ( S7)	Nair 2012; Agus <i>et al.</i> 2016
Kelemahan (Weaknesses)/W	Persaingan hara, cahaya dan air (W1)	Mc Intyre <i>et al.</i> 1996; Garrity 1996; Hairiah <i>et al.</i> 2000;
	Allelopati, inang penyakit tanaman pagar ( <i>hedgerow</i> ) terhadap tanaman utama (W2)	Junaedi <i>et al.</i> 2006
	Konflik kepentingan ( <i>Conflict of interest</i> ) penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak (W3)	Ibrahim 2003
	Pengurangan luas bidang olah (W4)	Sukmana dan Erfandi 1988; Dariah <i>et al.</i> 1993; Hafif <i>et al.</i> 1993; Haryati <i>et al.</i> 1993, 1995; Alegre and Rao 1996
	Penambahan tenaga kerja untuk pemeliharaan (penanaman, pemangkasan, pemulsaan dan pemeliharaan tanaman pagar) (W5)	Haryati <i>et al.</i> 1993a; Tonye dan Titi – Nwel, 1995; Nelson <i>et al.</i> 1997;
	Pengetahuan dan keterampilan pengguna (petani), penyuluh dan pengambil kebijakan (sistem <i>Alley Cropping</i> belum banyak diketahui) (W6)	Haryati <i>et al.</i> 2013; Muryunika 2015
Peluang (Opportunities)/O	Mengendalikan degradasi lahan (O1)	Hairiah <i>et al.</i> (2000); Haryati (2000); Juanda <i>et al.</i> (2003); Wei <i>et al.</i> (2007), Wang <i>et al.</i> (2010)
	Pertanian ramah lingkungan (O2)	Haryati <i>et al.</i> (1993, 1995); Haryati (2000), Wei <i>et al.</i> (2007), Wang <i>et al.</i> (2010)
	Aplikasi/adopsi oleh petani (O3)	Sembiring <i>et al.</i> (1991); Haryati <i>et al.</i> (1993a); Setiani <i>et al.</i> (1995); Wang <i>et al.</i> (2010)
	Mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim (O4)	Nair 2012
Ancaman (Threats)/T	Keterbatasan tenaga kerja (T1)	Haryati <i>et al.</i> (2007, 2013); Haryati (2008)
	Keterbatasan luas dan status kepemilikan lahan (T2)	Sukmana <i>et al.</i> (1988); Haryati <i>et al.</i> (2007, 2013); Haryati (2008)
	Kesulitan mendapatkan benih untuk tanaman pagar (T3)	Sukmana <i>et al.</i> (1988); Haryati <i>et al.</i> (2007, 2013); Haryati (2008)
	Keterbatasan modal petani (T4)	Sukmana <i>et al.</i> (1988); Suyana (2003); Haryati <i>et al.</i> (2007, 2013); Haryati (2008)
	Persepsi dan preferensi pengguna (petani) dengan para pengambil kebijakan (T5)	Haryati <i>et al.</i> (2013); Muryunika (2015)

kejelasan hak guna usaha (HGU) adalah strategi yang menggunakan kekuatan efektivitas pengendalian erosi, *runoff* dan kehilangan hara untuk meminimalkan ancaman keterbatasan luas dan status kepemilikan lahan, kesulitan mendapatkan benih untuk tanaman pagar dan keterbatasan modal petani.

Gotong royong dan modal bergulir (*revolving fund*) merupakan strategi yang menggunakan kekuatan

efektivitas pengendalian erosi, *runoff*, dan kehilangan hara serta biaya menjadi lebih efisien. Sistem gotong royong menyebabkan aplikasi teknik konservasi yang memerlukan tenaga banyak dapat dilakukan, sehingga erosi, *runoff* dan kehilangan hara dapat lebih dikendalikan. Gotong royong dan modal bergulir juga sebagai strategi untuk mengatasi ancaman keterbatasan tenaga kerja dan keterbatasan modal petani.

Tabel 12. Penguatan peluang dan pemecahan masalah/ancaman dalam pengembangan strategi implementasi sistem *alley cropping* di lahan kering DAS hulu

Table 12. *Strengthening of opportunities and problem/threats solving in developing strategy of alley cropping implementation in upland watershed*

