

**ANALISIS KUALITAS TANAH DAN MANFAAT EKONOMI PADA SISTEM
INTEGRASI SAPI–KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN PERTANIAN
BERKELANJUTAN (STUDI KASUS: KAMPUNG KARYA MAKMUR,
KECAMATAN PENAWAR AJI, KABUPATEN TULANG BAWANG)**

(Tesis)

Oleh

SITI ROMELAH



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

ABSTRACT

SOIL QUALITY ANALYSIS AND ECONOMIC BENEFITS IN THE COW-PALM OIL INTEGRATED SYSTEM TO ACHIEVE SUSTAINABLE AGRICULTURE (CASE STUDY: KARYA MAKMUR VILLAGE, SUBDISTRICT PENAWAR AJI, TULANG BAWANG REGENCY)

by

SITI ROMELAH

Intensive farming practices system by continuously applied agrochemicals, i.e. inorganic fertilizer will effect the environment and the soil physical, chemical and biological quality. Therefore, an effort to improve soil quality in the long term is necessary toward to sustainable agriculture. One way to improve the soil quality in the palm oil plantations is by application of manure (UPPO's product) in the Integrated System of Cow-Palm Oil (SISK). However, most farmers do not trully believe in the positive impact of the utilization of waste manure for improving the quality of agricultural land on SISK. Therefore, this research is needed to be done to compare soil quality in both physical, chemical and biological properties of soil on SISK and Non-SISK land as well as to evaluate the economic benefits (cost efficiency of production) in SISK.

The research was conducted from June to August 2016, in two oil palm plantations, the SISK land (5 ha) and Non-SISK land (5 ha) were located in the Karya Makmur Village, Subdistrict Penawar Aji, Tulang Bawang Regency.

The research was conducted by a survey and systematic sampling method for soil sampling and by interviews with 30 farmers who implement integrated system (SISK) dan 30 farmers who do not implement integrated system (Non-SISK).

The results showed that the application of manure (UPPO's product) in SISK land resulted significantly higher level of K, Ca, Mg, and Na-exchangeable, CEC, Organic-C, and improve the quality of *Bulk Density*, porosity, texture, and soil water content than no application of manure (Non-SISK). However, SISK did not significantly affect on the level of pH, P-available, KB and Total-N. There was differences of texture class between SISK and Non-SISK land. Texture analysis results showed that soil texture class on SISK land is "clay" while Non-SISK land's texture is "sandy clay loam".

Application of manure (UPPO's product) on SISK land resulted in higher abundance of earthworms population and diversity index of soil mesofauna than Non-SISK land. The population of earthworms in SISK land are 74 individuals m^{-3} while on Non-SISK land is none. The population of mesofauna in SISK land is 6 (six) times more than in Non-SISK land. The diversity index category of soil mesofauna in SISK land is medium, but in Non-SISK is low. Index dominance of soil mesofauna in SISK land and Non-SISK, both are in the low category.

SISK application can save the fertilizer costs by 66% and the purchase cost of cattle feed by 50% and can increase palm oil production and farmers' income by about 25%, so it make economically profitable. Thus, SISK can improve soil quality and profitable, so it can achieve sustainable agriculture.

Keywords: Integrated systems, production efficiency, soil properties, sustainable agriculture

ABSTRAK

ANALISIS KUALITAS TANAH DAN MANFAAT EKONOMI PADA SISTEM INTEGRASI SAPI–KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN PERTANIAN BERKELANJUTAN (STUDI KASUS: KAMPUNG KARYA MAKMUR, KECAMATAN PENAWAR AJI, KABUPATEN TULANG BAWANG)

Oleh

SITI ROMELAH

Praktik pertanian intensif melalui aplikasi pupuk anorganik yang terus-menerus dapat menimbulkan dampak terhadap penurunan kualitas fisika, kimia dan biologi tanah jika tidak diimbangi dengan pengelolaan tanah yang benar, sehingga keberlanjutan produktivitas lahan pertanian akan terganggu. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk memperbaiki kualitas tanah dari sisi fisika, kimia dan biologi tanah dalam jangka panjang, agar terwujud sistem pertanian yang berkelanjutan. Salah satu cara untuk memperbaiki kualitas tanah pada perkebunan sawit dapat dilakukan dengan pemberian pupuk kandang (hasil UPPO) melalui penerapan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK). Namun, sebagian besar petani/peternak belum sepenuhnya meyakini adanya dampak positif pemanfaatan limbah kotoran ternak terhadap peningkatan kualitas lahan pertanian pada SISK. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan kualitas tanah, baik fisik, kimia dan biologi tanah pada lahan SISK dan lahan yang tidak menerapkan SISK (Non-SISK) serta

mengetahui manfaat ekonomi (efisiensi biaya produksi) dari penerapan SISK tersebut.

Penelitian dilakukan dari bulan Juni sampai dengan Agustus 2016, pada 2 (dua) areal perkebunan kelapa sawit, yaitu Lahan SISK (5 ha) dan lahan Non SISK (5 ha) yang berada di Kampung Karya Makmur, Kecamatan Penawar Aji, Kabupaten Tulang Bawang. Penelitian ini menggunakan metode survei dan *systematic sampling* untuk pengambilan contoh tanah serta wawancara terhadap 30 petani/peternak yang menerapkan integrasi (SISK) dan 30 petani/peternak yang tidak menerapkan integrasi (Non-SISK).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang (hasil UPPO) pada lahan SISK telah memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan kadar K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK, C-Organik dan memperbaiki kualitas sifat fisika tanah (BD, Ruang Pori Total, tekstur, dan kadar air) dibandingkan dengan lahan tanpa aplikasi pupuk kandang (Non-SISK). Namun, SISK tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar pH, P-Tersedia, KB dan N-Total. Terdapat perbedaan kelas tekstur tanah antara lahan SISK dan Non-SISK. Hasil analisis tekstur menunjukkan bahwa kelas tekstur tanah pada lahan SISK adalah "liat" sedangkan lahan Non SISK bertekstur "lempung liat berpasir".

Pemberian pupuk kandang (hasil UPPO) pada lahan SISK memberikan pengaruh nyata yang lebih tinggi terhadap kelimpahan populasi cacing tanah dan Indeks Diversitas (H') mesofauna tanah dibandingkan dengan lahan Non-SISK. Populasi cacing tanah di lahan SISK sebanyak 74 ekor m^{-3} sedangkan di lahan Non-SISK tidak ada. Populasi mesofauna tanah pada lahan SISK 6 (enam) kali lebih banyak dibandingkan dengan lahan Non-SISK. Indeks Diversitas

mesofauna di lahan SISK dikategorikan sedang, namun di lahan Non-SISK dalam kategori rendah. Tingkat Dominansi mesofauna tanah pada lahan SISK maupun Non-SISK dalam kategori rendah.

Penerapan SISK dapat menghemat biaya pembelian pupuk sebesar 66% dan biaya pembelian pakan ternak sebesar 50% serta dapat meningkatkan produksi kelapa sawit dan pendapatan petani sekitar 25%, sehingga menguntungkan secara ekonomi. SISK dapat memperbaiki kualitas tanah serta menguntungkan secara ekonomi, sehingga dapat mewujudkan sistem pertanian berkelanjutan.

Kata Kunci: Efisiensi produksi, sifat-sifat tanah, sistem integrasi, pertanian berkelanjutan

**ANALISIS KUALITAS TANAH DAN MANFAAT EKONOMI PADA SISTEM
INTEGRASI SAPI–KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN PERTANIAN
BERKELANJUTAN (STUDI KASUS: KAMPUNG KARYA MAKMUR,
KECAMATAN PENAWAR AJI, KABUPATEN TULANG BAWANG)**

Oleh

SITI ROMELAH

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
MAGISTER SAINS

pada

**Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Program Pascasarjana Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU LINGKUNGAN
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016**

Judul Tesis : ANALISIS KUALITAS TANAH DAN MANFAAT EKONOMI PADA SISTEM INTEGRASI SAPI-KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN PERTANIAN BERKELANJUTAN (STUDI KASUS: KAMPUNG KARYA MAKMUR, KECAMATAN PENAWAR AJI, KABUPATEN TULANG BAWANG)

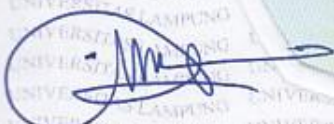
Nama Mahasiswa : Siti Romelah


Nomor Pokok Mahasiswa : 1420011010

Program Studi : Magister Ilmu Lingkungan

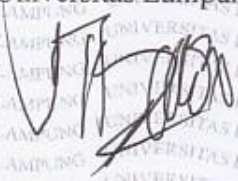
Fakultas : Pascasarjana




Prof. Dr. Ir. Ainm Niswati, M.S., M.Agr.Sc.
NIP. 196305091987032001


Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D.
NIP. 196411191990031001

2. Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan
Universitas Lampung


Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si.
NIP. 196105051987031002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

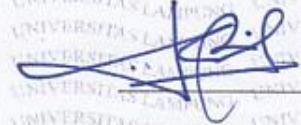
Ketua

: Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc.



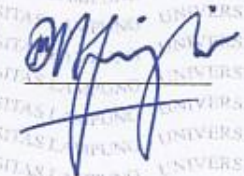
Sekretaris

: Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D.



Penguji

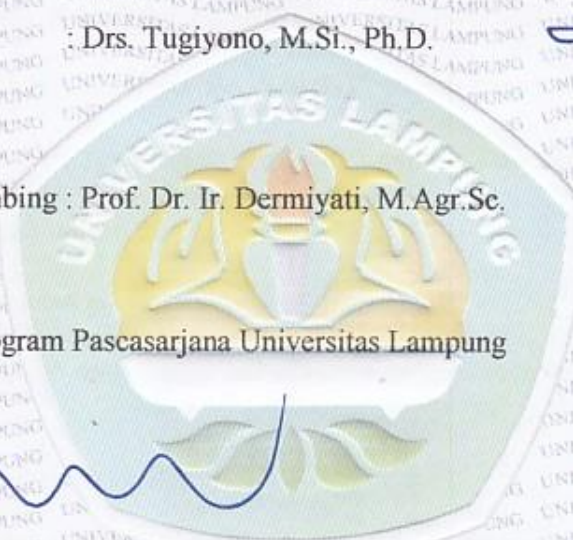
Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.



2. Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung

Prof. Dr. Sudjarwo, M.S.

NIP. 195305281981031002



Tanggal Lulus Ujian Tesis : 19 Desember 2016

LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa :

1. Tesis dengan judul “ANALISIS KUALITAS TANAH DAN MANFAAT EKONOMI PADA SISTEM INTEGRASI SAPI-KELAPA SAWIT DALAM MEWUJUDKAN PERTANIAN BERKELANJUTAN (STUDI KASUS: KAMPUNG KARYA MAKMUR, KECAMATAN PENAWAR AJI, KABUPATEN TULANG BAWANG)” adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan norma etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas pernyataan ini apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Desember 2016



Pembuat Pernyataan,

Siti Romelah
NPM. 1420011010

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 2 April 1976, sebagai anak tunggal dari pasangan Bapak Mustangin dan Ibu Suyatmi.

Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar (SD) pada SDN Tanggul Welahan 03 Kecamatan Besuki Kabupaten Tulungagung, Jawa Timur dan lulus pada tahun 1988. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan di MTsN Tulungagung dan lulus pada tahun 1991. Setelah itu, penulis melanjutkan pendidikan di SMAN 02 Tulungagung dan lulus pada tahun 1994, selanjutnya menyelesaikan pendidikan S1 pada Institut Pertanian Bogor dan lulus pada tahun 1999.

Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan pada Program Studi Magister Ilmu Lingkungan Program Pascasarjana Universitas Lampung. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif sebagai Pegawai Negeri Sipil (PNS) pada Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Kabupaten Tulang Bawang.

Tanah yang baik, tanaman-tanamannya tumbuh subur dengan seijin Allah, dan tanah yang tidak subur tanaman-tanamannya hanya tumbuh merana. Demikianlah Kami mengulangi tanda-tanda kebesaran (Kami) bagi orang-orang yang bersyukur (Q.S. Al A'raf : 58)

Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia lainnya.

Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Maka, apabila kamu telah selesai (dari satu urusan), kerjakanlah dengan sungguh-sungguh (urusan) yang lain, dan hanya kepada Rabb-mulah hendaknya kamu berharap (Q.S. Alam Nasyrah :6-8)

Dengan penuh rasa syukur kepersembahkan karya kecil ini untuk keluargaku tercinta

SANWACANA

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya serta shalawat dan salam kepada junjungan kita, Nabi Muhammad SAW, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan tesis ini.

Banyak pihak yang telah terlibat dalam penelitian sampai dengan tersusunnya tesis ini. Untuk itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Sudjarwo, M.S., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Samsul Bakri, M.Si, selaku Ketua Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana Universitas Lampung, yang telah banyak memberikan masukan terhadap tesis ini.
4. Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.S., M.Agr.Sc., selaku pembimbing utama yang dengan sabar memberikan bimbingan, kesempatan, arahan, saran, semangat dan motivasi hingga akhir penulisan tesis ini.
5. Drs. Tugiyono, M.Si., Ph.D., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, arahan, saran, semangat dan motivasi hingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini.

6. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., selaku pembahas, yang dengan kritis telah banyak memberikan masukan dan saran untuk kesempurnaan tesis ini.
7. Prof. Dr. Muhammad Akib, S.H., M.Hum., selaku pembimbing akademik selama menjadi mahasiswa Program Studi Magister Ilmu Lingkungan.
8. Bapak dan Ibu tercinta yang selalu memberikan do'a, dukungan, semangat dan kasih sayang.
9. Keluarga kecilku, untuk suamiku tercinta, Budi Sutomo yang telah menemaniku melaksanakan penelitian di lapangan, memberikan semangat dan dorongan serta anak-anakku tersayang, Muhammad Yusuf Arkan dan Khajra Azizah Aiqona yang selalu menjadi sumber semangat dan motivasi.
10. Bapak Ihwan Mulyanto dan Bapak Tuki yang berkenan mengizinkan lahannya untuk lokasi penelitian, Sdr. Suropto, Efendi, dan Sdr. Endro yang telah membantu penulis pada saat penelitian di lapangan.
11. Rekan-rekan mahasiswa Magister Ilmu Lingkungan (MIL) 2014 yang selalu memberikan semangat kebersamaan hingga penyelesaian studi.
12. Petugas Admin MIL, Petugas Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Sdr. Dodi Tri Pamungkas dan Sdri. Novia Pratiwi yang telah membantu penulis dalam melakukan analisis tanah di laboratorium.
13. Pihak-pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu per satu, yang banyak membantu penulis selama penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini jauh dari kesempurnaan, namun penulis berharap semoga tesis ini dapat bermanfaat bagi pihak yang memerlukannya.

Bandar Lampung, Desember 2016

Siti Romelah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xviii
I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Tujuan	6
D. Kerangka Pemikiran	6
E. Hipotesis	11
II. TINJAUAN PUSTAKA	12
A. Sistem Pertanian Berkelanjutan	12
B. Kualitas Lahan dan Kualitas Tanah	15
C. Dampak Negatif Pemakaian Pupuk Anorganik	16
D. Pengaruh Bahan Organik Tanah terhadap Kualitas Tanah...	18
E. Pupuk Organik dan Peranannya	20
F. Organisme Tanah dan Peranannya	22
G. Potensi dan Manfaat Limbah Ternak	24
H. Manfaat Limbah Tanaman Kelapa Sawit	25
I. Sistem Integrasi Ternak – Tanaman	27
1. Tujuan dan Manfaat Sistem Integrasi Ternak-Tanaman..	27
2. Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Sistem Integrasi Ternak-Tanaman	29
3. Penelitian yang Terkait dengan Sistem Integrasi Ternak Tanaman	30
III. METODE PENELITIAN	32
A. Waktu dan Tempat	32
1. Waktu Pelaksanaan Penelitian	32
2. Tempat Penelitian	32

a.	Keadaan Umum Lokasi Penelitian	32
b.	Deskripsi Usaha Pengembangan Ternak Sapi otong dan Perkebunan Kelapa Sawit di Kecamatan Penawar Aji	36
c.	Penerapan Sistem Integrasi Sapi – Kelapa Sawit (SISK) di Lokasi Penelitian	36
B.	Alat dan Bahan	38
C.	Metode Pengambilan Data	38
D.	Pelaksanaan	39
1.	Teknik Pengumpulan Data	39
2.	Teknik Pengambilan dan Analisis Sampel untuk Penetapan Sifat Fisik-Kimia Tanah	40
a.	Teknik Pengambilan Contoh Tanah Utuh	41
b.	Teknik Penetapan Bulk Density (BD) dan Total Ruang Pori (RPT)	43
c.	Teknik Pengambilan Contoh Tanah Terganggu	44
d.	Teknik Penetapan Kadar Air Tanah	44
e.	Teknik Penetapan Tekstur Tanah	45
f.	Teknik Penetapan Sifat-Sifat Kimia Tanah	47
3.	Teknik Pengambilan dan Analisis Sampel untuk Analisis Keragaman Biota Tanah	48
4.	Metode Analisis Data terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah	50
5.	Teknik Pengambilan Sampel dan Analisis Manfaat Ekonomi (Efisiensi Biaya Produksi)	52
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	54
A.	Kualitas Lahan Lokasi Penelitian.....	54
1.	Kualitas Lahan Ditinjau dari Sifat Kimia Tanah	54
2.	Kualitas Lahan Ditinjau dari Sifat Fisik Tanah	67
3.	Kualitas Lahan Ditinjau dari Sifat Biologi Tanah	74
B.	Manfaat Ekoomi Sistem Itegrasi Sapi-Kelapa Sawit	88
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	92
A.	Kesimpulan	92
B.	Saran	93

