

Pengaruh Umur Panen dan Jenis Legum Penutup Tanah terhadap Kualitas Tanah di Lahan Kering

ANTONIUS ALI^{1*}), I GUSTI AYU MAS SRI AGUNG², DAN GEDE WIJANA²

¹Mahasiswa Program Studi Magister Agroteknologi, Program Pascasarjana Universitas Udayana

²Staf Pengajar Program Studi Magister Agroteknologi, Program Pascasarjana Universitas Udayana

Jl. P.B. Sudirman Denpasar, Bali 80232.

*) E-mail: antonali757@yahoo.com

ABSTRACT

Effects of Harvesting Time and Types of Legume Cover Crop on Soil Quality in Dryland Farming.

Dryland is characterized by limited water resources, it depends on amount and distribution of rainfall and its low quality of soil. Effort on improvement of soil quality have been reported could be done through incorporating biomass of legume cover crops (LCC). Time of harvesting (then incorporated) and types of LCC determine the nutrients in the biomass, which finally affects the soil quality. A field experiment was conducted to study the effects of time of harvesting and types of LCC on soil quality in dryland farming area in the village of Sengguan, Gianyar Regency, Bali Province from August to December 2015. The experiment was arranged in a completely randomized block design with three replications. The treatments were the times of harvesting (or then incorporation) (3, 6 and 9 weeks after sowing or WAS) was assigned as the first factor while types of LCC (*Mucuna pruriens* L. (kara), *Crotalaria juncea* L.(orok-orok), and *Phaseolus lunatus* L. (kacang arbila)) as the second factor. Results of experiment indicated that incorporated LCC biomass significantly ($P<0.05$) increased soil quality (physically, chemically and biologically). *Mucuna pruriens* and *Phaseolus lunatus* harvested and then incorporated at 3 WAS significantly ($P<0.05$) increased chemical (organic-C, total-N, available K) quality of the soil, while when harvested 9 WAS the effects were more significant on physical (bulk density and porosity) quality. Soil moisture content increased when *Phaseolus lunatus* was harvested and incorporated at 3 WAS, while microbial activities (indicated by soil respiration) increased when *Mucuna pruriens* was treated at the same time.

Keywords: Times of harvesting, types of legume cover crops (LCC), soil quality, dryland.

PENDAHULUAN

Lahan kering merupakan lahan yang digunakan untuk usaha pertanian dengan

menggunakan air secara terbatas hanya mengharapkan curah hujan (Notohadiprawiro, 2006). Lahan kering memiliki kesuburan tanah yang rendah,

sebagai akibat dari pengelolaan lahan pertanian tanpa menyertakan penggunaan bahan organik (Abdurachman *et al.*, 2008). Pemanfaatan bahan organik dari biomasa legum penutup tanah (LPT) dapat menjadi alternatif perbaikan kualitas tanah, karena produksi biomasa yang tinggi, rasio C/N rendah, mudah dan murah untuk dipelihara serta dapat beradaptasi di lahan kering (Rachman *et al.*, 2006).

Jenis LPT seperti *Mucuna pruriens* (kacang koro), *Crotalaria juncea* L (orok-orok), dan *Phaseolus lunatus* L (arbila/koro krotok) telah nyata memberikan pengaruh terhadap perbaikan kualitas tanah di lahan kering. Beberapa hasil studi menunjukkan penggunaan bahan organik dari LPT seperti *Phaseolus lunatus* dan *Mucuna pruriens* dapat menggantikan penggunaan pupuk urea, meningkatkan kalium tanah serta memperbaiki sifat fisik tanah serta hasil tanaman di lahan kering (Dewi *et al.*, 2014; Basuki *et al.*, 2011; Mateus, 2014;).

