

Peranan Bahan Organik dalam Sistem Integrasi Sawit-Sapi

Role of Organic Matter in Integrated Crop-Livestock Based Oil Palm Farming Systems

¹Husnain dan ²Dedi Nursyamsi

¹ Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Penelitian Tanah, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114. Email: husnain@litbang.pertanian.go.id

² Peneliti Badan Litbang Pertanian di Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Diterima 2 Februari 2015; Direview 14 April 2015; Disetujui dimuat 2 Juni 2015

Abstrak. Sistem integrasi sawit-sapi merupakan salah satu program diversitas usaha tani. Dengan total luas lahan perkebunan kelapa sawit mencapai 10,46 juta ha, sistem integrasi sawit-sapi merupakan alternatif terbaik untuk mencapai target swasembaga pangan terutama daging sapi melalui optimalisasi penggunaan lahan dengan memanfaatkan limbah tanaman sawit dan industri sebagai sumber pakan ternak. Sumber pakan ternak untuk usaha penggemukan, pembibitan dan sapi potong dapat berasal dari *cover crop* bila tersedia, sekitar 30-65% dari pelepah sawit, 10-70% bungkil inti sawit, dan 20-35% bahan non sawit. Sementara itu limbah ternak sapi, biogas, limbah tanaman kelapa sawit (pelepah, daun sawit, dan sisa pohon) dan limbah industri kelapa sawit (tandan buah kosong, *dried decanted sludge*, *palm oil mill effluent* dan *fly ash*) dapat dimanfaatkan sebagai sumber bahan organik yang dapat meningkatkan kesuburan dan kualitas tanah. Bahan organik sangat diperlukan dalam memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Disamping itu sistem integrasi sawit-sapi merupakan teknologi adaptif dan mitigatif terhadap perubahan iklim dengan aplikasi sistem biogas maka diperoleh energi gas untuk keperluan rumah tangga dan industri sekaligus mampu menurunkan emisi gas *methane*. Paper ini merupakan review hasil-hasil penelitian integrasi tanaman-ternak berbasis kelapa sawit terutama informasi potensi sumber bahan organik yang bermanfaat untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Kata kunci: Sistem Integrasi Sawit-Sapi / Bahan Organik / Unsur Hara / Limbah Tanaman Kelapa Sawit / Limbah Industri Kelapa Sawit

Abstract. Integrated crop-livestock based oil palm is an example of diversity in agricultural system. With a total area of oil palm plantations reached 10.46 million ha, very potential to support integrated crop-livestock farming systems. The main target in developing this systems is to achieved food i.e beef self sufficiency through land optimalization and by using plant residue and oil palm industry waste for cattle feed. The cattle feed sources for beef meat production and breeding could be from cover crop if available, 30-65% fronds, 10-70% palm kernel cake and 20-35% non palm sources. In other side, various waste material such as manure, biogas sludge, plant residue (fronds, palm leaves and trunk) and industrial waste (empty fruit bunches, solid waste, dried decanted sludge, palm oil mill effluent and fly ash) are potential source of organic matter. Organic matter is important in improving soil fertility and quality. Besides, integrated crop-livestock based oil palm farming system is also found as an adaptive technology to cope climate change. Biogas installation as a component in this systems able to reduce methane emission. The energy produce through biogas installation in this system can be used for household and industry and able to reduce methane emissions. This paper reviews the results of research of integration crop-livestock based oil palm aims to provide information focused on potential sources of organic matter produced which useful to improve the biological, physical and chemical properties of soil.

Keywords: Crop Livestock System Cow-Oil Palm / Organic Matter / Nutrient / Oil Palm Plantation Waste / Oil Palm Industrial Waste

PENDAHULUAN

Sektor pertanian mempunyai peran strategis dalam mendukung perekonomian nasional terutama untuk pemberdayaan petani kecil menengah melalui biodiversitas sistem usahatani. Salah satu model biodiversitas usaha tani adalah integrasi tanaman-ternak seperti sapi dan kelapa sawit.

Menimbang peran strategis tersebut, maka paradigma baru sektor pertanian seperti tertuang dalam Strategi Induk Pembangunan Pertanian (SIPP) 2015-2045 adalah “Sistem Pertanian-Bioindustri Berkelanjutan” yang merupakan transformasi dari orientasi pembangunan berbasis bahan baku fosil menjadi berbasis sumberdaya terbarukan (hayati). Paradigma ini menuntut peran pertanian berkembang menjadi tidak

hanya penghasil utama bahan pangan tetapi juga bahan biomassa, bahan baku *biorefinery* untuk menghasilkan bahan pangan, pakan, pupuk, serat, energi, produk farmasi, kimiawi, dan bioproduk lainnya (Kementerian Pertanian 2014).

Kementerian Pertanian telah merekomendasikan konsep pertanian bioindustri sebagai salah satu pendekatan menuju kemandirian pangan. Konsep pertanian bio industri mengarahkan agar lahan pertanian dipandang sebagai suatu industri dengan seluruh faktor produksi guna menghasilkan produk utama pangan dan produk lainnya (produk turunan, produk sampingan, produk ikutan dan limbah) yang dikelola menjadi bioenergi untuk kepentingan industri serta mengarahkan pengelolaan menuju *zerowaste* dengan prinsip *reduce, reuse, dan recycle*.

Disamping itu, usaha agribisnis secara monokultur telah terbukti rentan terhadap risiko kerugian, karena harga jual produk pertanian yang sangat berfluktuasi. Dengan biodiversitas usaha tani, fungsi lingkungan juga menjadi lebih baik. Sistem integrasi tanaman dengan ternak seperti kelapa sawit dan sapi merupakan salah satu model biodiversitas usahatani.

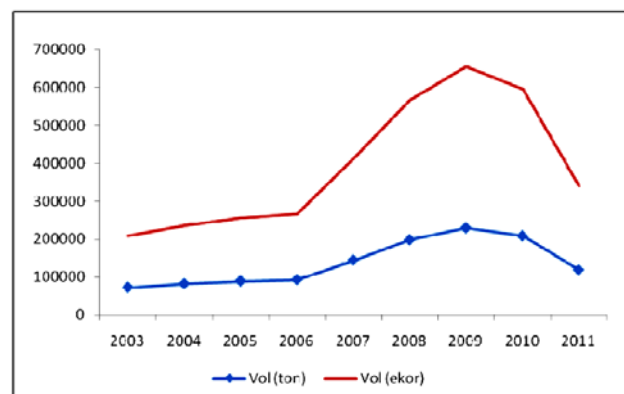
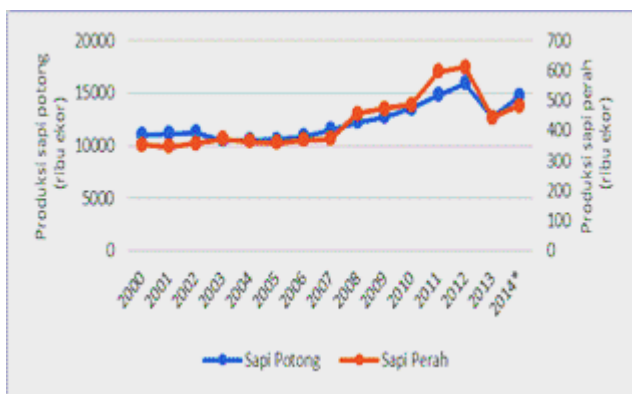
Kebutuhan konsumsi sapi nasional meningkat dari waktu ke waktu, baik untuk keperluan domestik maupun industri seperti restoran dan hotel. Maraknya impor daging dan sapi hidup pada tahun 2009 dan 2010 turut merusak sistem tata niaga sapi lokal, dimana peternak kecil kesulitan untuk memasarkan sapihnya dan hal ini menjadi salah satu alasan menurunnya minat budidaya sapi oleh petani (Setiadi *et al.* 2011). Ilustrasi produksi dan impor sapi dapat dilihat pada Gambar 1. Dalam 14 tahun terakhir tidak terlihat kenaikan yang signifikan produksi sapi, sebaliknya kebutuhan konsumsi sapi selalu naik ditandai dengan tingginya angka impor sapi. Berdasarkan kondisi tersebut maka

