

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kayu Jati (*Tectona Grandis*)

Serbuk gergaji adalah serbuk kayu berasal dari kayu yang dipotong dengan gergaji. Kayu jati memiliki nama latin *Tectona grandis*. Kayu sendiri memiliki sebuah perbandingan C (Carbon) dan N (Nitrogen) yang sangat tinggi. Biasanya perbandingan dari C dan N yang didapatkan dari sebuah contoh limbah kayu seperti limbah hasil serutan kayu, didapatkan sebuah nilai yang sangat tinggi. Bahan organik yang segar mempunyai C/N yang tinggi, contohnya jerami padi mencapai 50-70, cabang tanaman 15-60, dan kayu yang telah tua dapat mencapai 400 [10]. Serbuk gergaji kayu jati mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin dan zat ekstraktif kayu. Dinding sel tersusun sebagian besar oleh selulosa. Lignin adalah suatu campuran zat-zat organik yang terdiri dari zat karbon (C), zat air, dan oksigen. Lignin mempunyai ikatan kimia dengan hemiselulosa bahkan ada indikasi mengenal adanya ikatan-ikatan antara lignin dan selulosa. Ikatan-ikatan tersebut dapat berupa tipe-tipe ester atau eter diusulkan bahwa ikatan-ikatan glikosida merupakan penyatu lignin dan polisakarida. Komponen kimia didalam kayu mempunyai arti penting, karena menentukan kegunaan sesuatu jenis kayu juga dengan mengetahuinya kita dapat membedakan jenis kayu. Kayu jati merupakan kayu serba guna, umumnya digunakan untuk berbagai keperluan seperti furniture dan perkakas, selain itu serbuk gergajinya dapat pula digunakan sebagai bahan pembuat briket dan juga sebagai zat penjerap. Serbuk gergaji kayu merupakan limbah industri kayu yang ternyata dapat digunakan sebagai zat penyerap logam berat. Komponen kayu jati secara lengkap dapat dilihat pada Tabel 2.1:

Tabel 2. 1 Komposisi kayu jati (*Tectona Grandis*) [11]

No.	Sifat	Satuan	Nilai
1.	Berat jenis	Kg/cm <sup>3</sup>	0,62 – 0,75 (rata-rata 0,67)
2.	Tegangan pada batas proporsi	Kg/cm <sup>3</sup>	718
3.	Tegangan pada batas patah	Kg/cm <sup>3</sup>	1031

No.	Sifat	Satuan	Nilai
4.	Modulus elastisitas	Kg/cm <sup>3</sup>	127700
5.	Tegangan tekan sejajar serat	Kg/cm <sup>3</sup>	550
6.	Tegangan geser arah radial	Kg/cm <sup>3</sup>	80
7.	Tegangan geser arah tangensial	Kg/cm <sup>3</sup>	89
8.	Kadar selulosa	%	47,5
9.	Kadar lignin	%	29,9
10.	Kadar pentosa	%	14,4
11.	Kadar abu	%	1,4
12.	Kadar silica	%	0,4
13.	Serabut	%	66,3
14.	Kelarutan dalam alcohol bensen	%	4,6
15.	Kelarutan dalam air dingin	%	1,2
16.	Kedalaman dalam air panas	%	11,1
17.	Kelarutan dalam NaOH 1%	%	19,8
18.	Kadar air saat titik jenuh serat	%	28
19.	Nilai kalor	Cal/gram	5081
20.	Kerapatan	Cal/gram	0,44

Berikut ini merupakan limbah serbuk gergaji yang ditampilkan pada gambar 2.1.



*Sumber: dokumentasi pribadi*

Gambar 2. 1 Serbuk gergaji kayu jati

Kayu jati memiliki kandungan yang sebagian besar terdiri dari selulosa (40- 50%), hemiselulosa (20-30%), lignin (20-30%) dan sejumlah kecil bahan-bahan anorganik. Karena sifat dan karakteristiknya yang unik, kayu jati paling banyak digunakan untuk keperluan konstruksi dan dekorasi. Sehingga kebutuhan kayu jati terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana [12].

## 2.2 Dekomposer

Dekomposer adalah starter komersial yang mengandung beberapa jenis mikrobakteri seperti *Actinomycetes*, *Pseudomonas*, *Lactobacillus*, *Trichoderma*, *Acetobacter*, dan *Rhizobium* yang dapat mempercepat dan meningkatkan proses fermentasi [13]. Terdapat beberapa dekomposer yang diantaranya berasal dari [14]:

1. Bakteri. Bakteri yang hidup dalam tanah memegang peranan penting dalam meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman, sehubungan dengan kemampuannya dengan mengikat N<sub>2</sub> dari udara dan mengubah ammonium menjadi nitrat.
2. *Aktinomisetes*, tiga genus dari *aktinomistes* yang baik berada dalam tanah, yaitu species *Nokordia*, yang sangat berhubungan dengan bakteri, terutama pada *Mycobakteria*, *Crynebakteri*, species yang termasuk genus *Streptomyces* dan *Micromonspora* adalah lebih rapat hubungannya pada fungi.
3. Fungi, termasuk ke dalamnya, golongan-golongan besar antara lain golongan *Fikomisetes*, *Askomisetes*, *Hipomisetes* atau cendawan imperfekti dan *Basidomisetes*.
4. Algae (ganggang). Merupakan tanaman mikroskopis, tanaman tingkat rendah yang mempunyai klorofil dengan jaringan tubuh yang tidak berderferensi, tidak membentuk akar, batang dan daun.
5. Protozoa. Protozoa makhluk hidup uniseluler, dengan ukuran yang beragam antara 3 sampai 1.000  $\mu\text{m}$ .
6. Cacing tanah. Manfaat cacing tanah sebagai agensia pendekomposer dapat dijelaskan sebagai berikut:
  - a. Dapat mempercepat pelapukan sisa sisa tanaman.