	Peluang ( <i>Opportunities</i> )	Ancaman ( <i>Threats</i> )
Kekuatan ( <i>Strengths</i> )	<i>Strategi Kekuatan-Peluang/ (Strategi Strengths-Opportunities (SO))</i>	<i>Strategi Kekuatan-Ancaman/ (Strategi Strengths-Threats (ST))</i>
	Implementasi dengan penataan dan pendekatan hamparan dalam kelompok petani(S1, S2, S7, O1, O2, O4)	Pendekatan hamparan, kelompok dan kejelasan status /legalisasi pemilikan lahan/HGU jelas (S1, S2, T2, T3, T4)
	Pemilihan <i>hedgerow</i> (bentuk kanopi, hasil biomas, cepat tumbuh, akar dalam, tahan pangkas, tahan penyakit, fiksasi N <sub>2</sub> (S3, S4,S6,S7, O1, O2,O4)	Gotong royong , modal bergulir ( <i>Revolving fund</i> ) (S1, S2, S5, T1, T4)
	Integrasi tanaman–ternak (S3, S4, S6, O1, O3, O4)	Pengelolaan ternak oleh kelompok (S3, S4, T1, T4)
	Penguatan kelembagaan kelompok tani (S5, O3, O4)	Penguatan kelembagaan ekonomi petani (S3,S5,T1, T2.T3,T4)
Kelemahan ( <i>Weaknesses</i> )	<i>Strategi Kelemahan-Peluang/ (Strategi Weaknesses-Opportunities (WO))</i>	<i>Strategi Kelemahan-Ancaman/ (Strategi Weaknesses-Threats( WT))</i>
	Jarak optimal (4m) dan pemangkasan <i>hedgerow</i> secara periodik (W1, W4, W3, O1, O2, O4)	Subsidi ternak dari pemerintah/ swasta untuk petani (W3, T4)
	Pemilihan jenis <i>hedgerow</i> (leguminosa semak/pohon), agar tidak ada allelopati (W2, W3, O1, O2, O3, O4)	Subsidi benih/bibit <i>legume tree crops</i> (LTC)/ <i>multi purpose tree spesies</i> (MPTS) untuk <i>hedgerow</i> (W2,T3, T4)
	Pembagian persentase dan pengaturan waktu (berapa % dan kapan) pemberian antara untuk mulsa dan ternak (W3, O1, O2, O4)	Penyuluhan/training untuk persamaan persepsi, preferensi, peningkatan pemahaman dan keterampilan pengguna (W3, W6, T5)
	Peningkatan hasil tanaman, diversifikasi , pengaturan pola tanam (tanaman utama yang toleran terhadap naungan) (W1, W4, O1, O2, O3, O4)	Analisis agroekosistem bersama petani, penyuluh dan pemangku kebijakan untuk membangun <i>grand design</i> sebelum implementasi (W3, W5, W6, T1, T3, T4, T5)
	Penyuluhan/training (W3,W6, , O3, O4)	<i>Participatory Rural Appraisal</i> (PRA) (W3, W5, W6, T1, T3, T4, T5)

Pengelolaan ternak oleh kelompok adalah strategi yang menggunakan kekuatan peningkatan produktivitas tanah dan tanaman, menghasilkan bahan organik/biomas, dan mengatasi ancaman keterbatasan tenaga kerja dan keterbatasan modal petani. Penguatan kelembagaan ekonomi petani adalah strategi berikutnya dalam menggunakan kekuatan peningkatan produktivitas tanah dan tanaman dan efisiensi biaya untuk mengatasi ancaman keterbatasan tenaga kerja, keterbatasan luas dan status pemilikan lahan, kesulitan mendapatkan benih untuk tanaman pagar, dan keterbatasan modal petani.

### Strategi Kelemahan-Peluang/(Strategi WO)

Strategi WO adalah strategi yang meminimalkan kelemahan untuk memanfaatkan peluang. Mengoptimalkan jarak (4 m) dan pemangkasan *hedgerow* secara periodik meminimalkan kelemahan persaingan hara, cahaya dan air, pengaruh allelopati, inang penyakit tanaman pagar (*hedgerow*) terhadap tanaman utama, konflik kepentingan (*Conflict of interest*)

penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak dan berkurangnya lahan pertanian. Strategi tersebut juga dipakai untuk memanfaatkan peluang mengendalikan degradasi lahan, pertanian ramah lingkungan, serta mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Pemilihan jenis *hedgerow* yang berasal dari leguminosa semak/pohon (LTC) dipakai dalam strategi yang meminimalkan kelemahan allelopati dan konflik kepentingan (*Conflict of interest*) penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak untuk memanfaatkan peluang mengendalikan degradasi lahan, pertanian ramah lingkungan, adopsi (karena petani mendapatkan manfaat lain dari LTC) serta mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Pembagian persentase dan pengaturan waktu (berapa % dan kapan) dalam pemanfaatan biomas adalah strategi untuk dapat meminimalkan kelemahan dalam hal kepentingan penggunaan biomas antara untuk mulsa dan pakan ternak. Strategi tersebut juga

dapat dijadikan peluang dalam pemilihan jenis *hedgerow* yang berasal dari leguminosa semak/pohon (LTC).