ketersediaan sapi lokal perlu dibenahi dengan cara menggiatkan kembali petani untuk beternak sapi dan mengembangkan pola budidaya sapi pada areal perkebunan yang memiliki lahan yang luas serta dapat menjamin ketersediaan pakan ternak.

Disamping itu terjadi kenaikan luasan perkebunan sawit dari 117 ribu ha tahun 1969 menjadi 3,9 juta ha tahun 1999 demikian juga produksi *crude palm oil* (CPO). Hingga tahun 2013, luas areal kelapa sawit mencapai 10,46 juta ha terdiri atas perkebunan rakyat seluas 4,55 juta ha atau 41,55% dari total luas areal, milik negara (PTPN) seluas 0,75 juta ha atau 6,83% dari total luas areal, milik swasta seluas 5,66 juta ha atau 51,62%, swasta terbagi menjadi dua yaitu swasta asing seluas 0,17 juta ha atau 1,54% dan sisanya swasta nasional (Ditjenbun 2014).

Industri kelapa sawit yang sudah mapan sejak abad 19 dan berkembang pesat saat ini merupakan modal yang kuat untuk mengawinkan sistem usaha tani sawit dan ternak sapi. Petani kecil dapat dibantu dengan skema subsidi sapi oleh pemerintah sedangkan perusahaan swasta dapat mengembangkan industri sapi di lahan sawit untuk diversifikasi usaha.

Program integrasi sapi-sawit telah dimulai beberapa tahun lalu namun hingga saat ini dari total 1,500 perusahaan sawit, hanya sekitar 15 perusahaan yang membudidayakan sapi di perkebunan (Amri 2014). Penyebabnya adalah kekurangan bibit sapi dan bisnis sapi potong dinilai belum menjanjikan. Manfaat integrasi sapi-sawit menurut pengusaha kelapa sawit dapat menekan biaya herbisida sebesar 30% dan di sisi lain, biaya pakan sapi dapat dihemat sampai 80% karena memanfaatkan solid, pelepah, dan bungkil sawit sebagai pakan sapi (Amri 2014). Sistem ini dapat meminimalisir biaya produksi, selain memberikan produk CPO yang optimal, populasi sapi turut bertambah tanpa perlu menambah luasan lahan.



Gambar 1. Produksi sapi dari tahun 2000 hingga 2014 (a) perkembangan volume impor sapi bakalan (b) (BPS 2014)

Figure 1. Cow production since 2000 until 2014 (a) development of cattle import volume (b) (BPS 2014)

Selain aspek finansial, salah satu faktor kunci pentingnya sistem integrasi sawit-sapi adalah konservasi kualitas sumberdaya lahan melalui sumbangan bahan organik dari kotoran sapi. Kotoran sapi merupakan bahan pembenah tanah yang mampu memperbaiki kondisi fisik, biologi dan kimia tanah sehingga tanah menjadi lebih subur dan selanjutnya berperan dalam meningkatkan produksi kelapa sawit.

Dengan mengetahui dan memahami peranan bahan organik serta berbagai sumber yang melimpah dari sistem pertanian sawit-sapi tersebut maka pelaksanaan program peningkatan swasembada pangan sekaligus implementasi sistem pertanian ramah lingkungan perlu didukung dalam pelaksanaannya. Tulisan ini berupa review hasil-hasil penelitian dan kajian sistem integrasi sawit-sapi yang bertujuan untuk memberikan informasi terutama potensi berbagai sumber bahan organik yang dihasilkan dalam sistem integrasi sawit-sapi yang bermanfaat sebagai bahan amelioran untuk memperbaiki kualitas biologi, fisik dan kimia tanah.

SISTEM INTEGRASI SAWIT-SAPI

Sistem integrasi tanaman ternak dikenal dengan SITT, pada prinsipnya merupakan sistem yang dicirikan oleh keterkaitan erat antara komponen tanaman dan ternak dalam suatu usaha tani atau dalam suatu wilayah (Pasandaran *et al.* 2005). Fagi *et al.* (2004) melaporkan aplikasi integrasi tanaman ternak telah dilakukan untuk berbagai model seperti padi-ternak. Sistem integrasi sawit-sapi telah dikaji oleh Diwyanto *et al.* (2004), Mathius (2008), dan Utomo dan Widjaja (2012).

Saat ini perkebunan kelapa sawit tersebar hampir di seluruh Indonesia kecuali NTT, NTB, dan Bali. Konsentrasi perkebunan kelapa sawit terutama di Sumatera dan Kalimantan dan sedikit di Jawa (PASPI 2014). Berdasarkan potensi areal perkebunan kelapa sawit dan jumlah pabrik kelapa sawit (PKS), maka Direktorat Jenderal Produksi dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH) mencanangkan percepatan peningkatan populasi sapi potong melalui integrasi sawit-sapi. Adapun strategi pengembangan peternakan sapi terintegrasi dengan perkebunan kelapa sawit diarahkan kepada: (1) industri pakan ternak berbasis limbah dan produk samping kelapa sawit, (2) industri perembangbiakan sapi, dan (3) industri penggemukan sapi potong (Umar 2009).

Pemanfaatan limbah agroindustri dengan *zero waste* menuntut proses produksi mengacu wawasan lingkungan dan pertanian berkelanjutan. Sebagai

contoh penanganan limbah industri kelapa sawit secara tepat perlu dilakukan dengan inovasi teknologi baik dalam hal pemanfaatannya sebagai bahan pupuk, pakan ternak dan juga bebas cemaran lingkungan tanah, air dan udara. Konsep *zero waste* pada prinsipnya adalah industri yang tidak menghasilkan limbah karena limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bagi industri lain. Konsep *zero waste* merupakan perubahan revolusioner industri agar mengeliminasi limbah. Dari sisi lingkungan, penggunaan bahan mentah yang bisa diperbaharui (*renewable*) dan penggunaan sumberdaya alam terutama limbah yang bernilai ekonomi secara efisien akan mampu menghasilkan sistem usaha yang berkelanjutan (*sustainable*). Sebagai contoh, salah satu komponen SITT adalah sistem biogas yang dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga serta berperan penting mengurangi emisi gas rumah kaca khususnya *methane* dan memperbaiki produktivitas tanah serta meningkatkan hasil tanaman padi (Wahyuni *et al.* 2012).