DAFTAR PUSTAKA	94
LAMPIRAN	103

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Komposisi Nutrisi Produk Samping Tanaman dan Pengolahan Buah Kelapa Sawit	26
2. Metode Analisis Sifat Kimia Tanah di Laboratorium	48
3. Hasil Uji T terhadap Sifat Kimia Tanah pada Lahan SISK dan Non SISK	54
4. Hasil Uji T terhadap Sifat Fisika Tanah (<i>Bulk Density</i> , Ruang Pori Total dan Kadar Air) serta Hasil Analisis Tekstur Tanah pada Lahan SISK dan Non SISK	68
5. Data Rata-Rata Jumlah Individu dan Bobot Cacing Tanah di Lokasi Penelitian	74
6. Hasil Identifikasi Cacing Tanah di Lokasi Penelitian	77
7. Data Rata-Rata Populasi Mesofauna Tanah di Lokasi Penelitian.....	79
8. Hasil Uji T terhadap Populasi, Indeks Diversitas (H') dan Dominasi (C) Mesofauna Tanah pada Lahan SISK dan Non SISK	84
9. Data Rata-rata Hasil Wawancara terhadap Responden pada SISK dan Non SISK di Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji.....	88

Lampiran

Tabel	Halaman
10. Populasi Ternak di Kecamatan Penawar Aji pada Tahun 2013-2015	111

11. Hasil Analisis Laboratorium Pupuk Organik Hasil UPPO (Unit Pengolahan Pupuk Organik (UPPO) di Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji	111
12. Data Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah di Lokasi Penelitia....	112
13. Data Hasil Analisis Laboratorium terhadap Sifat Fisik Tanah di Lokasi Penelitian	113
14. Data Hasil Analisis Laboratorium terhadap Tekstur Tanah di Lokasi Penelitian	114
15. Hasil Pengamatan Cacing Tanah di Lokasi Penelitian per Titik Pengambilan Sampel	115
16. Rekapitulasi Hasil Pengamatan Cacing Tanah di Lokasi Penelitian	117
17. Hasil Pengamatan dan Analisis Mesofauna Tanah di Lokasi Penelitian	118

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Ilustrasi keterpaduan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit	8
2. Tiga pilar pembangunan berkelanjutan	13
3. Peta Administrasi Lokasi Penelitian	34
4. Peta Jenis Tanah di Lokasi Penelitian	35
5. Deskripsi titik pengambilan sampel pada Lahan SISK maupun Non SISK dengan metode <i>Systematic sampling</i>	41
6. Tahapan pengambilan contoh tanah utuh dengan <i>ring sample</i> (bergerak dari pojok kiri atas ke pojok kanan bawah)	43
7. Segitiga tekstur tanah	47
8. Perbedaan Sistem Konservasi Tanah pada Lokasi Penelitian : a) Rorak pada lahan SISK; b) Lahan Non SISK Tanpa Rorak ...	73
9. Hasil pengamatan cacing tanah di lahan SISK	76
10. Hasil identifikasi cacing tanah yang ditemukan lokasi penelitian (klitelum, tipe mulut, dan setae)	76
11. Ordo Acarina : (a) dan (b) Oribatida; (c) Mesostigmata; (d) Prostigmata; dan (e) Astigmata	79
12. Ordo Collembola	80
13. Kelimpahan mesofauna pada Lahan SISK	82
14. Kelimpahan mesofauna pada Lahan Non SISK	82
15. Kenampakan pohon kelapa sawit : (a) di Lahan SISK; dan (b) Lahan Non SISK	87
16. Kenampakan buah kelapa sawit : (a) di Lahan SISK; dan (b) Lahan Non SISK	87

I. PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pertanian dalam arti luas mencakup beberapa sub sektor, yaitu tanaman pangan, hortikultura, perkebunan dan peternakan. Salah satu faktor penentu dalam peningkatan produktivitas pertanian adalah penerapan sistem budidaya yang tepat, melalui pemilihan bibit/benih yang bermutu, penanaman, penyediaan air yang cukup (pengairan dan atau drainase), serta pemberian pupuk yang berimbang.

Peningkatan kebutuhan pangan memicu meningkatnya praktik pertanian yang intensif. Hal ini dapat menyebabkan penurunan kualitas fisika, kimia, dan biologi tanah jika tidak diimbangi dengan pengelolaan tanah yang benar. Dampak negatif ini akan terlihat nyata terutama pada tanah yang secara *inheren* mempunyai sifat kurang baik seperti tanah Ultisol.

Ultisol merupakan tanah yang cukup luas penyebarannya di Indonesia dan digunakan sebagai lahan pertanian. Untuk mencapai produktivitas pertanian yang optimal, Ultisol memiliki kendala antara lain agregat tanah kurang stabil, permeabilitas lambat, pH, Kapasitas Tukar Kation, Kejenuhan Basa dan kadar hara yang rendah. Oleh karena itu, dibutuhkan upaya untuk memperbaiki kualitas tanah dari sisi fisika, kimia dan biologi tanah untuk jangka panjang, sehingga terwujud sistem pertanian yang berkelanjutan.

Sistem Pertanian Berkelanjutan merupakan sistem pengelolaan pertanian terpadu yang secara berangsur dapat meningkatkan produktivitas per satuan lahan, mempertahankan keutuhan dan keanekaragaman ekologi serta sumberdaya alam hayati selama jangka panjang, memberikan keuntungan ekonomi masyarakat, menyumbang mutu kehidupan dan memperkuat pembangunan ekonomi negara. Rukmana (2012) menjelaskan bahwa ada beberapa jenis sistem pertanian yang dapat dianggap sebagai pertanian berkelanjutan, yaitu: (a) Sistem bertani rendah input; (b) Sistem bertani regeneratif; (c) Sistem biodinamik; (d) Sistem bertani organik; (e) Sistem bertani konservasi; dan (f) Hidroponik.

Tidak dapat dipungkiri, sampai saat ini petani masih tergantung pada pupuk kimiawi dalam proses produksi pertaniannya. Padahal, penggunaan pupuk kimia yang berlebihan tanpa penambahan pupuk organik dan tanpa penerapan konservasi akan mengakibatkan tanah menjadi tidak produktif, yang selanjutnya akan berakibat pada penurunan produktivitas lahan. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dinata (2012), Dharmayanti *et al.* (2013), serta pernyataan Uphoff (2006) bahwa aplikasi pupuk anorganik yang terus-menerus akan menimbulkan dampak terhadap penurunan kualitas tanah. Apabila kondisi ini dibiarkan terus menerus, maka tingkat keberlanjutan produktivitas lahan pertanian akan menjadi sebuah permasalahan.

Salah satu cara untuk mengembalikan kesuburan tanah pada lahan pertanian adalah aplikasi pupuk organik melalui pemanfaatan kotoran ternak yang belum dimanfaatkan secara maksimal oleh petani. Kotoran ternak merupakan limbah yang akan menimbulkan pencemaran lingkungan, apabila tidak dikelola dengan baik. Oleh karenanya, usaha peternakan sangat potensial untuk

dikembangkan, selain sebagai sumber penghasil protein hewani, juga penghasil limbah (kotoran ternak) yang dapat dikembalikan ke tanah sebagai pupuk. Kaya (2014) melaporkan bahwa penggunaan pupuk kandang dapat meningkatkan pH dan ketersediaan K dalam tanah. Selain itu, pemberian pupuk kandang juga dapat meningkatkan kandungan C dan N-Organik serta KTK tanah (Adimihardja *et al.*, 2000), memperbaiki *Bulk Density* dan Ruang Pori Total (Margolang *et al.*, 2015) serta meningkatkan populasi dan keragaman makrofauna dan mesofauna tanah (Hakim, 2009).

Kesamaan beberapa faktor penunjang produksi antara ternak sapi dengan tanaman kelapa sawit telah mendorong masyarakat untuk mengkaji dan menerapkan suatu sistem usaha tani (dalam arti luas), yang efisien guna peningkatan produksi. Priyanti *et al.* (2008) menyatakan bahwa kecenderungan menurunnya tingkat kesuburan lahan akibat keterbatasan kandungan bahan organik tanah dan pengembangan usaha peternakan sapi yang menghasilkan limbah kotoran ternak, dapat diatasi secara simultan dengan menerapkan pola integrasi tanaman dan ternak melalui pendekatan *Low External Input Sustainable Agriculture (LEISA)*.

Berdasarkan Permentan Nomor 105/Permentan/PD.300/8/2014, Integrasi Usaha perkebunan Kelapa Sawit dengan Usaha Budidaya Sapi Potong, yang selanjutnya disebut Integrasi Usaha Sawit-Sapi adalah penyatuan usaha perkebunan dengan usaha budidaya sapi potong pada lahan perkebunan kelapa sawit. Sistem ini dicirikan adanya sinergisme atau keterkaitan yang saling menguntungkan antara ternak sapi dan tanaman kelapa sawit.

Konsep integrasi sapi-sawit diharapkan dapat memberikan keuntungan yang sinergis, yakni suatu keuntungan yang berlipat ganda, yang diperoleh dari tanaman dan ternak serta hasil interaksi keduanya. Tanaman kelapa sawit memperoleh pupuk kandang dari kotoran ternak sapi dan sebaliknya ternak sapi memperoleh pakan dari hasil samping/limbah tanaman kelapa sawit (Kementan, 2011). Pemanfaatan limbah tanaman kelapa sawit di samping mampu meningkatkan “ketahanan pakan” khususnya pada musim kemarau, juga mampu menghemat tenaga kerja dalam kegiatan mencari rumput, sehingga memberi peluang bagi petani untuk meningkatkan jumlah skala pemeliharaan ternak sapi.

Sistem Integrasi Sapi dan Kelapa Sawit (SISK) sangat perlu untuk diterapkan. Sistem ini telah memadukan usahatani tanaman dengan usahatani ternak secara sinergis, sehingga terbentuk suatu sistem yang efektif, efisien dan ramah lingkungan. Slade *et al.* (2014) menyatakan bahwa sistem integrasi dengan cara penggembalaan sapi di perkebunan kelapa sawit yang dimiliki oleh SMART Reseach Institute (SMARTRI) di Riau, telah memberikan dampak yang positif terhadap peningkatan ketersediaan unsur hara, struktur tanah, infiltrasi, porositas tanah dan kelembaban. Selain itu, sistem penggembalaan ini juga mengakibatkan adanya keanekaragaman hayati, yang ditunjukkan adanya keragaman biota tanah, baik mesofauna maupun makrofauna tanah (cacing, serangga).

Pemanfaatan kotoran sapi sebagai pupuk organik pada SISK, selain mampu menghemat penggunaan pupuk anorganik, juga mampu memperbaiki struktur dan ketersediaan unsur hara tanah, sehingga dapat meningkatkan produktivitas lahan. Hasil Penelitian Basuni (2012) menunjukkan bahwa produktivitas padi di Kabupaten Cianjur Jawa Barat meningkat dari 4,86 ton ha⁻¹

menjadi 5,36 ton ha⁻¹ atau meningkat sekitar 10,29% dibandingkan dengan pola kebiasaan petani dan menurunkan penggunaan pupuk anorganik sebesar 53,33%.

Praktik SISK belum banyak diterapkan di kalangan petani/peternak Kabupaten Tulang Bawang. Berdasarkan hasil pengamatan di lapangan, dari 518 petani/peternak di Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang, hanya ada ± 65 petani/peternak yang telah melakukan SISK, yaitu sebagian petani/peternak yang berada di Kampung Tunas Karya dan Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji (Disnak dan Keswan, 2016). Kampung Karya Makmur merupakan salah satu kampung di Kabupaten Tulang Bawang yang potensial dalam pengembangan ternak sapi dan perkebunan kelapa sawit. Namun, sampai saat ini pengembangan integrasi ternak sapi dan tanaman kelapa sawit belum sepenuhnya dilakukan oleh kebanyakan masyarakat di lokasi tersebut. Penerapan integrasi sapi-sawit lebih difokuskan pada penyediaan pakan ternak, belum memperhatikan pengaruhnya terhadap kualitas lahan pertanian. Hal ini dikarenakan sebagian besar masyarakat belum sepenuhnya meyakini adanya dampak positif pemanfaatan limbah kotoran ternak terhadap peningkatan kualitas lahan pertanian.

Masalahnya, apakah benar sistem ini dapat meningkatkan kualitas tanah pada lahan pertanian dan seberapa besar manfaat ekonomi yang diperoleh dari penggunaan system ini? Oleh karena itu, penelitian tentang pengaruh Sistem Integrasi Sapi – Kelapa Sawit terhadap kualitas tanah dan kajian ekonominya perlu untuk dilakukan.

B. Rumusan Masalah

Beberapa permasalahan yang melatar belakangi penelitian ini adalah :

1. Lebih dari 75% petani/peternak di Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang masih tergantung pada pupuk kimiawi dan belum menggunakan pupuk organik dalam pelaksanaan budidaya kelapa sawit;
2. Petani/peternak di Kecamatan Penawar Aji belum mengetahui manfaat Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit terhadap peningkatan kualitas tanah pada lahan pertanian dan efisiensi biaya produksi, terutama pembelian pupuk dan pakan ternak;
3. Belum adanya kajian mengenai perbedaan kualitas tanah pada penerapan SISK dan Non-SISK, terutama di Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang.

C. Tujuan

Tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Membandingkan kualitas tanah, baik fisik, kimia dan biologi tanah pada lahan yang menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK) dengan lahan yang tidak menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (Non-SISK);
2. Mengetahui manfaat ekonomi (efisiensi biaya produksi) dari penerapan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit.

D. Kerangka Pemikiran

Sistem pertanian yang berkembang saat ini cenderung menimbulkan dampak yang negatif terhadap kualitas tanah pada lahan pertanian. Uphoff

(2006), Lestari (2009) dan Las *et al.* (2010), menyatakan bahwa pemakaian pupuk anorganik yang berlebihan dan penanggulangan hama dengan menggunakan pestisida kimia tidak saja berpengaruh terhadap penurunan tingkat kesuburan tanah (kualitas tanah) dan keragaman hayati (biota tanah), tetapi juga mengakibatkan peningkatan serangan hama, penyakit dan gulma, sehingga produktivitas lahan menurun dan berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan.

Untuk menghindari hal tersebut, maka pemerintah telah menggaungkan sistem pertanian berkelanjutan melalui pemasyarakatan pemanfaatan pupuk organik pada budidaya tanaman.

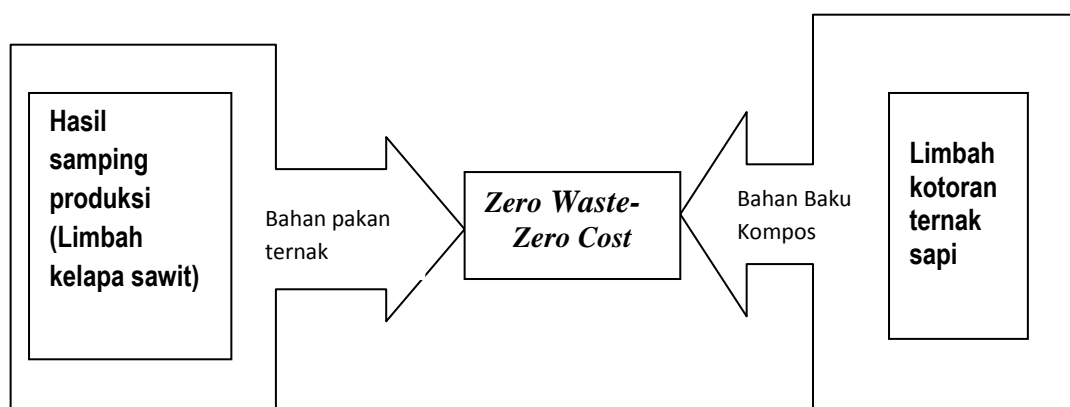
Kini kesadaran masyarakat akan dampak buruk pertanian kimiawi sudah semakin meningkat, sehingga upaya penggunaan metode alternatif dalam melakukan praktek pertanian yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan telah mulai dikembangkan. Sistem usahatani yang dikembangkan didasarkan atas interaksi yang selaras dan serasi antara tanah, tanaman, ternak, manusia dan lingkungan. Sistem ini dititik-beratkan pada upaya peningkatan daur ulang secara alami dengan tujuan memaksimalkan input berupa bahan organik, sehingga kesehatan dan kesuburan tanah akan tetap terjaga (Lestari, 2009).

Pemanfaatan pupuk organik dapat memperbaiki kualitas tanah. Kononova (1999) menyatakan bahwa pupuk organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah melalui pembentukan struktur dan agregat tanah yang mantap, yang berkaitan erat dengan kemampuan tanah mengikat air, infiltrasi, dan mengurangi resiko terhadap ancaman erosi serta meningkatkan kapasitas pertukaran ion dan sebagai pengatur suhu tanah, yang semuanya berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman.

Hanifa dan Lutojo (2014) juga menyatakan bahwa kandungan K tertukar dalam tanah bertambah sekitar 0,11 me% dengan penambahan bahan organik, sehingga penggunaan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap kandungan K tertukar dalam tanah.