Peningkatan hasil tanaman dengan pemberian pupuk kandang yang dihasilkan oleh ternak dan pupuk organik, diversifikasi tanaman, pengaturan pola tanam (tanaman utama yang toleran terhadap naungan) diharapkan dapat meminimalkan kelemahan persaingan hara, cahaya, dan air, serta berkurangnya lahan pertanaman untuk memanfaatkan peluang mengendalikan degradasi lahan, pertanian ramah lingkungan, adopsi serta mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim.

Penyuluhan dan atau training adalah strategi yang dapat mengatasi masalah konflik kepentingan penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak, dan keterbatasan pengetahuan dan keterampilan pengguna (petani), penyuluh, serta belum banyak diketahui oleh para pengambil kebijakan dalam pemanfaatan biomas. Strategi ini juga dipakai untuk memanfaatkan peluang adopsi oleh petani serta mitigasi dan adaptasi perubahan iklim. Penyuluhan dan pelatihan dapat mempercepat adopsi dan meningkatkan pengetahuan petani tentang mitigasi dan adaptasi perubahan iklim.

### Strategi Kelemahan-Ancaman/(Strategi WT)

Strategi ini merupakan strategi untuk meminimalkan kelemahan dan menghindari ancaman. Strategi tersebut diantaranya adalah :

- Subsidi ternak dari pemerintah/swasta untuk petani diharapkan dapat meminimalkan konflik kepentingan penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak dan menghindari ancaman keterbatasan modal petani. Subsidi benih/bibit *legume tree crops* (LTC)/ *multi purpose tree spesies* (MPTS) untuk *hedgerow* dapat meminimalkan kelemahan pengaruh allelopati, inang penyakit tanaman pagar (*hedgerow*) terhadap tanaman utama dan menghindari ancaman kesulitan mendapatkan benih untuk tanaman pagar dan keterbatasan modal petani.
- Penyuluhan/*training* untuk persamaan persepsi, preferensi, peningkatan pemahaman dan keterampilan pengguna merupakan strategi untuk meminimalkan konflik kepentingan penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak dan pengetahuan dan keterampilan pengguna (petani), penyuluh dan belum banyak diketahui oleh para pengambil kebijakan. Hal ini juga untuk menghindari ancaman perbedaan persepsi dan

preferensi pengguna (petani) dengan para pengambil kebijakan.

- Analisis agroekosistem bersama petani, penyuluh, dan pemangku kebijakan untuk membangun *grand design* sebelum implementasi diharapkan dapat meminimalkan kelemahan dan mengatasi ancaman tentang konflik kepentingan penggunaan biomas antara untuk mulsa/pupuk hijau dan pakan ternak, penambahan tenaga kerja untuk pemeliharaan (penanaman, pemangkasan, pemulsaan dan pemeliharaan tanaman pagar), serta meminimalkan kelemahan dalam hal pengetahuan dan keterampilan pengguna (petani), penyuluh dan pengambil kebijakan (sistem *alley cropping* belum banyak diketahui). Hal ini juga merupakan strategi untuk mengatasi ancaman keterbatasan tenaga kerja, kesulitan mendapatkan benih untuk tanaman pagar, keterbatasan modal petani serta perbedaan persepsi dan preferensi pengguna (petani) dengan para pengambil kebijakan. Demikian juga halnya dengan strategi *Participatory Rural Appraisal* (PRA).

Pengembangan strategi untuk implementasi sistem pertanaman lorong di lahan kering DAS bagian hulu yang dapat disarikan dari matrik SWOT tersebut diatas dapat dibagi ke dalam 2 kategori strategi yaitu :

1. Pengembangan strategi yang bersifat teknis :
  - Pendekatan hamparan untuk penataan komponen teknik konservasi pendukung.
  - Budidaya sistem pertanaman lorong yang menyangkut pemilihan jenis *hedgerow*, pengaturan jarak *hedgerow*, pengaturan proporsi pemberian hasil pangkasan (antara untuk mulsa atau pakan ternak) dan waktu pemangkasan, serta diversifikasi dan pengaturan pola tanam.
  - Integrasi tanaman-ternak untuk optimalisasi sistem pertanaman lorong.
2. Pengembangan strategi yang bersifat non teknis:
  - Penguatan kelembagaan kelompok tani baik secara sosial maupun ekonomi.
  - Analisis agroekosistem dengan melibatkan petani, penyuluh dan pemangku kebijakan dengan menggunakan metode PRA untuk sinkronisasi persepsi, preferensi dalam merumuskan *grand design* sebelum implementasi.
  - Penyuluhan dan pelatihan untuk petani dan penyuluh untuk peningkatan pengetahuan, pemahaman dan keterampilan petani dan penyuluh sebagai mediator untuk menjembatani pengguna (petani) dan pengambil kebijakan.

