

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### A. Kelapa sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu produk yang banyak diminati oleh investor karena memiliki nilai ekonomi yang cukup tinggi. Sentra produksi kelapa sawit berasal dari tujuh provinsi yang memberikan kontribusi sebesar 81,80 % di Indonesia (Fauzi dkk., 2012). Tandan Kosong Kelapa sawit yang digunakan dalam penelitian merupakan spesies *Elaeis guineensis* (Pahan, 2008).

Peningkatan industri pengolahan kelapa sawit menyebabkan terjadinya peningkatan limbah hasil pengolahan kelapa sawit. Limbah yang paling banyak dihasilkan oleh perkebunan kelapa sawit adalah Tandan kosong sawit (TKS). Jumlah tandan kosong kelapa sawit dapat mencapai 30-35% dari berat tandan buah segar setiap pemanenan. Tandan kosong kelapa sawit memiliki kandungan serat yang tinggi. Kandungan utama dari tandan kosong kelapa sawit adalah selulosa yang mencapai 54-60% dan lignin sebesar 22-27% (Hambali dkk., 2007).

Tandan kosong kelapa sawit (TKKS) dapat dimanfaatkan sebagai alternatif pupuk organik. Pupuk organik yang dihasilkan dari TKKS berupa pupuk kompos dan pupuk kalium. Prinsip pengomposan TKKS yaitu untuk menurunkan nisbah C/N yang terkandung pada tandan agar mendekati nisbah C/N tanah. Proses pengomposan tandan kosong kelapa sawit dapat dibiarkan di

udara terbuka selama enam minggu (Fauzi dkk., 2012). Tandan kosong kelapa sawit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Tandan Kosong Kelapa Sawit

Menurut Hayat dan Andayani (2014), tandan kosong kelapa sawit mengandung kadar hara N total (1,91%), K (1,51%), Ca (0,83%), P (0,54%), Mg (0,09%), C-organik (51,23%), C/N ratio 26,82%, dan pH 7,13. Tandan kosong kelapa sawit yang digunakan sebagai kompos memiliki kelebihan, yaitu memiliki kandungan kalium yang tinggi, tanpa penambahan *starter* dan bahan kimia, dapat menambah unsur hara di dalam tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi. Menurut Fauzi dkk. (2012), kompos yang berasal dari tandan kosong kelapa sawit bersifat homogen dan dapat mengurangi resiko sebagai pembawa hama tanaman, dapat diaplikasikan sembarangan musim, tidak terdapat pencemaran atau polusi pada proses pengomposan karena tidak menggunakan cairan asam dan bahan kimia, serta proses pengomposan tidak menghasilkan limbah.

## B. Kotoran kambing

Menurut Rahmah dkk. (2014), kotoran kambing memiliki bentuk butiran yang susah pecah secara fisik, sehingga bentuk ini dapat berpengaruh pada proses dekomposisi. Ukuran partikel kotoran kambing mengalami pengecilan ukuran partikel oleh mikroorganismenya. Mikroorganismenya yang bertugas memperkecil ukuran partikel sehingga bertambahnya luas permukaan dan mempercepat proses pengomposan adalah mikroorganismenya mesofilik yang hidup pada temperatur 10°C-45°C. Kandungan unsur hara kotoran sapi, kambing, domba, dan ayam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Unsur Hara Kotoran Sapi, Kambing Domba, dan Ayam (Mujiyo dan Suryono, 2016).

Jenis hewan	Unsur Makro (%)				Unsur Mikro			
	N	P	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn
Ayam	1,72	1,82	2,18	9,23	610	3475	160	501
Sapi	2,04	0,76	0,82	1,29	520	2597	56	239
Kambing	2,43	0,07	1,35	1,95	468	2891	42	291
Domba	2,03	1,42	1,65	2,45	490	2188	23	225

Pupuk organik berasal dari campuran urine, feses, dan sisa pakan. Feses kambing-domba mengandung air yang lebih sedikit, sehingga proses dekomposisinya lebih mudah. Analisis terhadap kandungan nitrogen yang dilakukan pada feses kambing-domba mengandung bahan kering dan nitrogen sebesar 40-50%. Variasi kandungan bahan kering dan nitrogen tersebut dipengaruhi oleh bahan penyusun ransum, tingkat kelarutan nitrogen pakan, nilai biologis ransum, dan kemampuan ternak dalam mencerna ransum (Mathius, 1994).