Pupuk organik dapat bersumber dari sisa-sisa tanaman maupun kotoran hewan/ternak, yang digunakan untuk mensuplai C-organik atau bahan organik tanah (Permentan, 2006). Bahan organik dapat meningkatkan kandungan unsur-unsur hara tanah, sehingga dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara bagi tanaman dan selanjutnya akan meningkatkan produktivitas tanah dan tanaman. Pemanfaatan bahan organik yang efektif dapat dilakukan melalui penerapan Sistem Integrasi Ternak dan Tanaman, misalnya Sistem Integrasi Sapi dengan Kelapa Sawit (SISK).

Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK) merupakan salah satu solusi untuk meningkatkan kualitas tanah dan produksi tanaman, sehingga dapat mendukung pertanian berkelanjutan. Ilustrasi Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit dijelaskan pada Gambar 1 berikut ini.



Gambar 1. Ilustrasi keterpaduan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit

Penerapan SISK mendukung terwujudnya pertanian yang berkelanjutan. Melalui SISK, kualitas tanah tetap terjaga dan dapat dinikmati oleh generasi yang akan datang. Penerapan sistem ini juga akan mengakibatkan efisiensi modal bagi petani. Petani tidak perlu mengeluarkan modal untuk pembelian pupuk anorganik karena kebutuhan pupuk sudah tercukupi dari pemanfaatan limbah kotoran ternak yang dimilikinya. Pada saat panen, petani tidak terganggu oleh adanya limbah hasil samping produksi berupa daun dan pelepah kelapa sawit karena dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pakan bagi ternak sapinya. Dengan demikian, menurut Haryanto (2009) Sistem Integrasi Ternak-Tanaman dapat mengakibatkan kondisi “*zero waste-zero cost*”, sehingga efisien bagi petani dan ramah lingkungan.

Beberapa penelitian telah menunjukkan bahwa penggunaan bahan organik (pupuk organik) bersama dengan pupuk kimia dapat meningkatkan kesuburan tanah dan produksi tanaman. Hasil penelitian Kaya (2014) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang bersama-sama dengan pupuk NPK dapat meningkatkan ketersediaan kalium (K) tanah sawah dan serapan kalium (K), sedangkan pemberian pupuk kandang dan pupuk NPK secara mandiri dapat meningkatkan pH tanah, pertumbuhan vegetatif serta hasil tanaman padi. Handayani (2008) juga menyatakan bahwaimbangan pupuk organik dan anorganik 100%:100% dapat meningkatkan ketersediaan hara, yaitu N total dan K tersedia yang tertinggi berturut-turut 0,56% dan 1,79 %. Senada dengan hal tersebut, hasil penelitian Minardi *et al.* (2014) juga menunjukkan bahwaimbangan pupuk organik (yang berasal dari pupuk kandang sapi) dan pupuk anorganik 75%:25% dapat meningkatkan KTK, KB, Bahan Organik dan N dibandingkan dengan kontrol.

Lain halnya dengan budidaya pertanian yang intensif melalui pemanfaatan pupuk kimia dan pestisida. Sistem intensifikasi budidaya pertanian tersebut akan menimbulkan dampak negatif yang cukup besar dikarenakan mengakibatkan pemadatan tanah, akumulasi unsur kimia berbahaya pada tanaman dan manusia (yang memakannya) serta dapat menyebabkan pencemaran tanah, air dan udara pada saat aplikasi pemupukan dan pemberian pestisida. Dari segi ekonomi juga membutuhkan modal yang besar untuk pemberian input berupa pupuk dan pestisida, sehingga jauh dari segi efisiensi (Dharmayanti *et al.*, 2013; Dinata, 2012; Las *et al.*, 2010; Uphoff, 2006; dan Hairiah *et al.*, 2006)

Sistem integrasi ternak dan tanaman, dalam hal ini SISK lebih menguntungkan dibandingkan dengan sistem pertanian yang intensif (konvensional) karena dapat mengurangi biaya input berupa pembelian pupuk dan pakan ternak, sehingga lebih efisien. Beberapa penelitian telah menunjukkan efisiensi biaya pupuk pada penerapan sistem integrasi. Hasil penelitian Kariyasa (2005) telah menunjukkan bahwa sistem usahatani padi yang diintegrasikan dengan sapi potong telah menghemat biaya pupuk sekitar 18,14-19,48%. Sementara itu, Novra (2011) melaporkan bahwa 1 ton kompos yang berasal dari kotoran sapi setara dengan 19,2 kg Urea, 10,86 kg TSP dan 92,52 KCl dan dapat mensubstitusi pupuk anorganik untuk 5 (lima) pokok pohon kelapa sawit, sehingga dapat mengurangi biaya pembelian pupuk.

Berkaitan dengan beberapa hal yang telah dijelaskan di atas, maka penelitian ini dilakukan dalam rangka menganalisis kualitas tanah pada Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK) dan efisiensi biaya produksi untuk mewujudkan pertanian yang berkelanjutan, terutama subsektor perkebunan kelapa

sawit dan subsektor peternakan sapi, sehingga diharapkan dapat memberikan edukasi terhadap petani/peternak di sekitar lokasi atau bahkan masyarakat pertanian secara luas untuk turut memberikan kontribusi dalam mewujudkan pertanian berkelanjutan.

E. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Kualitas tanah berupa sifat fisik dan kimia tanah serta keragaman biota tanah, baik mesofauna maupun makrofauna tanah pada lahan yang menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang tidak menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit;
- b. Penerapan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit menguntungkan secara ekonomi.

Atau dapat ditulis sebagai berikut :

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = \mu_p$$

$H_1 : \mu_1 > \mu_2 > \mu_3 > \mu_4 \dots > \mu_p$ atau paling tidak ada sepasang $\mu_1, \mu_2, \mu_3, \mu_4 \dots \mu_p$ yang berbeda atau lebih besar

Bila $P\text{-value} < \alpha$ ($P < 0,05$), maka tolak H_0 , yang berarti berbeda nyata, dan sebaliknya.

II. TINJAUAN PUSTAKA

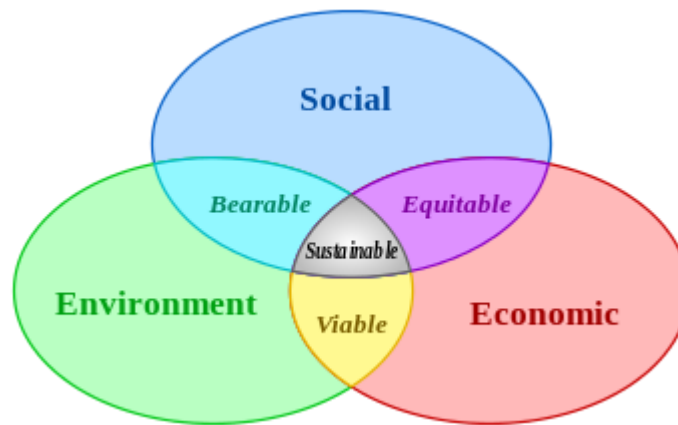
A. Sistem Pertanian Berkelanjutan

Berdasarkan Undang-Undang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup (UUPPLH) Nomor 32 Tahun 2009, pada pasal 1 angka 3 dijelaskan bahwa Pembangunan berkelanjutan adalah upaya sadar dan terencana yang memadukan aspek lingkungan hidup, sosial, dan ekonomi ke dalam strategi pembangunan untuk menjamin keutuhan lingkungan hidup serta keselamatan, kemampuan, kesejahteraan, dan mutu hidup generasi masa kini dan generasi masa depan.

Akib (2014) secara eksplisit mendefinisikan pembangunan berkelanjutan secara luas terdiri dari 3 (tiga) aspek prinsip, yaitu ekologi, ekonomi dan sosial dengan aspek ekologi dan ekuitas sosial merupakan aspek utama. Pembangunan berkelanjutan mempunyai 3 (tiga) tujuan utama, yaitu : 1) Tujuan ekonomi, yaitu pertumbuhan, pemerataan, dan efisiensi; 2) Tujuan ekologi, yaitu menjaga kompleksitas ekosistem, daya dukung, keanekaragaman hayati, dan lingkungan global; dan 3) Tujuan Sosial, yaitu pemberdayaan, partisipasi, mobilitas sosial, kohesi sosial, dan identitas budaya.

Pembangunan berkelanjutan tidak saja berkonsentrasi pada isu-isu lingkungan, namun mencakup tiga lingkup kebijakan, yaitu pembangunan ekonomi, pembangunan sosial dan perlindungan lingkungan. Hasil *World Summit 2005* menyebutkan bahwa ketiga dimensi tersebut saling terkait dan merupakan

pilar pendorong bagi pembangunan berkelanjutan. Skema pembangunan berkelanjutan berada pada titik temu tiga pilar tersebut (https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangunan_berkelanjutan).



Gambar 2. Tiga pilar pembangunan berkelanjutan (<https://id.wikipedia.org/wiki/berkas>)

Saptana dan Ashari (2007) menyatakan bahwa apabila tidak ada reorientasi dalam kebijakan ekonomi dari pola pembangunan konvensional ke arah pola pembangunan berkelanjutan, maka produktivitas pertanian bisa menurun sampai 40%.

Menurut Notohaprawiro (2006) Sistem pertanian berkelanjutan merupakan sistem pengelolaan pertanian terpadu yang secara berangsur dapat meningkatkan produktivitas lahan, mempertahankan keutuhan dan keanekaragaman ekologi serta sumberdaya alam hayati selama jangka panjang, memberikan keuntungan ekonomi masyarakat, menyumbang mutu kehidupan dan memperkuat pembangunan ekonomi negara.

Rukmana (2012) menjelaskan bahwa ada beberapa jenis sistem pertanian yang dapat dianggap sebagai pertanian berkelanjutan, yaitu: (a) Sistem bertani

rendah input; (b) Sistem bertani regeneratif (lahan dibiarkan untuk meregenerasi/memperbaiki dirinya sendiri setiap selesai panen dengan pemberian kompos); (c) Sistem biodinamik (dengan prinsip sepenuhnya memanfaatkan mekanisme biologis tanah, tanpa menggunakan bahan kimia); (d) Sistem bertani organik, (e) Sistem bertani konservasi, dan (f) Hidroponik.

Selanjutnya, menurut Rukmana (2012) sistem pertanian berkelanjutan harus memenuhi tiga prinsip dasar, yaitu: 1) Keberlanjutan Ekonomi, melalui pengurangan biaya pupuk kimia dan pestisida, yang kebanyakan petani tidak mampu untuk membelinya; 2) Keberlanjutan Lingkungan, hal ini mengandung pengertian bahwa pertanian berkelanjutan merupakan kegiatan yang layak secara ekologis, yang tidak atau hanya sedikit memberikan dampak negatif terhadap ekosistem alam atau bahkan memperbaiki kualitas lingkungan dan sumberdaya alam; dan 3) Keberlanjutan sosial, hal ini berkaitan dengan kualitas hidup para pelaku usaha pertanian dan masyarakat di sekitarnya. Memilih untuk membeli bahan secara lokal daripada membeli di tempat yang jauh merupakan elemen dari keberlanjutan sosial.

Pertanian konservasi telah menimbulkan sikap yang lebih bertanggung jawab terhadap lingkungan, tentang alam sebagai sahabat, bukan sebagai musuh. Petani menggabungkan rotasi tanaman dan pemeliharaan residu permukaan dengan tanaman penutup, manajemen terpadu dari gulma, hama dan penyakit, rasional praktek pupuk, integrasi tanaman dan ternak, manajemen DAS dan masalah lingkungan lainnya. Hal ini akan mengakibatkan keberlanjutan pada sistem dan menjamin nol atau rendahnya tingkat residu kimia pada produk pertanian, dalam batas-batas hukum yang ditentukan (Landers, 2007).

B. Kualitas Lahan dan Kualitas Tanah

Kualitas lahan adalah sifat-sifat pengenal atau atribut yang bersifat kompleks dari sebidang lahan. Setiap kualitas lahan mempunyai keragaan (*performance*) yang berpengaruh terhadap kesesuaiannya bagi penggunaan tertentu dan biasanya terdiri atas satu atau lebih karakteristik lahan (*land characteristics*). Kualitas lahan ada yang bisa diestimasi atau diukur secara langsung di lapangan, tetapi pada umumnya ditetapkan dari pengertian karakteristik lahan (FAO, 1976 dalam Ritung *et al.*, 2007).

Kualitas tanah merupakan bagian dari Kualitas Lahan. Menurut Karlen *et al.* (1997) secara umum kualitas tanah (*soil quality*) didefinisikan sebagai kapasitas tanah untuk berfungsi dalam suatu ekosistem dalam hubungannya dengan daya dukungnya terhadap tanaman dan hewan, pencegahan erosi dan pengurangan terjadinya pengaruh negatif terhadap sumberdaya air dan udara.

Indikator kualitas tanah adalah sifat fisika, kimia dan biologi serta proses dan karakteristik yang dapat diukur untuk memantau berbagai perubahan dalam tanah. Secara lebih spesifik, Doran dan Parkin (1994) menyatakan bahwa indikator kualitas tanah harus memenuhi kriteria: (1) menunjukkan proses-proses yang terjadi dalam ekosistem, (2) memadukan sifat fisika dan kimia tanah serta proses biologi tanah, (3) dapat diterima oleh banyak pengguna dan dapat diterapkan di berbagai kondisi lahan, (4) peka terhadap berbagai keragaman pengelolaan tanah dan perubahan iklim, dan (5) apabila mungkin, sifat tersebut merupakan komponen yang biasa diamati pada data dasar tanah.

Menurut Mausbach dan Seybold (1998) kualitas tanah dapat dilihat dari 2 (dua) sisi, yaitu : (1) Sebagai kualitas *inherent* tanah (*inherent soil quality*) yang

ditentukan oleh lima faktor pembentuk tanah, atau (2) Kualitas tanah yang bersifat dinamis (*dynamic soil quality*), yakni perubahan fungsi tanah sebagai fungsi dari penggunaan dan pengelolaan tanah oleh manusia.

C. Dampak Negatif Pemakaian Pupuk Anorganik

Penggunaan pupuk anorganik (N,P,K) secara terus-menerus dan berlebihan, tidak diimbangi dengan penggunaan pupuk organik menyebabkan penurunan kualitas tanah, tanah menjadi keras dan produktivitasnya menurun. Pemupukan NPK, yang mengandung unsur K secara terus-menerus akan mengakibatkan K mudah tercuci, sehingga tanah akan kekurangan unsur K yang dapat menurunkan kesuburan tanah (Dinata, 2012).

Hasil penelitian Dharmayanti *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pupuk anorganik berupa Urea, SP-36 dan KCl pada tanaman bayam dapat menurunkan pH tanah pada perlakuan dosis yang lebih tinggi. Hal ini disebabkan adanya pelepasan amonium pada pupuk anorganik urea ke dalam tanah yang kemudian mengalami oksidasi membentuk nitrat (NO_3^-), yang bersamaan dengan itu akan terlepas ion hidrogen (H^+), sehingga menyebabkan pH tanah menjadi lebih rendah pada dosis pemberian pupuk anorganik yang lebih tinggi.

Sistem budidaya pertanian intensif dengan penggunaan pupuk anorganik yang terus menerus kan menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Hal ini juga sesuai dengan Laporan Halden dan Schwab (2007) mengenai dampak negatif industri pertanian-peternakan terhadap lingkungan, dijelaskan bahwa operasional industri pertanian telah menimbulkan dampak negatif pada lingkungan, termasuk air, tanah, dan udara. Dampak yang paling memprihatinkan

adalah pencemaran tanah dan sumber daya air permukaan akibat bahan kimia industri dan pertanian, kontaminasi dan degradasi tanah, pelepasan gas beracun dan zat berbau, serta partikulat dan *bioaerosols* yang mengandung mikroorganisme patogen.

Kecenderungan semakin intensifnya penggunaan pupuk anorganik, terutama urea dan terangkutnya jerami padi keluar areal pertanaman menyebabkan turunnya kualitas lahan yang dicirikan dengan turunnya bahan organik tanah dan kemampuan tanah menyimpan dan melepaskan hara dan air bagi tanaman. Akibatnya efisiensi penggunaan pupuk dan air irigasi serta produktivitas lahan menurun, sehingga berdampak negatif terhadap kelestarian lingkungan (Las *et al.*, 2010).

Uphoff (2006) menyatakan bahwa Revolusi Hijau melalui intensifikasi pertanian dengan memanfaatkan pupuk dan pestisida kimia telah menimbulkan dampak negatif terhadap kualitas tanah dan kondisi biota tanah. Pupuk kimia akan menyebabkan tanah cenderung bersifat masam, unsur hara mudah tercuci, sifat tanah dan biota tanah cenderung menurun. Kondisi ini akan menimbulkan dampak negatif terhadap keberlanjutan kegiatan pertanian tersebut.

Selaras dengan hal tersebut, Hairiah *et al.* (2006) juga menyatakan bahwa pada sistem pertanaman cabe dan tomat ceri yang dikelola secara intensif di Sumberjaya, Lampung Barat, telah menurunkan populasi dan diversitas cacing tanah, rayap, dan semut. Hal itu menurut Dewi (2007) juga akan mengakibatkan kurangnya jumlah dan sebaran porositas tanah. Arifin (2003) juga menyatakan bahwa pemberian pupuk anorganik secara terus-menerus dapat mengakibatkan struktur tanah menjadi mampat, permeabilitas menjadi jelek, daya menahan air

turun, aktivitas makro dan mikroorganisme fungsional tanah berkurang, kandungan bahan organik tanah turun, ketidak-seimbangan hara, dan penurunan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Selanjutnya, menurut Lestari (2009) penggunaan input kimiawi dengan dosis tinggi tidak saja berpengaruh menurunkan tingkat kesuburan tanah, tetapi juga berakibat pada merosotnya keragaman hayati dan meningkatnya serangan hama, penyakit dan gulma.