- Subsidi ternak dan benih/bibit LTC/MPTS dari pemerintah dan atau swasta untuk percepatan adopsi dan mengatasi keterbatasan modal petani.

## PENUTUP

Teknik konservasi tanah dan air bersifat spesifik lokasi. Oleh karena itu, implementasinya harus disesuaikan dengan kondisi agroekosistem setempat. Implementasi sistem pertanaman lorong di lahan kering DAS hulu perlu memperhatikan prioritas masalah dan atau kendala yang dihadapi di lokasi dimana sistem tersebut akan diaplikasikan. Sistem pertanaman lorong dapat dikembangkan di lahan kering DAS hulu, dengan memperhatikan keunggulan, kelemahan, peluang dan tantangannya dengan cara meminimalisir kelemahan dan memaksimalkan keunggulannya. Selain itu, melibatkan petani dan atau masyarakat serta pemangku kebijakan sejak awal perencanaan implementasi merupakan salah satu kunci suksesnya program pengembangan sistem pertanaman lorong. Selanjutnya dalam menghadapi era globalisasi, pengembangan sistem pertanaman lorong dapat mendukung mitigasi dan adaptasi terhadap perubahan iklim. Pengembangan strategi untuk implementasi sistem pertanaman lorong bersifat teknis dan nonteknis.

Telah banyak hasil-hasil penelitian yang menyangkut teknis ilmiah tentang sistem pertanaman lorong, namun di Indonesia, belum banyak yang melakukan penelitian di bidang ekonomi (analisis finansial) dan sosiologi tentang sistem pertanaman lorong. Oleh karena itu, di masa yang akan datang penelitian tentang hal tersebut perlu diupayakan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman A, Sutono S. 2005. Teknologi pengendalian erosi lahan berlereng. Hlm. 103-5145 *Dalam* Abdurachman *et al.* (Eds.) Teknologi Pengelolaan Lahan Kering: Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. Puslitbangtanak, Bogor.
- Abdurachman A. 2008. Teknologi dan strategi konservasi tanah dalam kerangka revitalisasi pertanian. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(2), 2008: 105-124. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Abdurachman A, Dariah A, Mulyani A. 2008. Strategi dan teknologi pengelolaan lahan kering mendukung pengadaan pangan nasional. *Jurnal Litbang Pertanian*, 27(2): 43-49. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Adiningsih JS, Mulyadi. 1992. Alternatif teknik rehabilitasi pemanfaatan lahan alang-alang. *Prosiding Seminar : Pemanfaatan Lahan Alang-Alang untuk Usaha Tani Berkelanjutan*, Bogor, December 1, 1992: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Agus F, Cassel DK, Garrity DP. 1997. Soil water and soil physical properties under contour hedgerow system on sloping Oxisols. *Soil and Tillage Research* 40 : 185 – 199. International Soil Tillage Research Organization (ISRO).
- Agus F, Abdurachman A, Rachman A, Talaohu SH, Dariah A, Prawiradiputra BR, Haffif B, Wiganda S. 1999. Teknik Konservasi Tanah dan Air. Sekretariat Tim Pengendali Bantuan Penghijauan dan Reboisasi Pusat. Departemen Kehutanan.
- Agus F, Husnain, Yustika RD. 2016. Improving Agricultural Resilience to Climate Change Through Soil Management. *Jurnal Litbang Pertanian* 34 (4): 147-158.
- Alegre JC, Rao MR. 1996. Soil and water conservation by contour ledging in the humid tropics of Peru. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 57 : 17-25. Elsevier Science. BV.
- Akyeampong E, Hitimana L. 1996. Agronomic and economic appraisal of alley cropping with *Leucaena diversifolia* on an acid soil in the highlands of Burundi. *Agroforestry System* 33 : 1 – 11. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Anwaruddinsyah MJ, Toha HM, Prasetyo T, Abdurachman A. 199. Fungsi Laboratorium Lapangan Ungaran dalam P2LK2 dan Kemungkinan Pengembangannya pada Pasca Proyek. *Seminar Proceeding Penelitian dan Pengembangan Sistem Usaha Tani Konservasi di Lahan Kering DAS Jratunseluna dan Brantas, Cipayung, February 10-11*: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Berry T. 2017. What is SWOT analysis ? Palo Alto Software and Bplans.com.1 Februari 2018.
- Brata B. 2017. Pengaruh beberapa campuran media pada feses sapi kaur yang diberikan pakan rumput setaria dan pelepah sawit terhadap biomassa dan kualitas vermikompos cacing tanah *Pheretima sp.* *Jurnal Sains Peternakan Indonesia* 12(2): 142-151. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Chamshama SAO, Mugasha AG, Klovstad A, Haveraen O, Maliondo SMS. 1998. Growth and Yield of Maize Alley Cropped with *Leucaena Leucocephala* and *Faidherbia Albida* in Morogoro, Tanzania. *Agroforestry System* 40 : 215-225. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Cubbage F, Glenn V, Mueller JP, Robison D, Myers R, Luginbuhl JM, Myers R. 2012. Early tree growth, crop yields and estimated returns for an agroforestry trial in Goldsboro, North Carolina. *Agroforestry Systems* 86 (3) : 323–334. Springer Link.
- Dariah A, Erfandi D, Suriadi E, Suwardjo H. 1993. Tingkat efisiensi dan efektivitas tindakan konservasi secara vegetatif dengan strip vetiver dan tanaman pagar *Flemingia congesta* pada usahatani tanaman jagung. Hlm. 83-89. *Dalam* *Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bidang Konservasi Tanah dan Air dan Agroklimat, Bogor, 18-21 Februari 1993*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

