

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Kelapa sawit sebagai tanaman penghasil minyak kelapa sawit (*CPO-Crude palm oil*) dan inti kelapa sawit merupakan salah satu primadona tanaman perkebunan yang menjadi sumber penghasil devisa non-migas bagi Indonesia (Nasrul, 2009). Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jack.) merupakan tanaman perkebunan yang memegang peranan penting dalam industri pangan. Produksi kelapa sawit di Indonesia pada tahun 2011 meningkat dibandingkan tahun sebelumnya hingga mencapai 22.508.011 ton (BPS 2012). Pengolahan kelapa sawit menjadi minyak sawit menghasilkan beberapa jenis limbah padat yang meliputi tandan kosong sawit, cangkang, dan serat mesocarp (Yunindanova *et al*, 2013).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) merupakan limbah utama dari industri pengolahan kelapa sawit. Basis satu ton tandan buah segar (TBS) yang diolah akan dihasilkan minyak sawit kasar (CPO) sebanyak 0,21 ton (21%) serta minyak inti sawit (PKO) sebanyak 0,05 ton (5%) dan sisanya merupakan limbah dalam bentuk tandan buah kosong, serat, dan cangkang biji yang jumlahnya masing-masing 23%, 13,5%, dan 5,5% dari tandan buah segar (Darnoko *cit* Anwar, 2008).

Tandan kosong kelapa sawit merupakan sumber bahan organik yang kaya unsur hara N, P, K, dan Mg. jumlah tandan kosong kelapa sawit diperkirakan sebanyak 23% dari jumlah tandan buah segar yang di olah. Dalam setiap ton tandan kosong kelapa sawit mengandung hara N 1,5%, P 0,5%, K 7,3%, dan Mg 0,9% yang dapat digunakan sebagai substitusi pupuk pada tanaman kelapa sawit (Sarwono, 2008). Ketersediaan tandan kosong kelapa sawit di lapangan cukup besar dengan peningkatan jumlah dan kapasitas pabrik kelapa sawit untuk menyerap tandan buah segar yang dihasilkan (Winarna *et al.*, 2007).

Pada saat ini tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai bahan organik bagi pertanaman kelapa sawit secara langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan secara langsung ialah dengan menggunakan tandan kosong sebagai

mulsa sedangkan secara tidak langsung dengan mengomposkan terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai pupuk organik. Bagaimanapun juga pengembalian bahan organik kelapa sawit ke tanah akan menjaga kelestarian kandungan bahan organik lahan kelapa sawit dan kandungan hara dalam tanah. Selain itu, pengembalian bahan organik ke tanah akan mempengaruhi populasi mikroba tanah secara langsung dan tidak langsung akan mempengaruhi kesehatan dan kualitas tanah (Widiastuti dan Panji, 2007).

Tandan kosong kelapa sawit dapat dimanfaatkan sebagai sumber pupuk organik karena memiliki kandungan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman. Tandan kosong kelapa sawit mencapai 23% dari jumlah pemanfaatan limbah kelapa sawit tersebut sebagai alternatif pupuk organik juga akan memberikan manfaat lain dari sisi ekonomi. Petani perkebunan sawit dapat menghemat penggunaan pupuk sintesis sampai dengan 50% dari pemanfaatan pupuk organik (Fauzi *et al.*, 2002).

Jenis limbah kelapa sawit pada generasi pertama adalah limbah padat yang terdiri dari tandan kosong, pelepah, cangkang, dan lain-lain. Selain limbah padat juga dihasilkan limbah cair. Limbah padat dan cair pada generasi berikutnya dapat diolah lagi menjadi suatu produk yang dapat memiliki manfaat serta nilai ekonomi (gambar 2.1.). Pada tabel 2.1. dapat dilihat potensi limbah kelapa sawit yang dapat dimanfaatkan sehingga mempunyai nilai ekonomi yang tidak sedikit (Ditjen PPHP, 2006).