D. Pengaruh Bahan Organik Tanah terhadap Kualitas Tanah

Menurut Stevenson (1982), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus.

Selanjutnya, Stevenson (1982) menjelaskan bahwa peran bahan organik yang paling besar dan penting adalah kaitannya dengan kesuburan fisik tanah. Apabila tanah kandungan humusnya semakin berkurang, maka lambat laun tanah akan menjadi keras, kompak dan bergumpal, sehingga menjadi kurang produktif.

Lal (2006) menyatakan bahwa bahan organik tanah terdiri dari dua komponen utama, yaitu: (1) komponen *inert* atau yang tahan terhadap mineralisasi; tergantung pada tipe tanah, iklim, riwayat penggunaan lahan dan posisi bentang lahan; (2) fraksi labil atau aktif yang tergantung pada pengelolaan tanah. Ada korelasi erat antara konsentrasi fraksi labil karbon organik tanah dan kualitas tanah, terutama di tanah miskin wilayah tropika dan subtropika, yang karbon organiknya 60-80% telah hilang karena pertanian subsisten.

Kandungan karbon dalam tanah mencerminkan kandungan bahan organik dalam tanah yang merupakan tolak ukur yang penting untuk pengelolaan tanah.

Bahan organik di wilayah tropika berperan menyediakan unsur hara N, P, dan S yang dilepaskan secara lambat, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah masam, menurunkan fiksasi P karena pemblokiran sisi fiksasi oleh radikal organik, membantu memantapkan agregat tanah, memodifikasi retensi air, dan membentuk kompleks dengan unsur mikro (Sanchez, 1976 dalam Supriadi, 2008).

Hasil penelitian Sugiyanto et al. (2008) menunjukkan bahwa pemberian bahan organik berupa pupuk kandang sapi, kompos kulit kakao, dan belotong dapat meningkatkan kandungan C, N, Ca tertukar, Fe tersedia, dan pH tanah. Pemberian belotong dapat meningkatkan serapan N, K, Ca, Mg, dan SO₄ namun belum dapat meningkatkan serapan Cl. Sementara itu, pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N, K dan Cl, sedangkan kompos kulit kakao dengan dosis 5% dapat meningkatkan serapan N dan K tanaman kakao.

Tian *et al.* (1997) menjelaskan bahwa bahan organik merupakan sumber energi bagi makro dan mikro-fauna tanah. Penambahan bahan organik dalam tanah akan menyebabkan aktivitas dan populasi mikrobiologi dalam tanah meningkat, terutama yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Beberapa mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi bahan organik adalah fungi, bakteri dan aktinomisetes. Di samping mikroorganisme tanah, fauna tanah juga berperan dalam dekomposisi bahan organik antara lain yang tergolong dalam protozoa, nematoda, Collembola, dan cacing tanah. Fauna tanah ini berperan dalam proses humifikasi dan mineralisasi atau pelepasan hara, bahkan ikut bertanggung jawab terhadap pemeliharaan struktur tanah. Mikro flora dan fauna tanah ini saling berinteraksi dengan

kebutuhannya akan bahan organik, karena bahan organik menyediakan energi untuk tumbuh dan bahan organik memberikan karbon sebagai sumber energi.

E. Pupuk Organik dan Peranannya

Berdasarkan Permentan No.2/Pert/Hk.060/2/2006, tentang pupuk organik dan pembenah tanah, dijelaskan bahwa pupuk organik merupakan pupuk yang sebagian besar atau seluruhnya terdiri atas bahan organik yang berasal dari tanaman dan atau hewan yang telah melalui proses rekayasa, dapat berbentuk padat atau cair yang digunakan untuk mensuplai bahan organik dalam rangka memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Hal ini menunjukkan bahwa istilah pupuk organik lebih ditujukan pada kandungan C-organik atau bahan organik daripada kadar haranya. Nilai C-organik itulah yang menjadi pembeda dengan pupuk anorganik. Apabila nilai C-organik rendah dan tidak masuk dalam ketentuan pupuk organik, maka diklasifikasikan sebagai pembenah tanah organik. Pembenah tanah atau *soil ameliorant* merupakan bahan-bahan sintesis atau alami, organik atau mineral (Suriadikarta dan Simanungkalit, 2006).

Selaras dengan Permentan No.2/Pert/Hk.060/2/2006, dalam Permentan Nomor : 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah tanah, dijelaskan bahwa pupuk organik merupakan pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan, dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Selanjutnya, dalam Permentan Nomor 70 tahun 2011 juga disebutkan, bahwa persyaratan pupuk organik diantaranya adalah kandungan C-Organik minimal 15 % dan jumlah unsur hara makro ($N + P_2O_5 + K_2O$) minimal 4 %.

Pupuk organik dapat memperbaiki sifat fisik tanah melalui pembentukan struktur dan agregat tanah yang mantap dan berkaitan erat dengan kemampuan tanah mengikat air, infiltrasi air, mengurangi resiko terhadap ancaman erosi, meningkatkan kapasitas pertukaran ion dan sebagai pengatur suhu tanah yang semuanya berpengaruh baik terhadap pertumbuhan tanaman (Kononova, 1999).

Hanifa dan Lutojo (2014) menyatakan bahwa penggunaan pupuk organik berbahan *urine* sapi telah menunjukkan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) terhadap kandungan K tertukar dan P tersedia dalam tanah. Kandungan K tertukar dalam tanah bertambah sekitar 0,11 me% (dari 0,16 sampai 0,27 me%) dengan penambahan bahan organik. Sedangkan kandungan P tersedia dalam tanah juga bertambah sekitar 6,58 ppm (dari 15,13 sampai 21,71 ppm).

Pada penelitian yang dilakukan di Desa Blumbang, Kecamatan Tawangmangu, Kabupaten Karanganyar, Handayani (2008) menyatakan bahwa imbalan pupuk organik dan anorganik 100%:100% meningkatkan ketersediaan hara yang ditunjukkan dengan N total dan K tersedia yang tertinggi yaitu berturut-turut 0,56% dan 1,79 %. Di samping itu, hasil penelitian Minardi *et al.* (2014) juga menunjukkan bahwa imbalan pupuk organik (yang berasal dari pupuk kandang sapi) dan pupuk anorganik 75%:25% dapat meningkatkan KTK, KB, Bahan Organik, N dan P yang tertinggi dibandingkan dengan kontrol, masing-masing, dari 22,55me% menjadi 38me%, dari 20% menjadi 31,67%, dari 1% menjadi 2,6% dan 0,09% menjadi 0,34% dan dari 9,65 ppm menjadi 13,57 ppm.

F. Organisme Tanah dan Peranannya

Suin (2003) menjelaskan bahwa organism tanah dapat dikelompokkan berdasarkan ukuran tubuhnya, kehadirannya di tanah, habitat yang dipilihnya, dan kegiatan makanannya. Berdasarkan ukuran tubuhnya, oragnisme tanah dikelompokkan menjadi mikrofauna, mesofauna dan makrofauna. Ukuran mirofauna tanah berkisar antara 20-200 mikron, mesofauna tanah antara 200 mikron – 1 cm dan makrofauna tanah > 1 cm.

Selanjutnya, Anwar dan Ginting (2013) menyebutkan bahwa organisme yang tergolong dalam mikrofauna tanah adalah protozoa dan nematoda, mesofauna tanah yang sering ditemukan adalah ordo Acarina dan Colembola, sedangkan organism yang termasuk dalam makrofauna tanah antara lain adalah cacing dan serangga tanah.

Organisme (biota) yang hidup dan beraktivitas di dalam tanah, melalui aktivitas metaboliknya serta peranannya dalam aliran energi dan siklus hara berkaitan erat dengan produksi bahan organik primer (tanaman) yang hidup di atasnya. Organisme tanah berperan dalam dekomposisi bahan organik dan pengikatan/penyediaan unsur hara tanah (Hanafiah *et al.*, 2005).

Cacing tanah mempengaruhi siklus dan perubahan hara di dalam tanah melalui peranannya pada sifat biologi, kimia dan fisik tanah. Besarnya pengaruh cacing tanah dipengaruhi oleh kelompok secara ekologi dan ukuran cacing, tumbuhan, bahan induk tanah, iklim, waktu, dan sejarah penggunaan (Zhang *et al.*, 2007 dalam Lubis, 2011).

Suin (2003) menyatakan bahwa pakan utama cacing tanah adalah bahan organik yang dapat berasal dari serasah daun (daun yang gugur), kotoran ternak

atau bagian tanaman dan hewan yang sudah mati. Sehingga, minimnya kandungan bahan organik tanah akan menyebabkan cacing tanah migrasi atau bahkan mengalami kematian. Yuliprianto (2010) menyatakan bahwa berkurangnya bahan organik tanah, yang berarti sedikitnya persediaan pakan cacing tanah, dalam jangka panjang akan menyebabkan cacing tanah meninggalkan lahan atau mengalami kematian

Menurut Suin (2003) Oribatida berperan dalam dekomposisi bahan organik. Peranan Oribatida dalam dekomposisi bahan organik dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan. Interaksi antara faktor-faktor lingkungan akan mempengaruhi kelimpahan dan penyebaran Oribatida. Faktor-faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi aktivitas Oribatida antara lain iklim (curah hujan, temperatur), tanah (kemasaman, kelembaban, temperatur, kandungan unsur hara), vegetasi serta cahaya matahari.

Collembola umumnya dikenal sebagai organism tanah yang berperan penting dalam perombakan bahan organik tanah. Selain itu, Collembola juga berperan dalam mendistribusikan bahan organik di dalam tanah, meningkatkan kesuburan, dan memperbaiki sifat fisik tanah (Indriyati dan Wibowo, 2008).

Suhardjono (1997) menyebutkan bahwa sebagian besar populasi Collembola tertentu, merupakan pemakan mikoriza akar yang dapat merangsang pertumbuhan simbiosis dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, Collembola juga dapat berfungsi menurunkan kemungkinan timbulnya penyakit yang disebabkan oleh jamur.

G. Potensi dan Manfaat Limbah Ternak

Kegiatan intensifikasi usaha peternakan mengakibatkan melimpahnya limbah kotoran ternak dan cenderung mengganggu lingkungan. Hal ini memberikan prospek baru dalam mewujudkan pembangunan pertanian berwawasan lingkungan, yaitu dengan inovasi teknologi sederhana yang dapat mengubah kotoran ternak menjadi pupuk organik dalam upaya memperbaiki unsur hara lahan sawah (Priyanti *et al.*, 2008).

Berdasarkan beberapa penelitian yang telah dilakukan tercatat bahwa satu ekor sapi menghasilkan kotoran rata-rata 10-25 kg hari⁻¹ (BPTP-NTB, 2011). Pada peternakan kambing, Amaranti *et al.* (2012) menyebutkan bahwa hasil pengamatan di Desa Sindang Barang, dengan populasi kambing sekitar 1.000 ekor, produksi kotoran ternak dari seekor kambing dewasa rata-rata 1,4 kg hari⁻¹, sehingga total kotoran yang dihasilkan diperkirakan sebanyak 1.400 kg hari⁻¹.

Limbah ternak (kotoran sapi) dapat diproses menjadi kompos dan pupuk organik granuler serta biogas sedangkan limbah pertanian (jerami padi, batang dan daun jagung, pucuk tebu, jerami kedelai dan kacang tanah) diproses menjadi pakan. Gas-bio dimanfaatkan untuk keperluan memasak, limbah biogas (*sludge*) yang berupa padatan dimanfaatkan menjadi kompos dan bahan campuran pakan sapi, sedangkan yang berupa cairan dimanfaatkan menjadi pupuk cair (Hardianto, 2008).

Menurut Sudiarto (2008), limbah peternakan dapat dikonversi menjadi pupuk organik, bahan bakar dan biomassa protein sel tunggal atau etanol. Konversi limbah menjadi pupuk organik akan sangat berperan dalam pemulihan daya dukung lingkungan, terutama di bidang pertanian.

Keberadaan bahan organik tanah sangat berpengaruh dalam mempertahankan kelestarian dan produktivitas serta kualitas tanah. Menurut Adiningsih dan Rochayati (1988) terdapat korelasi positif antara kadar bahan organik dan produktivitas tanah sawah, semakin rendah kadar bahan organik semakin rendah pula produktivitas tanahnya. Hasil penelitian Kaya (2014) menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang bersama-sama dengan pupuk NPK dapat meningkatkan ketersediaan kalium (K) tanah sawah dan serapan kalium (K), sedangkan pemberian pupuk kandang dan pupuk NPK secara mandiri dapat meningkatkan pH tanah, pertumbuhan vegetatif serta hasil tanaman padi.

Novra (2011) melaporkan jumlah kotoran sapi sekitar 8-10 kg ekor⁻¹hari⁻¹ dapat menghasilkan 0,5 ton pupuk organik. Kandungan hara N, P, dan K dalam 1 ton kompos setara dengan 19,2 kg Urea, 10,86 kg TSP, dan 92,52 KCl per ton kompos dan dapat mensubstitusi pupuk anorganik setara lima pohon kelapa sawit.

H. Manfaat Limbah Tanaman Kelapa Sawit

Limbah hasil pertanian yang sangat potensial dapat menjadi sumber pakan berserat bagi usaha peternakan (sapi). Dengan semakin terbatasnya penggunaan lahan, penataan kawasan bagi usaha peternakan menjadi belum optimal (Priyanti *et al.*, 2008).

Perkebunan kelapa sawit dapat menjadi pemasok pakan ternak melalui penyediaan hijauan pakan ternak berupa gulma dan rumput yang ditanam di antara tegakan kelapa sawit, penyediaan pakan melalui pemanfaatan limbah tanaman kelapa sawit, dan limbah hasil pengolahan kelapa sawit (Umar, 2008).

Pelepah dan daun sawit merupakan hasil ikutan yang dapat diperoleh sepanjang tahun bersamaan dengan dilakukannya pemanenan tandan buah segar. Umiyasih dan Anggraeny (2003) menjelaskan bahwa pelepah kelapa sawit dipanen 1-2 pelepah panen⁻¹pohon⁻¹, sehingga setiap tahun dari setiap hektar lahan kelapa sawit dapat dihasilkan 22–26 pelepah tergantung jumlah populasi kelapa sawit per hektar, dengan rata-rata berat pelepah daun sawit 4–6 kg pelepah⁻¹, bahkan produksi pelepah dapat mencapai 40-50 pelepah panen⁻¹pohon⁻¹ dengan berat sebesar 4,5 kg pelepah⁻¹.

Kementerian Pertanian (2011) menjelaskan bahwa kandungan nutrisi yang terdapat di dalam daun dan pelepah kelapa sawit ini cukup banyak, seperti tertera pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi Nutrisi Produk Samping Tanaman dan Pengolahan Buah Kelapa Sawit (Kementerian Pertanian, 2011)

Bahan/ Produk Samping	Bahan Kering %	Abu	Protein Kasar	Serat Kasar	Lemak	BETN	Ca	P	GE (kal g ⁻¹)
			(% bahan kering)						
Daun	46,18	13,4	14,12	21,52	4,37	46,9	0,84	0,17	4461
Pelepah Sawit	26,07	5,10	3,07	50,94	1,07	39,82	0,96	0,08	4861
Solid	24,08	14,40	14,58	35,88	14,78	16,36	1,08	0,25	4082
Bungkil	91,83	4,14	16,33	36,68	6,49	28,19	0,56	0,84	5178
Serat	93,11	5,90	6,20	48,10	3,22	-	-	-	4684
TBK	92,10	7,89	3,70	47,93	4,70	-	-	-	-

Ket : BTEN : Bahan Ekstra Tanpa Nitrogen; GE : General Energy (energi bruto)

Menurut Elisabeth dan Ginting (2003) pelepah sawit dapat digunakan sebagai bahan pakan pengganti rumput untuk ternak ruminansia. Hasil percobaan menunjukkan bahwa pakan dengan komposisi pelepah sawit 60%, lumpur dan bungkil inti sawit masing-masing sebesar 18%, dan dedak padi 4%, serta pakan dengan komposisi pelepah sawit 30%, lumpur sawit 40%, bungkil inti sawit 26%, dan dedak padi 4%, merupakan jenis pakan yang cukup baik untuk sapi potong.

I. Sistem Integrasi Ternak- Tanaman

1. Tujuan dan Manfaat Sistem Integrasi Ternak -Tanaman

Untuk mengatasi masalah tingkat kesuburan tanah yang rendah, serta jumlah tenaga kerja dan dana kurang memadai, telah dirancang pola usaha tani tanaman/ternak sebagai model usaha tani introduksi, dengan tujuan untuk menghasilkan teknologi yang dapat meningkatkan pendapatan petani dengan memanfaatkan fasilitas yang dimiliki petani transmigran (Kusnadi, 2008).

Sistem Integrasi Ternak-Tanaman (SITT) adalah intensifikasi sistem usahatani melalui pengelolaan sumberdaya alam dan lingkungan secara terpadu dengan komponen ternak sebagai bagian kegiatan usaha. Tujuan pengembangan SITT adalah untuk meningkatkan produktivitas dan kesejahteraan masyarakat. Komponen usaha tani SITT meliputi usaha ternak sapi potong, tanaman pangan, hortikultura (sayuran), dan perkebunan, (sawit, tebu).

Berdasarkan Permentan Nomor 105/Permentan/PD.300/8/2014 tentang Integrasi Usaha Perkebunan Kelapa Sawit dengan Usaha Budidaya Sapi Potong, Integrasi Usaha Sawit-Sapi dilakukan untuk dapat memanfaatkan produk samping usaha perkebunan kelapa sawit, dan kotoran sapi sebagai pupuk, bio urine, dan biogas serta manfaat lainnya.