- Dariah, A. Dan A. Rachman. 1989. Pengaruh mulsa hijauan *alley cropping* terhadap pertumbuhan dan hasil jagung serta beberapa sifat fisik tanah. Hlm. 99-106. *Dalam* Prosiding Pembahasan Hasil Penelitian Tanah. Bidang Konservasi Tanah dan Air. Cipayung, 22-24 Agustus 1989. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Erfandi D, Suwardjo H, Rachman A. 1988. Penelitian *alley cropping* di Kuamang Kuning, Jambi. Hasil Penelitian Pola Usahatani Terpadu di Daerah Transmigrasi Kuamang Kuning Jambi. Bagian Proyek Perencanaan Pengembangan dan Koordinasi Proyek-proyek Transmigrasi Bantuan Luar Negeri (PPK-PBLN), Departemen Transmigrasi dan Pusat Penelitian Tanah, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian. (tidak dipublikasikan).
- Garrity DP. 1996. Tree-soil-crop interactions on slopes. *In* Ong and Huxley (Eds) Tree-Crop Interactions. A Physiological Approach. P: 299 – 318. (AB. International and ICRAF).
- Hairiah K, Utami SR, Suprayogo D, Widiyanto, Sitompul SM, Sunaryo, Lusiana B, Mulia R, Van Noordwijk M, Cadisch G. 2000. Agroforestry on Acid Soils in the Humid Tropics : Managing tree-soil-crop interactions. International Center for Research in Agroforestry (ICRAF).
- Hafif B, Santoso D, Sri Adiningsih, Suwardjo H. 1993. Evaluasi penggunaan beberapa cara pengelolaan tanah untuk reklamasi dan konservasi lahan terdegradasi. *Pembrit. Panel. Tanah dan Pupuk* 11:7-12.
- Haryati U, Abdurrachman A, Rachman A, Setian C. 1993a. Efisiensi dan efektivitas pengendalian erosi sistem pertanaman lorong serta peluang adopsinya oleh petani lahan kering. Hlm: 1-20. *Dalam* Prosiding Seminar Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah di DAS Serang Hulu. P3HTA, Boyolali, 5 Agustus 1992. Badan Litbang Pertanian.
- Haryati U, Abdurrachman A, Setiani C. 1993b. Alternatif teknik konservasi tanah untuk lahan kering di DAS Jratunseluna bagian hulu. Hlm : 83 – 106. *Dalam* Abdurrachman *et al.* (Eds.) Risalah Lokakarya Pelembagaan Penelitian dan Pengembangan Sistem Usahatani Konservasi di Lahan Kering Hulu DAS Jratunseluna dan Brantas. Tawangmangu, 7 – 8 Desember 1992. Proyek Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah Komponen Penelitian Terapan (UACP- FSR). P3HTA. Badan Litbang Pertanian.
- Haryati U, Haryono, Abdurrachman A. 1995. Pengendalian erosi dan aliran permukaan serta produksi tanaman pangan dengan berbagai teknik konservasi pada tanah Typic Eutropepts di Ungaran, Jawa Tengah. *Pembrit. Panel. Tanah dan Pupuk* 13 : 40-50.
- Haryati U. 2000. Prospek Pengembangan Sistem pertanaman Lorong di Lahan Kering DAS Hulu. p 471-495. *Dalam* Las *et al.* (Eds.) Prosiding Seminar Nasional Sumber Daya Lahan Buku III, Cisarua-Bogor, 9-11 Februari, 2007. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Haryati U. 2007. Keunggulan dan kelemahan sistem *alley cropping* untuk usahatani konservasi di lahan kering das bagian hulu. Hlm : 755-767. *Dalam* Radjaguguk *et al.* (Eds.) Prosiding Kongres HITI IX, Yogyakarta, 5-7 Desember, 2007. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia.
- Haryati U. 2008. Strategi Implementasi Sistem Usaha Tani Konservasi di Lahan Kering Daerah Aliran Sungai bagian Hulu. P 15-37. *Dalam* Murtalaksono *et al.* (Eds.) Prosiding Seminar dan Kongres MKTI VI, Bogor, 17-18 Desember, 2007. Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia.
- Haryati U, Budiarti T, Makalew AD. 2013. Konservasi lanskap pertanian lahan kering berbasis sayuran mendukung pengembangan agrowisata di dataran tinggi Merbabu. Hlm 60-87. *Dalam* Widowati *et al.* [Eds]. Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi, Bogor, 17-18 Maret 2010. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementan.
- Hauser S, Asawalam DO, Vanlauwe B. 1998. Spatial and temporal gradients of earth worm *Castings* vetivity in alley cropping system. *Agroforestry System* 41 : 127 – 137. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Hawkins R, Sembiring H, Lubis D, Suwardjo. 1990. The Potensial of Alley Cropping in The Uplands of East and Central Java. Upland and Agriculture Conservation Project-Farming System Research, Agency for Agriculture Research and Development. Salatiga.
- Ibrahim T M. 2003. Strategi penelitian hijauan mendukung pengembangan ternak kambing potong di Indonesia. *Wartazoa* 13(1): 1-8.
- Irianto G, Suwardjo H, Abdurachman A. 1989. Rehabilitasi lahan bekas percobaan erosi dengan kombinasi *alley cropping* dan tanaman pangan pada tanah Tropudults di Pekalongan, Lampung Tengah. Seminar Proceeding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah, Bidang Penelitian Tanah dan Air, Bogor. 22-24 Agustus: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Islami T, Utomo WH. 2006. Limpasan permukaan dan erosi tanah setelah sepuluh tahun menggunakan sistem pertanaman lorong. *Buana Sains* 6(1) 51-58.
- Juanda JS, Assa'ad DN, Warsana. 2003. Kajian laju infiltrasi dan beberapa sifat fisik tanah pada tiga jenis tanaman pagar dalam sistem budidaya lorong. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 4 (1): 25 – 31.
- Juarsah I. 2015. Teknologi pengendali gulma alang-alang dengan tanaman legum untuk pertanian tanaman pangan. *Jurnal Agro*, Volume II, No.1, Juli 2015: 29-38. Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati. Bandung.
- Junaedi A, Chozin MA, Ho Kim K. 2006. Ulasan perkembangan terkini kajian *alelopati*. *Jurnal Hayati* 13 (2) 79-84.
- Kang BT, Wilson GF, Lawsen TL. 1984. Alley Cropping a Stable Alternative to Shifting Cultivation. International Institute of Tropical Agriculture. Ibadan, Nigeria.
- Kurnia U, Sudirman, Sa'ad NS. 1984. Pengaruh strip rumput dan lamtoro terhadap aliran permukaan dan erosi pada tanah Latosol Citayam: Pengujian pada daerah tumpang mini. Hlm. 383-394. *Dalam* Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah. Cipayung, 21-23 Februari 1984. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.

