

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu jenis tanaman perkebunan yang menduduki posisi penting dalam sektor pertanian dan sektor perkebunan. Di Indonesia perkembangannya demikian pesat karena kelapa sawit merupakan komoditi andalan Indonesia (Pahan, 2006). Luas areal perkebunan kelapa sawit di Indonesia menurut status perusahaan (perkebunan besar negara, perkebunan besar swasta, perkebunan rakyat) dari tahun 2013 – 2017 secara berurutan yaitu dengan jumlah luas area dari masing status perusahaan yaitu pada tahun 2013 dengan total luas area yaitu 10.465.020 ha, pada tahun 2014 dengan total luas area yaitu 10.754.801 ha, pada tahun 2015 dengan total luas area yaitu 11.260.276 ha, pada tahun 2016 dengan total luas area yaitu 11.201.465 ha, pada tahun 2017 dengan total luas area yaitu 12.298.450 ha. Bertambahnya luas lahan perkebunan kelapa sawit mengakibatkan kenaikan produksi dari tahun 2013-2017 secara berurutan yaitu sebesar 17.771.276 ton, 19.072.794 ton, 20.542.224 ton, 31 487 986 ton, 34.468.293 ton (BPS Kelapa Sawit, 2017).

Sejalan dengan meningkatnya produksi kelapa sawit dari tahun ke tahun, maka terjadi peningkatan produk samping berupa limbah cair dan limbah padat. Limbah tersebut berupa tandan kosong kelapa sawit, cangkang, dan serat buah (sabut). Diketahui untuk 1 ton kelapa sawit dapat menghasilkan limbah tandan kosong kelapa sawit sebanyak 23% atau 230 kg, limbah cangkang (*shell*) sebanyak 6,5% atau 65 kg, *wet decanter solid* (lumpur sawit) 4 % atau 40 kg, serabut (*fiber*) 13% atau 130 kg serta limbah cair sebanyak 50% (Mandiri, 2012). Setiap ton TBS kelapa sawit akan menghasilkan rata-rata air limbah 0,7 m<sup>3</sup> atau setiap ton CPO (*Crude Palm Oil*) menghasilkan 3,33 ton LCPKS (Wantanasak *et al.*, 2015). Menurut BPS (2016) pada tahun 2015 Indonesia menghasilkan LCPKS 92.850.000 ton dan tandan kosong 29.476.190 ton. Menurut Nurliana *et al.*, (2015), komposisi tandan kosong kelapa sawit adalah material organik 95,64 ( $\pm 0,33\%$ ), total karbon 41,97 ( $\pm 1,42\%$ ), total nitrogen 0,664 ( $\pm 0,005\%$ ), lignin 20,34 ( $\pm 0,36\%$ ), selulosa 58,42 ( $\pm 0,01\%$ ), hemiselulosa 21,29 ( $\pm 2,86\%$ ). Limbah padat industri kelapa sawit mengandung bahan-bahan organik yang tinggi, diantaranya yaitu N 1.5%, P 0.5%,

K 7.3% dan Mg 0.9% sehingga dapat dimanfaatkan sebagai pupuk organik (Haryanti, 2014). Jika tidak ada pengendalian terhadap TKKS yang menumpuk pada suatu lahan perkebunan kelapa sawit maka akan menimbulkan dampak buruk terhadap lingkungan. Salah satu dampak pencemaran yang dihasilkan yaitu timbulnya bau busuk dari LCPKS dan adanya pelepasan gas metan dari LCPKS. Gas metan yang dilepaskan dari setiap 1 ton limbah kelapa sawit dari kolam anaerobik yaitu rata-rata 12,36 kg (Yacob *et al.*, (2006) dalam Nurliyana, *et al.*, (2015). LCPKS tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bioaktivator proses dekomposisi anerob TKKS dikarenakan terdapat kandungan mikroorganisme yang diharapkan mampu merombak ligniselulosa secara maksimal. Pemanfaatan TKKS memiliki dua metode yaitu secara langsung maupun tidak langsung, secara langsung yaitu digunakan sebagai mulsa sedangkan secara tidak langsung dengan mengomposkannya terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai pupuk organik. Oleh karena itu TKKS tidak dapat langsung diaplikasikan karena mengingat efek pelepasan metana serta waktu yang cukup lama (60-90 hari) untuk bahan organik dapat terdekomposisi sempurna (Nurliyana, *et al.*, (2015).