### C. Pupuk Organik

Pupuk organik yang didefinisikan oleh *International Organization for Standardization* (ISO) yaitu bahan organik atau bahan karbon, yang umumnya berasal dari tumbuhan atau hewan, yang dapat menjadi sumber hara jika ditambahkan ke dalam tanah secara spesifik dan umumnya mengandung nitrogen yang berasal dari tumbuhan atau hewan. Pupuk organik dapat berasal dari kotoran hewan, limbah, dan bahan tanaman, misalnya pupuk kandang dari ternak besar atau kecil, hijauan tanaman rerumputan, perdu, semak, pohon, limbah pertanian berupa jerami padi, batang jagung, sekam, dan limbah agroindustri. Pupuk organik merupakan bahan yang paling baik untuk pembenah dan alami dibandingkan dengan bahan pembenah buatan, sehingga pupuk organik dapat membuat struktur tanah menjadi baik dan bahan organik menjadi tercukupi. Tanah yang dibenahi dengan pupuk organik memiliki kemampuan mengikat air lebih besar dibandingkan dengan tanah yang memiliki kandungan organik rendah (Sutanto, 2002).

Prasetyo dkk. (2014), melakukan penelitian menggunakan kombinasi kompos yang berasal dari kotoran sapi dan paitan pada tanaman tomat. Perlakuan kompos sapi 75% dan paitan 25% menunjukkan jumlah bunga dan jumlah buah lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Kombinasi kompos dengan perlakuan kompos sapi 75% dan paitan 25% menghasilkan hasil bobot buah segar yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain.

Menurut Murbandono (2015), pupuk organik merupakan hasil akhir dari proses penguraian sisa tanaman atau hewan. Pupuk yang berasal dari bahan

alami tersebut harus memenuhi beberapa syarat agar disebut sebagai pupuk organik, yaitu :

1. Zat N dapat dengan mudah diserap dalam bentuk senyawa organik.
2. Pupuk tidak meninggalkan sisa organik di tanah.

Pupuk organik pada umumnya mengandung hara makro N, P, K yang rendah, tetapi mengandung hara mikro dengan jumlah yang cukup yang sangat diperlukan oleh tanaman. Bahan organik tersebut melepaskan nitrogen dan unsur hara lain secara perlahan melalui proses mineralisasi. Pupuk organik yang diberikan secara berkesinambungan dapat membantu proses kesuburan tanah (Sutanto, 2002).

Menurut Badan Standar Nasional (2004), standar kualitas kompos dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Standar Kualitas Kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004

No	Parameter	Minimum	Maksimum	Satuan
1	Kadar air	-	50,00	%
2	Warna	Kehitaman		
3	Bau	Berbau tanah		
4	pH	6,80	7,49	
5	Karbon	9,80	32,00	%
6	Rasio C/N	10,00	20,00	
7	Nitrogen	0,40	-	%
8	Phosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0,10	-	%
9	Kalium (K <sub>2</sub> O)	0,20	*	%
10	Magnesium (Mg)	*	0,60	%
11	Besi (Fe)	*	2,00	%

Keterangan : \* Nilai lebih besar dari minimum atau lebih kecil dari maksimum

#### D. Prinsip Pengomposan

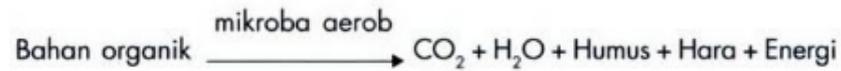
Bahan organik tidak dapat digunakan dan dimanfaatkan oleh tanaman secara langsung karena perbandingan C/N yang relatif tinggi atau tidak sama

dengan C/N tanah. C/N merupakan nilai perbandingan karbohidrat dan nitrogen, dimana nilai C/N tanah sekitar 10-12. Nilai C/N yang mendekati atau sama dengan C/N tanah maka bahan tersebut dapat diserap atau digunakan oleh tanaman. Bahan organik segar umumnya mempunyai C/N yang tinggi (Djuarnani dkk., 2005).

Prinsip pengomposan yaitu menurunkan C/N ratio bahan organik sehingga sama dengan C/N tanah (<20). Nilai C/N yang semakin tinggi menyebabkan proses pengomposan yang semakin lama. Proses pengomposan yang menyebabkan terjadinya perubahan kadar karbohidrat menjadi hilang atau turun dan senyawa N yang larut (amoniak) meningkat, sehingga C/N menjadi semakin rendah dan relatif mendekati C/N tanah (Djuarnani dkk., 2005).

#### **E. Proses pengomposan**

Menurut Djuarnani dkk. (2005), proses dekomposisi secara aerobik merupakan modifikasi biologis pada struktur kimia atau biologi dari bahan organik menggunakan oksigen. Proses ini memanfaatkan koloni bakteri yang ditandai dengan perubahan temperatur. Bakteri Psycrophile berperan pada temperatur 35°C, bakteri mesofilik berperan pada temperatur 35-55°C, dan bakteri termofilik berperan pada temperatur tinggi (diatas 80°C). Proses dekomposisi bahan organik yang dilakukan secara aerobik menghasilkan CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O (air), humus, dan energi. Reaksi proses dekomposisi bahan organik secara aerobik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Proses dekomposisi bahan organik secara aerobik (Djuarnani dkk., 2005).