- Kurnia U, Sinukaban N, Suratno FG, Pawitan H, Suwardjo H. 1997. Pengaruh teknik rehabilitasi lahan terhadap produktivitas tanah dan kehilangan hara. *Jurnal Tanah dan Iklim* 15: 10-18.
- Komaruddin N. 2008. penilaian tingkat bahaya erosi di sub daerah aliran sungai Cileungsi, Bogor. *Jurnal Agrikultura*, Volume 19. No. 3, 2008: 173-178. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Mapa RB, Gunasena HPM. 1995. Effect of alley cropping on soil aggregate stability of a tropical Alfisols. *Agroforestry System* 32 : 237 –245. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Marimin. 2004. Pengambilan Keputusan Kriteria Majemuk. Jakarta (ID): PT. Gramedia Widiasarana Indonesia.
- Mc Intyre BD, Riha SJ, Ong CK. 1996. light interception and evapotranspiration in hedgerow agroforestry system. *Agricultural and Forest Meteorology* 81 (1996) : 31 – 40. Elsevier Science. BV.
- Momuat EOM, Yasin HG, Christine JSM, Sitepu J, Bamualim A. (Eds). 1991. Laporan Tahunan Proyek P3NT 1989/1990. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Mulyani A, Sarwani M. 2013. Karakteristik dan potensi lahan sub optimal untuk pengembangan pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* Vol.7 No.1: 47-55. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Muryunika, R. 2015. Strategi Pengelolaan dan Pengembangan Agroforestri Berbasis Kelapa Sawit di Jambi. Tesis Magister. Sekolah Pasa Sarjana Institut Pertanian Bogor (IPB). Bogor. 47p.
- Nair PKR. 2012. Climate change mitigation: a low-hanging fruit of agroforestry. Hlm : 31- 67 *In* Nair and Garrity (Eds.) *The Future of Global Landuse*. Springer Link.
- Nelson RA, Grist PG, Menz KM, Cramb RA, Paningbatan EP, Mamicpic MA. 1997. A Cost-benefit analysis of hedgerow intercropping in the Philippines uplands using the SCUAF model. *Agroforestry System* 35 : 203 – 220. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Owino JO, Owido SFO, Chemelil MC. 2006. Nutrient and runoff from a clay loam soil protected by narrow grass strip. *Soil & Tillage Res.* 88 (2006): 116-122. Elsevier.
- Prawiradiputra BR. 1989. Daya dukung pola tanam untuk ternak domba di DAS Citanduy. *In: Prawiradiputra et al.* (Eds). Seminar Proceeding on Penelitian dan Pengembangan Sistem Usaha Tani Konservasi di DAS Citanduy. Linggarjati, August 9-11, 1989, Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Proyek Penelitian Penyelamatan Hutan, Tanah dan Air (P3HTA). 1992. Laporan Tahunan 1991/1992. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Pullin RSC. 1993. An overview of environmental issues in developing country aquaculture. P.1-19. *In* Environment and Aquaculture in Developing Countries. ICLARM Conf. Proc..
- Ritung S, Suryani E, Subardja D, Sukarman, Nugroho K, Suparto, Hikmatullah, Mulyani A, Tafakresnanto C, Sulaeman Y, Subandiono RE, Wahyunto, Ponidi, Prasojo N, Suryana U, Hidayat H, Priyono A, Supriatna W. 2015. Sumberdaya Lahan Pertanian Indonesia. Luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. IAARD Press. 98 hal.