- b. Kotoran cacing dapat meningkatkan kesuburan tanah atau kadar NPK pada tanah yang di huninya.
- c. Lorong lorong yang dibuatnya dalam tanah (terutama pada lapisan top soil) memungkinkan masuknya udara sehat ke dalam tanah dan terdesaknya kelebihan zat CO<sub>2</sub> ke luar dalam tanah.

## **2.3 Kompos**

### **2.3.1 Pengertian dan Manfaat Pengomposan**

Kompos adalah hasil penguraian parsial/tidak lengkap dari campuran bahan-bahan organik yang dapat dipercepat secara artifisial oleh populasi berbagai macam mikroba dalam kondisi lingkungan yang hangat, lembab, dan aerobik atau anaerobik [15]. Kompos merupakan hasil fermentasi atau dekomposisi dari bahan-bahan organik seperti tanaman, hewan, atau limbah organik lainnya [16]. Kompos sebagai pupuk organik mempunyai fungsi untuk memperbaiki struktur tanah, menaikkan daya serap tanah terhadap air, dan meningkatkan daya ikat tanah terhadap unsur hara. Kompos juga mengandung zat hara yang lengkap yang dibutuhkan oleh tanaman. Pupuk organik sering digunakan sebagai pupuk dasar yang diberikan sebelum tanaman ditanam di lahan. Pupuk tersebut terbuat dari bahan yang dihasilkan dari pelapukan sisa-sisa tanaman, hewan, dan manusia. Kelebihan pupuk organik sendiri adalah memperbaiki struktur tanah [17].

Proses pengomposan adalah proses penguraian bahan organik secara biologis, khususnya oleh mikroba-mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Pemupukan menggunakan kompos mengakibatkan tanah yang strukturnya ringan (berpasir atau remah) menjadi lebih baik, daya ikat air menjadi lebih tinggi. Sementara itu, tanah yang berat (tanah liat) menjadi lebih optimal dalam mengikat air. Kompos juga mengandung zat hara yang lengkap yang dibutuhkan oleh tanaman. Kandungan utama yang terdapat dalam kompos adalah nitrogen, kalium, fosfor, kalsium, karbon dan magnesium yang mampu memperbaiki kesuburan tanah walaupun kadarnya rendah [18]. Menurut SNI 19-7030-2004, kompos matang mempunyai warna yang kehitam-hitaman dan berbeda dari bahan awalnya [19]. Bahan organik tersebut dapat berasal dari bahan pertanian (limbah tanaman dan limbah ternak), limbah padat industri dan limbah rumah tangga.

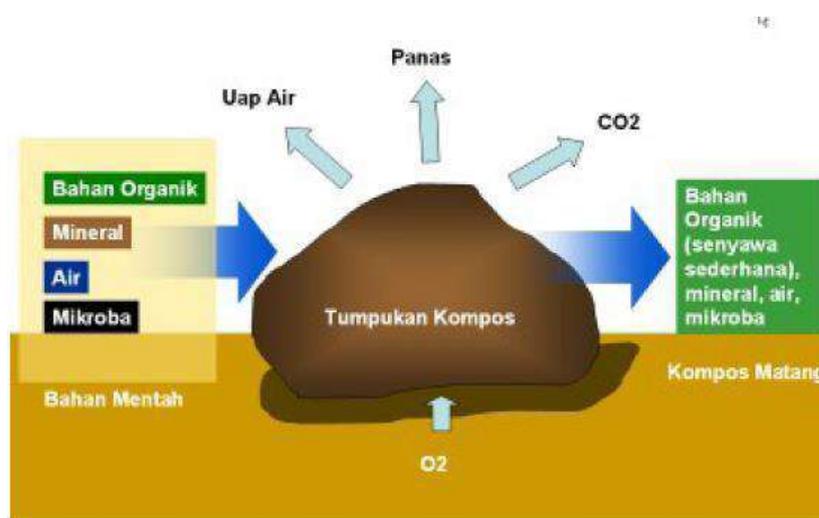
Proses pengomposan dapat dibuat dengan dua cara, yaitu dengan bantuan oksigen (aerobik) dan tanpa bantuan oksigen (anaerobik). Pembuatan kompos aerobik dilakukan di tempat terbuka karena mikroorganisme yang berperan dalam proses tersebut membutuhkan oksigen. Untuk pembuatan kompos secara anaerobik dilakukan di tempat tertutup karena mikroba yang berperan tidak membutuhkan oksigen. Umumnya pembuatan kompos dilakukan secara aerobik. Proses dekomposisi secara anaerobik tidak diinginkan selama proses pengomposan karena akan dihasilkan bau yang tidak sedap serta memerlukan waktu lebih lama. Proses anaerobik akan menghasilkan senyawa-senyawa yang berbau tidak sedap, seperti: asam-asam organik (asam asetat, asam butirat, asam valerat, putrescine), amonia, dan H<sub>2</sub>S [20].