Kecenderungan menurunnya tingkat kesuburan lahan karena terbatasnya kandungan bahan organik tanah dan pengembangan usaha peternakan sapi, dapat diatasi secara simultan melalui penerapan pola integrasi tanaman dan ternak melalui pendekatan *low external input*. Pola integrasi ini merupakan penerapan usaha terpadu antara komoditi tanaman, dalam hal ini padi, dan komoditi peternakan (sapi), yang dengan pola itu jerami padi digunakan sebagai pakan sapi,

sedangkan kotoran ternak sebagai bahan utama pembuatan kompos dimanfaatkan untuk pupuk organik yang dapat meningkatkan kesuburan lahan (Priyanti *et al.*, 2008).

Pembibitan dan usaha *cow calf operation* merupakan bisnis jangka panjang yang penuh risiko dengan margin relatif kecil. Oleh sebab itu, agar kegiatan ini memberi keuntungan dan daya saing tinggi, maka biaya pakan harus diminimalkan. Bahkan diharapkan biaya pakan yang secara riil dikeluarkan (dibeli) harus mendekati nol. Hal ini hanya dapat diwujudkan apabila ternak dipelihara dalam suatu pola integrasi horizontal maupun vertikal dengan usaha pertanian, perkebunan atau kehutanan. Pola integrasi seperti ini dikenal dengan *Crop Livestock System* (CLS), yang menerapkan prinsip *Low External Input Sustainable Agriculture* (LEISA), sehingga akan mewujudkan usaha yang *zero waste* dan bahkan *zero cost* (Haryanto, 2009).

Selain dapat memanfaatkan biomasa yang tersedia, menurut Setiadi, *et al.* (2011) peternakan sapi potong di perkebunan sawit memberikan keuntungan positif bagi pekebun, antara lain: a) ternak sapi dapat menghasilkan kotoran yang dapat digunakan sebagai pupuk organik dan bio-urine (bio-pestisida) bagi tanaman kelapa sawit; b) ternak sapi dapat memakan tanaman liar di sekitar pohon sawit (gulma) yang mengganggu pertumbuhan pohon sawit; dan c) dapat dimanfaatkannya limbah pabrik kelapa sawit (tandan kosong, dan lain sebagainya) yang belum termanfaatkan untuk pakan ternak.

Sistem Integrasi Sapi dan Kelapa Sawit (SISK) sangat penting untuk dilakukan. Hal ini dikarenakan menurut Handaka *et al.* (2009) sistem ini memiliki banyak keuntungan, antara lain: 1) diversifikasi penggunaan

sumberdaya; 2) menurunkan resiko usaha; 3) efisiensi penggunaan tenaga kerja; 4) efisiensi penggunaan input produksi; 5) mengurangi ketergantungan energi kimia; 6) ramah lingkungan; 7) meningkatkan produksi; dan 8) meningkatkan pendapatan rumah tangga petani yang berkelanjutan. Sistem Integrasi Sapi – Kelapa Sawit telah memadukan sistem usahatani tanaman dengan sistem usahatani ternak secara sinergis, sehingga terbentuk suatu sistem yang efektif, efisien dan ramah lingkungan.

Hasil penelitian Hakim (2009) menunjukkan bahwa perlakuan *Organics-System of Rice Intensification* (SRI-organik) cenderung meningkatkan populasi fauna tanah, total mikroba, total fungi, *Azotobacter* dan mikroba pelarut fosfat dibandingkan perlakuan konvensional, bahkan untuk jumlah fauna tanah pada perlakuan SRI-organik secara signifikan meningkat dibandingkan perlakuan konvensional. Tingginya populasi fauna tanah pada budidaya SRI-organik disebabkan oleh adanya penambahan bahan organik sehingga kebutuhan fauna tanah dapat terpenuhi.

2. Faktor yang Mempengaruhi Keberhasilan Sistem Integrasi Ternak Tanaman

Sistem integrasi tanaman ternak terdiri dari komponen budidaya tanaman, budidaya ternak dan pengolahan limbah. Penerapan teknologi pada masing-masing komponen merupakan faktor penentu keberhasilan sistem integrasi tersebut. Agar sistem integrasi berjalan dengan baik dan dapat meningkatkan produktivitas pertanian, maka petani harus menguasai dan menerapkan inovasi teknologi. Hal ini sesuai dengan pendapat Pasandaran, *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa salah satu kunci keberhasilan sistem integrasi adalah

kemampuan mengelola informasi yang diperlukan dalam sistem integrasi termasuk informasi mengenai teknologi integrasi tanaman dan ternak.

3. Penelitian yang Terkait dengan Sistem Integrasi Ternak Tanaman

Pada pertanian terpadu, tanaman kakao dipadukan dengan ternak sapi yang dikandangkan sebanyak 3 ekor, dapat menghasilkan pupuk kandang dan biogas. Hasil penelitian Syamsudin (2012) menunjukkan bahwa kelimpahan makrobiota pada lahan integrasi ternak dengan tanaman kakao 39 kali lebih besar dibanding dengan makrobiota pada sistem pertanian konvensional.

Pada SITT, pemanfaatan kotoran sapi sebagai pupuk organik, disamping mampu menghemat penggunaan pupuk anorganik, juga sekaligus mampu memperbaiki struktur dan ketersediaan unsur hara tanah. Dampak ini terlihat dengan meningkatnya produktivitas lahan. Hasil kajian Adnyana *et al.* (2003) dalam Kariyasa (2005) menunjukkan bahwa model CLS (*Crop Livestock System*) yang dikembangkan petani di Jawa Tengah dan Jawa Timur mampu mengurangi penggunaan pupuk anorganik sebesar 25-35% dan meningkatkan produktivitas padi sebesar 20-29%.

Kariyasa dan Pasandaran (2004) juga menyatakan bahwa berdasarkan kajian empiris yang telah dilakukan menunjukkan bahwa usaha tani padi di Provinsi Jawa Tengah, Bali dan NTB yang dikelola tanpa dipadukan dengan ternak sapi mempunyai produksi 4,4-5,7 ton ha⁻¹, sedangkan usaha tani yang diintegrasikan dengan ternak sapi mampu memproduksi sekitar 4,7-6,2 ton ha⁻¹, sehingga dapat dikatakan bahwa usaha tani padi yang diintegrasikan dengan ternak atau yang menggunakan pupuk kandang mampu memproduksi sekitar 6,9-

8,8% lebih tinggi dibandingkan dengan usaha tani yang dikelola parsial tanpa menggunakan pupuk kandang.

Selanjutnya, Hasil kajian Kariyasa (2005) menunjukkan bahwa penggunaan pupuk kandang pada sistem usahatani padi yang diintegrasikan dengan sapi potong telah menghemat biaya pupuk sekitar 18,14-19,48% atau sekitar 8,8% dari total biaya.

III. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat

1. Waktu Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juni 2016 sampai dengan bulan Agustus 2016. Pengambilan sampel tanah, analisis laboratorium dan wawancara terhadap petani/peternak yang menerapkan SISK maupun Non SISK dilaksanakan pada bulan Juni-Juli 2016 sedangkan pengolahan/analisis data dilakukan pada Bulan Agustus 2016.

2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di lokasi yang merupakan bagian dari kawasan pertanian, yang mengembangkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK), yaitu Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang. Penelitian dilakukan dengan cara membandingkan data pada lokasi/lahan yang menerapkan SISK dengan lokasi/lahan kontrol, yang tidak mengembangkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (Non SISK).

a. Keadaan Umum Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Kecamatan Penawar Aji, tepatnya di Kampung Karya Makmur. BPS (2016) menjelaskan bahwa Kecamatan Penawar Aji

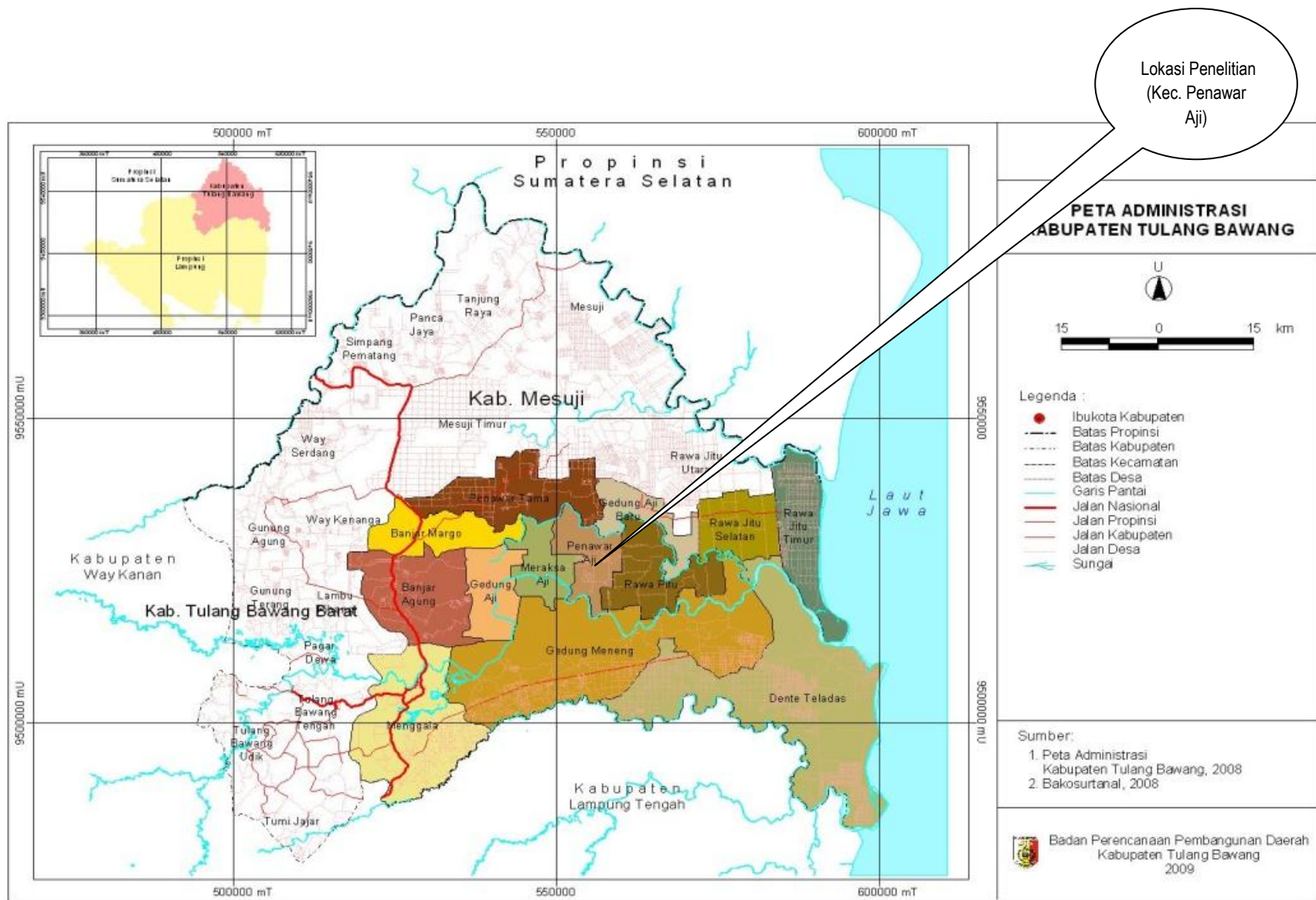
merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Tulang Bawang dengan luas wilayah 104,44 km² atau 2,4% dari luas Kabupaten Tulang Bawang. Kecamatan Penawar Aji berjarak ± 80 km dari Kota Menggala sebagai ibukota Kabupaten Tulang Bawang.

Lokasi penelitian dapat ditempuh selama ± 2,5 jam dengan kendaraan bermotor. Secara geografis, batas administratif Kecamatan Penawar Aji seperti pada tertera Gambar 3 sebagai berikut :

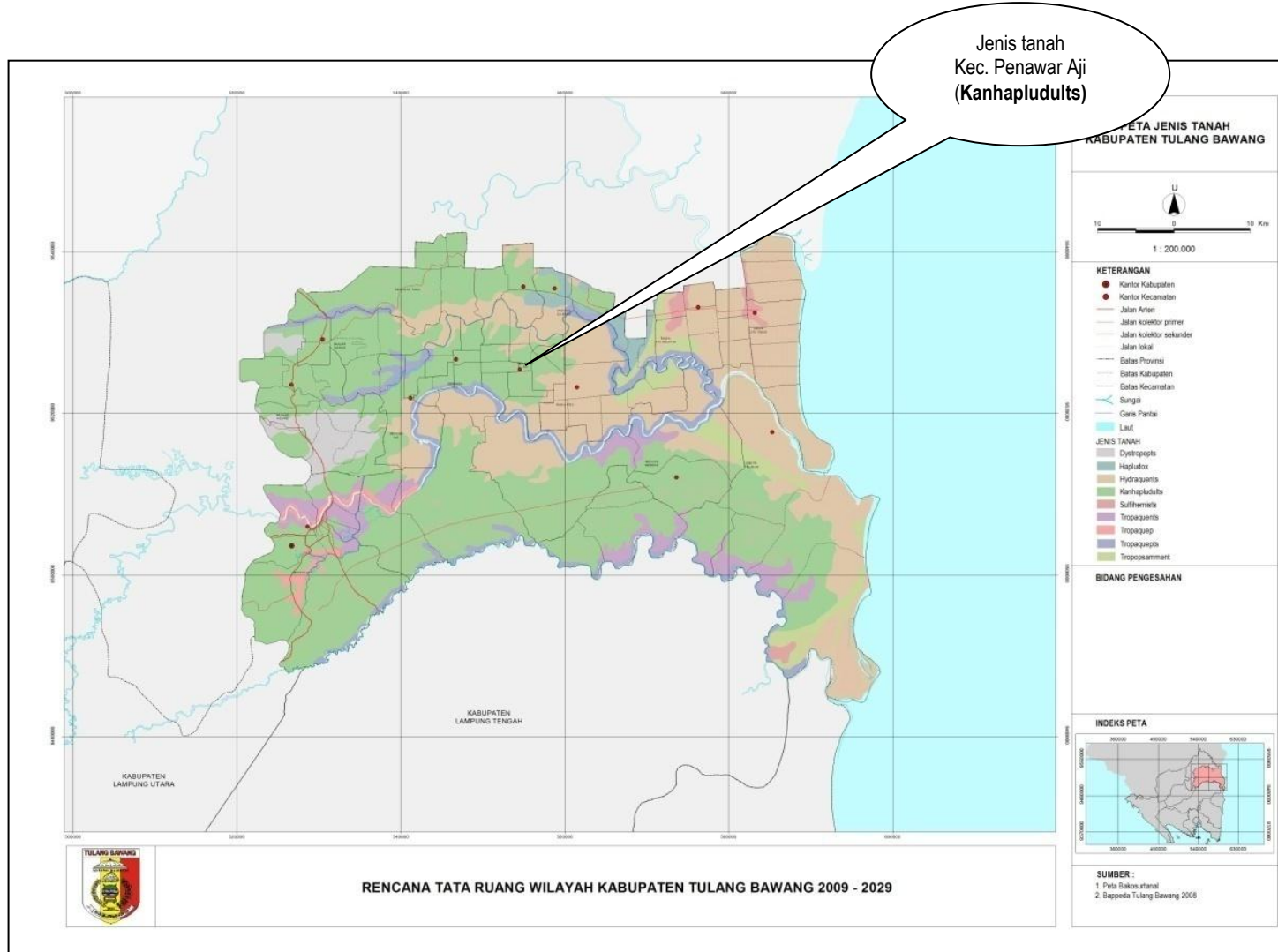
- Sebelah Utara : Kecamatan Penawar Tama;
- Sebelah Selatan : Kecamatan Gedung Meneng;
- Sebelah Timur : Kecamatan Rawa Pitu; dan
- Sebelah Barat : Kecamatan Meraksa Aji.

Kampung Karya Makmur merupakan salah satu kampung di Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang, yang mempunyai potensi cukup besar di bidang peternakan sapi dan merupakan lokasi pengembangan perkebunan kelapa sawit.

Penelitian dilaksanakan di 2 (dua) areal perkebunan kelapa sawit, yaitu kebun yang menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK) dan kebun konvensional yang tidak menerapkan integrasi (Non SISK). Kebun SISK berada pada koordinat 04° 15' 18,6" LS dan 105° 28' 29,9"BT, sedangkan kebun non SISK terletak pada koordinat 04° 15' 23,9" LS dan 105° 28' 26,0" BT. Kondisi lahan relatif datar dan air cukup tersedia sepanjang tahun. Berdasarkan Dokumen RTRW Kabupaten Tulang Bawang, jenis tanah di lokasi penelitian didominasi oleh Ultisols (Kanhapludults) seperti tertera pada Gambar 4.



Gambar 3. Peta Administrasi Lokasi Penelitian



Gambar 4. Peta Jenis Tanah di Lokasi Penelitian

b. Deskripsi Usaha Pengembangan Ternak Sapi Potong dan Perkebunan Kelapa Sawit di Kecamatan Penawar Aji

Populasi ternak sapi dan kambing di Kecamatan Penawar Aji dari tahun 2013 s.d. tahun 2015 dapat dilihat pada Tabel 10. Pada tahun 2015, Kampung Karya Makmur mempunyai populasi sapi potong sebanyak 560 ekor dan kambing sebanyak 150 ekor (BPS, 2016). Berdasarkan data tersebut, maka limbah kotoran ternak yang dihasilkan tiap hari cukup banyak, diperkirakan sebanyak 5.600 kg hr⁻¹ berasal dari kotoran ternak sapi dan sebanyak 210 kg hr⁻¹ berasal dari kotoran ternak kambing. Hal ini tentu menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik.