Keragaan Sistem Integrasi Sawit-Sapi

Model sistem integrasi sawit-sapi dapat disesuaikan dengan kondisi setempat seperti: luasan lahan sawit, daya dukung lahan, jumlah pekerja, dan sebagainya. Beberapa hal yang menjadi pertimbangan dalam membangun sistem integrasi sawit-sapi adalah model penggembalaan ternak, ketersediaan sumber bahan makanan ternak dan teknologi yang dapat diadopsi dalam penyediaan pakan ternak ruminansia besar seperti sapi. Beberapa hal tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Sistem integrasi sawit-sapi dapat dilakukan baik untuk usaha penggemukan maupun pembibitan. Sistem penggembalaan sapi di lahan perkebunan kelapa sawit perlu dilakukan secara terkontrol agar tidak menimbulkan kerugian bagi usaha tani sawit seperti sapi memakan *cover crop* dan pelepah daun tanaman yang masih muda. Menurut Rahutomo *et al.* (2012), penggembalaan sapi di perkebunan sawit berpotensi menurunkan produktivitas kelapa sawit melalui mekanisme defoliasi tanaman sawit oleh ternak, penyebaran penyakit seperti *Ganoderma boninense*, meningkatnya kepadatan tanah atau kemungkinan terjadinya suksesi gulma yang merugikan.
2. Pada sistem perkebunan rakyat, pilihan bahan baku pakan terbatas pada pelepah dan daun sawit. Hal ini mengindikasikan bahwa peluang usaha ternak sapi yang paling sesuai adalah usaha pembibitan (*cow-calf operation*) karena membutuhkan tipe pakan

moderat (sedang) yang dapat dipenuhi dari kedua sumber pakan utama tersebut (Mathius 2008). Sedangkan untuk perkebunan besar peluang integrasi sawit-sapi sesuai untuk pembibitan maupun penggemukan. Dukungan ketersediaan bahan baku bernutrisi bagi sapi yang digemukkan dapat terpenuhi. Sebagai contoh keragaan daya dukung pakan terhadap sistem integrasi sawit-sapi dapat dilihat pada Tabel 1.

3. Sumber pakan ternak untuk sapi penggemukan dan pembibitan adalah 45-65% pelepah, 10-30% bungkil inti sawit, dan 20-35% bahan non sawit (Rahutomo *et al.* 2012) sedangkan untuk sapi potong kebutuhan pelepah 30-60%, 38-70% bungkil inti sawit, dan 32% bahan non sawit (Zahari *et al.* 2003). Berdasarkan komposisi kimia dan tingkat kecernaannya, pelepah kelapa sawit sebagai bahan ransum dalam jangka panjang menghasilkan kualitas karkas yang baik (Ginting dan Elizabeth 2003, Mathius 2008). Pelepah dapat diberikan dalam bentuk segar atau silase. Untuk mengoptimalkan penggunaannya pelepah disarankan diberikan dalam bentuk kubus (1-2 cm) (Mathius 2008). Kebutuhan pelepah untuk penggemukan satu ekor sapi dapat dipenuhi dari 1,5 ha kebun (Diwyanto *et al.* 2004, Ulfi 2005), namun nilai ini bervariasi tergantung umur tanaman kelapa sawit dan ternak. Menurut Purba dan Ginting (1995)

pelepah dapat menggantikan rumput sampai 80%, sisanya perlu pakan tambahan berupa rumput atau limbah pabrik kelapa sawit. Sumber pakan lain adalah daun kelapa sawit, karena mengandung lidi perlu dijadikan pelet agar ternak dapat mengkonsumsinya (Mathius 2008). Selain pelepah dan daun sawit, Utomo dan Widjaja (2004) menyebutkan hasil industri CPO dan PKS menghasilkan produk samping yang potensial untuk pakan tambahan seperti *sludge* (solid lumpur sawit), bungkil inti sawit dan tandan buah kosong dan serat perasan buah.

4. Sistem biogas merupakan komponen teknologi dalam SITT yang ramah lingkungan, tidak mudah meledak, memberikan hasil samping berupa bahan *sludge* yang dapat digunakan sebagai kompos dan mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi. Untuk petani sawit dapat membuat instalasi biogas sendiri dengan rekomendasi jumlah ternak dan kebutuhan instalasi biogas seperti disajikan dalam Tabel 2.

Siklus Karbon dalam Sistem Integrasi Sawit-Sapi

Salah satu keunggulan perkebunan kelapa sawit adalah penyerapan CO₂ udara lebih tinggi dibandingkan dengan hutan yang ditunjukkan oleh tingginya efisiensi fotosintesis, konversi solar energi, net asimilasi dan produksi oksigen (Henson 1999). Dengan demikian

Tabel 1. Rata-rata produksi limbah pohon kelapa sawit dan rumput alam di PTPN VII unit Betung Bentayan, Desa Teluk Kijing III

Table 1. Average of waste oil palm trees production and natural grass in PTPN VII Unit Betung Bentayan, Teluk Kijing Village III

Limbah	Kapasitas kg hari ⁻¹ ha ⁻¹	Daya tampung ternak ekor ha ⁻¹
Daun sawit	41,3	1,70
Pelepah sawit	19,1	0,80
Lumpur sawit/solid	9,9	1,32
Rumput alam	8,3	0,33

Sumber: Efendi *et al.* (2011)

Tabel 2. Produksi biogas pada beberapa kapasitas pengolahan

Table 2. Biogas production on several processing capacity

Kapasitas pengolahan	Kotoran sapi kg hari ⁻¹	Jumlah air liter hari ⁻¹	Jumlah sapi ekor	Produksi gas m ³ hari ⁻¹
4	20 - 40	20 - 40	3 - 4	0,8 - 1,6
6	40 - 60	40 - 60	5 - 6	1,6 - 2,4
8	60 - 80	60 - 80	7 - 8	2,4 - 3,2
10	80 - 100	80 - 100	9 - 12	3,2 - 4,2
12	100 - 120	100 - 120	11 - 12	4,2 - 4,8

Sumber: Tim BIRU (2010)

kemampuan kelapa sawit menghasilkan biomassa jauh lebih tinggi dibandingkan hutan.