Kompos seperti multi-vitamin untuk tanah pertanian. Kompos akan meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran yang sehat. Kompos memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik tanah dan akan meningkatkan kandungan air tanah. Aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi tanaman akan meningkat dengan penambahan kompos. Aktivitas mikroba ini akan membantu tanaman dalam menyerap unsur hara dari tanah dan menghasilkan senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman. Aktivitas mikroba tanah juga diketahui dapat membantu tanaman menghadapi serangan penyakit. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengomposan yaitu rasio C/N, ukuran partikel, aerasi, porositas, kelembaban, temperatur, pH, kandungan hara, dan kandungan zat berbahaya [21].

### **2.3.2 Prinsip Pengomposan**

Proses pengomposan yang terjadi secara alami berlangsung dalam jangka waktu yang cukup lama. Pembuatan kompos memerlukan waktu 2 – 3 bulan bahkan lebih tergantung dari bahan baku [22]. Tenggang waktu pembuatan pupuk organik yang relatif lama sementara kebutuhan pupuk yang terus meningkat memungkinkan terjadinya kekosongan ketersediaan pupuk. Oleh karena itu, telah banyak penelitian untuk mempercepat proses pengomposan. Beberapa hasil penelitian menunjukkan proses pengomposan dapat dipercepat menjadi 2-3 minggu atau 1-1,5 bulan tergantung pada bahan dasar yang digunakan [23].

Prinsip pengomposan adalah menurunkan rasio C/N bahan organik hingga sama dengan C/N rasio tanah ( $<20$ ) [24]. Penurunan rasio ini dimaksudkan untuk memudahkan tanaman menyerap unsur hara dari kompos. Proses pengomposan akan mulai berlangsung setelah bahan-bahan mentah dicampur. Proses pengomposan secara sederhana dapat dibagi menjadi dua tahap, yaitu tahap aktif dan tahap pematangan [21]. Selama tahap-tahap awal proses, oksigen dan senyawa-senyawa yang mudah terdegradasi akan segera dimanfaatkan oleh mikroba mesofilik. Suhu tumpukan kompos akan meningkat dengan cepat dan akan diikuti dengan adanya peningkatan pH pada kompos. Suhu akan meningkat hingga di atas  $50^{\circ}\text{C}$ - $70^{\circ}\text{C}$ . Suhu akan tetap tinggi selama waktu tertentu. Mikroba yang aktif pada kondisi ini adalah mikroba termofilik, yaitu mikroba yang aktif pada suhu tinggi. Pada kondisi ini terjadi dekomposisi atau penguraian bahan organik yang sangat aktif. Mikroba-mikroba di dalam kompos dengan menggunakan oksigen akan menguraikan bahan organik menjadi  $\text{CO}_2$ , uap air dan panas [21]. Setelah sebagian besar bahan terurai, maka suhu akan berangsur-angsur mengalami penurunan. Pada tahap ini terjadi pematangan kompos tingkat lanjut, yaitu pembentukan kompleks liat humus. Gambaran umum mengenai proses pengomposan dan perubahan suhu yang terjadi selama pengomposan dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini.



Gambar 2.2 Proses umum pengomposan limbah padat organik [25]

### **2.3.3 Faktor yang mempengaruhi proses pengomposan**

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses pengomposan antara lain [21]:

#### **a.) Rasio C/N**

Rasio C/N yang efektif untuk proses pengomposan berkisar antara 30:1 hingga 40:1. Mikroba memecah senyawa C sebagai sumber energi dan menggunakan N untuk sintesis protein [21]. Pada rasio C/N di antara 30 s/d 40 mikroba mendapatkan cukup C untuk energi dan N untuk sintesis protein. Apabila rasio C/N terlalu tinggi, mikroba akan kekurangan N untuk sintesis protein sehingga dekomposisi berjalan lambat. Umumnya, masalah utama pengomposan adalah pada rasio C/N yang tinggi, terutama jika bahan utamanya adalah bahan yang mengandung kadar kayu tinggi (sisa gergajian kayu, ranting, ampas tebu, dsb). Untuk menurunkan rasio C/N diperlukan perlakuan khusus, misalnya menambahkan mikroorganisme selulolitik atau dengan menambahkan kotoran hewan karena kotoran hewan mengandung banyak senyawa nitrogen serta mikroorganisme pendegradasi [26].

#### **b.) Ukuran Partikel Bahan**

Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas). Untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut. Pencacahan bahan organik jelas akan sangat membantu kecepatan pengomposan, perlakuan awal dan proporsional campuran jenis bahan organik yg digunakan juga sangat membantu percepatan dan kualitas hasil pengomposan. Ukuran partikel juga sangat mempengaruhi proses percepatan pengomposan. Ukuran partikel bahan yang optimal untuk dikomposkan berkisar dari 0,32 cm hingga 1,50 cm, ukuran ini sangat relatif [16].