Selain pemanfaatan TKKS sebagai mulsa dan pupuk organik itu sendiri masih terdapat beragam cara dalam mengelola TKKS salah satunya dapat digunakan sebagai media tanam budidaya jamur merang. Senyawa yang terkandung di dalam limbah padat TKKS memberikan manfaat yang baik untuk pertumbuhan jamur merang. Jamur merang termasuk dalam kelompok jamur pelapuk putih (JPP) merupakan kelompok jamur yang diketahui menghasilkan enzim ligninolitik secara ekstra seluler yang mampu mendegradasi lignin untuk mendapatkan hara yang diperlukan untuk pertumbuhannya. Jamur merang bersifat saprofitik sehingga memerlukan sumber karbon untuk pertumbuhannya. Untuk mencukupi kebutuhan karbon, jamur merang melakukan dekomposisi bahan organik untuk menghasilkan senyawa karbon sederhana di samping hara yang tersedia yang digunakan untuk pertumbuhannya. Menurut Anonymous (2009) TKKS memiliki beberapa senyawa unsur hara yang dapat digunakan sebagai nutrisi untuk pertumbuhan Jamur Merang. Beberapa unsur hara tersebut yaitu sekitar 0,4% N, 0,029 sampai 0,05% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0,15 sampai 0,2% K<sub>2</sub>O. Selain senyawa unsur hara tersebut jamur juga membutuhkan mineral yang bisa diperoleh dari penambahan kalsit (CaCO<sub>3</sub>) dan dolomit

(CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>). Penambahan kapur bertujuan untuk pengatur tingkat keasaman (pH) media tanam dan sebagai sumber kalsium (Ca) yang dibutuhkan oleh jamur untuk pertumbuhannya (Muchroji dan Cahyana, 2002). Menurut Winarno (2004), unsur magnesium yang terdapat dalam dolomit merupakan mineral makrodapat digunakan sebagai aktivator penyedia berbagai enzim yang memiliki keterkaitan dalam metabolisme protein dan karbohidrat. Dengan begitu TKKS memiliki potensi menjadi media tanam jamur merang jika ditinjau dari kandungan nutrisinya dan terutama di daerah Sumatera jumlah TKKS sangat melimpah.

Setelah digunakan sebagai media tanam dalam budidaya jamur merang TKKS tersebut dapat menjadi bahan baku utama dalam membuat pupuk organik cair. Hal ini dilakukan agar TKKS termanfaatkan secara maksimal agar tidak terjadi penumpukan limbah padat bekas media jamur merang pada lingkungan. Keunggulan TKKS bekas media jamur merang ini memiliki kandungan unsur hara yang masih tersisa dari proses penyerapan senyawa mineral oleh jamur merang tersebut. Sehingga dapat digunakan kembali untuk bahan baku utama dalam pembuatan pupuk organik cair. Pupuk organik cair memiliki manfaat memiliki beberapa sifat yang menguntungkan antara lain memperbaiki struktur tanah yang padat menjadi gembur, menyediakan unsur hara pada tanah, dapat memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi.

Kandungan unsur hara pada pupuk organik cair diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, keunggulan pupuk organik cair yaitu mudah terserap oleh tanaman, bersifat homogen dan mengurangi resiko sebagai pembawa hama tanaman, merupakan pupuk yang tidak mudah terlarut oleh air hujan. Proses dekomposisi pupuk organik cair ini dilakukan secara fermentasi *anaerob* dengan pemberian berbagai bioaktivator. Setelah proses dekomposisi secara fermentasi *anaerob* kemudian didapatkan lindi atau *slurry*. Hasil dekomposisi kemudian perlu dianalisis terlebih dahulu untuk mengetahui senyawa mineral yang terkandung dalam pupuk organik cair. Oleh karena itu, dilakukan penelitian pengaruh dekomposer pada perombakan tandan kosong kelapa sawit dengan metode anaerob digester untuk menghasilkan pupuk cair.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain yaitu:

1. Mendapatkan pupuk organik cair dari proses dekomposisi *anaerob* TKKS bekas media tanam jamur merang.
2. Mendapatkan pupuk organik cair dengan perlakuan terbaik dari proses dekomposisi *anaerob* TKKS bekas media tanam jamur merang.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Produksi TKKS yang semakin meningkat seiring berkembangnya pengolahan industri kelapa sawit mengakibatkan dampak pencemaran lingkungan akibat pengolahan TKKS yang kurang maksimal. Dampak buruk bagi lingkungan yang ditimbulkan dari adanya produksi TKKS yang hanya dibiarkan menumpuk ditempat terbuka yaitu gas metan ( $\text{CH}_4$ ) yang dilepaskan secara bebas ke udara dan menimbulkan efek gas rumah kaca (GRK). Selain itu, permasalahan di lingkungan pertanian yaitu penggunaan pupuk kimia yang berlebihan dan terus-menerus sehingga dapat mengakibatkan kerusakan sifat fisik dan kimia tanah di lingkungan sekitar tanah tersebut. Oleh karena itu, untuk menghadapi masalah yang terjadi di industri kelapa sawit dan untuk mengurangi penumpukan limbah padat kelapa sawit yaitu TKKS secara berlebihan, maka dilakukan beragam pengelolaan yang dilakukan agar dapat menanggulangi permasalahan tersebut.

Kegiatan pengelolaan tersebut yaitu menggunakan TKKS sebagai media tanam budidaya jamur merang. Hal ini pilihan yang tepat mengingat jumlah TKKS yang tinggi (BPS Kelapa Sawit, 2017). Penelitian pembuatan pupuk organik cair berbahan baku TKKS bekas media jamur merang bertujuan untuk mengetahui kandungan senyawa mineral yang terkandung didalamnya. TKKS tersebut difermentasi secara *anaerob* dan kemudian dilakukan pengambilan sampel lindiya lalu dilakukan analisa hara makro dan mikro. Lindi hasil fermentasi TKKS secara *anaerob* tersebut digunakan sebagai pupuk organik cair penyedia hara yang dibutuhkan tanaman. Hal ini dapat dijadikan sebagai alternatif dalam memanfaatkan TKKS bekas media jamur merang dan diharapkan dapat dijadikan opsi oleh petani jamur merang agar tidak terjadi penumpukan pada lingkungan.

#### **1.4 Hipotesis**

1. Didapatkan pupuk cair dari proses dekomposisi *anaerob* TKKS bekas media jamur merang.
2. Didapatkan pupuk organik cair dengan perlakuan terbaik dari proses dekomposisi *anaerob* TKKS bekas media jamur merang.

#### **1.5 Kontribusi**

Penelitian ini diharapkan dapat mengetahui kandungan senyawa mineral yang terkandung pada air lindi (*slurry*), memberi kontribusi dan informasi kepada petani jamur merang dalam mengurangi penumpukan tandan kosong kelapa sawit. Bahan organik yang dapat digunakan sebagai pupuk dan dianggap lebih aman dibandingkan pupuk berbahan kimia. Bahan organik tandan kosong kelapa sawit TKKS ini memiliki berbagai keutamaan yaitu bahan baku mudah didapatkan, tidak menimbulkan pengaruh negatif terhadap lingkungan jika dimanfaatkan menjadi pupuk organik cair. Para petani diharapkan dapat memahami terkait pembuatan pupuk ini, bahwa pupuk organik cair dengan bahan baku TKKS dapat dijadikan sebagai alternatif dalam kegiatan pemupukan pada tanaman budidaya.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tandan Kosong Kelapa Sawit

Tandan kosong kelapa sawit merupakan bahan organik yang kaya akan unsur hara N, P, K, yang digunakan sebagai bahan organik pada tanaman kelapa sawit (Sarwono, 2008). Melimpahnya tandan kosong kelapa sawit di lapangan cukup besar sejalan dengan peningkatan jumlah produktivitas dan kapasitas pabrik kelapa sawit dalam mengolah tandan buah segar yang dihasilkan (Winarna, *et al.*, 2007). Tandan kosong kelapa sawit digunakan sebagai bahan organik bagi tanaman perkebunan secara langsung maupun tidak langsung. Pemanfaatan secara langsung ialah dengan menggunakan tandan kosong sebagai mulsa sedangkan secara tidak langsung dilakukan pengomposan terlebih dahulu sebelum diaplikasikan sebagai pupuk cair. Pengembalian bahan organik kelapa sawit ke tanah diharapkan dapat menjaga kelestarian kandungan bahan organik pada tanah yang telah diolah guna memperkaya kandungan hara dalam tanah.