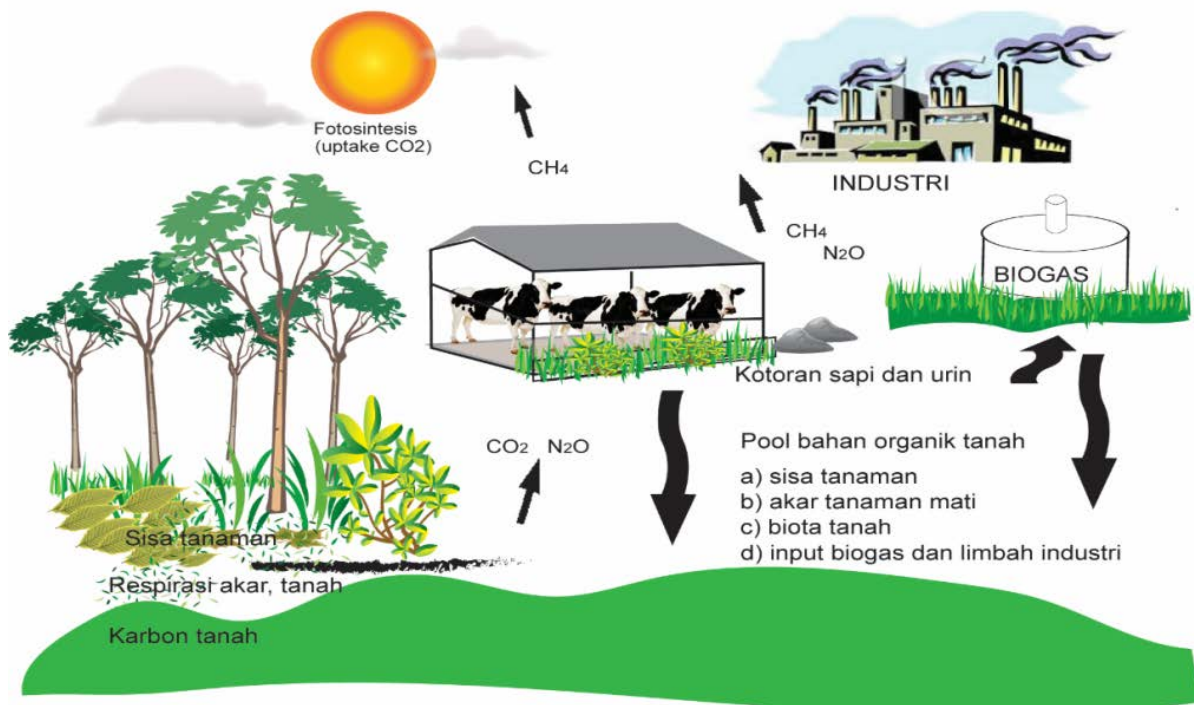
Kebanyakan CO₂ di udara dipergunakan oleh tanaman selama proses fotosintesis dan memasuki ekosistem melalui serasah tanaman yang jatuh dan akumulasi C dalam biomassa (tajuk) tanaman (Hairiah *et al.* 2002). Separuh dari jumlah C yang diserap dari udara bebas tersebut diangkut ke bagian akar berupa karbohidrat dan masuk ke dalam tanah melalui akar-akar tanaman yang mati. Siklus karbon dalam sistem integrasi sawit-sapi dapat dilihat pada Gambar 2. Terdapat empat *pool* muatan pemasok C ke dalam tanah yaitu: a) pelepah dan daun tanaman sebagai serasah dan sisa panen; b) akar tanaman melalui akar-akar yang mati, ujung-ujung akar, eksudasi akar dan respirasi akar; c) biota; d) input tambahan yaitu kotoran ternak, limbah biogas dan limbah industri sawit. Serasah dan akar-akar mati yang masuk ke dalam tanah akan segera dirombak oleh biota *heterotroph*, selanjutnya memasuki *pool* bahan organik tanah. Sedangkan kehilangan C dari dalam tanah dan sistem integrasi sawit sapi dapat melalui: a) respirasi tanah, b) respirasi tanaman, c) terangkut panen, d) dipergunakan oleh biota tanah, e) erosi, f) respirasi ternak, g) berangkasan tanaman. Kehilangan N dalam sistem ini dapat berasal dari pupuk dan *flux* emisi *methane* ternak sapi. Menurut

Neef *et al.* (2010) *flux* emisi rata-rata ruminants besar adalah 116 x 101² g CH₄ tahun⁻¹.

Teknologi Adaptif terhadap Perubahan Iklim

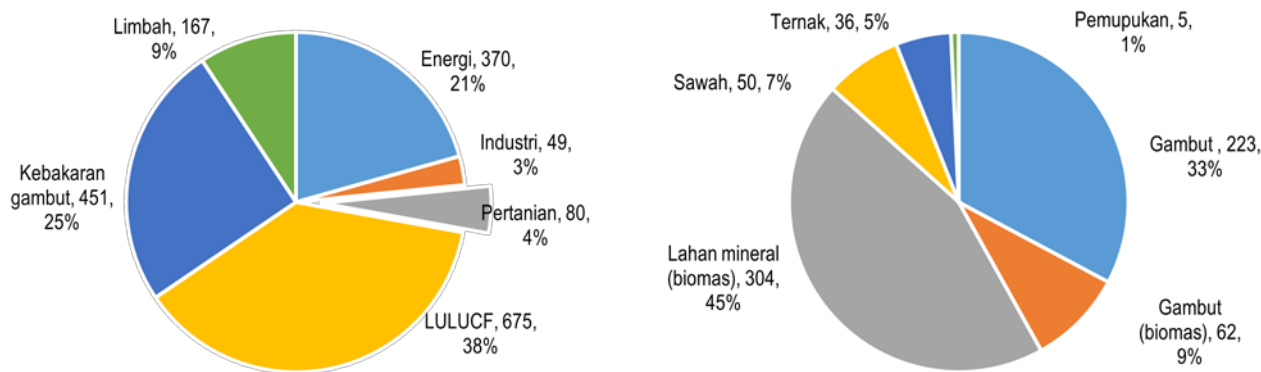
Sektor pertanian bersama dengan sektor kehutanan, industri dan energi terlibat langsung dalam rencana aksi nasional penurunan emisi gas rumah kaca (RAN-GRK). Kontribusi sektor pertanian terhadap total emisi hanya sebesar 4%, yang terutama berasal dari pembukaan lahan (CO₂), pertanian lahan gambut (CO₂), sawah (CH₄, N₂O), ternak (CH₄, N₂O) dan pupuk (N₂O) (Kementerian Lingkungan Hidup 2010). Namun demikian, Indonesia telah berkomitmen untuk ikut menurunkan emisi GRK termasuk sektor pertanian. Lebih lanjut, berdasarkan ekosistem lahan, emisi terutama berasal dari lahan mineral, gambut, dan sawah masing-masing sebesar 45%, 42%, dan 7%, sedangkan ternak menyumbangkan sekitar 5% seperti terlihat pada Gambar 3 (Kementerian Lingkungan Hidup 2010).