#### **c.) Aerasi**

Aerasi adalah memberikan sumber oksigen untuk menguraikan pertumbuhan mikroorganisme. Pengomposan yang cepat dapat berlangsung dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob). Apabila kekurangan oksigen, proses dekomposisi tidak berjalan dengan baik. Aerasi pada pengomposan secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang mengakibatkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk kedalam tumpukan kompos [16]. Aerasi ditentukan dengan porositas dan kandungan air bahan (kelembaban). Apabila proses aerasi terlambat,

maka akan terjadi proses anaerob yang akan menimbulkan bau yang tidak sedap. Agar tidak terjadi kekurangan oksigen dalam proses pengomposan, maka dilakukan pembalikan minimal satu minggu sekali. Selain itu, dapat juga dilakukan dengan cara *force aeration* (menghembuskan udara dengan kompresor) atau dengan efek cerobong. Namun, pemberian aerasi yang terbaik adalah dengan pembalikan bahan. Perlakuan ini sekaligus untuk homogenisasi bahan [27].

Hasil dari sebuah penelitian menunjukkan bahwa frekuensi pembalikan tumpukan kompos *bagasse* : blotong : abu (5:3:1), 7- 10 hari sekali lebih baik dibandingkan pembalikan 5 hari sekali. Hal ini terjadi karena tumpukan bahan kompos dari *bagasse* mempunyai sifat porous sehingga tidak perlu dilakukan pembalikan yang terlalu sering [28].

#### **d.) Porositas**

Porositas adalah ruang di antara partikel di dalam tumpukan kompos. Porositas dihitung dengan mengukur volume rongga dibagi dengan volume total. Rongga-rongga ini akan diisi oleh air dan udara. Udara akan mensuplay oksigen untuk proses pengomposan. Apabila rongga dipenuhi oleh air, maka pasokan oksigen akan berkurang dan proses pengomposan juga akan terganggu. Porositas dipengaruhi oleh kadar air dan udara dalam tumpukan. Oleh karena itu, untuk menciptakan kondisi porositas yang ideal pada saat pengomposan, perlu diperhatikan kandungan air dan kelembaban kompos [29].

#### **e.) Kelembaban (*Moisture content*)**

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada suplai oksigen. Organisme pengurai dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40-60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba aerob. Yang mana kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan. Jika kelembaban lebih besar dari 60%, maka unsur hara akan tercuci dan volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerob. Oleh karena itu, menjaga kandungan air agar kelembaban ideal untuk pengomposan sangatlah penting [29].

#### **f.) Suhu**

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba. Peningkatan antara suhu dengan konsumsi oksigen memiliki hubungan perbandingan yang lurus. Semakin tinggi suhu, maka akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses penguraian. Tingginya oksigen yang dikonsumsi akan menghasilkan CO<sub>2</sub> dari hasil metabolisme mikroba sehingga bahan organik semakin cepat terurai. Peningkatan suhu dapat terjadi dengan cepat pada tumpukan kompos. Suhu yang berkisar antara 30° - 60°C menunjukkan aktivitas pengomposan yang cepat. Pada suhu ini aktivitas mikroorganisme (mesofilik dan termofilik) berlangsung dengan baik. Ketika suhu telah mencapai 70°C, maka segera lakukan pembalikan tumpukan atau penyaluran udara untuk mengurangi suhu, karena akan mematikan mikroba *termofilik* [29].

#### **g.) Derajat Keasaman (pH)**

Proses pengomposan dapat terjadi pada kisaran pH 5.5 - 9. Proses pengomposan akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri. Sebagai contoh, proses pelepasan asam secara temporer atau lokal akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan. pH kompos yang sudah matang biasanya mendekati netral. Kondisi kompos yang terkontaminasi air hujan juga dapat menimbulkan masalah pH tinggi [29]. Kondisi asam pada proses pengomposan biasanya diatasi dengan pemberian kapur atau abu dapur. Namun, pemantauan suhu dan perlakuan pembalikan bahan kompos secara tepat waktu dan benar sudah dapat mempertahankan kondisi pH tetap pada titik netral, tanpa pemberian kapur [20].

#### **h.) Kandungan Hara**

Untuk keperluan aktivitas dan pertumbuhan sel barunya, mikroorganisme memerlukan sumber karbon dan sejumlah unsur hara. Dua unsur terpenting yang dibutuhkan mikroorganisme untuk berkembang dengan jumlah yang banyak adalah unsur karbon dan nitrogen. Karbon (C) diperlukan mikroorganisme sebagai sumber energi dan penyusun komponen sel. Sedangkan nitrogen (N) diperlukan untuk

sintesis protein sel mikroorganisme. Kandungan P dan K juga penting dalam proses pengomposan dan biasanya terdapat di dalam kompos-kompos dari peternakan. Hara ini akan dimanfaatkan oleh mikroba selama proses pengomposan. Sedangkan untuk Ca, Mg, S dan sebagainya juga diperlukan namun dalam jumlah kecil (minor). Ketersediaan unsur tersebut dalam jumlah cukup dan berimbang dapat memacu aktivitas mikroorganisme dalam mendekomposisikan bahan kompos [26].