Tabel 2.1. Jenis, Potensi, dan Pemanfaatan Limbah Pabrik Kelapa Sawit

Jenis	Potensi per Ton TBS (%)	Manfaat
Tandan Kosong	23,0	Pupuk, kompos, pulp kertas, papan partikel, energi
<i>Wet Decanter Solid</i>	4,0	Pupuk, kompos, makanan ternak
Cangkang	6,5	Arang, karbon aktif, papan partikel
Serabut (<i>fiber</i>)	13,0	Energi, pulp kertas, papan partikel
Limbah Cair	50,0	Pupuk, kompos
Air Kondesat		Air umpan broiler

Sumber: *tim PT. SP (2000) cit Ditjen PPHP (2006)*

Salah satu potensi tandan kosong kelapa sawit yang cukup besar adalah sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara bagi tanaman. Potensi ini didasarkan pada kandungan tandan kosong kelapa sawit yang merupakan bahan organik dan memiliki kadar hara yang cukup tinggi. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara ini dapat dilakukan dengan cara aplikasi langsung sebagai mulsa atau dibuat menjadi kompos (Darmosarkoro dan Rahutomo, 2007). Kandungan hara tandan kosong hasil penelitian dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit dapat dilihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2. Analisa Kandungan Hara Tandam Kosong Kelapa Sawit

C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	C/N (ppm)	Mg (%)	B (%)	Cu (%)	Zn (%)
42,8	0,80	0,22	2,90	9,4	0,30	10	23	51

Sumber: Darmosarkoro dan Rahutomo (2007)

Tandan kosong kelapa sawit berfungsi ganda yaitu selain menambah hara dalam tanah, juga meningkatkan kandungan bahan organik tanah yang sangat diperlukan bagi perbaikan sifat fisik tanah. Dengan meningkatnya bahan organik tanah maka struktur tanah semakin mantap dan kemampuan tanah menahan air bertambah baik. Perbaikan sifat fisik tanah tersebut berdampak positif terhadap pertumbuhan akar dan penyerapan unsur hara (Ditjen PPHP, 2006).

1.2. Permasalahan Pengolahan Tandam Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit banyak mengandung bahan-bahan organik yang sulit terurai oleh sebab itu diperlukan usaha agar dapat mempersingkat waktu pengomposan seperti perlakuan fisika (pengurangan ukuran, pemanasan) dan perlakuan kimia (penambahan asam atau basa). Penambahan unsur hara, penambahan inokulum perombak lignin dan selulosa, perbaikan aerasi, pengaturan kelembaban juga merupakan usaha untuk mempersingkat waktu pengomposan (Darmosarkoro dan Rahutomo, 2007).

Pengomposan tandan kosong kelapa sawit secara alami memerlukan waktu yang cukup lama yaitu sekitar 3 bulan (Darmosarkoro dan Rahutomo, 2007). Hal ini dipengaruhi oleh kandungan penyusunnya yaitu 45,9% Selulosa, 46,5% hemiselulosa, dan 22,8% lignin. Kandungan penyusun tandan kosong kelapa sawit

ini sukar untuk terdekomposisi (Darmosarkoro dan Winarna, 2007). Untuk itu diperlukan perlakuan khusus dalam pengomposannya seperti penambahan bioaktivator (Susilawati *cit* Ichwan, 2007). Komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Komposisi kimia tandan kosong kelapa sawit

Komponen	Dasar Kering (%)
Selulose	45,95
Hemiselulose	22,84
Lignin	16,49
Abu	1,23
Nitrogen	0,53
Minyak	2,41

Sumber: Darnoko *et. al.* (1993) *cit* Darmosarkoro dan Rahutomo (2007)

1.3. Pemecahan Masalah Pengolahan Tandan Kosong Kelapa Sawit

Salah satu solusi untuk mengatasi masalah limbah tandan kosong kelapa sawit yaitu dengan pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit menjadi kompos yang memiliki nilai ekologi dan ekonomi yang tinggi. Hal ini didukung dengan semakin meningkatnya permintaan pupuk kompos sebagai salah satu bentuk dari asupan organik bagi tanaman dewasa ini (Refqi *et al.*, 2013).