Sistem integrasi tanaman ternak merupakan salah satu sistem usaha tani yang sangat adaptif terhadap perubahan iklim karena dapat meningkatkan efisiensi faktor produksi yang semakin langka akibat perubahan iklim. Sistem ini dapat menjamin



Gambar 2. Siklus karbon dalam sistem integrasi tanaman ternak

Figure 2. Carbon cycle in crop livestock integration system



Sumber: LULUCF (*Land use, land use change, and forestry*)

Gambar 3. Distribusi emisi gas rumah kaca (GRK) dari berbagai sektor di Indonesia

Figure 3. Greenhouse gas emissions distribution from several sectors in Indonesia

keberlanjutan produktivitas dengan memanfaatkan limbah tanaman kelapa sawit (pelepah dan sisa tanaman lainnya) dan limbah dari setiap tahapan produksi (limbah cair, limbah padat, dan *fly ash*) secara optimal sebagai sumber energi dan bahan organik untuk memperbaiki kesuburan tanah. Pada saat yang sama sistem integrasi tanaman ternak ini juga bersifat mitigatif terhadap emisi gas rumah kaca karena kompos dari sistem ini terbukti menghasilkan emisi gas *methane* yang rendah (Wahyuni *et al.* 2012).

PERANAN DAN SUMBER BAHAN ORGANIK

Untuk mendapatkan kondisi tanah yang optimal bagi pertumbuhan tanaman, diperlukan adanya bahan organik (C-total) di lapisan atas minimal 2% (Young 1989). Peranan bahan organik terutama untuk memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah. Perbaikan sifat fisik terutama untuk meningkatkan granulasi dan kestabilan agregat melalui aktivitas fraksi humik yang dapat menurunkan sifat plastis, kohesi dan sifat lengket liat sehingga tanah lebih mudah diolah. Dengan cara ini retensi air tanah meningkat sehingga laju infiltrasi dan kapasitas tanah menahan air juga meningkat (Bot and Benites 2005). Selain itu bahan organik dapat menurunkan kepadatan tanah (bobot isi) sekitar 30% di lapisan permukaan dan 16% di lapisan 20-40 cm (Indrawati 1998). Perbaikan sifat kimia tanah terutama untuk meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah. Humus sebagai komponen bahan organik umumnya memiliki 50-90% daya adsorpsi kation oleh mineral liat. Kandungan unsur hara seperti N, P, S, dan unsur mikro tersimpan dalam bahan organik untuk dilepas perlahan melalui mineralisasi (Fernandez *et al.* 2006, Li *et al.* 2005). Bahan organik juga berperan dalam mengurangi efek negatif amelioran tanah,

pupuk, pestisida dan herbisida (Bot and Benites 2005). Lebih lanjut Garcia *et al.* (1994) dan Ladd (1985) menjelaskan perubahan sifat biologi tanah melalui peningkatan aktivitas berbagai enzim seperti *hidrolase*, siklus biokimia N, aktivitas enzim *urease* dan *protease*-BAA, *phosphatase* dan karbon (*B-glukosidase*) sehingga pada akhirnya dapat meningkatkan kesuburan tanah.

Melihat peranan bahan organik dalam tanah, maka bahan organik dapat menjadi titik ungkit pengembangan program SITT. Sumber bahan organik dari sistem integrasi sawit-sapi dapat diperoleh dari: a) limbah ternak sapi yaitu kotoran sapi, b) limbah tanaman sawit yaitu pelepah daun, daun sawit, sisa-sisa tanaman, *cover crop*, sisa pakan ternak, c) limbah industri kelapa sawit seperti tandan buah kosong, bahan solid yang disebut *dried decanted sludge* (DDS), limbah cair disebut *palm oil mill effluent* (POME) dan bahan abu (*fly ash*) berasal dari penggunaan serat buah sawit untuk bahan bakar pabrik, dan d) limbah padat biogas bila terdapat instalasi biogas dalam sistem integrasi sawit-sapi.

Limbah Kotoran Hewan (Kohe)

Ternak ruminansia besar seperti sapi menghasilkan kotoran padat dan cair (urin) yang dapat digunakan sebagai sumber amelioran tanah. Potensi kotoran ternak sebagai sumber karbon (C), nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan unsur lainnya telah banyak dilaporkan. Permasalahan utama dalam pemanfaatan kohe sebagai unsur hara adalah variasi kandungan hara yang sangat beragam.

Berdasarkan kajian di beberapa negara di Asia disimpulkan jumlah kotoran sapi yang dihasilkan berkisar 17,8-20,0 kg ekor⁻¹ hari⁻¹ untuk padatan dan 6,6-7,2 kg ekor⁻¹ hari⁻¹ kotoran cair (urin) (Yokoyama 2008) (Tabel 3). Novra (2011) dan Mathius dan Adiat

(2013) melaporkan rata-rata produksi kohe sapi dewasa yang lebih rendah yaitu sekitar 8-12 kg ekor⁻¹ hari⁻¹. Perkiraan kandungan C, N, P, dan K dari kotoran padat dan cair per ekor per tahun dapat dilihat pada Tabel 4. Menggunakan data jumlah kotoran sapi oleh Yokoyama, maka dapat dihitung total bahan organik berkisar 6,5-7,3 ton ekor⁻¹ tahun⁻¹. Bila petani memiliki sapi 2-3 ekor, maka kotoran padat sapi dapat menghasilkan sekitar 8-14 ton C, 46-74 kg N, 10-18 kg P, dan 0,09-0,15 kg K per tahun, sedangkan urin sapi menghasilkan sekitar 0,14-0,24 ton C, 44,6-90 kg N, 0,52-0,78 kg P, dan 0,0134-0,0219 kg K per tahun. Sebagai perbandingan, Novra (2011) melaporkan jumlah kotoran sapi sekitar 8-10 kg ekor⁻¹ hari⁻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 pokok pohon kelapa sawit.

Limbah tanaman kelapa sawit dan industri *crude palm oil* (CPO)

Sumber pakan sapi untuk petani kelapa sawit terutama adalah pelepah (*fronds*) dan daun sawit. Perusahaan sawit selain menggunakan pelepah dan daun sawit, juga dapat memanfaatkan limbah CPO seperti tandan buah kosong, bungkil isi sawit, limbah

cair sawit dan serat *mesocarp* namun tidak demikian halnya dengan petani kecil. Sebagian besar pelepah sawit dan daun sawit baik segar maupun kering digunakan sebagai pakan sapi dengan cara mencacah bagian-bagian daun dan pelepah untuk diberikan kepada ternak sapi. Namun pakan yang dikonsumsi akan tersisa sekitar 15-25% (Mathius dan Adiati 2013), menumpuk serta melapuk di kandang. Sisa pakan ini dapat dikembalikan sebagai bahan organik untuk tanah. Daun sawit mengandung hara berturut-turut dari konsentrasi tinggi ke rendah yaitu Si, N, K, Ca, Cl, Mg, S, P, B, Zn, dan Cu (Fairhurst and Mutert 1999). Daun kelapa sawit mengandung 3,8% silika (Si) dan 0,6% terdapat pada pelepah (Novra 2011). Hasil perhitungan menunjukkan bahwa 1,6 ton tandan buah kosong menghasilkan 107 kg N ha⁻¹, 35,3 kg K ha⁻¹, 2,7 kg Mg ha⁻¹, dan 0,4 kg P ha⁻¹, demikian juga pelepah terutama dari pangkasan menghasilkan sebesar 139,4 kg K ha⁻¹ sebagai sumber hara tambahan. Sumber unsur hara yang mudah diakses terutama adalah TBK dan *prunning* pelepah sedangkan *trunk* tidak mudah tersedia. Potensi biomassa limbah tanaman kelapa sawit per bagian tanaman per hektar dapat dilihat pada Tabel 5.