Pengaruh positif pemanfaatan bahan organik dari biomasa LPT, perlu juga ditunjang dengan penentuan umur panen yang tepat dikarenakan kandungan nutrisi yang berbeda pada setiap umur tanaman (Salisbury dan Ross, 1992). Menurut Noviasuti (2006) kandungan nutrisi pada biomasa LPT *Crotalaria juncea* L, tertinggi pada umur 14 hari setelah tanam (5,25% N dan 69,55% bahan organik) sedangkan pada umur 42 hari terjadi penurunan menjadi 2,49% N dan 66,78% bahan organik. Salisbury dan Ross (1992) menyatakan bahwa kandungan nutrisi tanaman tertinggi pada fase tanaman belum berbunga. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan

jenis LPT yang sesuai dengan umur panen yang tepat yang memberikan pengaruh terhadap perbaikan kualitas tanah di lahan kering.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus – Maret 2015 di lingkungan Sengguan Kawan, Banjar Sengguan Kawan, Kelurahan Gianyar, Bali. Percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas umur panen LPT (yang kemudian dibenamkan) (3,6 dan 9 minggu setelah panen atau MST) yang merupakan faktor pertama, dan jenis LPT (*Mucuna pruriens* L. (kara), *Crotalaria juncea* L.(orok-orok), dan *Phaseolus lunatus* L. (kacang arbila) sebagai faktor kedua. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari benih LPT : orok-orok (*Crotalaria juncea*), dan kara (*Mucuna pruriens*), diperoleh dari Semarang sedangkan kacang arbila (*Phaseolus lunatus*) diperoleh dari petani di kabupaten Belu, NTT. Bahan yang lain adalah tali rafia, kantong plastik dan label percobaan.

Variabel pengamatan : produksi legum penutup tanah (berat segar dan berat kering tanaman) yang diukur sesuai dengan masing-masing umur panen LPT, pengamatan kualitas tanah berupa kualitas fisik tanah : kadar air, berat volume tanah dan porositas tanah; kualitas kimia tanah : N-total tanah, P-tersedia tanah, K-tersedia tanah, C-organik dan pH tanah sedangkan kualitas biologi tanah yaitu pengamatan terhadap aktifitas mikroba tanah (respirasi tanah).

Status kualitas tanah ditentukan dengan menghitung nilai *Soil Quality Rating*, yaitu

kelas kualitas tanah dihitung berdasarkan penjumlahan bobot nilai tiap indikator kualitas tanah (Lal, 1994 dalam Sardiana, 2014), dengan persamaan:

$$SQR = OM + TP + ER.$$

Dimana :

SQR : *soil quality rating* (rating kualitas tanah)

OM : *organic matter* (bahan organik)

TP : faktor yang berhubungan dengan sifat kimia dan hara tanah

ER : faktor yang berhubungan dengan penurunan kualitas tanah akibat erosi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh Interaksi Umur Panen dan Jenis Legum Penutup Tanah terhadap Berat Biomass Segar Ha⁻¹

Berat segar pada umur panen 3 mst berat biomassa *M.pruriens* tidak berbeda nyata dengan *P. lunatus* tetapi 90,21 % lebih berat dari pada *C.juncea* (Tabel 1). Umur 6 mst biomassa *M.pruriens* tetap lebih berat dibandingkan ke dua jenis yang lainnya. Pada umur 9 mst biomassa *M.pruriens* tetap lebih berat dari pada *C.juncea* tetapi tidak berbeda nyata dengan *P. lunatus*.

Tabel 1. Pengaruh interaksi antara umur panen dan jenis LPT terhadap berat biomas segar ha⁻¹

Perlakuan	Umur panen (mst)		
	3	6	9
Jenis LPT			
<i>Crotalaria juncea</i>	1,52 e	24,32 c	37,90 b
<i>Mucuna pruriens</i>	15,52 cd	51,37 a	50,47 a
<i>Phaseolus lunatus</i>	8,89 de	18,94 cd	39,93 ab

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan 5%.

Pada umur panen 6 mst *M.pruriens* sudah menghasilkan biomass yang tinggi (51,37) yang tidak berbeda nyata dengan panen pada umur 9 mst dan *Phaseolus lunatus* pada umur panen yang sama. Mathews (1998) menyatakan LPT *Mucuna* selain memiliki sifat toleran terhadap naungan, juga memiliki sifat toleran terhadap kekeringan, pertumbuhan vegetatif cepat dibandingkan dengan LPT konvensional. Karakteristik tersebut membuat *Mucuna*

pruriens dikembangkan secara luas di Afrika dan Amerika Tengah, bahkan di India *Mucuna pruriens* dibudidayakan sebagai tanaman penyubur tanah (Acosta, 2009).