Tandan kosong kelapa sawit mempunyai kadar C/N yang tinggi yaitu 45-55. Hal ini dapat menurunkan ketersediaan unsur N pada tanah karena unsur N termobilisasi dalam proses perombakan bahan organik oleh mikroba tanah. Usaha penurunan kadar C/N dapat dilakukan dengan proses pengomposan sampai kadar C/N mendekati kadar C/N tanah. Proses pengomposan tersebut menghasilkan bahan bermutu tinggi dengan kadar C/N sekitar 15 (Darmosarkoro dan Winarna, 2007).

Pemberian efektif mikroorganisme-4 (EM4) pada tandan kosong kelapa sawit diharapkan dapat mempercepat waktu pengomposan (fermentasi), karena dengan pemberian EM4 kedalam bahan organik dapat menambah jumlah dan jenis mikroorganisme yang berperan dalam proses dekomposisi. Kombinasi perlakuan EM4 dan pupuk organik akan mempercepat perkembangan populasi mikroorganisme di dalam bahan organik tersebut sehingga waktu fermentasinya akan semakin cepat (Ichwan, 2007).

1.4. Kompos

Kompos merupakan pupuk organik buatan manusia yang dibuat dari proses pembusukan sisa-sisa buangan makhluk hidup (tanaman maupun hewan). Kompos tidak hanya menambah unsur hara, tetapi juga menjaga fungsi tanah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik (Santi, 2006). Kompos yang baik adalah yang sudah cukup mengalami pelapukan dan dicirikan oleh warna yang sudah berbeda dengan warna bahan pembentuknya, tidak berbau, kadar air dan sesuai suhu ruang. Proses pembuatan dan pemanfaatan kompos dirasa masih perlu ditingkatkan agar dapat dimanfaatkan secara lebih efektif, menambah pendapatan peternak dan mengatasi pencemaran lingkungan (Prihandini dan Purwanto, 2007).

Pengomposan merupakan proses penurunan perbandingan (rasio) antara karbohidrat dan nitrogen. Semua tanaman hanya bisa menyerap makanan dari zat yang mempunyai rasio C/N yang nyaris sama dengan tanah. Tanah mempunyai perbandingan C/N berkisar 10-20%. Sementara itu, rasio C/N bahan kompos melebihi 50%. Agar bahan kompos tersebut bisa di serap oleh tanaman, bahan kompos tersebut harus dihancurkan atau diuraikan menjadi tanah (Soeryoko, 2011). Proses pengomposan akan membutuhkan waktu lebih lama dengan lebih tingginya nisbah C/N bahan. Kecepatan dekomposisi bahan organik ditentukan oleh bahan C/N rasio, komposisi bahan, ukuran maupun kondisi lingkungan yang meliputi kemasaman, suhu, dan aerasi (Yunindova, 2009).

Menurut Yuniwati *et al* (2012) manfaat kompos adalah menyediakan unsur hara mikro bagi tanaman, mengemburkan tanah, memperbaiki struktur dan tekstur tanah, meningkatkan porositas, aerasi, dan komposisi mikroorganisme tanah, meningkatkan daya ikat tanah terhadap air, memudahkan pertumbuhan akar tanaman, menyimpan air tanah lebih lama, meningkatkan efisiensi pemakaian pupuk kimia, dan bersifat multi lahan karena dapat digunakan di lahan pertanian, perkebunan dan reklamasi lahan kritis.