- Rachman A, Abdurachman A, Haryati U, Sukmana S. 1990. Hasil hijauan legum, panen tanaman pangan dan pembentukan teras dalam sistem pertanaman lorong. Hlm. 19-20. *Dalam* Risalah Pembahasan Hasil Penelitian Pertanian. Pertanian Lahan Kering dan Konservasi. P3HTA, Badan Litbang Pertanian. Salatiga.
- Rosemeyer M, Viaene N, Swartz H, Kattler J. 2000. The effect of slash/mulch and alley cropping bean production systems on soil microbiota in the tropics. *Applied Soil Ecology* 15 (2000) : 49 – 59. Elsevier Science. BV.
- Salazar A, Szott LT, Palm CA. 1993. Crop – tree – interactions in alley cropping system on alluvial soils of the upper Amazon Basin. *Agroforestry System* 22 : 67 – 82. Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Santoso D, Dixin Y. 1997. The importance of strong linkage coordination for widespread adoption of sloping land management (SLM) technologies. *IBSRAM Proceedings* 17:107-120.
- Sembiring H, Thamrin M, Nurida N, Hardianto R, Kartono G, Abdurachman A. 1991. Tanaman legum serba guna dalam sistem usaha tani lahan kering di DAS Brantas. Hlm. 126-138. *Dalam* Risalah Lokakarya Hasil Penelitian P3HTA/UACP-FSR. Bandungan 25-26 Januari 1991. P3HTA, Badan Litbang Pertanian.
- Setiani C, Haryati U. 1991. Analisis pembelanjaan parsial pada sistem pertanaman lorong. Hlm 265-271. *Dalam* Sistem Usahatani Konservasi di DAS Jratunseluna dan DAS Brantas. Risalah Lokakarya Hasil Penelitian P3HTA/UACP-FSR. Bandungan, 25-26 Januari 1991.
- Setiani C, Haryati U, Rachman A. 1995. Implementasi dan pengembangan teknologi pertanaman lorong di lahan kering DAS Bagian Hulu (Tinjauan Sosiologis di Desa Gunungsari, Kabupaten Boyolali). Hlm. 365-379. *Dalam* Prosiding Lokakarya dan Ekspose teknologi Sistem Usahatani Konservasi dan Alat Mesin Pertanian. Yogyakarta, 17-19 Januari 1995. Badan Litbang Pertanian.
- Singh RP, Van den Beldt RJ, Hocking D, Konwar GR. 1989. alley farming in semi arid regions of India. *In* Kang and Reynolds (Eds.). *Alley Farming in Humid and Subhumid Tropics*. Proceeding of an International Workshop. Ibadan, Nigeria, 10-14 March 1996.
- Sudharto T, Sudirman, Budhyiastoro T, Dariah A, Mustofa A. 1997. Pengaruh jenis dan jarak tanaman pagar dalam sistem budidaya lorong terhadap produksi bahan hijauan dan biji kering kacang tunggak (*Vigna unguiculata* (L) Walp) pada tanah Ultisol Kentrong. Hlm. 325-336. *Dalam* Prosiding Simposium Nasional dan Kongres VI Peragi. Jakarta, 25-27 Juni 1996. Perhimpunan Agronomi Indonesia.
- Sugiyanto. 2014. Rekonstruksi model penyuluhan dan kehutanan berbasis pengelolaan daerah aliran sungai terpadu (Studi Kasus di Tiga Desa di wilayah Kabupaten Malang). *Jurnal Hutan Tropis*, Vol 2 No.2: 127-137. Fakultas Kehutanan Universitas Lambung Mangkurat.