Kualitas Fisik Tanah

Hasil penelitian ini juga menunjukkan perbaikan kualitas sifat fisik tanah sebagai respon terhadap pembenaman biomassa LPT dengan umur panen yang berbeda. Kadar air tertinggi diakibatkan oleh LPT *Mucuna*

pruriens yang dipanen pada umur panen 3 mst atau 6 mst ataupun LPT *Crotalaria juncea* pada umur panen yang sama (Tabel 2). Hasil penelitian ini juga sejalan dengan penelitian Mateus (2014) bahwa penggunaan biomassa *Phaseolus lunatus*, *Mucuna pruriens*, dan *Crotalaria usaramoensis* memberikan pengaruh terhadap perbaikan sifat fisik tanah. Sejalan dengan itu Erfandi *et al.* (1993) menemukan bahwa penggunaan tanaman hijauan *Mucuna* sp. mampu meningkatkan kadar air tersedia tanah (kemampuan menahan air).

Sifat fisik tanah lainnya (berat volume dan porositas tanah) menunjukkan LPT *Mucuna pruriens* dan *Phaseolus lunatus* dengan umur panen 9 mst mampu menurunkan berat volume tanah ($1,11 \text{ g cm}^{-3}$) menjadi $0,93 \text{ g cm}^{-3}$ sedangkan *Crotalaria juncea* pada umur yang sama menurunkan berat volume tanah menjadi $0,96 \text{ g cm}^{-3}$ serta peningkatan porositas tanah (65,89%) dan (65,09%) (Tabel 2).

Penurunan berat volume tanah dalam penelitian ini mungkin disebabkan oleh sumbangan bahan organik tanah yang tinggi pada umur 9 mst yang menyusun fraksi-fraksi dalam solum tanah yang akan menyatukan ikatan-ikatan partikel tanah (Mateus, 2014). Peran bahan organik dari biomasa LPT terhadap perbaikan sifat fisik tanah adalah menciptakan agregasi tanah sehingga menciptakan kondisi tanah yang sarang dan menurunkan bobot isi tanah (Hairiah dan Murdiyarso, 2007). Disamping itu nilai porositas berbanding terbalik dengan nilai berat volume tanah. Menurut Kurnia (1996 dalam Subagyo *et al.* 2004) menyatakan bahwa jenis LPT *Mucuna* sp dapat memperbaiki sifat sifat tanah seperti berat isi, pori aerasi dan stabilitas agregat tanah.

Tabel 2. Pengaruh interaksi umur panen dan jenis legum penutup tanah terhadap kualitas fisik tanah (berat volume, kadar air tanah dan porositas tanah)

Perlakuan	Umur panen (mst)		
	3	6	9
	Berat volume tanah (g cm^{-3})		
Jenis LPT			
Tanpa LPT	1,11 ab	1,11 ab	1,11 ab
<i>Crotalaria juncea</i>	1,08 c	1,10 b	0,96 d
<i>Mucuna pruriens</i>	1,12 a	1,12 a	0,93 e
<i>Phaseolus lunatus</i>	1,10 b	1,11 ab	0,93 e
	Kadar air tanah (%)		
Tanpa LPT	9,56 defg	9,93 cdefg	8,62 g
<i>Crotalaria juncea</i>	10,91 bcd	10,55 bcde	9,51 defg
<i>Mucuna pruriens</i>	11,46 b	11,09 bc	8,88 fg
<i>Phaseolus lunatus</i>	13,80 a	10,15 cdef	9,15 efg

		Porositas tanah (%)	
Tanpa LPT	41,58 g	40,66 g	40,25 g
<i>Crotalaria juncea</i>	52,40 ef	53,93 cde	62,55 b
<i>Mucuna pruriens</i>	50,76 f	55,27 c	65,89 a
<i>Phaseolus lunatus</i>	53,16 de	54,62 cd	65,09 a

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada peubah yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan 5%.

Kualitas Kimia Tanah

Terhadap sifat kimia tanah interaksi penentuan umur panen dan jenis biomassa LPT yang berbeda secara nyata meningkatkan kandungan C-Organik (Tabel 3). Karbon organik tanah merupakan salah satu komponen penyusun tanah yang penting yaitu sumber substrat bagi mikroba tanah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa

terjadi peningkatan C-organik pada umur panen 3 mst dengan menggunakan biomassa LPT *Mucuna pruriens* (3,57%) dan *Phaseolus lunatus* (3,55%) walaupun hasil peningkatan tersebut tidak berbeda nyata dengan *Crotalaria juncea* (3,19%) pada umur panen 3 mst dan 9 mst, serta hasil ini lebih tinggi dari hasil analisis tanah awal dan perlakuan tanpa LPT (kontrol).