Selain itu, Kampung Karya Makmur juga mempunyai potensi yang cukup besar di bidang perkebunan, terutama perkebunan kelapa sawit. BPS (2015) menyebutkan bahwa luas kebun sawit di Kecamatan Penawar Aji pada tahun 2013 s.d. 2014 mencapai 900 ha. Dari luasan tersebut, ± 306 ha berada di Kampung Karya Makmur. Perkebunan kelapa sawit menghasilkan limbah produksi berupa daun dan pelepah kelapa sawit yang berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber pakan hijauan bagi ternak sapi, terutama di musim kemarau.

c. Penerapan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK) di Lokasi Penelitian

Secara umum, Sistem Integrasi Sapi- Kelapa Sawit belum memasyarakat di Kabupaten Tulang Bawang. Namun, Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang telah melakukan kegiatan ini. Sebagian Petani/Peternak di Kampung Karya Makmur telah mengolah limbah ternaknya menjadi pupuk organik melalui Unit Pengolahan Pupuk Organik (UPPO) yang

ada di kampung tersebut. Kemudian, pupuk hasil UPPO diaplikasikan ke tanaman sawit yang dimilikinya. Berdasarkan hasil analisis laboratorium Polinela Lampung (Tabel 11) pupuk hasil UPPO dari Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji mempunyai kandungan N-Total 1,213%, P-Total 0,352%, Kalium 1,459%, dan C-Organik 2,151%. Namun, berdasarkan Permentan Nomor 70 tahun 2011, pupuk hasil UPPO yang diaplikasikan pada lahan SISK belum dapat dikategorikan sebagai Pupuk Organik dikarenakan kadar C-organik didalamnya kurang dari 15% dan kadar unsur hara makro (N, P dan K) pada pupuk tersebut kurang dari 4%.

Pada SISK, petani/peternak telah memanfaatkan limbah sawit berupa daun dan pelepah kelapa sawit sebagai pakan ternak sapi yang dimilikinya. Limbah tersebut diolah menjadi *silase*, sehingga dapat digunakan dalam jangka waktu yang cukup lama, sebagai stok pakan hijauan, terutama di musim kemarau.

Sistem Integrasi Sapi–Kelapa Sawit telah dilakukan di lokasi penelitian sejak awal tahun 2015, ketika tanaman kelapa sawit berumur 4 tahun, sehingga saat ini pola SISK telah berlangsung $\pm 1,5$ tahun. Pada saat penelitian ini dilakukan, tanaman kelapa sawit di lokasi SISK maupun Non-SISK telah berumur $\pm 5,5$ tahun, sehingga sudah berproduksi $\pm 1,5$ tahun.

Budidaya tanaman kelapa sawit di lahan SISK menggunakan pupuk kandang dari hasil UPPO sebanyak 10 kg pohon⁻¹ (1,25 ton ha⁻¹), dolomite 1 kg pohon⁻¹ (125 kg ha⁻¹) dan pupuk anorganik dengan dosis Urea 100 kg ha⁻¹, SP-36 50 kg ha⁻¹, dan KCl 50 kg ha⁻¹.

Lain hanya dengan lahan SISK, pada lahan Non-SISK, petani/peternak tidak menggunakan kandang (pupuk organik) sama sekali, namun hanya

menggunakan pupuk kimiawi berupa Urea 150 kg ha^{-1} , SP-36 75 kg ha^{-1} dan KCl 75 kg ha^{-1} dalam setiap satu kali pemupukan. Pupuk diberikan selama 2 (dua) kali dalam setahun.

B. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Global Positioning System (GPS)*, ring sample, bor tanah, timbangan, *Corong Barlese*, saringan, tabung reaksi, cawan petri, pipet skala, jarum ose, inkubator, *autoclave*, mikroskop, kamera, laptop dan peralatan laboratorium lainnya.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

- a. Contoh tanah terganggu untuk analisis sifat kimia tanah dan contoh tanah utuh untuk analisis fisika tanah;
- b. Contoh (sampel) tanah untuk analisis sifat biologi tanah;
- c. Kuisioner untuk wawancara terhadap petani/peternak mengenai keuntungan ekonomi integrasi ternak sapi dan kelapa sawit.

C. Metode Pengambilan Data

Metode penelitian merupakan tata cara bagaimana suatu penelitian dilaksanakan. Penelitian ini dilakukan dengan metode survei dan *systematic sampling method* untuk pengambilan contoh tanah yang dianalisis sifat fisik kimia dan biologi tanahnya, serta metode survei melalui teknik wawancara terhadap 30 orang petani/peternak yang menerapkan integrasi (SISK) dan 30 orang petani/peternak yang tidak menerapkan integrasi (Non-SISK) untuk analisis keuntungan ekonomi Sistem Integrasi Sapi dan Kelapa Sawit (SISK).

D. Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan dengan teknik-teknik sebagai berikut.

1. Teknik Pengumpulan Data

Data sekunder berupa jumlah populasi ternak dan luas lahan perkebunan kelapa sawit selama tiga tahun terakhir (dari tahun 2013 s.d. tahun 2015) diperoleh dari Badan Pusat Statistik (BPS) dan Pemerintah Kecamatan setempat, yaitu Statistik Daerah Kecamatan Penawar Aji dan Monografi Kecamatan.

Data populasi ternak sapi potong selama tiga tahun terakhir, yaitu dari tahun 2013 s.d. tahun 2015 digunakan untuk memprediksi jumlah limbah kotoran ternak yang dihasilkan dan selanjutnya digunakan untuk memprediksi jumlah pupuk organik yang dihasilkan.

Data luasan perkebunan kelapa sawit selama dua tahun terakhir, yaitu dari tahun 2013 sampai dengan tahun 2014 digunakan untuk menghitung potensi limbah pertanian yang dihasilkan, guna memprediksi ketersediaan sumber pakan hijauan ternak di Kecamatan Penawar Aji.

Kondisi agroekosistem setempat, seperti curah hujan, jenis dan struktur tanah, ketinggian wilayah, dan lain sebagainya, diperoleh dari publikasi BPS, yaitu dari Data Tulang Bawang Dalam Angka maupun Statistik Daerah Kecamatan Penawar Aji.

Data primer berupa keuntungan ekonomi akibat penerapan SISK diperoleh dengan metode survei, yaitu data diperoleh langsung dari rumah tangga petani/peternak melalui teknik wawancara dengan menggunakan daftar pertanyaan terstruktur (kuisisioner) yang telah dipersiapkan.

Data primer berupa kualitas lahan, baik sifat fisik, kimia dan biologi tanah diperoleh dengan cara pengambilan sampel tanah di lokasi penelitian untuk dianalisis, baik melalui pengamatan langsung maupun analisis di laboratorium.

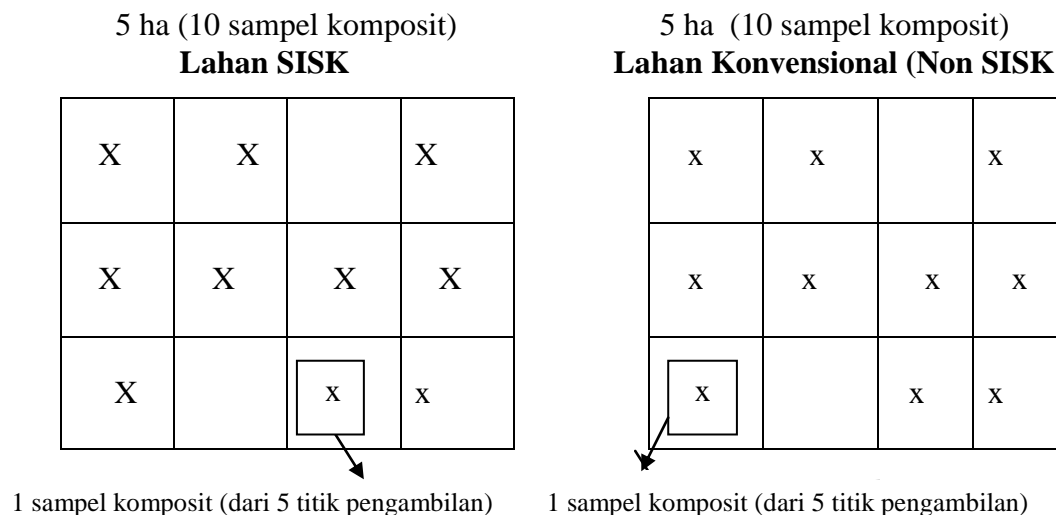
Kualitas tanah yang dianalisis meliputi sifat fisik tanah, yaitu *Bulk Density* (kerapatan isi), total ruang pori, kadar air tanah dan tekstur, sifat kimia tanah meliputi pH, Kejenuhan Basa, KTK, N-Total, P-Tersedia, C-Organik, K-dd, Ca-dd, Mg-dd, dan Na-dd, serta sifat biologi tanah, meliputi jenis dan keragaman biota tanah, baik makrofauna maupun mesofauna tanah.

2. Teknik Pengambilan dan Analisis Sampel untuk Penetapan Sifat Fisik-Kimia Tanah

Untuk mengetahui kualitas tanah di lokasi penelitian, maka dilakukan pengambilan sampel tanah pada lahan yang menerapkan Sistem Integrasi Ternak-Tanaman dan lahan yang tidak menerapkan Sistem Integrasi Ternak-Tanaman. Selanjutnya sampel tanah tersebut dianalisis di laboratorium.

Pengambilan sampel/contoh tanah yang dilakukan adalah pengambilan contoh tanah terganggu dan pengambilan contoh tanah utuh pada lahan seluas 5 ha (yang menerapkan SISK) dan 5 ha (pada lahan yang tidak menerapkan SISK).

Contoh tanah terganggu diambil pada kedalaman 0-20 cm dengan menggunakan bor tanah, masing-masing sebanyak sepuluh titik pada kedua tipe lahan tersebut (n=10), yang diambil secara sistematis dengan jarak antara titik satu dengan lainnya 60-100 m. Masing-masing sampel tanah diperoleh dengan cara mencampur 5 (lima) contoh tanah pada 5 (lima) titik pengambilan sampel, sehingga diperoleh 1 (satu) sampel tanah komposit. Dengan demikian jumlah sampel tanah komposit seluruhnya sebanyak 20 sampel.



Gambar 5. Deskripsi titik pengambilan sampel pada Lahan SISK maupun Non SISK dengan metode *Systematic sampling* (Suganda *et al.*, 2006)

Sampel tanah komposit digunakan untuk analisis laboratorium terhadap sifat fisik tanah berupa kadar air dan tekstur serta sifat-sifat kimia tanah, yaitu pH (H_2O), C-Organik, Nitrogen total, Fosfor tersedia, Kalium dapat ditukar, Kalsium dapat ditukar, Magnesium dapat ditukar, Na dapat ditukar, Kejenuhan Basa dan Kapasitas Tukar Kation.

Selain pengambilan contoh tanah terganggu, dilakukan pengambilan contoh tanah utuh dengan menggunakan *ring sample* untuk mengetahui sifat fisik tanah, yaitu *bulk density* (kerapatan isi) dan Ruang Pori Total.

Analisis sampel dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung untuk mengetahui sifat fisik dan kimia tanah.

a. Teknik Pengambilan Contoh Tanah Utuh (Suganda *et al.*, 2006)

Pengambilan contoh tanah utuh/tak terganggu (*undisturb soil sample*) dilakukan dengan menggunakan *ring sample* dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Permukaan tanah yang akan diambil diratakan dan dibersihkan dari rumput atau serasah;
- 2) Tanah digali dengan sekop sampai kedalaman tertentu (5-10 cm) di sekitar *ring sample*, kemudian diratakan dengan pisau;
- 3) Selanjutnya, *ring sample* diletakkan di atas permukaan tanah secara tegak lurus dengan permukaan tanah, nomor yang terdapat pada *ring sample* tidak boleh terbalik;
- 4) *Ring sample* ditekan dengan menggunakan balok kecil yang diletakkan di atas permukaan ring, sampai tiga per empat bagian masuk ke dalam tanah;
- 5) Setelah itu *ring sample* lain diletakkan di atas *ring sample* pertama, dan ditekan lagi sampai bagian bawah *ring sample* ini masuk ke dalam tanah kira-kira 1 cm;
- 6) Kemudian *ring sample* bagian atas dipisahkan dari *ring sample* bagian bawah;
- 7) *Ring sample* digali dengan menggunakan sekop. Dalam menggali, ujung sekop harus lebih dalam dari ujung *ring sample* agar tanah di bawah *ring sample* ikut terangkat;
- 8) Kelebihan tanah bagian atas diiris terlebih dahulu dengan hati-hati agar permukaan tanah sama dengan permukaan *ring sample*, kemudian *ring sample* ditutup dengan menggunakan tutup plastik yang telah tersedia. Setelah itu, kelebihan tanah bagian bawah diiris dan dipotong dengan cara yang sama dan *ring sample* ditutup. Sampel tanah yang diambil berada pada keadaan kapasitas lapang, sehingga jika terlalu kering sebaiknya disiram dengan air yang cukup;
- 9) Setelah itu, di atas tutup *ring sample* bagian atas diberi label yang berisi informasi tentang kedalaman, tanggal, dan lokasi pengambilan sampel.

Menurut Suganda *et al.* (2006) tahapan pengambilan contoh tanah utuh dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tahapan pengambilan contoh tanah utuh dengan *ring sample* (bergerak dari pojok kiri atas ke pojok kanan bawah) (Suganda *et al.*, 2006)

b. Teknik Penetapan *Bulk Density* (BD) dan Ruang Pori Total (RPT)

Penetapan Bobot Isi (*Bulk Density*) dan Total Ruang Pori dilakukan melalui **metode ring contoh (core)**, dengan langkah-langkah sebagai berikut (Agus *et al.*, 2006):

- 1) Contoh tanah ditimbang berikut *ring sample*-nya;
- 2) Kemudian dikeringkan pada suhu 105 °C selama 6 jam atau hingga beratnya konstan;
- 3) Setelah selesai dioven, sampel tanah didinginkan dan ditimbang bobot keringnya (g);
- 4) Kemudian ring sample yang telah kosong juga ditimbang;
- 5) Diameter dan tinggi setiap *ring sample* diukur untuk menghitung volume;
- 6) Berdasarkan ukuran di atas, maka dapat ditetapkan bobot isi dan porositas tanahnya, dengan rumus sebagai berikut :

Bobot Isi (*Bulk Density*) = Berat Kering (g)/ volume (cc)

Ruang Pori Total (RPT) = $(2,65 - \text{Bulk Density}) / 2,65 \times 100\%$

c. Teknik Pengambilan contoh tanah Terganggu

Pengambilan contoh tanah terganggu dilakukan dengan langkah-langkah (Suganda *et al.*, 2006) sebagai berikut :

- 1) Tanah digali dengan menggunakan bor tanah sesuai dengan kedalaman yang akan diteliti yaitu 0-20 cm pada setiap titik pengambilan sampel. Pada masing-masing lokasi pengambilan sampel diambil 5 (titik);
- 2) Kemudian tanah pada kelima titik tersebut dicampur rata/dikompositkan berdasarkan lokasi;
- 3) Setelah itu, contoh komposit dimasukkan dalam kantong plastik sebanyak ± 1 kg, kemudian beri label pada masing-masing kantong plastik, yang berisikan informasi tentang lokasi, tanggal pengambilan, dan kedalaman tanah;
- 4). Selanjutnya contoh tanah dibawa ke laboratorium untuk dianalisis.

d. Teknik Penetapan Kadar air Tanah

Kadar Air Tanah ditetapkan dengan metode **Gravimetri**, yaitu dengan **Cara Pengovenan** (Abdurachman *et al.*, 2006). Prosedur penentuan Kadar Air tersebut adalah sebagai berikut :

- 1) Cawan/cupu/kaleng/petri yang bersih ditimbang (**a gram**);
- 2) Sampel tanah segar dimasukkan ke dalam cawan, kemudian ditimbang beratnya sebagai berat basah (**b gram**);
- 3) Cawan berisi sampel dioven dengan panas 105 °Celcius, selama 48 jam;
- 4) Sebelum ditimbang, cawan bersampel didinginkan dalam desikator;.
- 5) Kemudian, cawan berisi sampel dengan timbangan yang sama ditimbang, sebagai berat kering (misal **c gram**);
- 6) Setelah itu, Kadar Air dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\text{Kadar lengas/kadar air (\%)} &= (\text{berat basah} : \text{berat kering}) \times 100\% \\ &= \{(\mathbf{b-c}) : (\mathbf{c-a})\} \times 100 \%\end{aligned}$$

e. Teknik Penetapan Tekstur Tanah

Penetapan tekstur tanah dilakukan di laboratorium melalui metode **Hidrometer**, dengan langkah-langkah sebagai berikut (Agus *et al.*, 2006):

- 1). Sampel tanah dikering udarakan atau dikering ovenkan sebelum dianalisis;
- 2). Tanah digiling kemudian diayak dengan ayakan 2 mm;
- 3). Contoh tanah ditimbang sebanyak 40 g (untuk tanah bertekstur sedang sampai halus) atau 60 g (untuk tanah bertekstur kasar), kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala 600 ml dan ditambahkan 200 ml *aquades*;
- 4). Kemudian contoh tanah ditimbang lagi sebanyak 10 g dan dimasukkan ke dalam gelas piala 250 ml untuk koreksi bahan organik
- 5). Jika contoh tanah tidak kering oven, maka perlu dilakukan penimbangan sekitar 30 g contoh tanah lagi untuk koreksi kadar air.
- 6). Proses dispersi
Dispersi secara mekanis.
 - a. Suspensi tanah dipindahkan ke dalam cangkir dispersi. Kemudian dilakukan penyemprotan dengan botol semprot untuk penyempurnaan penyalinan.
 - b. Kocok suspensi dengan mesin pendispersi tanah selama 5 menit.
- 7). Sesudah contoh tanah terdispersi, maka suspensi tanah dituangkan ke dalam silinder sedimentasi bervolume 1.000 ml. Kemudian ditambahkan *aquades*,

sehingga volume akhir suspensi menjadi 1.000 ml. Suhu suspensi dibiarkan turun hingga mencapai suhu kamar.