Kandungan unsur hara dalam bahan limbah industri CPO disajikan dalam Tabel 6. Bahan limbah padat yang disebut *Dried Decanter Solid* (DDS) mengandung hara seperti N, P, K, dan Mg yang juga

Tabel 3. Jumlah ekskresi standar untuk hewan ternak utama

Table 3. Amount of standart excretion for major livestock

Jenis hewan ternak		Bobot total			Nitrogen			Fosfor		
		Kotoran	Urin	Total	Kotoran	Urin	Total	Kotoran	Urin	Total
	 kg ekor ⁻¹ hari ⁻¹ g N ekor ⁻¹ hari ⁻¹ g P ekor ⁻¹ hari ⁻¹		
Sapi perah	Bersusu	45,5	13,4	58,9	152,8	152,7	305,5	42,9	1,3	44,2
	Tidak bersusu	29,7	6,1	35,8	38,5	57,8	96,3	16,0	3,8	19,8
	Sapi betina muda	17,9	6,7	24,6	85,3	73,3	158,6	14,7	1,4	16,1
Sapi potong	Sapi pembibitan (< 2 tahun)	17,8	6,5	24,3	67,8	62,0	129,8	14,3	0,7	15,0
	Sapi pembibitan (≥ 2 tahun)	20,0	6,7	26,7	62,7	83,3	146	15,8	0,7	16,5
	Sapi pembibitan bersusu	18,0	7,2	25,2	64,7	76,4	141,1	13,5	0,7	14,2

Sumber: Yokoyama *et al.* (2008)

Tabel 4. Produksi kotoran sapi dan kandungan hara C, N, P, dan K per ekor sapi selama 1 tahun

Table 4. Cow manure production and nutrient content of C, N, P, and K per cow for 1 year

Sumber bahan organik	Produksi kohe*	Kandungan hara**			
		C	N	P	K
..... t ekor ⁻¹ tahun ⁻¹ kg ekor ⁻¹ tahun ⁻¹			
Kotoran sapi padat	6,5 - 7,3	4,0 - 4,6	22,89 - 24,70	4,90 - 5,80	0,045 - 0,051
Kotoran cair sapi	2,4 - 2,6	0,07 - 0,08	22,30 - 30,00	0,26	0,0067 - 0,0073

Keterangan: * data produksi kohe berdasarkan Yokoyama *et al.* (2008), **Konsentrasi C dan K dalam kohe diambil dari Setyorini *et al.* (2006) dan konsentrasi N dan P dari Yokoyama *et al.* (2008)

Tabel 5. Potensi biomassa dan kandungan hara dalam setiap bagian biomass kelapa sawit per hektar lahan

Table 5. Biomass potential and nutrient content of each part of oil palm tree per hectare

Biomassa kelapa sawit	Bobot kering t ha ⁻¹	Kandungan hara				
		N	P	K	Mg	Ca
		kg ha ⁻¹				
<i>Trunks</i> (batang)	48,17	26,98	2,60	78,04	7,23	14,93
<i>Leaflets</i> (kumpulan anak daun)	9,25	20,17	1,07	9,07	1,94	4,81
<i>Rachis</i> (tempat anak daun melekat)	18,77	8,45	0,92	28,53	2,06	8,07
<i>Spears</i> (kuncup daun)	1,50	3,21	0,23	2,58	0,35	0,63
<i>Cabbage</i> (daun belum terbuka)	0,70	2,18	0,27	2,42	0,36	0,27
<i>Inflorescence</i> (rangkaian bunga)	20,60	39,96	10,15	22,74	9,78	5,38
Total	98,99	100,95	15,24	143,38	21,72	34,09

Sumber: Khalid *et al.* (1999) in UNEP (2012)

bermanfaat untuk menambah unsur hara bagi tanah. Selain itu, limbah cair yang dihasilkan pabrik kelapa sawit seperti POME juga mengandung banyak unsur hara namun mengandung banyak lemak dan bahan-bahan katalis yang digunakan selama proses pengolahan CPO. Aplikasi bahan POME ini terbatas karena harus menyesuaikan dengan kemampuan tanah menyerap bahan cair tersebut agar tidak mengganggu sistem produksi. Selain itu juga perlu mempertimbangkan bau yang ditimbulkan dan serangan serangga karena bau tersebut. Menurut Palaniappan (1993) maksimal aplikasi POME adalah 3-45 m³ ha⁻¹ tahun⁻¹. Dengan mengolah 300.000 ton TBS tahun⁻¹ dapat diperoleh POME yang menghasilkan unsur hara setara dengan 57,5 ton N; 4,7 ton P; 33,6 ton K; dan 336 ton Mg per tahun. Bahan limbah pupuk kandang dan POME dapat diolah dengan metode vermikompos sehingga menghasilkan bahan organik yang potensial untuk tanaman kelapa sawit (Rupani *et al.* 2010). Selain itu juga terdapat *fly ash* sebagai limbah pabrik CPO yang menggunakan serat dan shell (rasio 4:1) sebagai sumber energi. *Fly ash* dari biomassa ini mengandung Si, Ca, K, P, Mg, dan Al (Zarina *et al.* 2013).

Berbagai sumber bahan organik berasal dari limbah tanaman sawit dan industri CPO tersebut terutama dimanfaatkan untuk pakan ternak. Sisa-sisa pakan ternak yang menumpuk di kandang dapat kembali dimanfaatkan sebagai amelioran tanah. Menurut Mathius dan Adiaty (2013), sisa pakan hijauan yang terbuang/tidak dikonsumsi berkisar 15-25% dari pemberian atau sebanyak 7,5 kg bahan segar. Dengan demikian, total bahan organik berasal dari kotoran sapi, urin sapi, dan sisa hijauan yang dapat dikumpulkan setiap hari sebagai kompos organik mencapai 25,7 kg bahan segar per hari atau 2.313 kg per bulan dengan jumlah bahan kering 486 kg dan 14,9 g N.