Tabel 3. Pengaruh interaksi umur panen dan jenis legum penutup tanah terhadap kualitas kimia tanah (C-organik tanah, N-total tanah, P-tersedia tanah dan K-tersedia tanah)

Perlakuan	Umur panen (mst)		
	3	6	9
C-organik tanah (%)			
Jenis LPT			
Tanpa LPT	2,39 d	2,39 d	2,52 cd
<i>Crotalaria juncea</i>	3,19 ab	2,80 bcd	3,06 abc
<i>Mucuna pruriens</i>	3,57 a	2,89 bcd	2,76 bcd
<i>Phaseolus lunatus</i>	3,55 a	2,72 bcd	2,45 d
N-total tanah (%)			
Tanpa LPT	0,08 d	0,08 d	0,08 d
<i>Crotalaria juncea</i>	0,21 b	0,20 bc	0,18 bc
<i>Mucuna pruriens</i>	0,26 a	0,18 bc	0,17 bc
<i>Phaseolus lunatus</i>	0,26 a	0,18 bc	0,16 c
P-tersedia tanah (ppm)			
Tanpa LPT	10,98 d	10,98 d	10,98 d
<i>Crotalaria juncea</i>	48,04 a	36,52 b	28,63 bc
<i>Mucuna pruriens</i>	31,88 bc	25,62 c	27,33 bc
<i>Phaseolus lunatus</i>	26,01 c	25,22 c	27,47 bc

	K-tersedia tanah (ppm)		
Tanpa LPT	195,46 b	165,39 cd	195,46 b
<i>Crotalaria juncea</i>	294,37 a	145,81 de	124,49 e
<i>Mucuna pruriens</i>	295,00 a	165,24 cd	142,60 de
<i>Phaseolus lunatus</i>	293,84 a	160,17 cd	186,50 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada peubah yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan 5%.

Melalui pengembalian biomassa LPT maka akan terjadi proses dekomposisi yang akan memberikan sumbangan terhadap C-organik tanah. Menurut Ruddiman (2007) sebagian besar karbon yang diserap oleh tanaman akan dikembalikan ke dalam tanah melalui proses dekomposisi sehingga terakumulasi dalam lapisan tanah.

Peningkatan N-total tanah diberikan oleh LPT *Mucuna pruriens* (0,26%) dan *Phaseolus lunatus* (0,26%) diikuti oleh *Crotalaria juncea* (0,21%) semuanya pada umur panen 3 mst (Tabel 3). Hasil penelitian yang dilakukan peneliti sebelumnya bahwa penggunaan LPT dapat meningkatkan N total tanah serta kualitas tanah secara umumnya (Mateus, 2014; Agung *et al.*, 2015). Penelitian lain secara khusus mengenai LPT *Mucuna pruriens* menyebutkan bahwa LPT meningkatkan N tanah pada tanah (Adrialin *et al.*, 2014).

Peningkatan P-tersedia tanah juga ditemukan dalam penelitian ini, sebagai akibat pembenaman biomassa LPT *Crotalaria juncea* pada umur 3 mst dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 3). Peningkatan P-tersedia tanah juga sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sumarni (2014) bahwa penggunaan LPT *Crotalaria juncea* mampu meningkatkan P tanah sebagai akibat dari pelepasan unsur P

yang terikat oleh unsur Al sehingga unsur P menjadi tersedia. Suntoro (2003) juga menyatakan peranan bahan organik berperan dalam pelepasan P oleh ikatan Al (melalui proses dekomposisi biomassa bahan organik yang dibenamkan) yang akan berpengaruh terhadap peningkatan P tersedia tanah.

Hasil penelitian ini menemukan bahwa perlakuan pembenaman biomassa pada umur 3 mst juga meningkatkan kadar air tanah, sehingga kemungkinan besar meningkatkan K dalam tanah (Tabel 3). Suwanto (2003) menemukan bahwa kadar lengas tanah yang berada diantara kapasitas lapang sangat sesuai untuk ketersediaan K dalam tanah dan serapannya oleh akar tanaman.