Pengembalian bahan organik ke tanah akan mempengaruhi populasi mikroba tanah secara langsung dan tidak langsung dapat mempengaruhi kesehatan dan kualitas tanah (Widiastuti dan Panji, 2007). Tandan kosong kelapa sawit mencapai 23% dari jumlah pemanfaatan limbah kelapa sawit tersebut sebagai alternatif pupuk organik dan juga dapat memberikan manfaat lain dari sisi ekonomi. Petani di perkebunan dapat menghemat biaya dalam 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. Potensi limbah kelapa sawit dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Jenis, potensi, dan pemanfaatan limbah pabrik kelapa sawit

Jenis	Potensi per Ton TBS (%)	Manfaat
Tandan Kosong	23,0	Pupuk, Kompos, pulp kertas, energy
<i>Wet Decanter Solid</i>	4,0	Pupuk, karbon aktif, papan partikel
Cangkang	6,5	Energi, pulp kertas, papan partikel
Serabut	13,0	Energi, pulp kertas, papan partikel
Limbah cair	50,0	Pupuk, kompos
Air kondensat		Air umpan boiler

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

Potensi yang dimiliki tandan kosong kelapa sawit cukup besar sebagai bahan pembenah tanah dan sumber hara bagi tanaman. Hal tersebut didasarkan pada kandungan yang tersedia di tandan kosong kelapa sawit yang merupakan bahan organik dengan kadar hara yang cukup tinggi. Pemanfaatan tandan kosong kelapa sawit sebagai bahan pengadaan sumber hara ini dapat dilakukan dengan cara aplikasi secara langsung sebagai mulsa atau diolah menjadi kompos (Darmosarkoro dan Rahutomo, 2007). Kandungan hara tandan kosong hasil penelitian dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Analisa kandungan hara tandan kosong kelapa sawit

C (%)	N (%)	P (%)	K (%)	Mg (%)	Cu (%)	Zn (%)	B (%)	C/N
42,8	0,80	0,22	2,90	0,30	23	51	10	53,5

Sumber: Darmosarkoro dan Rahutomo (2007).

Terjadinya peningkatan bahan organik pada tanah maka struktur tanah menjadi kokoh dan kemampuan tanah menahan air bertambah baik. Perbaikan sifat fisik tanah tersebut memiliki dampak positif terhadap pertumbuhan akar dan penyerapan unsur hara (Ditjen PPHP, 2006). Komposisi Kimia Serat Kelapa Sawit (S. Shinoj *et al.*, 2011) yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi Kimia Serat Kelapa Sawit

Unsur	Nilai
Selosa (%)	42.7 – 65
Lignin (%)	13.2 – 25.31
Hemiselulosa (%)	17.1 – 33.5
Holosekulosa (%)	68.3 – 86.3
Kadar abu (%)	1.3 – 6.04
Ekstrak dalam air panas (100°C)	2.8 – 14.79
Kelarutan dalam air dingin (30°C)(%)	8 – 11.46
Alkali larut (%)	14.5 – 31.17
Alfa selulosa (%)	41.9 – 60.6
Kelarutan alcohol – benzene (%)	2.7 – 12
Pentosan (%)	17.8 – 20.3
Glukosa (%)	66.4
Silika (%)	1.8
Cu (g/g)	0.8
Kalsium (g/g)	2.8
Mn (g/g)	7.4
Fe (g/g)	10.0
Sodium (g/g)	11.0

Sumber: S. Shinoj, R. Visvanathan, S. Panigrahi, dan M. Kochubabu (2011).