Sewage Sludge dari Biogas

Selain manfaat utama menghasilkan biogas untuk kebutuhan rumah tangga dan kelompok kecil, maka limbah padat biogas juga bermanfaat sebagai sumber amelioran tanah. Hasil penelitian Frost and Gilkison (2010) menunjukkan setelah 52 minggu dalam instalasi biogas, limbah padat mengalami perubahan antara lain 18% penurunan massa, kandungan N total dan NH₄-N meningkat 3 dan 20% berturut-turut. Sedangkan kandungan unsur utama N, P, dan K dalam limbah padat biogas tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan pupuk kompos. Berdasarkan hasil penelitian Yadava and Hesse (1981), hasil samping pupuk ini mengandung lebih sedikit bakteri patogen sehingga aman untuk pemupukan sayuran/buah, terutama untuk konsumsi segar.

Wahyuni *et al.* (2012) menyatakan bahwa kompos dari limbah biogas relatif stabil (tidak mudah terdekomposisi) sehingga saat dibenamkan ke dalam tanah dapat meningkatkan kandungan C organik tanah. Hal ini memberikan dampak *carbon sequestration* sekaligus menurunkan emisi CO₂ dan CH₄. Lebih lanjut Wahyuni *et al.* (2012) menunjukkan bahwa kompos dari limbah biogas dapat meningkatkan hasil padi dan biomassa lebih tinggi.

PENUTUP

Sistem integrasi sawit-sapi yang berjalan dengan baik dapat memberikan banyak keuntungan antara lain: a) mendukung tercapainya program swasembada sapi, b) memberikan keuntungan finansial dengan biodiversitas usaha tani, c) membuka peluang usaha dan lapangan kerja untuk pengolahan limbah industri perkebunan kelapa sawit dan biogas dari kotoran ternak, d) memberikan keuntungan bagi lingkungan dengan sumbangan bahan organik dan nutrisi bagi

Tabel 6. Potensi kandungan hara dari limbah pabrik pengolahan sawit berupa *Dried Decanter Solid* (DDS), *Palm Oil Mill Effluent* (POME) dan debu terbang (*fly ash*)

Table 6. *Nutrient content potential of waste oil processing plant in form Dried Decanter Solid (DDS), Palm Oil Mill Effluent (POME) and fly ash*

Unsur hara	Unit	DDS*	POME**	<i>Fly ash</i> ***
N	%	2,49	0,02	
P ₂ O ₅	%	0,46	0,007	4,74
K ₂ O	%	4,09	0,19	6,48
MgO	%	0,56	0,04	4,58
CaO	%	-	0,04	8,19
SiO ₂	%	-	-	65,01
Al ₂ O ₃	%	-	-	5,72
pH	%	-	7,0	-
<i>Total soild</i>	ppm	-	12.408	-
<i>Suspend soild</i>	ppm	-	5.456	-
BOD	ppm	-	2.240	-

POME yang ditampilkan setelah diberi perlakuan dan ditampung dalam kolam pengendapan.

Sumber: * R & D Musim Mas dalam Ardila (2014) (*unpublished*); **Palaniappan (1993); *** Zarina *et al.* (2013)

tanah, mengurangi pencemaran lingkungan, dan e) fungsi mitigasi gas rumah kaca. Sumber bahan organik yang berlimpah dalam sistem integrasi sawit-sapi dapat berupa kotoran ternak (padat, cair dan *sludge* biogas), limbah tanaman sawit (pelepah, daun sawit) dan limbah industri sawit (TBS, DDS, POME, *fly ash*). Bahan organik tersebut sangat bermanfaat untuk memperbaiki kualitas tanah baik secara fisik, kimia dan biologi.

DAFTAR PUSTAKA

- Amri, Q. 2014. Membaca Arah Integrasi Sapi-Sawit. Majalah Sawit Indonesia. Tersedia online pada <http://sawitindonesia.com/sajian-utama/membaca-arrah-integrasi-sapi-sawit>.
- Ardila, Y. 2014. Pemanfaatan Limbah Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jaqs). Makalah Seminar Umum, Program Studi Agronomi. Faperta Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta (*unpublished*).
- Bot, A. and J. Benites. 2005. The importance of soil organic matter: Key to drought-resistant soil and sustained food production. FAO Soil Buletins 80. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome, Italy. Tersedia online pada <http://www.fao.org/docrep/009/a0100e/a0100e.pdf>.
- Ditjenbun. 2014. Pertumbuhan Areal Kelapa Sawit Meningkatkan. Direktorat Jenderal Perkebunan. Kementerian Pertanian. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/berita-362-pertumbuhan-areal-kelapa-sawit-meningkat.html>.
- Diwyanto, K., D. Sitompul, I. Manti, I.W. Mathius, dan Soentoro. 2004. Pengkajian pengembangan usaha sistem integrasi kelapa sawit-sapi. Dalam Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi. Bengkulu, 9-10 September 2003. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu dan PT Agrical, Bogor.
- Fagi, A.M., I.G. Ismail, dan S. Kartaatmadja. 2004. Evaluasi Pendahuluan Kelembagaan Sistem Usahatani Tanaman-ternak di beberapa Kabupaten di Jawa Tengah dan Jawa Timur. Dalam Prosiding Lokakarya Sistem dan Kelembagaan Usahatani Tanaman-Ternak. Badan Litbang Pertanian. Jakarta.
- Fairhurst, T.H. and E. Mutert. 1999. Interpretation and Management of Oil Palm Leaf Analysis Data. Better Crops International 13(1).
- Fernandez, I., A. Cabanaero, and S.J. Gonzalez-Prieto. 2006. Partitioning CO₂ effluzes from an Atlantic pine forest soil between endogenous soil organic matters and recently incorporated C-13-enriched plant material. Environment. Sci. Technol. 40:2552-2558.
- Frost, J.P. and S.R. Gilkinson. 2010. First Year Performance Summary for Anaerobic Digestion of Dairy Cow Slurry at AFBI Hillsborough <http://www.afbini.gov.uk>.
- Garcia, C., M.T. Hernandez, F. Costa, and B. Ceccanti. 1994. Biochemical parameters in soils regenerated by addition of organic wastes. Waste Manage. Res., 12:457-466.
- Ginting, S.P. dan J. Elizabeth. 2003. Teknologi pakan bahan dasar hasil sampingan perkebunan kelapa sawit. Hlm. 129-136. Dalam Prosiding Lokakarya Nasional Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi, Bengkulu, 9-10 September 2003. Kerja Sama Departemen Pertanian, Pemerintah Provinsi Bengkulu, dan PT. Agricina.
- Hairiah, K., S.R. Utami, dan Meine-van Noordwijk. 2002. (Ed) Hairiah *et al.* Bahan ajar 6. Neraca Hara dan Karbon dalam Sistem Agroforestri. WanulCas Model Simulasi untuk Sistem Agroforestry. International Centre for Research in Agroforestry Southeast Asian Regional Research Programme. Bogor. Indonesia.
- Henson, I.E. 1999. Comparative Ecophysiology of Palm Oil and Tropical Rain Forest. Oil Palm and Environment, A.Malaysia Prespective. Kuala Lumpur.