Kualitas Biologi Tanah

Peningkatan kualitas biologi tanah (yang diamati melalui respirasi mikroorganisme tanah) juga diakibatkan oleh pembenaman biomassa LPT pada umur panen tertentu (Tabel 4). Respirasi mikroorganisme tanah mencerminkan tingkat aktivitas mikroorganisme tanah. Pengukuran respirasi telah mempunyai korelasi yang baik dengan parameter lain yang berkaitan dengan aktivitas mikroorganisme tanah seperti bahan organik tanah, transformasi N, hasil antara, pH dan rata-rata jumlah mikroorganisme (Anas, 1989).

Tabel 4. Pengaruh interaksi antara umur panen dan jenis LPT terhadap respirasi tanah (mg C-CO₂)

Perlakuan	Umur panen (mst)		
	3	6	9
Jenis LPT			
Tanpa LPT	5,53 e	5,49 e	5,31 e
<i>Crotalaria juncea</i>	7,44 bc	8,24 b	7,16 cd
<i>Mucuna pruriens</i>	9,53 a	7,90 bc	7,35 bc
<i>Phaseolus lunatus</i>	8,29 b	6,38 d	7,57 bc

Keterangan: Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama adalah tidak berbeda nyata pada uji jarak berganda Duncan 5%.

Jenis LPT *Mucuna pruriens* dengan umur panen 3 mst memberikan aktivitas mikroorganisme yang tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya (Tabel 4). Hal ini kemungkinan disebabkan oleh sumbangan bahan organik yang tinggi dengan kadar air biomassa yang masih tinggi sehingga mudah untuk didekomposisi. Suntoro (2003) menyatakan bahwa tanah dengan kandungan bahan organik yang tinggi akan memberikan aktivitas mikroorganisme yang tinggi pula.

Status Kualitas Tanah

Status kualitas tanah dalam penelitian ini yang diukur dengan *soil quality rating* (SQR) menunjukkan bahwa penggunaan biomassa LPT untuk perbaikan kualitas tanah cenderung memberikan nilai SQR yang lebih rendah. SQR merupakan akumulasi faktor pembatas sifat-sifat tanah, semakin rendah nilai SQR maka faktor pembatas sifat tanah semakin sedikit atau dengan kata lain tanah tersebut memiliki kualitas tanah yang baik.

Tabel 5. Perhitungan indeks kualitas tanah pengaruh LPT *Mucuna pruriens* pada umur panen 3 mst terhadap perbaikan kualitas tanah.

No	Indikator	Hasil penelitian	Skor pembobotan relatif
1	Kadar air tanah (%)	13	3
2	Bobot Isi (g/cm ³)	1,12	2
3	Porositas (%)	50,76	1
4	Kedalaman efektif (cm)	100	1
5	C-organik tanah (%)	3,57	2
6	N total tanah (%)	0,26	3
7	P tersedia tanah (%)	31,88	2
8	K tersedia tanah (%)	295	1
9	pH	6,57	1
10	Respirasi tanah (mg-C-CO ₂)	9,53	2
Total			18

Hasil penelitian ini menggunakan LPT *Mucuna pruriens* pada umur panen 3 minggu setelah tanam (3 mst) memberikan nilai SQR yang lebih rendah yaitu 18 atau termasuk kategori sangat baik (Tabel 5). Kualitas tanah sangat baik berarti praktek pertanian tersebut telah sesuai dengan tujuan pertanian berkelanjutan, yang berarti penggunaan LPT mampu memperbaiki kesuburan tanah secara berkelanjutan (Lal, 1994 dalam Sardiana, 2014).

SIMPULAN

1. Biomassa LPT *Crotalaria juncea*, *Mucuna pruriens* dan *Phaseolus lunatus* yang ditanam berpengaruh nyata terhadap kualitas tanah di lahan kering secara fisik (melalui peningkatan kadar air tanah, penurunan berat volume tanah dan peningkatan porositas tanah), secara kimia (melalui peningkatan unsur hara seperti N, P, K) serta perbaikan sifat biologi tanah melalui peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah (respirasi tanah).
2. Umur panen LPT 3 minggu setelah tanam (mst) meningkatkan beberapa sifat tanah sebagai parameter kualitas tanah seperti fisik (kadar air tanah), kimia (C-organik, N, P, K), maupun biologis tanah (respirasi tanah). Umur panen makin lama 9 mst lebih memperbaiki kualitas fisik melalui penurunan berat volume dan peningkatan porositas tanah.
3. LPT *Mucuna pruriens* dan *Phaseolus lunatus* pada umur panen 3 mst lebih memberikan peningkatan kualitas kimia C-organik tanah, N-total tanah, K tersedia tanah, sedangkan umur panen 9 mst lebih

memberikan pengaruh terhadap kualitas fisik tanah. LPT *Phaseolus lunatus* pada umur 3 mst meningkatkan kadar air tanah, sedangkan *Mucuna pruriens* pada umur 3 mst meningkatkan aktifitas mikroba dalam tanah (respirasi tanah).