Penggunaan kompos sebagai bahan pembenah tanah (*soil conditioner*) dapat meningkatkan kandungan bahan organik tanah sehingga mempertahankan dan menambah kesuburan tanah pertanian. Karakteristik umum yang dimiliki kompos antara lain: mengandung unsur hara dalam jenis dan jumlah bervariasi tergantung dari bahan asal kompos, menyediakan unsur hara secara lambat (*slow*

release) dan dalam jumlah terbatas, dan mempunyai fungsi utama memperbaiki kesuburan dan kesehatan tanah (Setyorini *et al.*, 2009).

Menurut Firmansyah (2010) bahan organik tanaman yang digunakan untuk kompos umumnya terbagi menjadi 2, yaitu: bahan organik yang memiliki kandungan N tinggi dan C rendah seperti pupuk kandang, legume, dan limbah rumah tangga. Kemudian bahan organik yang memiliki kandungan N rendah dan C tinggi seperti tandan kosong kelapa sawit, dan serbuk gergaji. Bahan organik yang memiliki kandungan N tinggi dan C rendah bila akan dicampur dengan bahan yang memiliki kandungan N rendah dan C tinggi untuk di buat kompos, maka perbandingannya adalah 1:4. Dari dasar inilah maka penulis menggunakan perbandingan 1:4 dalam pengomposan tandan kosong kelapa sawit yang dicampur dengan pupuk kandang.

Indonesia telah memiliki standar kualitas kompos, yaitu SNI 19-7030-2004. Didalamnya termuat batasan-batasan minimum atau maksimum sifat-sifat fisik maupun kimia kompos. Kandungan hara pada kompos tandan kosong kelapa sawit yang dibuat tidak semua sesuai dengan standarisasi kompos yang sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia). Perbedaan kandungan hara kompos tandan kosong kelapa sawit yang dibuat pada penelitian ini diprediksi karena singkatnya waktu pemeraman yang dilakukan. Dimana hal ini menyebabkan belum masaknya bahan atau bahan belum menjadi kompos. SNI 19-7030-2004 dapat dilihat pada tabel 2.4.

Tabel 2.4. Standar Nasional Indonesia untuk Pupuk Organik Domestik

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar air	%	-	50
2	Temperatur	⁰ C		Suhu air tanah
3	Warna			Kehitaman
4	Bau			Berbau tanah
5	Ukuran partikel	Mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,80	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
Unsur Makro				
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,40	-
11	Karbon	%	9,80	32
12	Phosfor (P ₂ O ₅)	%	0,10	-

13	C/N-rasio		10	20
14	Kalium (K ₂ O)	%	0,20	*
Unsur Mikro				
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3
17	Kobal (Co)	mg/kg	*	34
18	Kromium (Cr)	mg/kg	*	210
19	Tembaga (Cu)	mg/kg	*	100
20	Merkuri (Hg)	mg/kg	*	0,8
21	Nikel (Ni)	mg/kg	*	62
22	Timbal (Pb)	mg/kg	*	150
23	Selenium (Se)	mg/kg	*	2
24	Seng (Zn)	mg/kg	*	500
Unsur Lain:				
25	Kalsium	%	*	25,50
26	Magnesium (Mg)	%	*	0,60
27	Besi (Fe)	%	*	2,00
28	Aluminium (Al)	%	*	2,20
29	Mangan (Mn)	%	*	0,10
Bakteri:				
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp.	MPN/4 gr		3

Sumber: Badan Standarisasi Nasional (BSN), 2001

Keterangan: * Nilainya lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

1.5. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Pengomposan

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengomposan antara lain: rasio C/N, ukuran partikel, aerasi, porositas, kelembaban, temperatur, derajat keasaman (pH), kandungan hara, kandungan bahan berbahaya dan lama pengomposan (Yusriani dan Treesnowati, 2012). Masa inkubasi juga sangat mempengaruhi kematangan dari suatu kompos. Apabila masa inkubasi belum cukup maka kompos yang dihasilkan kualitasnya kurang baik bila digunakan sebagai pupuk. Lamanya masa inkubasi ditentukan oleh bahan dasar kompos dan jasad hidup yang terlibat dalam proses pengomposan (Swastika dan Sutari, 2009).