- Indrawati. 1998. Pengelolaan lengas tanah dalam usaha tani lahan kering. Hlm 179-186. *Dalam* Prosiding Seminar Nasional dan Pertemuan Tahunan Komisariat Daerah Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI) Komisariat Daerah (KOMDA) Jawa Timur 1998.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2010. Indonesia Second National Communication. Under The United nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2014. Strategi Induk Pembangunan Pertanian 2015-2045 Pertanian Bio-Industri Berkelanjutan, Solusi Pembangunan Indonesia Masa Depan. Biro Perencanaan Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian.
- Khalid, H., Z.Z. Zin, and J.M. Derson. 1999. Mineralization of soil organic carbon and nitrogen in relation to residue management following replanting of an oil palm plantation. *Journal of Oil Palm Research* 11:72-88.
- Ladd, J.N. 1985. Soil enzymes. Pp. 175-221. *In* D. Vaughan and R.E. Malcom (Ed) Soil organic matter and biological activity. Martinus Nijhoff/Dr. W. Junk Publishers, Dordrecht, Nethedlands.
- Li, Z.P., T.L. Zhang, F.X. Han, and P. Felix-Hennington. 2005. Changes in soil C and N contents and mineralization across a cultivation chronosequence of paddy fields in subtropical China. *Pedosphere*. 15:554-562.
- Mathius, I.W. 2008. Pengembangan sapi potong berbasis industri kelapa sawit. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(3):206-224.
- Mathius, I.W. dan U. Adiati. 2013. Bahan Organik Asal Kotoran Sapi sebagai Titik Ungkit Pengembangan Sapi Potong dalam Kawasan Industri Sawit. (Ed) Tiesnamurti *et al.* Model Pengembangan Sistem Integrasi Tanaman-Sapi berbasis Inovasi. IAARD Press.
- Neef, L., M. van Weele, and P. van Belthoven. 2010. Optimal estimation of the present-day global methane budget. *Global Biogeochemical Cycles* 24.
- Novra, A. 2011. Prospek, Tantangan dan pengembangan sistem integrasi sapi di lahan perkebunan kelapa sawit di Provinsi Jambi. Hlm 271. *Dalam* Bunga Rampai Sistem Integrasi tanaman-ternak. (Ed) Diwyanto K. *et al.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor.
- Palaniappan, S. 1993. Leaching losses and Nurient Build up in the soil through application of raw and digested palm oil mill effluent (POME). *Petraika J. of Trop. Agric. Sci.* 16(1):25-29. University Pertanian Malaysia Press.
- Pasandaran, E., A. Djajaneegara. I.K. Utama, dan F. Kasryno. 2005. Kerangka Konseptual Integrasi Tanaman-Ternak di Indonesia dalam Integrasi Tanaman dan Ternak di Indonesia. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- PASPI. 2014. The Sustainability of Indonesian Palm Oil Industry. First Edition. Bogor. 128 hlm.
- Purba, A. dan S.P. Ginting. 1995. Nilai nutrisi dan manfaat pelepah kelapa sawit sebagai pakan ternak. *J. Penelitian Kelapa Sawit* 5(3):161-177.
- Rahutomo, S., W. Darmosakoro, F.R. Panjaitan, E.S. Sutarta, M.A. Yusuf, V.D. Leylana, B.G. Yudianto, A. Purba, D. Siahaan, Erwinsyah, dan H. Lidyasari. 2012. Integrasi Sawit, Sapi dan Energi. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 62 hlm.
- Rupani, P.F., R.P. Singh, M.H. Ibrahim, and N. Esa. 2010. Review of current palm oil mill effluent (POME) treatment methods: vermicomposting as a sustainable practice. *World Applied Sciences Journal* 11(1):70-81.
- Setiadi, B., K. Diwyanto, dan I.G.A.P. Mahendri. 2011. Model Pembibitan Sapi Potong Berdaya saing dalam Suatu Sistem Integrasi Sawit-Sapi. Hlm 271. *Dalam* Bunga Rampai Sistem Integrasi tanaman-ternak. (Ed) Diwyanto K. *et al.* Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Bogor.
- Setyorini, D., R. Saraswati, dan E. Kosman. 2006. Kompos. *Dalam* Buku Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Tim BIRU. 2010. Model Instalasi Biogas Indonesia, Model Konstruksi. Diunduh dari <http://sfiles.biru.or.id/content/files/1279108490.pdf>.
- Ulfi, N. 2005. Potensi dan peluang pengembangan sistem integrasi sawit-sapi di Provinsi Jambi. *Dalam* Prosiding Lokakarya Pengembangan Sistem Integrasi Kelapa Sawit-Sapi. Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Bogor.
- Umar, S. 2009. Potensi Perkebunan Kelapa Sawit Sebagai Pusat Pengembangan Sapi Potong dalam Merevitalisasi dan Mengakselerasi Pembangunan Peternakan Berkelanjutan. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Reproduksi Ternak. Universitas Sumatera Utara, Medan.
- UNEP. 2012. Converting Waste Oil Palm Tress into A Resource. United Nations Environment Programe Division of Technology, Industry and Economics Enviornmental Technology Centre. Osaka, Japan.
- Utomo, B.N. dan E. Widjaja. 2004. Limbah padat pengolahan minyak sawit sebagai sumber nutrisi ternak ruminansia. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 23(1):22-28.
- Utomo, B.N., dan E. Widjaja. 2012. Pengembangan sapi potong berbasis industri perkebunan kelapa sawit. *J. Litbang Pert.* 31(4):153-161.
- Wahyuni, S., E.S. Harsanti, dan D. Nursyamsi. 2012. Sistem Integrasi Tanaman Ternak (SITT) di Lahan Sawah Tadah Hujan untuk Antisipasi Perubahan Iklim. Sinar Tani. Agroinovasi. Edisi 4-10 April No. 3451 Tahun XLII. Badan Litbang Pertanian.
- Yadava, L.S. and P.R. Hesse. 1981. The Development and Use of Biogas Technology in Rural Areas of Asia (A Status Report 1981). Improving Soil Fertility through Organic Recycling, FAO/UNDP Regional Project RAS/75/004, Project Field Document No. 10
- Yokoyama, S. 2008. Buku Panduan Biomassa Asia. Panduan untuk Produksi dan Pemanfaatan Biomassa. The Japan Institute of Energy. http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Indonesian/All_I.pdf.
- Young, A. 1989. Agroforestry for Soil Conservation. CAB International, Oxford, England. 276 p.
- Zahari, M.W., O.A. Hassan, H.K. Wong, and J.B. Liang. 2003. Utilization oil palm frond-based diet for beef cattle production in Malaysia. *Asian-Aust J. Anim. Sci.* 16(4):625-634.
- Zarina, Y., A.M. Mustafa Al Bakri, H. Kamarudin, I.K. Nizar, and A.R. Rafiza. 2013. Review on the various ash from palm oil waste as geopolimer material. *Rev. Adv. Mater. Sci.* 34:37-43.