- Suhairin, Baja S, Husni H. 2015. Tindakan konservasi lahan berbasis kemampuan lahan di daerah aliran sungai Maros Sulawesi Selatan Indonesia. *Jurnal Sains & Teknologi*, Vol.15 No.2: 182-189. Universitas Hasanuddin. Makassar.
- Sukmana S, Suwardjo H, Kusnadi U, Syam A. 1988. Usahatani konservasi di daerah aliran sungai bagian hulu. *Dalam Sistem Usahatani di Lima Agro-ekosistem*. Risalah Lokakarya Penelitian Sistem Usahatani : Bogor, 14-15 Desember 1988. Puslitbang Tanaman Pangan. Badan Litbang Pertanian. Hal : 199-222.
- Sukmana S. Suwardjo H. 1991 Prospect of vegetative soil conservation measure for sustainable upland agriculture. *Institute of Agriculture Research and Development (IARD)*, Journal 13 (1 dan 2):1-7.
- Suyana J. 2003. Penerapan Teknologi Konservasi *Hedgerows* Untuk Menciptakan Sistem Usahatani Lahan Kering Berkelanjutan. Pengantar Falsafah Sains (PPS702) Program Pascasarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Syam A. 2003. Sistem pengelolaan lahan kering di daerah aliran sungai bagian hulu. *Jurnal Litbang Pertanian*, 22(4): 162-171. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Thamrin, H. Sembiring, Kartono G, Sukmana S. 1990. Pengaruh beberapa macam teras dalam pengendalian erosi tanah Tropudalfs di Srimulyo, Malang. hlm. 9-15 *dalam* Risalah Pembahasan Hasil Penelitian Pertanian Lahan Kering dan Konservasi Tanah. Tugu, Bogor, 11-13 Januari 1990.
- Tonye J, Titi-Nwel P. 1995. Agronomic and economic evaluation of method of establishing alley cropping under a maize/groundnut intercrop system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 56 (1995) : 29 – 36. Elsevier Science B.V.
- Utomo WH, Ismunandar S, Santoso H. 1997. Dissemination of soil conservation technology: A farmers' participatory research approach with cassava farmers' in Blitar. East Java. *In Sajjapongse (Eds.)*. Farmers' Adoption of Soil-Conservation Technologies. Proceedings of the 9<sup>th</sup> Annual Meeting of ASIALAND Management of Sloping Lands Network. Bogor, Indonesia, 15-21 September 1997. IBSRAM Proceeding 17:15-24.
- Wang Li, Tang L, Wang X, Chen F. 2010. Effects of alley crop planting on soil and nutrient losses in the citrus orchards of the Three Georges Region. *Soil & Tillage Research* 110 (2010): 243-250. Elsevier.
- Wei L, Zhang B, Wang M. 2007. Effects of antecedent soil moisture on runoff and soil erosion in alley cropping systems. *Agricultural Water Management* 94 (2007): 54 – 62. Elsevier.
- Wolz, Kevin J, Evan H. De Lucia. 2018. A Review. alley cropping system : global patterns of species composition and function. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 252 (2018) : 61 – 68. Elsevier.
- Yuhaeni S, Suratmini NP, Purwantari ND, Manurung T, Sutedi E. 1997. Pertanaman lorong (*alley cropping*) *leguminosa* dengan rumput pakan ternak: pengaruh jenis rumput dan jarak larikan glirisidia terhadap pertumbuhan dan produksi hijauan pakan. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 2(4): 242-249.