#### **i.) Kandungan bahan berbahaya**

Beberapa bahan organik mungkin mengandung bahan-bahan yang berbahaya bagi kehidupan mikroba. Logam-logam berat seperti Mg, Cu, Zn, Nickel, Cr dan Pb adalah beberapa bahan yang termasuk kategori ini. Logam-logam berat ini tidak terurai dan akan tetap ada. Logam berat tersebut dapat berasal dari bahan organik yang tercemari lingkungan atau sampah lain disekitarnya. Air juga dapat menjadi media untuk mencemari bahan kompos dengan logam berat. Bahan pencemar berbahaya bisa berasal dari limbah baterai, aki, cat, dan lain-lain. Logam-logam berat ini dapat mempengaruhi kerja dari mikroba dalam mengurai bahan organik [29].

Faktor-faktor di atas dapat dijadikan indikasi untuk mengoptimalkan proses pengomposan dan mempercepat proses dekomposisi bahan yang dikomposkan. Kondisi yang optimal untuk mempercepat proses pengomposan dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Kondisi optimal untuk pengomposan [21]

<b>Kondisi</b>	<b>Kondisi yang bisa diterima</b>	<b>Ideal</b>
Rasio C/N	20:1 s/d 40:1	25 – 30 :1
Kelembapan	40 – 65%	45 – 62%
Konsentrasi oksigen tersedia	>5%	>10%
Ukuran partikel	1 inchi	Bervariasi
<i>Bulk desnisiy</i>	1000 lbc/cu yd	1000 lbs/cu yd
pH	5,5 – 9	6,5 – 8
Suhu	43 – 66°C	54 – 60°C

### 2.3.4 Kematangan dan Kualitas Kompos

Berikut ini merupakan ciri-ciri yang menunjukkan pengomposan telah selesai [30]:

- a. Berwarna coklat tua hingga kehitaman
- b. Tidak larut dalam air
- c. Apabila dilarutkan dalam larutan yang bersifat basa, kompos akan berwarna hitam
- d. Mempunyai kisaran rasio C/N 10-20
- e. Susunan kimia kompos bersifat tidak stabil
- f. Mempunyai daya serap air tinggi
- g. Bila diberikan ke dalam tanah tidak menimbulkan kerugian baik untuk tanah maupun untuk tanaman.

Indonesia telah memiliki standar kualitas/mutu kompos, yaitu SNI 19-7030-2004 tentang spesifikasi kompos dari sampah organik domestik. Di dalam SNI memuat batas-batas maksimum atau minimum sifat-sifat fisik atau kimiawi kompos, standar kualitas kompos berdasarkan SNI 19-7030-2004 dapat dilihat pada Tabel 2.3 berikut.

Tabel 2. 3 Standar kualitas kompos [19]

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
1	Kadar air	%	-	50
2	Suhu	<sup>0</sup> C	suhu air tanah	
3	Warna			Coklat kehitaman
4	Bau			berbau tanah
5	Ukuran Partikel	mm	0,55	25
6	Kemampuan ikat air	%	58	-
7	pH		6,8	7,49
8	Bahan asing	%	*	1,5
	<b>Unsur Makro</b>			
9	Bahan organik	%	27	58
10	Nitrogen	%	0,4	-
11	Karbon	%	9,8	31
12	Phosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	%	0,1	-
13	C/N Ratio		10	20
14	Kalium (K <sub>2</sub> O)	%	0,2	*
	<b>Unsur Mikro</b>			
15	Arsen	mg/kg	*	13
16	Kadmium (Cd)	mg/kg	*	3

No.	Parameter	Satuan	Minimum	Maksimum
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
	<b>Unsur Lain</b>			
25	Kalsium	%	*	25,5
26	Magnesium (Mg)	%	*	0,6
27	Besi (Fe)	%	*	2
28	Aluminium (Al)	%	*	2,2
29	Mangan (Mn)	%	*	0,1
	<b>Bakteri</b>			
30	Fecal Coli	MPN/gr		1000
31	Salmonella sp	MPN/ 4 gr		3

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

## 2.4 Kotoran Sapi

Umumnya tujuan para peternak dalam beternak sapi adalah untuk mendapatkan daging sapi atau susu sapi. Selain menghasilkan daging atau susu, beternak sapi juga menghasilkan produk lain berupa kotoran. Terdapat tiga pilihan untuk memanfaatkan kotoran ternak yaitu menggunakan kotoran ternak untuk pupuk, penghasil biogas, dan bahan pembuat bio arang. Zat-zat yang terkandung dalam kotoran ternak dapat dimanfaatkan kembali dengan menggunakan kotoran ternak sebagai pupuk kandang [31].