- 8). Proses Sedimentasi
- 9). Fraksionasi pasir dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:
 - a. Suspensi liat dikeluarkan dari silinder sedimentasi ke dalam ember;
 - b. Kemudian sedimen ditransfer dari silinder sedimentasi ke gelas piala bervolume 250 ml. Kemudian ditambahkan *aquades* sehingga volume menjadi 250 ml, kemudian diaduk dan dibiarkan selama 150 detik;
 - c. Setelah itu, suspensi liat dan debu dikeluarkan ke dalam ember;
 - d. Kemudian ditambahkan lagi 150 ml *aquades*, proses pencucian ini diulangi beberapa kali sehingga air di dalam gelas piala hampir jernih;
 - e. Setelah itu dikering ovenkan (pada suhu 105 °C) selama 3,5 jam (sampai mencapai berat tetap).
- 10). Perhitungan
 - a. Penentuan fraksi liat, pasir dan debu

$$P_{2\mu\text{m}} = m \ln(2 / X_{24}) + P_{24}$$

$P_{2\mu\text{m}}$ = jumlah persentase fraksi dengan diameter < 2 μm)

X_{24} = diameter partikel suspensi rata-rata pada $t = 24$ jam

P_{24} = persentase kumulatif pada $t = 24$ jam.

m = *slope* (kemiringan) kurva persentase kumulatif antara X pada $t = 1,5$ jam dan X pada $t = 24$ jam.

$$\% \text{ pasir} = (100 - P_{50\mu\text{m}})$$

$$\% \text{ debu} = 100 - (\% \text{ pasir} + \% \text{ liat})$$

Sesudah persentase pasir, debu, dan liat diketahui, untuk menentukan kelas tekstur tanah digunakan Gambar Segitiga Tekstur Tanah (gambar 7).



Gambar 7. Segitiga tekstur tanah (Agus *et al.*, 2006)

f. Teknik Penetapan Sifat-Sifat Kimia Tanah

Sifat-sifat kimia tanah berupa C-Organik, Nitrogen total, Fosfor tersedia, Kalium dapat ditukar, Kalsium dapat ditukar, Magnesium dapat ditukar, Na dapat ditukar, Kejenuhan Basa dan Kapasitas Tukar Kation dilakukan di laboratorium dengan metode seperti dijelaskan pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode Analisis Sifat Kimia Tanah di Laboratorium (Balittanah, 2009)

No.	Sifat Kimia Tanah	Metode Analisis yang digunakan
1.	C-Organik	Metode Walkley dan Black
2.	pH Tanah	Metode Elektrometer (menggunakan pH meter)
3.	N-Total	Metode Kjeldahl
4.	P-Tersedia	Metode Bray II
5.	KTK	Metode Ekstraksi 1 NH ₄ Oac pH 7
6.	KB	Metode Ekstraksi 1 NH ₄ Oac pH 7
7.	K-dd, Na-dd	Metode Flame Fotometer
8.	Ca-dd, Mg-dd,	Metode Titrasi EDTA

3. Teknik Pengambilan dan Analisis Sampel untuk Analisis Keragaman Biota Tanah

Setelah pengambilan contoh tanah utuh dan tanah terganggu, dilakukan pengambilan contoh tanah untuk mengetahui jumlah dan keragaman biota tanah, yaitu makrofauna tanah (cacing tanah) dengan menggunakan metode *monolith (hand sorting)* dan mesofauna tanah dengan menggunakan ekstraksi *Corong Barlese*.

1) Mesofauna Tanah

Pengamatan mesofauna di lapangan pada satu titik pengambilan sampel dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut (Susilo dan Karyanto, 2005):

1. Membuat kuadran di setiap titik pengambilan sampel dengan 100 cm x 100 cm;
2. Pada setiap kuadran diambil lima sampel tanah pada kedalaman 0 sampai 5 cm, kemudian dikompositkan sebanyak 100 gram;

3. Kemudian dilakukan ekstraksi *Corong Barlese* dengan cara memasukkan sampel tanah tersebut pada *Corong Barlese* yang mempunyai ayakan khusus;
4. Kemudian mesofauna yang lolos dan jatuh dari ayakan, ditampung dalam botol sampel yang telah berisi *etil glikol* dan kemudian diamati/diidentifikasi.

2) Makrofauna Tanah (Cacing)

Menurut Susilo dan Karyanto (2005), teknik pengambilan sampel dan analisis makrofauna yang aktif dalam tanah dilakukan dengan menggunakan metode *monolith (hand-sorting)*, dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Membuat monolith pada titik pengambilan sampel dengan ukuran 50 cm x 50 cm dan kedalaman 20 cm. Tanah pada *monolith* tersebut digali kemudian dihitung jumlah populasi cacing yang ada;
- b. Setelah itu cacing diambil dengan pinset kemudian dibersihkan dengan cara dicelupkan ke dalam gelas plastik yang berisi air, kemudian ditimbang;
- c. Data jumlah populasi cacing dan bobot masing-masing dicatat kemudian dihitung rata-rata bobotnya;
- d. Cacing tanah yang mati dan harus dilihat dengan mikroskop karena ukurannya kecil, diberi wadah tabung gelas yang berisi formalin 1% dalam larutan alkohol 75%, atau bila masih hidup dimasukkan dalam kantong kain;
- e. Setelah itu, untuk mengidentifikasi sebaiknya cacing dibersihkan terlebih dahulu dengan air dalam nampan kemudian siap untuk diidentifikasi dan dianalisis lebih lanjut.

4. Metode Analisis Data terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Biologi Tanah

Analisis data dilakukan dengan cara membandingkan data fisik-kimia tanah hasil analisis laboratorium pada kedua tipe lahan, baik lahan yang menerapkan integrasi sapi-sawit (SISK) maupun yang tidak, dengan standar kualitas fisik-kimia tanah yang baik bagi pertumbuhan tanaman (Balittanah, 2009).

Analisis biota tanah dilakukan dengan cara membandingkan jumlah dan keragaman biota, baik makrofauna tanah (cacing tanah) maupun mesofauna tanah pada lahan SISK maupun dan lahan kontrol (Non-SISK).

Keragaman biota tanah dihitung Indeks Diversitasnya dengan rumus Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Wiener (Odum, 1971), yaitu:

$$H' = - \sum p_i \times \ln p_i$$

$$= - \sum (n_i / N) \times \ln (n_i / N)$$

H' = Indeks Diversitas Shannon-Wiener

p_i = proporsi jumlah individu setiap jenis dan jumlah individu seluruh jenis

n_i = jumlah individu dari jenis tertentu

N = jumlah individu dari seluruh jenis

Tingkat keanekaragaman biota dianalisis berdasarkan kisaran Indeks Keanekaragaman (H') (Odum, 1971) sebagai berikut :

Jika $H' < 1$ berarti tingkat keanekaragaman rendah;

$1 < H' < 3$ berarti tingkat keanekaragaman sedang;

$H' > 3$ berarti tingkat keanekaragaman tinggi

Kemudian Indeks Diversitas antara kedua tipe penggunaan lahan tersebut dibandingkan.

Selain Indeks Diversitas, juga dilakukan analisis Indeks Kesamaan Jenis dan Indeks Dominansi. Indeks Kesamaan Jenis dihitung dengan cara

membandingkan antara jumlah jenis biota pada lahan yang menerapkan integrasi (SISK) dan lahan konvensional (Non SISK). Rumus Indeks Kesamaan Jenis yang digunakan menurut Sorenson (1948) *dalam* Odum (1971), yaitu:

$$IS = 2C / (A+B) \times 100$$

IS = Indeks Sorensen

A = jumlah jenis yang ada di habitat pertama (lahan SISK)

B = jumlah jenis yang ada di habitat kedua (lahan non SISK)

C = jumlah jenis yang ada di kedua daerah

Kriteria Indeks Similaritas (IS) :

IS ≤ 50% Indeks Similaritas rendah

IS > 50% Indeks Similaritas tinggi

Nilai suatu indeks kesamaan yang tinggi menunjukkan bahwa jenis satwa/fauna yang terdapat pada 2 (dua) habitat yang dibandingkan, banyak yang sama.

Lain halnya dengan Indeks Similaritas, Indeks Dominansi menunjukkan nilai dominansi suatu jenis satwa di daerah/lokasi tertentu. Rumus Indeks Dominansi (Simpson, 1949 *dalam* Odum, 1971) yang digunakan adalah:

$$C = \sum pi^2 = \sum (ni/N)^2$$

C = nilai Indeks Dominansi Simpson

Ni = jumlah individu suatu jenis

N = jumlah total individu dari seluruh jenis.

Nilai Indeks Dominansi berkisar antara 0–1 (Odum, 1971). Jika nilai dominansi yang mendekati 1 menunjukkan bahwa ada salah satu biota yang mendominasi di lokasi tersebut. Namun sebaliknya, jika nilai dominansi mendekati 0, maka berarti tidak ada biota yang mendominasi di lokasi tersebut. Komposisi populasi dapat dibedakan menjadi tiga golongan (Odum, 1971) yaitu:

$0 < C \leq 0,5$ berarti dominasi fauna rendah

$0,5 < C \leq 0,75$ berarti dominasi fauna sedang

$0,75 < C \leq 1$ berarti dominasi fauna tinggi

Selanjutnya, data hasil analisis sifat fisik, kimia dan biologi tanah pada kedua tipe penggunaan lahan tersebut dilakukan Analisis Statistik dengan menggunakan Uji-T dengan bantuan *Software* Minitab 16. Uji-T dua variabel bebas ini dilakukan dengan tujuan untuk membandingkan (membedakan) apakah kedua variabel tersebut sama atau berbeda. Gunanya untuk menguji kemampuan generalisasi (signifikansi hasil penelitian yang berupa perbandingan dua rata-rata sampel).

5. Teknik Pengambilan Sampel dan Analisis Manfaat Ekonomi (Efisiensi Biaya Produksi)

Data primer untuk mengetahui manfaat ekonomi (efisiensi biaya produksi) dari SISK diperoleh melalui teknik wawancara dengan 60 petani/peternak sebagai responden atau $\pm 50\%$ petani/peternak yang ada di Kampung Karya Makmur Kecamatan Penawar Aji Kabupaten Tulang Bawang, dengan rincian 30 responden petani/peternak yang menerapkan menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (SISK) dan 30 responden petani/peternak yang tidak menerapkan Sistem Integrasi Sapi-Kelapa Sawit (Non-SISK).

Daftar pertanyaan pada kuisisioner “Manfaat Sosial Ekonomi pada Penerapan SISK” meliputi: (1) identitas rumah tangga petani; (2) karakteristik usaha tani dan komponen biaya produksi; (3) penggunaan dan curahan tenaga kerja keluarga; (4) produksi yang dihasilkan; (5) kondisi lahan pertanian pasca produksi; dan (6) pendapatan keluarga.

Data hasil wawancara dianalisis dengan cara membandingkan rata-rata tingkat efisiensi biaya produksi, terutama biaya pembelian pupuk dan pakan ternak serta pendapatan para petani/peternak yang menerapkan SISK dengan keluarga petani/peternak yang tidak menerapkan SISK (Non-SISK) tersebut.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Kualitas lahan yang menerapkan Sistem Integrasi Sapi – Kelapa Sawit (SISK) lebih baik dibandingkan dengan lahan yang tidak menerapkan SISK (Non-SISK), terlihat dengan meningkatnya kualitas kimia tanah, yaitu K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd, KTK dan C-organik, perbaikan kualitas sifat fisika tanah (BD, Ruang Pori Total, tekstur dan kadar air), dan meningkatnya kualitas biologi tanah, yaitu kelimpahan makrofauna (cacing tanah) dan mesofauna tanah serta Indeks Diversitas yang lebih tinggi, sehingga SISK dapat mewujudkan sistem pertanian yang berkelanjutan.
2. Penerapan SISK dapat menghemat biaya pembelian pupuk sebesar 66% dan biaya pembelian pakan ternak 50% serta dapat meningkatkan produksi sawit dan pendapatan petani sebesar 25%, sehingga menguntungkan secara ekonomi.

B. Saran

1. Perlu dilakukan penelitian terkait dengan dosis pupuk organik yang lebih tinggi dan dalam jangka waktu yang lebih lama.
2. Sistem Integrasi Sapi – Kelapa Sawit perlu dikembangkan, terutama di Kabupaten Tulang Bawang, yang merupakan salah satu sentra pengembangan sawit dan pengembangan ternak sapi di Provinsi Lampung dalam rangka mewujudkan pertanian berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdurachman, A., Hayati, U. dan Juarsah, I. 2006. Penetapan Penetapan Kadar Air tanah dengan Metode Gravimetri. Dalam: *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Kurnia, U., Agus, F., Adimiharja, A. dan Dariah, A. (eds). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Departemen Pertanian, hal. 127-138.
- Adimihardja, A., Juarsah, I., dan Kurnia, U. 2000. Pengaruh Penggunaan Berbagai Jenis dan Takaran Pupuk Kandang terhadap Produktivitas Tanah Ultisols Terdegradasi di Desa Batin, Jambi. Dalam: *Pros. Seminar Nasional Sumber Daya Tanah, Iklim, dan Pupuk. Buku II*. Lido-Bogor, 6-8 Des. 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor, hal. 303-319.
- Adiwiganda, R. 1998. Pedoman Klasifikasi Kesuburan Tanah di Areal Perkebunan Kelapa Sawit. *Warta PPKS*. 6(2): 63-70.
- Adiningsih, J.S. dan S. Rochayati. 1988. Peranan Bahan Organik dalam Meningkatkan Efisiensi Penggunaan Pupuk dan Produktivitas Tanah Dalam: *Prosiding Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk*, Cipayung, 16-17 November 1987. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor, hal. 161-180.
- Agus, F., Yustika, R.D., dan Haryati, U. 2006. Penetapan Berat Volume Tanah. Dalam: *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Kurnia, U., Agus, F., Adimiharja, A. dan Dariah, A. (eds). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Departemen Pertanian, hal. 25-34.
- Akib, M. 2014. *Hukum Lingkungan "Perspektif Global dan Nasional"*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 258 hal.
- Amaranti, R., Satori, M. dan Rejeki Y.S. 2012. Pemanfaatan Kotoran Ternak menjadi Sumber Energi Alternatif dan Pupuk Organik. *Jurnal Buana Sains*. 12 (1): 99-104.
- Anwar, E.K. dan Ginting, R.C.B. 2013. *Mengenal Fauna Tanah dan Cara Identifikasinya*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. IAARD Press. Jakarta. 104 hlm.

- Arifin, Z. 2003. Sistem Pertanian Organik. *Buletin Teknologi dan Informasi Pertanian*. 6: 133-142.
- Arsyad, S. 1989. *Konservasi Tanah dan Air*. UPT Produksi Media Informasi Lembaga Sumberdaya. IPB. Bogor. 290 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Kabupaten Tulang Bawang Dalam Angka 2015*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tulang Bawang. 258 hlm.
- Badan Pusat Statistik. 2016. *Statistik Daerah Kecamatan Penawar Aji*. Badan Pusat Statistik Kabupaten Tulang Bawang. 19 hlm.
- Basuni, R. 2012. Integrasi Padi-Sapi Potong pada Sistem Usahatani di Lahan Sawah: Studi Kasus di Kabupaten Cianjur. *Disertasi*. Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor. 143 hlm.
- BPTP (Balai Pengkajian Teknologi Pertanian) NTB. 2011. *Nilai Tambah Kompos dari Kotoran Sapi*. <http://ntb.litbang.pertanian.go.id>. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2016.
- Balittanah. 2009. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor. <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id>. Diakses pada tanggal 19 Oktober 2016.
- Borror, D.J., Triplehorn, C.A. dan Johnson, N.F. 2005. *Introduction to The Study of Insects*. Seventh ed. Thomson Book/Cole. Betmont-USA. 864 pp.
- Dewi, W. S. 2007. Dampak Alih Guna Lahan Hutan Menjadi Lahan Pertanian: Perubahan Diversitas Cacing Tanah dan Fungsinya dalam Mempertahankan Pori Makro Tanah. *Ringkasan Disertasi*. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2016. *Buku Saku Data Peternakan Tahun 2015*. Dinas Peternakan dan Kesehatan Hewan Kabupaten Tulang Bawang.
- Dinata, A. 2012. Hubungan Pupuk Kandang dan NPK Terhadap Bakteri *Azotobacter* dan *Azospirillum* dalam Tanah Serta Peran Gulma Untuk Membantu Kesuburan Tanah. <http://marco58dinata.blogspot.com/2012/10/hubungan-pupuk-kandang-dan-npk-terhadap.html>. Diakses pada tanggal 24 Juni 2015.
- Dharmayanti, N.S., Supadma, AA. N., dan Arthagama, I.D.M. 2013. Pengaruh Pemberian *Biourine* dan Dosis Pupuk Anorganik (N,P,K) Terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Pegok dan Hasil Tanaman Bayam (*Amaranthus sp.*). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 2 (3):165-174.
- Dokumen Rencana Tata Ruang Kabupaten Tulang Bawang. 2008. Peta Jenis Tanah Kabupaten Tulang Bawang.