## 2.2 Limbah cair pabrik kelapa sawit atau POME ( *Palm Oil Mill Effluent* )

Limbah cair industri kelapa sawit memiliki resiko pencemaran lingkungan yang cukup tinggi. Banyak kandungan bahan terlarut yang terdapat dalam limbah cair kelapa sawit atau POME (Wibowo, Martina, dan Muliarahayu, 2018). Bahan yang paling banyak terkandung dalam POME yaitu bahan organik jenis ligniselulosa yang mengandung minyak (Trisakti, Vincent, dan Tandean, 2012). Karakteristik limbah cair kelapa sawit yang bersifat panas, berwarna coklat, kental, dan memiliki bau yang has (Shintawati, Hasanudin, dan Haryanto, 2017). Pabrik Kelapa Sawit memiliki karakteristik limbah cair yang berbeda-beda tetapi pada umumnya mengandung padatan terlarut dan tersuspensi berupa koloid dan residu minyak dengan nilai *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang tinggi, berwarna kecoklatan, dan bersuhu tinggi, seperti yang disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Karakteristik LCPKS.

Parameter (1)	Satuan (2)	Kisaran (3)
<i>Biological oxygen demand</i> (BOD)	mg/l	20.000-30.000
<i>Chemical oxygen demand</i> (COD)	mg/l	40.000-60.000
<i>Total suspended solid</i> (TSS)	mg/l	15.000-40.000



(1)	(2)	(3)
<i>Total solid (TS)</i>	mg/l	30.000-70.000
Minyak dan Lemak	mg/l	5.000-7.000
NH <sub>3</sub> (N-NH <sub>3</sub> )	mg/l	30-40
N-Total	mg/l	500-800
Suhu	<sup>0</sup> C	90-140
pH	-	4-5

Sumber: Lubis, dkk (2014).

Effluent hasil pengolahan pembuatan biogas mempunyai unsur-unsur hara yang mampu memperbaiki struktur fisik tanah, meningkatkan aerasi, peresapan, retensi, dan kelembaban, serta meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan akar tanaman. Komposisi *effluent* diestimasi mengandung komposisi yang relatif sama dengan komposisi pada LCPKS. Hal ini disebabkan karena proses pengolahan biogas dengan cara fermentasi tidak menghilangkan unsur hara tersebut. Hasil dari komposisi keluaran (*effluent*) *digester anaerobic* dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Komposisi keluaran (*effluent*) *digester anaerobic*

Parameter (1)	Satuan (2)	Nilai (3)
<i>Total solid (TS)</i>	mg/L	11.900
<i>Volatile solid (VS)</i>	mg/L	7.500
<i>Total suspended solid (TSS)</i>	mg/L	2.570
<i>Volatile suspended solid (VSS)</i>	mg/L	2.200
<i>Biological oxygen demand (BOD)</i>	mg/L	3.050
<i>Chemical oxygen demand (COD)</i>	mg/L	8.600
N-Total	mg/L	490
(N-NH <sub>3</sub> )	mg/L	65
P-total	mg/L	110
K	mg/L	1.900
Ca	mg/L	23
Mg	mg/L	256
Cd	mg/L	<0,01
As	mg/L	<0,01
Zn	mg/L	0,61
Cr	mg/L	0,04
Hg	mg/L	< 0,0005

Sumber: Lubis, dkk (2014).

### 2.3 Lumpur Aktif Limbah Kelapa Sawit (*Sludge*)

Limbah cair pabrik kelapa sawit berasal dari unit proses pengukusan (sterilisasi), proses klarifikasi dan buangan dari hidrosiklon. Pada umumnya, limbah cair industri kelapa sawit mengandung bahan organik yang tinggi sehingga potensial mencemari air tanah dan badan air seperti 34,20% ekstrak tanpa N (komposisi kimia) dan 13,19 % Glutamat Asam (komposisi asam amino). Sistem pengolahan lumpur aktif yaitu dengan cara pembiakan bakteri aerobik dalam tangki aerasi yang bertujuan untuk penurunan organik karbon atau organik nitrogen. Air limbah bersama lumpur aktif masuk ke dalam tangki aerasi, dimana dilakukan aerasi terus menerus untuk memberikan oksigen. Di dalam tangki aerasi ini, terjadi reaksi penguraian zat organik yang terkandung di dalam air limbah secara biokimia oleh mikroba yang terkandung di dalam lumpur aktif menjadi gas CO<sub>2</sub> dan sel baru.