Kandungan unsur hara dalam kotoran yang penting untuk tanaman adalah unsur nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Kotoran ternak merupakan bahan organik dengan nilai C/N rendah [32]. Oleh karena itu kotoran ternak dapat dicampur dengan limbah tanaman yang memiliki C/N yang tinggi untuk dijadikan kompos yang baik. Seekor sapi dapat menghasilkan kotoran antara 8-10 kg/harinya. Kotoran sapi akan menimbulkan masalah bila tidak dimanfaatkan dan ditangani dengan baik. Hal tersebut tentu tidak dapat dibiarkan begitu saja, karena selain mengganggu dan mengotori lingkungan, juga sangat berpotensi untuk menimbulkan penyakit bagi masyarakat sekitarnya. Ternak ruminansia seperti sapi mempunyai sistem pencernaan khusus yang menggunakan mikroorganisme dalam

sistem pencernaannya yang berfungsi untuk mencerna selulosa dan lignin dari rumput atau tumbuhan hijau lain yang memiliki serat yang tinggi. Karena itu kotoran sapi masih memiliki banyak kandungan mikroba yang ikut terbawa pada feses yang dihasilkan.

Hasil analisis yang dilakukan oleh Bai *et al.* (2012), menyebutkan bahwa total mikroba kotoran sapi mencapai  $3.05 \times 10^8$  cfu/gr dan total fungi mencapai  $6.55 \times 10^7$ , mikroba dari kotoran sapi mencakup  $\pm 60$  spesies bakteri (*Bacillus sp.*, *Vigna sinensis*, *Corynebacterium sp.*, dan *Lactobacillus sp.*), jamur (*Aspergillus* dan *Trichoderma*),  $\pm 100$  spesies protozoa dan ragi (*Saccharomyces* dan *Candida*). Bakteri yang terdapat pada kotoran sapi mayoritas jenis bakteri fermentor selulosa, hemiselulosa, dan pektin. Kotoran sapi terdiri dari serat tercerna, beberapa produk terekskresi berasal dari empedu (pigmen), bakteri usus, dan lender [33].

Kotoran sapi merupakan bahan organik yang secara spesifik berperan meningkatkan ketersediaan fosfor dan unsur-unsur mikro, mengurangi pengaruh buruk dari aluminium, menyediakan karbondioksida pada kanopi tanaman, terutama pada tanaman dengan kanopi lebat dimana sirkulasi udara terbatas. Kotoran sapi banyak mengandung hara yang dibutuhkan tanaman seperti nitrogen, fosfor, kalium, kalsium, magnesium, belerang dan boron [34]. Kotoran sapi mempunyai Rasio C/N yang rendah yaitu 11, hal ini berarti dalam kotoran sapi banyak mengandung unsur nitrogen (N). Komposisi kimia kotoran sapi dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 2. 4 Kandungan hara kotoran sapi [35]

Jenis Analisis	Kadar (%)
Kadar air	80
Bahan organik	16
N	0,3
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3
K <sub>2</sub> O	0,15
CaO	0,2
Nisbah C/N	20 – 25

## 2.5 Vermikompos

*Vermes* berasal dari bahasa latin yang berarti cacing dan vermicomposting adalah pengomposan dengan cacing, agar menghasilkan casting [36]. Casting merupakan kotoran cacing yang mengandung lebih banyak mikroorganisme, bahan organik, dan juga bahan anorganik dalam bentuk yang tersedia bagi tanaman dibandingkan dengan tanah itu sendiri, sedangkan vermiculture adalah budidaya terhadap cacing tanah. Tujuannya adalah untuk terus-menerus meningkatkan jumlah cacing dalam rangka untuk memperoleh hasil cacing yang berlimpah. Keberadaan cacing di negara tropis seperti Indonesia akan berkembang biak dengan sangat baik, dan tidak semua negara cukup beruntung untuk melakukan vermiculture, karena cuaca yang tidak menguntungkan. Sejumlah penelitian telah menunjukkan, cacing tanah mempunyai kemampuan dalam mendekomposisi bermacam-macam limbah organik, seperti feses hewan, lumpur yang berasal dari saluran pembuangan air, sisa hasil panen dan limbah pertanian. Produk akhir dari vermicomposting disebut vermikompos. Beberapa spesies cacing tanah yang telah digunakan untuk vermicomposting diantaranya adalah *Lumbricus rubellus*, *Pheretima hupiensis*, *Eudrilus eugeniae*, *Eisenia foetida*, *Lampito mauritii*, *Lumbricus terrestris* [37].

*Vermiculture* dan *vermicomposting* dapat dimulai dari skala kecil maupun skala besar sesuai dengan preferensi yang diinginkan. Untuk keperluan cacing dalam skala industri besar, biasanya memerlukan jumlah cacing yang cukup banyak untuk mendekomposisikan limbah organik yang diinginkan. Untuk mencapai jumlah cacing yang sedemikian banyaknya, dapat dimanfaatkan seluruh tenaga karyawan di industri tersebut untuk melakukan vermiculture di rumah masing-masing, dengan demikian akan dapat mengurangi akumulasi limbah di industri tersebut secara drastis. Begitu pula jika semua warga di Indonesia melakukan vermiculture di rumah, itu setidaknya akan mengurangi produksi sampah hingga 30% [7].