Mikroorganisme dapat bekerja dengan kelembaban sekitar 40-60%. Kondisi tersebut sangat perlu dijaga agar mikroorganisme dapat bekerja dengan optimal. Kebutuhan oksigen dalam pembuatan kompos yakni berkisar antara 10-18%. Temperatur optimum yang dibutuhkan mikroorganisme untuk merombak bahan organik adalah 35-55⁰ C. Rasio C/N yang optimum untuk proses

pengomposan adalah berkisar antara 15-25. pH yang terbaik untuk proses pengomposan adalah kondisi pH yang netral (Cahaya dan Nugroho, 2013).

Rasio C/N sangat berpengaruh terhadap kinerja mikroorganisme dalam merombak bahan organik selama proses pengomposan berlangsung. Karbon (C) dibutuhkan oleh mikroorganisme, seperti bakteri, jamur dan aktinomisetes sebagai sumber energi (makanan), sedangkan Nitrogen (N) yang umumnya berasal dari protein yang terkandung dalam bahan organik diperlukan untuk membiakan diri. Apabila kandungan C terlalu tinggi maka proses pengomposan akan cenderung menurun (melambat), namun apabila kandungan N terlalu tinggi maka umumnya akan cenderung menimbulkan bau ammonia atau bahkan cenderung mengarah pada pembusukan (putrefaction). Keseimbangan rasio C/N dalam pengomposan secara umum berkisar antara 20-40 bagian karbon (C) yang berbanding dengan 1 bagian Nitrogen (N) (Wibisono, A. 1999). Dalam penelitian ini juga ditambahkan pupuk kandang yang berasal dari kotoran sapi yang memiliki rasio C/N sebesar 103.

Di alam terbuka kompos bisa terjadi dengan sendirinya. Proses pembusukan terjadi secara alami namun tidak dalam waktu yang singkat, melainkan secara bertahap. Melalui proses alami rumput, daun-daunan, dan kotoran hewan serta sampah lainnya lama-kelamaan akan membusuk karena kerjasama antara mikroorganisme dengan cuaca. Lamanya proses pembusukan tersebut berkisar antara 5 minggu sampai 2 bulan. Namun jika kita menginginkan waktu yang lebih singkat, kita dapat menggunakan bioaktivator seperti EM4 maupun *Trichoderma* sp. (Setyorini *et al.*, 2009).

1.6. *Effective Microorganism*4 (EM4)

Pada tahun 1980-an Prof. Dr. Teoreu Higa dari Jepang memperkenalkan konsep *effective microorganism* (EM), yaitu konsep mengenai kelompok mikroorganisme yang bermanfaat yang dikembangkan untuk kepentingan pertanian secara umum. EM dapat digunakan sebagai salah satu cara untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan organik yang ditambahkan kedalam tanah oleh tanaman yang kemudian disebut dengan teknologi EM4 (Pasaribu *cit* Muhyidin, 1999).

Effective Microorganism (EM) adalah suatu produk bioteknologi yang telah diuji kemampuannya untuk mempercepat proses pelapukan dari bahan organik dan telah diuji secara sukses dibidang pertanian. Produk ini adalah hasil isolasi berbagai mikroorganisme tanah yang potensial dalam proses dekomposisi bahan organik dan kemudian dikultur pada media buatan dengan berbagai komposisi untuk meningkatkan keefektifan kerja dari mikroorganisme-mikroorganisme tersebut (Matinahoru, 2008). Mikroba tersebut mengaktifkan proses dekomposisi melalui fermentasi, sehingga mempercepat laju dekomposisi (Suhartati, 2008).