Jumlah mikroba dalam tangki aerasi akan bertambah banyak dengan dihasilkannya sel-sel baru. Prinsip pengolahan limbah dengan sistem Lumpur aktif pada dasarnya terdiri atas dua unit proses utama, yaitu bioreaktor (tangki aerasi) dan tangki sedimentasi. Dalam sistem lumpur aktif, limbah cair dan biomassa dicampur secara sempurna dalam suatu reaktor dan diaerasi. Lumpur aktif (*activated sludge*) adalah suatu gabungan *flok* (massa) yang mengandung beberapa mikroba yang heterogen yang terdiri dari berbagai bakteri, yeast, jamur dan protozoa, dan juga “*organic matter*” serta “*slime material*”. Umumnya lumpur aktif mempunyai komposisi 70% - 90% bahan organik dan 10% bahan anorganik.

Struktur *flok* lumpur aktif cenderung bermuatan negatif sebagai hasil interaksi kimia-fisika antara mikroorganisme (khususnya bakteri), partikel organik (oksida silikat, fosfat, besi), polimer eksoseluler dan berbagai kation. Proses ini pada dasarnya merupakan pengolahan aerobik yang mengoksidasi material organik menjadi CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub> dan sel biomassa baru. Proses ini menggunakan udara yang disalurkan melalui pompa *blower* atau melalui aerasi mekanik. Sel mikroba membentuk *flok* yang membentuk *flok* yang akan mengendap di tangki pengendapan (B. Gabriel, 2005).

## 2.4 Kotoran Sapi (*Manure*)

Kotoran ternak merupakan bahan baku utama yang digunakan dalam pembuatan biogas karena mengandung pati dan lignoselulosa (Deublein dan Steinhauser, 2008). Kotoran ternak dapat dimanfaatkan sebagai pupuk dan sisanya digunakan untuk memproduksi gas metana dengan proses anaerob. Salah satu kotoran ternak yang biasa dimanfaatkan sebagai pupuk dan bahan baku biogas adalah kotoran sapi. Kotoran sapi merupakan biomassa yang memiliki kandungan berupa karbohidrat, protein dan lemak. Menurut Drapcho, *et al.* (2008) biomassa yang mengandung karbohidrat tinggi akan menghasilkan gas metana yang rendah dan CO<sub>2</sub> yang tinggi, jika dibandingkan dengan biomassa yang mengandung protein dan lemak dalam jumlah yang tinggi.

Secara teori, produksi metana yang dihasilkan dari karbohidrat, protein, dan lemak berturut-turut adalah 0,37; 1,0; 0,58 m<sup>3</sup> CH<sub>4</sub> /kg bahan kering organik. Kotoran sapi memiliki ketiga unsur organik tersebut, sehingga dinilai lebih efektif untuk dikonversi menjadi gas metana (Drapcho, *et al.*, 2008). Kotoran sapi adalah limbah dari kegiatan hasil peternakan sapi yang bersifat padat dan pada proses pembuangannya selalu bercampur dengan urin dan gas. Kandungan unsur hara yang ada pada kotoran sapi berbeda-beda tergantung pada tingkatan produksinya, jenis, serta jumlah konsumsi pakan masing-masing individu ternak tersebut (Abdulgani, 1988). Kandungan unsur hara dalam kotoran sapi, terdiri atas nitrogen (0,29%), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0,17%) dan K<sub>2</sub>O (0,35%) (Hardjowigeno, 2003). Kandungan hara yang tinggi pada kotoran sapi memiliki energi yang berpotensi untuk dijadikan sebagai bahan baku penghasil biogas (Sucipto, 2009).