Vermikompos memiliki beberapa keuntungan bagi tanah pertanian, diantaranya adalah (1) meningkatkan kemampuan tanah untuk menyerap dan menyimpan air, (2) meningkatkan penyerapan nutrisi, (3) memperbaiki struktur tanah, dan (4) mengandung mikroorganisme dalam jumlah yang tinggi [38].

Vermikompos berisi sebagian besar nutrisi yang dibutuhkan oleh tanaman dalam bentuk nitrat, fosfat, kalsium dan potasium yang mudah larut [39]. Analisis secara kimia menunjukkan, bahwa kotoran cacing memiliki jumlah magnesium, nitrogen dan potasium yang lebih tinggi dibandingkan tanah disekitarnya [40]. Penambahan nitrogen berasal dari produk metabolit cacing tanah yang dikembalikan tanah melalui kotoran, urin, mukus, dan jaringan yang berasal dari cacing yang telah mati selama vermicomposting berlangsung [41]. Produk hasil vermicomposting ini, merupakan pupuk organik yang baik karena (1) dapat merangsang pertumbuhan, (2) menginduksi bunga, dan (3) membantu pemasakan buah pada tanaman [42]. Vermicomposting dapat diklasifikasikan sebagai teknologi alternatif yang mewakili teknologi ramah lingkungan. Beberapa negara seperti Kanada, Amerika, Australia, Prancis dan beberapa negara di Asia selatan, cacing tanah telah digunakan selama bertahun-tahun untuk menstabilisasi limbah organik [36]. Peran cacing tanah dalam proses vermicomposting adalah melalui aktivitas secara fisik dan biokimia. Aktivitas secara fisik diantaranya membuat lubang sehingga memudahkan oksigen masuk ke dalam substrat dan mencampur substrat yang ada. Sementara aktivitas secara biokimia dilakukan oleh dekomposer yang ada di dalam saluran pencernaan cacing tanah [40]. Faktor-faktor yang mempengaruhi proses vermicomposting adalah:

(1) Adanya bedding

Penambahan suatu lapisan bahan organik diatas permukaan substrat dapat menjadi tempat berlindung bagi cacing tanah dari suhu tinggi. Lapisan bahan organik ini disebut bedding. Bedding yang baik memiliki daya serap tinggi terhadap air, sehingga dapat menjaga kelembaban, mampu menjaga sirkulasi oksigen, memiliki kandungan protein rendah dan rasio C/N yang tinggi. Pemilihan bedding yang tepat merupakan kunci untuk keberhasilan proses vermicomposting. Bahan bedding harus memiliki kandungan selulosa yang tinggi untuk pengaturan aerasi di dalam wadah sehingga cacing mendapatkan sirkulasi udara yang baik.

## (2) Sumber makanan

Jika pemberian bahan makanan dalam kondisi dibawah ideal, maka cacing dapat mengkonsumsi jumlah makanan yang lebih tinggi dari beban tubuh mereka. Tujuan pemberian makanan adalah untuk meningkatkan pertumbuhan dan kemampuan reproduksi cacing tanah. Sumber utama pakan cacing tanah adalah bahan organik. Cacing tanah tidak mempunyai gigi untuk proses pencernaannya, oleh karena itu semua pakan yang diberikan sebaiknya lunak atau mengandung air.

## (3) pH

Untuk pertumbuhan yang baik, cacing tanah bisa bertahan hidup dalam rentang pH dari 5 sampai 9, tetapi optimalnya 7,5-8. Secara umum, pH bedding cacing cenderung menurun dari waktu ke waktu karena fragmentasi material organik di bawahnya. Pada lingkungan yang terlalu basa akan menyebabkan cacing meninggalkan media dan dapat mengalami kematian, sedangkan pada lingkungan yang terlalu asam, akan terjadi kerusakan pada tembolok, dormasi, diapause, konvulsi, paralisis dan akhirnya mengalami kematian [43]. Pada kondisi asam dapat menyebabkan hama seperti tungau dapat menjadi berlimpah dan aktivitas tanah secara konstan juga dapat meningkatkan pH pada tanah asam, karena cacing tanah dapat mengeluarkan kapur dalam bentuk kalsium karbonat atau dolomit. Turunnya pH selama proses vermicomposting berlangsung antara lain disebabkan terjadinya degradasi rantai pendek asam lemak dan amonifikasi unsur N. Proses fiksasi CO<sub>2</sub> menjadi CaCO<sub>3</sub> juga dapat menurunkan pH [44]

## (4) Suhu Lingkungan

Suhu lingkungan sangat berpengaruh pada aktivitas metabolisme, pertumbuhan, respirasi, dan produksi cacing. Suhu lingkungan yang ideal untuk aktivitas pertumbuhan dan saat penetasan kokon menjadi juvenil berkisar 15-25°C. Bila suhu terlalu tinggi atau terlalu rendah, maka proses fisiologis akan terganggu.

(5) Aerasi

Faktor-faktor seperti zat berlemak atau berminyak dalam bahan baku ataupun kelembaban yang berlebihan, dikombinasikan dengan aerasi yang buruk dapat membuat kondisi anaerobik di dalam proses vermicomposting. Cacing akan mati karena kekurangan oksigen dan adanya zat-zat beracun (misalnya amonia) diproduksi di bawah kondisi seperti itu. Hal ini adalah salah satu alasan utama untuk tidak memasukkan daging atau limbah berlemak atau berminyak lainnya pada cacing bahan baku, kecuali mereka telah melalui proses pre-composting terlebih dahulu untuk memecah minyak dan lemak.