EM4 merupakan mikroorganisme yang dapat memperbaiki kesehatan dan kualitas tanah serta mempercepat proses pengomposan. Mikroorganisme ini memberikan pengaruh yang baik terhadap kualitas kompos. Sedangkan ketersediaan unsur hara dalam kompos sangat dipengaruhi oleh lamanya waktu yang diperlukan bakteri untuk mendegradasi sampah (Siburian, 2008).

Menurut Nasir (2012) beberapa pengaruh EM4 yang menguntungkan dalam aplikasi kepada produk kompos sebagai berikut:

1. Memperbaiki perkecambahan bunga, buah, dan kematangan hasil tanam
2. Memperbaiki lingkungan fisik, kimia, dan biologi tanah serta menekan pertumbuhan hama dan penyakit dalam tanah.
3. Meningkatkan kapasitas fotosintesis tanaman.
4. Meningkatkan manfaat bahan organik sebagai pupuk.

Menurut Harini (1997) EM4 juga memiliki kegunaan lainnya, yaitu menekan pertumbuhan patogen tanah, mempercepat dekomposisi limbah dan sampah organik, meningkatkan ketersediaan nutrisi dan senyawa organik pada tanaman, meningkatkan aktivitas mikroorganisme indigenus yang menguntungkan seperti *Mycorhiza*, *Rhizobium*, bakteri pelarut fosfat, dan lain-lain, memfiksasi Nitrogen (N), dan mengurangi kebutuhan pupuk sintetis dan pestisida.

Dari hasil penelitian yang dilakukan oleh Kastalani (2010) interaksi antara tingkat konsentrasi dan lamanya waktu inkubasi EM4 memberikan pengaruh optimal pada kandungan P pada konsentrasi 0,05% dan lama inkubasi 7 hari namun tidak memberi pengaruh nyata terhadap kadar N, K, dan rasio C/N pupuk bokashi kotoran sapi. Sedangkan Oktavia *et al* (2012) melaporkan bahwa

penambahan EM4 dalam pengomposan limbah the dapat mempercepat waktu pengomposan selama 2 minggu. Namun pada penelitian yang dilakukan Fahrudin dan Abdullah (2010) pemberian EM4 dengan dosis 10% memberikan pengaruh yang paling kecil pada pengomposan sampah campuran daun dibandingkan yang diberi perlakuan penambahan 10% kotoran sapi.

1.7. Ciri-Ciri Kompos Yang Berhasil

Kompos yang telah matang memiliki ciri seperti berbau seperti tanah, karena materi yang dikandungnya sudah menyerupai materi tanah dan berwarna coklat-kehitaman yang terbentuk akibat pengaruh bahan organik yang sudah stabil (Cahaya dan Nugroho, 2013). Selain itu kompos yang sudah matang secara fisik digambarkan sebagai struktur remah, agak lepas dan tidak gumpal, berwarna coklat kegelapan, baunya mirip humus atau tanah dan reaksi agak masam sampai netral, tidak larut dalam air, bukan dalam bentuk biokimia yang stabil tetapi berubah komposisinya melalui aktivitas mikroorganisme, kapasitas tukar kation yang tinggi dan daya absorpsi air tinggi, jika dicampurkan ke tanah akan menghasilkan akibat yang menguntungkan bagi tanah dan pertumbuhan tanaman. Kematangan kompos dapat ditentukan berdasarkan nisbah C/N kompos, sedangkan kandungan hara kompos berhubungan dengan kualitas bahan asli yang dikomposkan (Mulyadi, 2008).

Menurut Isro'i (2008) kompos yang baik memiliki beberapa ciri sebagai berikut :

1. Berwarna coklat tua hingga hitam mirip dengan warna tanah.
2. Tidak larut dalam air, meski sebagian kompos dapat membentuk suspense.
3. Nisbah C/N sebesar 10-20, tergantung dari bahan baku dan derajat *humifikasinya*.
4. Berefek baik jika diaplikasikan pada tanah.
5. Suhunya kurang lebih sama dengan suhu lingkungan.
6. Tidak berbau.