Hasil pengomposan yang dilakukan secara aerobik yaitu, berwarna cokelat gelap, dan remah. Mikroorganisme selama hidupnya menggunakan air dan oksigen diudara dan makanan yang diperoleh berasal dari bahan organik yang diubah menjadi produk metabolisme berupa  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , humus, dan energi. Energi yang dihasilkan sebagian digunakan untuk proses pertumbuhan dan reproduksi dan sebagian dilepaskan ke lingkungan sebagai panas.

#### F. Tahap Pengomposan

Menurut Sutanto (2002), proses dekomposisi bahan organik terdiri dari tiga tahap, yaitu dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Tahap pengomposan

Tahapan	Pematangan bahan	Produk	Kategori kematangan
Tahap dekomposisi dan sanitasi	Pra-matang/dekomposisi intensif	Kompos segar	II
Tahap konversi	Pematangan utama	Kompos segar	III
Tahap sintetik	Pasca pematangan	Kompos matang	IV dan V

Tahap awal atau dekomposisi intensif menghasilkan suhu yang cukup tinggi dengan waktu yang relatif pendek dan bahan organik berubah menjadi senyawa lain setelah terdekomposisi. Tahap pematangan utama dan pasca pematangan bahan yang sedikit sulit terdekomposisi akan terurai dan

membentuk ikatan kompleks lempung humus. Kompos yang telah matang merupakan produk yang dihasilkan (Sutanto, 2002).

Tahapan pra-pematangan berlangsung perubahan suhu selama pengomposan. Proses tersebut diawali dengan aktifnya mikroorganisme mesofilik kemudian digantikan oleh bakteri termofilik (pada suhu  $> 40^{\circ}\text{C}$ ). Suhu akan mencapai  $60^{\circ}\text{C}$ – $70^{\circ}\text{C}$  bahkan lebih terutama pada bagian dalam kompos sehingga menyebabkan semua jenis patogen mati. Suhu yang terlalu tinggi (diatas  $70^{\circ}\text{C}$ ) menyebabkan aktivitas mikrobia terhambat sehingga proses dekomposisi senyawa organik terhambat. Suhu yang mengalami kenaikan berlebihan dapat dilakukan tindakan berupa pencampuran bahan kompos dan membuat sirkulasi udara lebih baik. Proses dekomposisi berakhir ditandai dengan penurunan suhu dan berakhirnya tahap sanitasi sehingga disebut kompos segar (Sutanto, 2002).

Tahap pra-pematangan membutuhkan waktu antara 4 sampai 6 minggu tergantung dengan karakteristik komposisi bahan, pengaruh iklim, sirkulasi udara, kandungan air, dan fruktiasi musiman. Proses pembalikan kompos dilakukan setiap 14 hari. Tahap pematangan utama (tahap konversi) memerlukan sedikit oksigen. Tahap konversi menyebabkan suhu menjadi  $30$ – $40^{\circ}\text{C}$ . proses dekomposisi pada tahap konversi tidak dapat ditentukan tergantung dengan kondisi udara ambien. Tahap dekomposisi pada tahap ini dipengaruhi oleh hujan yang turun tidak terduga karena pada tahap ini bahan kompos dapat menyerap air cukup banyak (Sutanto, 2002).

Tahap pasca-pematangan (tahap sintesis) terbentuk kompleks lempung humus. Kompos yang semakin matang menyebabkan kandungan hara kompos yang tersedia untuk tanaman menjadi turun dan dikarakterisasi dengan perbaikan sifat fisik tanah. Tahap pasca-pematangan ini ditandai dengan suhu yang lebih rendah dibandingkan tahap dekomposisi utama dan pada proses pendinginan terjadi pencampuran komponen mineral dan organik yang dibantu populasi organisme dan cacing tanah (Sutanto, 2002).