## 2.5 *Effective Microorganism* (EM4)

EM4 adalah cairan berwarna kecoklatan yang didalamnya berupa campuran beberapa mikroorganisme hidup yang menguntungkan bagi proses penyerapan/persediaan unsur hara dalam tanah. EM4 merupakan campuran dari mikroorganisme baik yang terdiri dari lima kelompok, 10 genus 80 spesies dan setelah di lahan menjadi 125 Spesies. Mikroorganisme yang baik tersebut terdiri dari bakteri fotosintetik, bakteri asam laktat, ragi, *actinomycetes*, dan jamur peragian. Oleh karena itu, EM4 tidak termasuk dalam bahan kimia yang berbahaya

seperti pestisida, obat serangga atau pupuk kimia lainnya. EM4 berupa larutan coklat dengan pH 3,5-4,0 serta mengandung mikroorganisme aerob dan anaerob. Bahan terlarut seperti asam amino, sacharida, alkohol dapat diserap langsung oleh akar tanaman. Bakteri fotosintetik membentuk zat-zat bermanfaat yang menghasilkan asam amino, asam nukleat dan zat-zat bioaktif yang berasal dari gas berbahaya dan berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara.

EM4 berfungsi untuk mengikat nitrogen dari udara, menghasilkan senyawa yang berfungsi antioksidan, menekan bau limbah, menggemburkan tanah, meningkatkan daya dukung lahan, meningkatkan kualitas air. Bakteri asam laktat berfungsi untuk fermentasi bahan organik jadi asam laktat, percepat perombakan bahan organik, lignin dan selulosa, dan menekan pathogen dengan asam laktat yang dihasilkan. *Actinomyces* menghasilkan zat anti mikroba dari asam amino yang dihasilkan bakteri fotosintetik. Ragi menghasilkan zat antibiotik, menghasilkan enzim dan hormon, sekresi ragi menjadi substrat untuk mikroorganisme efektif bakteri asam laktat *actinomyces*. Cendawan fermentasi mampu mengurai bahan organik secara cepat yang menghasilkan alkohol ester anti mikroba, menghilangkan bau busuk. EM4 digunakan untuk meningkatkan kandungan humus tanah sehingga mampu memfermentasikan bahan organik menjadi asam amino.

## 2.6 Prinsip Pengomposan

Pengomposan merupakan suatu teknik pengolahan bahan organik untuk dijadikan pupuk organik yang berguna bagi pertanian dan tidak mengakibatkan dampak berbahaya bagi lingkungan maupun penggunaannya (Suyono dan Budiman, 2010). Proses pengomposan dapat dilakukan secara *aerob* (dengan udara) ataupun secara *anaerob* (tanpa udara) (Purwendro dan Nurhidayat, 2006). Material yang dapat digunakan sebagai bahan baku produksi kompos yaitu berupa bahan-bahan organik yang terdapat di sekitar lingkungan, seperti ganik rumah tangga, sampah-sampah organik pasar atau kota, limbah peternakan, limbah-limbah pertanian, limbah-limbah agroindustri, maupun limbah hasil pengolahan industri (Fitriani, 2016).

Menurut isro'i (2007) proses pengomposan mengalami 2 tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan. Tahap awal pengomposan terjadi penguraian oksigen

dan senyawa-senyawa yang mudah didegradasi untuk dimanfaatkan oleh bakteri mesofilik. pH pupuk meningkat seiring dengan bertambahnya suhu pupuk akibat aktivitas mikroorganisme hingga mencapai 50°C sampai 70°C. Bakteri yang banyak bekerja pada suhu tinggi yaitu jenis termofilik, yaitu merupakan bakteri yang mampu hidup dalam kondisi ekstrim atau suhu tinggi. Kondisi ini merupakan saat dimana proses penguraian berjalan sangat aktif, hasil dari penguraian tersebut diantaranya yaitu CO<sub>2</sub>, uap air, dan panas. Suhu mengalami penurunan searah dengan kesempurnaan proses dekomposisi yang terjadi (Fitriani, 2016).

## **2.7 Teknologi Anaerobic Digester**

Sistem anaerobik yang digunakan dalam penelitian ini terdiri sebagai berikut :

### **A. Tabung Penampung (Reaktor)**

Tabung reactor merupakan tempat terjadinya proses pencernaan bahan baku secara anaerob. Dimana dalam pembuatan skala laboratorium menggunakan beberapa kriteria, yaitu :

- a. Bagian tutup diberi lubang sebagai tempat pemasangan kran untuk selang tempat keluarnya gas
- b. Bagian tutup atas diberi lem silikon dan ditutup dengan menggunakan penjepit (klem).
- c. Bagian bawah drum plastik diberi lubang untuk kran untuk digunakan sebagai tempat mengeluarkan air lindi (*slurry*).
- d. Kapasitasnya sesuai dengan kapasitas bahan baku dengan persentase 20% volume gas dan 80% volume bahan baku.
- e. Tidak bersifat korosif dan dapat menyimpan kalor, sehingga menggunakan drum plastik.