- Doran, J.W. dan Parkin, T.B. 1994. *Defining and Assessing Soil Quality, In Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. JW. Doran, DC. Coleman, DF. Bezdicek, & BA. Stewart (eds). SSSA Spec. Pub. No. 35. *Soil Sci. Soc. Am., Am. Soc. Agron.*, Madison, WI, pp.3-21.
- Elisabeth, J. dan Ginting, S.P. 2003. Pemanfaatan Hasil Samping Industri Kelapa Sawit Sebagai Bahan Pakan Ternak Sapi Potong. Dalam : *Prosiding Lokakarya Nasional*. Bengkulu, 9-10 September 2003. Departemen Pertanian Bekerjasama dengan Pemerintah Bengkulu dan PT.Agricinal, hal. 110-119.
- Edwards, C.A. dan Lofty, J.R. 1972. *Biology of Earthworms*. A Halsted Press Book. John Wiley & Sons. New York. 333pp.
- Fadhilah. 2010. *Pengertian Tanah bertalian*. <http://repository.usu.ac.id>. Diakses pada tanggal 22 November 2014.
- Hairiah K., Sulistyani, H., Suprayoga, D., Widiyanto, Purnomosidhi P., Widodo, R.H., and Van Noordwijk, M. 2006. Litter Layer Residence Time in Forest and Coffe Agroforestry System in Sumber Jaya, West Lampung. *Forest Ecologi and Management J.* 224: 45-57.
- Hakim, N., Lubis, A.M., Nugroho S.G., Rusdi, M., Diha, M.A., Hong, G.B., dan Bailey, H.H. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 488 hlm.
- Hakim, I.A. 2009. Populasi dan Keragaman Organisme Tanah pada Budidaya Padi System of Rice Intensification (SRI) di Kecamatan Tanjung Sari Kabupaten Bogor. *Ringkasan Skripsi*. Fakultas Pertanian IPB. Bogor.
- Halden, R.U. and Schwab, K.J. 2008. Environmental Impact of Industrial Farm Animal Production: *A Report of the Pew Commission on Industrial Farm Animal Production*. Johns Hopkins Bloomberg School of Public Health Baltimore, Maryland and Center for Environmental Biotechnology Arizona State University. Arizona. 47p.
- Handaka, A. Hendriadi, dan T, Alamsyah. 2009. Perspektif Pengembangan Mekanisasi Pertanian dalam Sistem Integrasi Ternak – Tanaman Berbasis Sawit, Padi, dan Kakao. Dalam: *Prosiding Workshop Nasional Dinamika Dan Keragaan Sistem Integrasi Ternak– Tanaman: Padi, Sawit, Kakao*. (in Press). Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor.
- Hanafiah, K.A., Anas, I., Napoleon, A. dan Ghoffar, N. 2005. *Biologi Tanah: Ekologi dan Makrobiologi Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 157 hlm.

- Handayani, P. 2008. Inventori Diversitas Makrofauna Tanah Pada Pertanaman Wortel (*Daucus Carota* L.) yang Diberi Berbagai Imbangan Pupuk Organik dan Anorganik. *Skripsi*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 78 hlm.
- Hanifa, A. dan Lutojo. 2014. Penggunaan Pupuk Organik Berbasis Urine Sapi Terhadap Kualitas Kimia Tanah di Lereng Merapi. Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. *Jurnal Buana Sains*. 14(2): 157-163.
- Hardjowigeno, S. 1998. *Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Hardjowigeno, S. 2003. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta. 286 hlm.
- Hartatik, W., Setyorini, D., dan Widati, S. 2006. Laporan Penelitian Teknologi Pengelolaan Hara pada Budidaya Pertanian Organik. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Haryanto, B. 2009. Inovasi Teknologi Pakan Ternak dalam Sistem Integrasi Tanaman-Ternak Bebas Limbah Mendukung Upaya Peningkatan Produksi Daging. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*. 2(3): 163-176.
- Hardianto, R. 2008. Pengembangan Teknologi Sistem Integrasi Tanaman-Ternak Model *Zero Waste*. <http://porotani.wordpress.com>. Diakses pada 18 Maret 2016.
- Hasibuan, B. A. 2006. Ilmu Tanah. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. Medan. http://id.wikipedia.org/wiki/Abu_Vulkanik. Diakses pada 24 Oktober 2016.
- https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangunan_berkelanjutan. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2016.
- <https://id.wikipedia.org/wiki/berkas>. Diakses pada tanggal 20 Oktober 2016.
- Indriyati dan Wibowo, L. 2008. Keragaman dan Kemelimpahan Collembola serta Arthropoda Tanah di Lahan sawah Organik dan Konservasi pada Masa Bera. *Jurnal HPT Tropika*. 8(2): 110-116.
- Jamilah. 2003. Pengaruh pemberian Pupuk Kandang dan Kelengasan terhadap Perubahan Bahan Organik dan Nitrogen Total Entisol. Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. <http://library.usu.ac.id>. Diakses pada 7 Oktober 2016.
- Kariyasa, K. dan Pasandaran, E. 2004. Dinamika Struktur Usaha dan Pendapatan Tanaman-Ternak Terpadu. Makalah disampaikan pada Seminar Kelembagaan Usahatani Tanaman Ternak di Denpasar Bali pada tanggal 30 Nopember-2 Desember 2004. Proyek PAATP. Jakarta.

- Kariyasa, K. 2005. Sistem Integrasi Tanaman-Ternak dalam Perspektif Reorientasi Kebijakan Subsidi Pupuk dan Peningkatan Pendapatan Petani. *Jurnal Analisa Kebijakan Pertanian*. 1 (3): 68-80.
- Karlen, D.L., Mausbach, M.J., Doran, J.W., Cline, R.G., Harris, R.F. dan Schuman, G.E. 1996. Soil Quality: Concept, Rationale and Research Needs. *Soil Science America Journal*: 60: 33-43.
- Kaya, E. 2014. Pengaruh Pupuk Kandang dan Pupuk NPK terhadap pH dan K-Tersedia Tanah serta Serapan-K, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L.). Fakultas Pertanian Universitas Pattimura. *Jurnal Agrinimal*. 2(2): 45-52.
- Kementerian Pertanian. 2011. Pedoman Umum Pengembangan Integrasi Ternak Sapi Tahun 2011. Kementerian Pertanian. Direktorat Jendral Peternakan. Direktorat Pakan Ternak. <http://ditjennak.pertanian.go.id>. Diakses pada 19 Oktober 2016.
- Kononova, M.M. 1999. *Soil Organic Matter. Its Role in Soil Formation and Soil Fertility*. Vergamon Press. Oxford. London. 380p.
- Kusnadi, U. 2008. Inovasi Teknologi Peternakan dalam Sistem Integrasi Tanaman – Ternak untuk Menunjang Swasembada Daging Sapi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor. *Jurnal Pengembangan Inovasi Pertanian*. 1 (3): 189-205.
- Lal, R. 2006. Enhancing Crop Yields in the Developing Countries Through Restoration of the Soil Organic Carbon Pool in Agricultural Lands. *Land Degrad Develop*. 17: 197-209.
- Landers, J.N. 2007. Tropical crop–livestock systems in conservation agriculture The Brazilian experience in conservation agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. *Integrated Crop Management*. 5: 11-76.
- Las, I., Rochayati, S., Setyorini, D., Mulyani, A. dan Subardja, D. 2010. Peta Potensi Penghematan Pupuk Anorganik dan Pengembangan Pupuk Organik pada Lahan Sawah di Indonesia. Badan penelitian dan Pengembangan Pertanian. Kementrian Pertanian. Jakarta.
- Lestari, A.P. 2009. Pengembangan Pertanian Berkelanjutan melalui Sustitusi Pupuk Anorganik dengan Pupuk Organik. *Jurnal Agronomi*. 13(1):38-44.
- Lisafitri, Y., Widyastuti, R., Santoso, D.A. 2015. Dinamika Kelimpahan Oribatida pada Area Perkebunan Kelapa Sawit di Kecamatan Bajubang Batanghari Jambi. *Jurnal Tanah Lingkungan*. 17 (1): 33-38.

- Lubis, AF. 2011. Keberadaan Cacing Tanah pada Berbagai Penggunaan Lahan Pertanian dan Pemanfaatannya untuk Meningkatkan Kesuburan Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Jagung (*Zea mays* L.). Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Margolang, R.D., Jamilah, dan Sembiring, M. 2015. Karakteristik Beberapa Sifat Fisik, Kimia, dan Biologi Tanah pada Sistem Pertanian Organik. Fakultas Pertanian USU. Medan. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 3(2): 717– 723.
- Mausbach, MJ. dan Seybold, CA. 1998. *Assessment of Soil Quality*. Dalam R. Lal (ed). *Soil Quality and Agricultural Sustainability*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan. pp.33-43.
- Mengel, K and Kirkby, E.A., 1982. *Principles of Plant Nutrition*. International Potash Institute. 3rd ed. Bern. Switzerland.
- Minardi, S., Hartati, S., dan Pardono. 2014. Imbangan Pupuk Organik dan Anorganik Pengaruhnya terhadap Hara Pembatas dan Kesuburan Tanah Lahan Sawah Bekas Galian C pada Hasil Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi : Sains Tanah*. 11(2): 122-129.
- Murtalaksono, K., Darmosarkoro, W., Sutarta, E. S., dan Siregar, H. H. 2008. Upaya Peningkatan Produksi Kelapa Sawit melalui Penerapan Teknik Konservasi Tanah dan Air. *Jurnal Tanah Tropika*. 14(2): 135-142.
- Notohaprawiro, T. 2006. Pembangunan Pertanian Berkelanjutan dalam Konteks Globalisasi dan Demokratisasi Ekonomi. Fakultas Pertanian UGM. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*. 6(2): 137-142.
- Novra, A. 2011. Prospek, Tantangan dan Pengembangan Sistem Integrasi Sapi di Lahan Perkebunan Kelapa Sawit di Provinsi Jambi. Dalam: *Bunga Rampai Sistem Integrasi Tanaman-Ternak*. Dwiyanto, K., Setiadi, B. dan Puastuti, W. (Ed). Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor, hal. 83-102.
- Nuryamsi, D., Sopandi, O., Erfandi, D., Sholeh, dan Widjaja-Adhi, I P.G. 1995. Penggunaan Bahan Organik, Pupuk P dan K untuk Meningkatkan Produktivitas Tanah Podsolik (*Typic Kandiudults*). PPT dan Agroklimat. Bogor. Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. 2:47-52.
- Odum, E.P. 1971. *Fundamentals of Ecology*. Philadelphia Saunders. 574 p.
- Palungkun, R. 2010. *Usaha Ternak Cacing Tanah Lumbricus rubellus*. Jakarta: Penebar Swadaya. 124 hal.
- Peraturan Menteri Pertanian. 2011. Permentan Nomor: 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenh Tanah.

- Peraturan Menteri Pertanian. 2014. Permentan Nomor:105/ Permentan/PD.300/8/ 2014 tentang Integrasi Usaha Perkebunan Kelapa Sawit dengan Usaha Budidaya Sapi Potong. Berita Negara RI Tahun 2014 Nomor 1167.
- Priyanti, A., Sinaga, B. M., Syaukat Y., dan Kuntjoro, S.U. 2008. Dampak Program Sistem Integrasi Tanaman-Ternak terhadap Penadapatan dan Pengeluaran petani : Analisis Simulasi Ekonomi Rumah Tangga. *Forum Pascasarjana*. 31(1): 45-58.
- Ritung, S., Wahyunto, Agus, F. dan Hidayat, H. 2007. *Panduan Evaluasi Kesesuaian Lahan dengan Contoh Peta Arah Penggunaan Lahan Kabupaten Aceh Barat*. Balai Penelitian Tanah dan World Agroforestry Centre (ICRAF). Bogor. 39 p.
- Rukmana, D. 2012. Pertanian Berkelanjutan : Mengapa, Apa dan Pelajaran Penting dari Negara Lain. Jurusan Ekonomi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. <http://repository.unhas.ac.id>. Diakses pada tanggal 24 Mei 2016.
- Santoso, H. S., Syarovy, M., Pradiko, I., Winarna. 2015. Penggunaan *Fly Ash* sebagai Alternatif Bahan Amelioran pada Tanah Berpasir (Spodosol) di Perkebunan Kelapa Sawit. *Prosiding PTKS 2015*. Yogyakarta.
- Saptana dan Ashari. 2007. Pembangunan Pertanian Berkelanjutan Melalui Kemitraan Usaha. Pusat Analisis Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. *Jurnal Litbang Pertanian*. 26(4): 123-130
- Setiadi, B., Subandriyo, Priyanto, D., Safriati, T., Wardhani, N.K., Soepeno, Darajat dan Nugroho. 1997. Pengkajian pemanfaatan Teknologi Inseminasi Buatan (IB) dalam usaha Peningkatan Populasi dan Produktivitas Sapi Potong Nasional di D.I. Yogyakarta. Puslitbang Peternakan.
- Slade, E.M., Burhanuddin, M.I, Caliman, J.P., Foster, W.A., Naim, M., Prawirosukarto, S., Snaddon, J.L., Turner, E.C., and Mann, J.D. 2014. Can Cattle Grazing in Mature Oil Palm Increase Biodiversity and Ecosystem Service Provision? *The Planter*. 90 (1062): 655-665.
- Stevenson, F.T. 1982. *Humus Chemistry*. John Wiley and Sons. Newyork.
- Stevenson, F.J. 1994. *Humus Chemistry, Genesis, Composition, Reaction*. Second Ed. John Wiley & Son. Newyork-USA. xiii + 496p.
- Sudiarto, B. 2008. Pengelolaan Limbah Peternakan Terpadu dan Agribisnis yang Berwawasan Lingkungan. Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bandung, hal. 52-60.

- Suganda, H., Rachman, A., dan Sutono. 2006. Petunjuk Pengambilan Contoh Tanah. Dalam: *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Kurnia, U., Agus, F., Adimiharja, A. dan Dariah, A. (eds). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Departemen Pertanian, hal. 3-24.
- Sugiyanto, Baon, J.B., dan Wijaya, K.A. 2008. Sifat Kimia Tanah dan Serapan Hara Tanaman Kakao Akibat Bahan Organik dan Pupuk Fosfat yang Berbeda. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember. *Jurnal Pelita Perkebunan*. 24(3): 188-204.
- Suhardjono, Y.R., Pudji, A., dan Erniwati. 1997. Keanekaragaman Takson Arthropoda Tanah pada Lahan Terdegradasi di Jampang Jawa Barat. Dalam: *Prosiding Seminar Biologi XIV dan Kongres Nasional Biologi XI* Perhimpunan Biologi Indonesia Cabang Jakarta. Depok, hal. 290-293.
- Suin, N. M. 1997. *Ekologi Hewan Tanah*. Bumi Aksara. Jakarta. 189 hlm.
- Suriadikarta, D.A. dan Simanungkalit, R.D.M. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati, Organic Fertilizer and Biofertilizer*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 10 hlm.
- Supriadi, S. 2008. Kandungan Bahan Organik sebagai Dasar Pengelolaan Tanah di Lahan Kering Madura. Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo. *Jurnal Embryo*. 5(2): 176-183.
- Susilo, F.X. dan Karyanto, A. 2005. *Methods for Assessment of Below-Ground Biodiversity in Indonesia*. Conservation and Sustainable Management of Below Ground Biodiversity (CSM-BGBD) Indonesia. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 58 hlm.
- Syamsudin, I.M. 2012. Perbaikan Sifat Biologi Tanah Melalui Sistem peranaman kakao Terpadu. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin. Makassar. 47 hlm.
- Tian, G., Brussard, L., Kang, B.T., and Swift, M.J. 1997. Soil Fauna-Mediated Decomposition of Plant Residues Under Constrained Environmental and Residue Quality Condition. In: *Driven by Nature Plant Litter Quality and Decomposition*, Department of Biological Sciences. (Eds Cadisch, G. and Giller, K.E.), Wey College, University of London, UK. pp. 125-134.
- Undang-Undang Republik Indonesia. 2009. Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2009 Nomor 140.
- Umar, S. 2008. Potensi Limbah Kelapa Sawit dan Pengembangan Peternakan Sapi Berkelanjutan di Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Wawasan*. 12(3): 179-190.

- Umiyasih, U. dan Anggraeny, Y.N. 2003. Keterpaduan Sistem Usaha Perkebunan dengan Ternak: Tinjauan tentang ketersediaan Hijauan Pakan untuk Sapi Potong di Kawasan Perkebunan Kelapa Sawit. *Lokakarya Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi*. Loka Penelitian Sapi Potong Grati. Pasuruan, hal. 156-166.
- Uphoff, N. 2006. The System of Rice Intensification and its implications for agriculture. *LEISA Magazine*. 22: 6-8.
- Wallwork, J.A. 1976. *The Distribution and Distribusy of Soil Fauna*. Academic Press. New York. 355 p.
- Yuliprinto, H. 2010. *Biologi Tanah dan Strategi Pengelolaannya*. Graha Ilmu. Yogyakarta. 258 hlm.