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., Dariah, A., dan Mulyani. 2008. *Strategi dan Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Mendukung Pengadaan Pangan Nasional*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor: Jurnal Litbang Pertanian.
- Acosta, S. I. C. 2009. "Promoting the use of tropical legumes as cover crops in Puerto Rico" (*tesis*). Mayaguez. University of Puerto Rico.
- Adrialin, GS., Wawan., Venita. 2014. Produksi Biomassa, Kadar N dan Bintil Akar Berbagai *Leguminous Cover Crop* (LCC) Pada Tanah Dystrudepts. *Jom Faperta*, (1).
- Agung, I G.A.M.S., Sardiana, K., Nurjaya, I G.M.O. 2015. Effects of tropical legume cover crops on soil quality at dryland farming area in Bali, Indonesia. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research (IJAAR)*. 6 (3) : 12-19.
- Anas, I. 1989. Biologi Tanah dalam Praktek. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Bogor : Institut Pertanian Bogor.
- Dewi, E.K., Nuraini, Y., Handayanto, E., 2014. Manfaat Biomasa Tumbuhan Lokal Untuk Meningkatkan Ketersediaan Nitrogen Tanah di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. I (1) : 17-26.

- Hairiah, K., Murdiyarso, D. 2007. *Alih Guna Lahan dan Neraca Karbon Terrestrial*. Word Agroforestry Centre-ICRAF. SE. Asia. Bogor Indonesia. 88p.
- Mateus, R. 2014. Peranan Legum Penutup Tanah Tropis dalam Meningkatkan Simpanan Karbon Organik dan Kualitas Tanah serta Hasil Jagung (*Zea mays* L.) di Lahan Kering. (*disertasi*). Denpasar : Program Pascasarjana Universitas Udayana.
- Mathews, C. 1998. The introduction and establishment of a new leguminous cover crop, *Mucuna bracteata* under oil palm in Malaysia. *Journal Planter* (74, 868) : 359-360.
- Notohadiprawiro. 2006. *Pertanian Lahan Kering Indonesia: Potensi, Prospek, Kendala dan Pengembangannya*. Jogjakarta : Repro, Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada.
- Noviastuti, E.T. 2006. Pengaruh Jarak Tanam Dan Jumlah Tanaman Per Lubang Tanam Pada Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Orok-Orok (*Crotalaria juncea* L.) (*skripsi*). Malang : Universitas Brawijaya.
- Rachman, A., Dahria, A., Santoso, J. 2006. Pupuk Hijau. p.41-58. Dalam: R.D.M. Simanungkalit, D.A. Suriadikarta, R. Saraswati, D. Setyorini dan W. Hartatik (eds.). *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor : Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Ruddiman, W. 2007. *Losses of soil carbon Plows, Plagues, and Petroleum: How Humans Took Control of Climate*. Princeton, NJ: Princeton University Press. 202p.
- Salisbury, F & Ross, C.W. 1992. *Fisiologi Tumbuhan Edisi IV*. (Diah Lukman dan Sumaryono, Pentj). Bandung : Institut Teknologi Bandung.
- Sardiana, I K. 2014. Simpanan Karbon Organik, Kualitas Tanah, dan Hasil Caisin (*Brassica chinensis*) pada Pertanian Organik dan Konvensional di Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, Bali. (*disertasi*). Denpasar : Universitas Udayana.
- Sumarni. 2014. Upaya Optimalisasi Kesuburan Tanah melalui Pupuk Hijau Orok-Orok (*Crotalaria juncea*) pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.). *dalam Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014, Palembang 26-27 September 2014*.
- Suntoro. 2003. Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya. *Pidato Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah Pada Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret*. Surakarta.
- Suwarto. 2003. Pengaruh Lengas Tanah Terhadap Serapan K dan Ketersediannya di Tanah Vertisol. *Jurnal Sains Tanah* 3(1).