### **B. Inlet dan Outlet**

*Inlet* adalah tempat untuk memasukkan bahan baku. Konstruksi *inlet* pada alat ini adalah sangat sederhana yaitu langsung melalui mulut drum plastik, tutup dibuka lalu dimasukkan hasil pencacahan tandan kosong kelapa sawit (TKKS) ke dalam tabung reaktor. *Outlet* berfungsi untuk mengeluarkan bahan baku yang terletak di bagian bawah tabung reaktor.

## 2.8 Pupuk Organik Cair

Pupuk organik cair merupakan larutan yang didapatkan dari sisa pembusukan material organik yang mempunyai kandungan unsur hara lebih dari satu (Gultom dan Prabatiwi, 2018). Kelebihan yang dimiliki pupuk cair yaitu dapat mengatasi defisiensi tanah secara cepat dan dapat digunakan dalam waktu sesering mungkin. Pupuk cair dapat menyediakan kebutuhan unsur hara secara cepat dan tidak merusak tanah. Selain digunakan sebagai pemulihan sifat biologis dan fisik tanah, pupuk cair juga dapat digunakan sebagai bioaktivator dalam proses pembuatan kompos (Lingga dan Marsono, 2003). Menurut Gultom dan Prabatiwi (2018), beberapa kelebihan dan manfaat dari pupuk organik cair, yaitu:

1. Dapat mendorong dan meningkatkan pembentukan klorofil daun dan pembentukan bintil akar pada tanaman leguminosae sehingga meningkatkan kemampuan fotosintesis tanaman dan penyerapan nitrogen dari udara.
2. Dapat meningkatkan vigor tanaman sehingga tanaman menjadi kokoh dan kuat, meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan, cekaman cuaca dan serangan patogen penyebab penyakit.
3. Merangsang pertumbuhan cabang produksi.
4. Meningkatkan pembentukan bunga dan bakal buah, serta
5. Mengurangi gugurnya daun, bunga dan bakal buah.

Menurut Lingga dan Marsono (2001) pupuk organik mempunyai kandungan utama yang dapat memperbaiki sifat fisik maupun biologi tanah meskipun dalam jumlah yang sedikit, beberapa kandungan tersebut diantaranya yaitu pupuk makro berupa N, P, dan K serta beberapa unsur mikro seperti magnesium, kalsium, karbon. Berikut ini merupakan standar kualitas pupuk organik cair berdasarkan peraturan menteri pertanian RI yang disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Persyaratan teknis minimal pupuk organik cair pupuk hayati, dan pembenah tanah berdasarkan peraturan menteri pertanian RI.

No.	PARAMETER	SATUAN	STANDAR MUTU
1.	C-organik	%	minimum 10
2.	Hara makro : N + P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + K <sub>2</sub> O	%	2 - 6
3.	N-organik	%	minimum 0,5
4.	Hara mikro**		
	Fe total	ppm	90 – 900
	Mn total	ppm	25 – 500
	Cu total	ppm	25 – 500
	Zn total	ppm	25 – 500
	B total	ppm	12 – 250
	Mo total	ppm	2 – 10
5.	pH	-	4 – 9
6.	<i>E.coli</i>	cfu/ml atau MPN/ml	< 1x10 <sup>2</sup>
	<i>Salmonella sp</i>	cfu/ml atau MPN/ml	< 1x10 <sup>2</sup>
7.	Logam berat		
	As	ppm	maksimum 5,0
	Hg	ppm	maksimum 0,2
	Pb	ppm	maksimum 5,0
	Cd	ppm	maksimum 1,0
	Cr	ppm	maksimum 40
	Ni	ppm	maksimum 10
8.	Unsur/ senyawa lain***		
	Na	ppm	maksimum 2.000
	Cl	ppm	maksimum 2.000

Sumber: Peraturan Menteri Pertanian RI Nomor 261, (2019).