(6) Kelembaban

Persyaratan yang paling penting dari cacing tanah salah satunya adalah kelembaban yang memadai. Mereka membutuhkan kelembaban di kisaran 60- 70%. Pemberian pakan sebaiknya tidak terlalu basah karena itu dapat menciptakan kondisi anaerob karena dapat berakibat fatal bagi cacing tanah. Kelembaban yang rendah menyebabkan cacing tanah menghindar dan mencari media yang lebih lembab, dan jika kelembaban terlalu tinggi dapat menyebabkan cacing tanah mati. Perbedaan tingkat kelembaban menyebabkan metabolisme cacing tanah untuk menghasilkan energi berbeda sehingga mempengaruhi laju konsumsinya, untuk mempertahankan kelembaban makanan dan bedding perlu disemprot dengan air hingga kelembaban mencapai 60-70% [7]. Kelembaban yang rendah dapat menurunkan laju konsumsi dan pertumbuhan. Bedding dan makanan terfermentasi secara sempurna, karena media yang masih mengalami proses fermentasi, suhunya cenderung meningkat, sehingga berakibat fatal. Oleh karena itu, dihindarkan dari faktor yang dapat menurunkan kelembaban seperti sinar matahari dan angin yang bertiup kencang [45].

#### (7) Ukuran Partikel Bahan

Ukuran partikel sangat mempengaruhi pertumbuhan dan kesuburan cacing tanah. Ukuran yang lebih kecil akan mudah dicerna dan diasimilasi, ukuran hendaknya sekitar 1-2 cm. Media cacing harus terdiri atas bahan organik yang sudah mengalami pelapukan atau sudah dikomposkan dan tidak mengeluarkan gas (ammonia) yang tidak diinginkan cacing serta material menjadi remah.

### 2.6 Taksonomi *Lumbricus rubellus*

*Lumbricus rubellus* merupakan spesies epigeic yang hidup dan mencari serasah di lapisan atas tanah. Cacing tanah epigeic memiliki tubuh kecil (1-7 cm), dan sangat sensitif terhadap perubahan cahaya. Cacing tanah *L. rubellus* memiliki bentuk tubuh yang silindris dan pada bagian belakang memiliki bentuk yang memipih dari pada bagian belakang atau ekor. Warna dari *Lumbricus rubellus* adalah kemerahan, dan pada perut memiliki warna kekuningan [46].

Cacing tanah epigeic membuat liang ephermal ke dalam tanah selama proses diapause. Tiap jenis cacing tanah mempunyai karakteristik yang berbeda-beda, seperti pada *Pheretima hupiensis* yang bersifat geofagus (dominan pemakan tanah) diambil berasal dari tanah ultisols yang mempunyai tekanan lingkungan relatif berat, dengan kondisi pH tanah rendah (sangat masam), dan bahan organik rendah, sedangkan *Lumbricus sp.* bersifat *litter feeder* (pemakan serasah) yang berasal dari Eropa dan sekarang merupakan paling banyak dibudidayakan di Indonesia untuk mengolah sampah [47]. Siklus hidup cacing tanah dimulai dari kokon, cacing muda (juvenil), cacing produktif dan cacing tua. Lama siklus hidup ini tergantung pada kesesuaian kondisi lingkungan, cadangan makanan dan jenis cacing tanah. Siklus hidup cacing tanah *Lumbricus rubellus* hingga mati 1 – 5 tahun.



Sumber: Dokumentasi Pribadi

Gambar 2. 3 Cacing *Lumbricuss Rubellus*

Pada umumnya cacing tanah membutuhkan kelembaban yang cukup, dan tidak mampu hidup pada kondisi kering atau daerah padang pasir [48]. Air diperlukan untuk ekskresi, pembasahan kulit untuk respirasi, dan melicinkan tubuh untuk bergerak dalam liang, tetapi sebagian cacing tanah mampu bertahan hidup pada kondisi kering dengan berdiam diri selama beberapa bulan atau berada pada kondisi diapause. Diapause adalah pelambatan perkembangan sebagai tanggapan terhadap kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan. Cacing tanah berperan dalam dekomposisi bahan organik, baik secara langsung sebagai pemakan bahan organik maupun secara tidak langsung dengan mencampur bahan organik ke dalam tanah dan merangsang aktivitas mikroorganisme pada kotorannya dan sekitar liang. Sebagian besar bahan mineral yang dicerna cacing tanah dikembalikan ke dalam tanah dalam bentuk kotoran (casting) yang lebih bermanfaat bagi tanaman. Cacing yang dapat mempercepat proses pengomposan sebaiknya yang cepat berkembang biak, tahan hidup dalam limbah organik, dan tidak liar. Dari persyaratan tersebut, jenis cacing yang cocok yaitu *Lumbricus rubellus*, *Eisenia foetida*, dan *Pheretima asiatica* [49].