#### **G. Karakterisasi Bakteri**

Budiarti dan Kartika (2016), melakukan penelitian isolasi bakteri pendegradasi limbah tandan kosong kelapa sawit. Hasil identifikasi yang dilakukan memperoleh 18 isolat hasil *skining* yang termasuk kedalam genus *Bacillus/A*, *Actinomycetes*, *Bifidobacterium*, *Planococcus*, *Bacillus/S*, *Khurtia*, *Acidaminococcus*, *Micrococcus*, *Agrobacterium*, *Micromonospora*, *Pediococcus*, *Pseudomonas*, *Stoptylococcus*, *Flavobacterium*, *Streptomyces*, *Cellulomonas*, *Ruminococcus*, dan *Clostridium*. Hidayati dkk. (2005), melakukan isolasi bakteri pada proses pengomposan kotoran domba diakhir minggu pertama diidentifikasi bakteri golongan mesofilik yaitu *Enterobacter* sp. dan *Eschericia coli*, sedangkan proses pengomposan pada minggu kedua dan minggu ketiga diperoleh bakteri yang dapat diisolasi adalah golongan termofilik yaitu *Bacillus* sp. Proses pengomposan pada minggu keempat diperoleh bakteri golongan mesofilik yaitu *Bacillus* sp. Menurut Azizah dkk.

(2014), beberapa isolat yang memiliki aktivitas hemiselulase dan selulase adalah isolat bakteri *Cellulomonas*, *Bacillus*, *Micrococcus* dan *Rhodothermus*.

Menurut Budiarti dan Kartika (2016), limbah yang mengandung bahan organik perlu didegradasi oleh mikrobial, salah satu teknik yang digunakan yaitu isolasi. Pembuatan isolat bakteri dapat dilakukan dengan mengambil sampel mikrobiologi dari lingkungan yang ingin diteliti. Isolat yang diperoleh umumnya menggunakan pengkultivasi dengan metode *spread* atau media sebaran pada media padat.

Tahap pengisolasi bakteri yang terdapat pada tandan kosong kelapa sawit menurut Budiarti dan Kartika (2016), dilakukan dalam tiga tahapan. Isolasi tahapan pertama digunakan isolasi kultur murni hingga diperoleh isolat murni. Tahapan kedua dengan menginokulasi isolat pertama sehingga diperoleh isolat kedua. Tahapan selanjutnya yaitu mengidentifikasi isolat yang diperoleh secara morfologi (bentuk koloni, tepi koloni, elevasi, warna permukaan koloni, penampakan koloni, bentuk sel, dan sifat gram) dan dilanjutkan dengan tes biokimia dengan menggunakan kunci identifikasi *Bergey Manual Determinative of Bacteriologis*.

Isolasi bakteri merupakan suatu teknik agar sebar dengan cara menyebarkan suspensi bakteri yang sebelumnya telah diencerkan pada permukaan medium agar dengan sebuah alat dari gelas. Teknik ini memiliki keuntungan berupa pertumbuhan koloni menyebar, sehingga mempermudah dalam proses pengambilan koloni untuk digunakan pada tahap uji selanjutnya. Tahapan yang dilakukan selanjutnya adalah identifikasi jenis mikroba

berdasarkan sifat yang dimiliki dengan pengujian morfologi dan sifat biokimia (Lay, 1994).

Penentuan jumlah koloni bakteri dominan dihitung dengan menggunakan metode *plate count* yang menurut Nurhayati dan Samallo (2013), perhitungan dengan metode *plate count* membuat koloni dapat dilihat secara langsung dengan mata tanpa menggunakan mikroskop sehingga jumlah koloni bakteri dapat dihitung. Standar cara hitung cawan menggunakan suatu standar yang disebut *Standar Plate Count (SPC)* menurut Waluyo (2008), yaitu:

1. Cawan yang dipilih dan dihitung yang mengandung jumlah koloni antara 30-300, dan koloni yang bergabung dapat dihitung sebagai satu koloni.
2. Deretan rantai koloni yang terlihat sebagai suatu garis tebal dihitung sebagai satu koloni.
3. Koloni bakteri disebut *spreader* jika koloni yang menutup lebih besar dari setengah luas petri.

Mikrobia akan melakukan metabolisme dengan bantuan energi, dimana energi tersebut digunakan untuk membentuk biomolekul penyusun sel. Kegiatan metabolisme mikrobia dapat diamati dengan melakukan beberapa pengujian biokimiawi dengan reagen tertentu. Kemampuan bakteri menggunakan senyawa tertentu sebagai sumber karbon dan sumber energi, dapat digunakan untuk mengidentifikasi mikrobia (Lehninger, 1995).

## H. Hipotesis

1. Pupuk organik dari limbah tandan kosong kelapa sawit dengan penambahan kotoran kambing yang mengandung hara terbaik sesuai standar SNI adalah pada komposisi perlakuan A (75% : 25%).
2. Isolat bakteri dominan yang dapat diisolasi dari limbah tandan kosong kelapa sawit yaitu Genus *Aeromonas* sp., Genus *Bacillus* sp., dan Genus *Escherichia* sp.

