

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Landasan Teori

2.1.1 Pupuk Kompos Hasil Pengolahan Limbah Kayu Putih

Limbah organik adalah limbah yang berasal dari makhluk hidup, mengandung unsur karbon (C), dan mempunyai sifat yang mudah terdekomposisi baik oleh jamur ataupun bakteri. Limbah penyulingan kayu putih di LMDH Dadi Makmur yang jumlahnya melimpah sebagian sudah ada yang berubah wujud menjadi kompos[5].

Pupuk kompos adalah pupuk yang berasal dari sampah atau limbah, baik sampah rumah, limbah industry dan sebagainya atau dari bahan organik. Pengomposan adalah proses dimana bahan organik mengalami penguraian secara biologis oleh mikroba seperti bakteri, jamur yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Kompos mempunyai manfaat sebagai nutrisi bagi tanah maupun tanaman yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah serta merangsang perakaran tanaman yang tumbuh sehat[5].

Tanaman yang diberi pupuk kompos cenderung memiliki kualitas lebih baik dari pada tanaman yang dipupuk dengan pupuk kimia. Selain itu pupuk kompos juga dapat mengurangi *volume* dari limbah daun kayu putih yang ada di LMDH Dadi Makmur, Cilacap. Tanpa pupuk organik, efisiensi dan efektivitas penyerapan unsur hara tanaman pada tanah tidak akan berjalan lancar, dan efektivitas penyerapan unsur hara sangat dipengaruhi oleh kadar bahan organik dalam tanah[3].

Kompos merupakan nutrisi bagi tanah maupun tanaman yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah dan merangsang perakaran tanaman yang sehat. Kompos juga berfungsi untuk memperbaiki struktur tanah, meningkatkan bahan organik tanah, kapasitas serap air tanah, dan aktivitas mikroba tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman. Tanaman yang diberi pupuk kompos limbah kayu putih cenderung memiliki kualitas lebih baik dari pada tanaman yang diberi pupuk kimia secara penuh. Untuk pengaplikasian pupuk

kompos limbah kayu putih terhadap tanaman kayu putih berpengaruh secara nyata terhadap jumlah daun kayu putih. Hal tersebut menunjukkan bahwa pupuk kompos limbah kayu putih memiliki efektivitas tinggi untuk menyuburkan tanah dan tanaman[5].



Gambar 2. 1 Limbah Penyulingan Kayu Putih
(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Alat pencampur pupuk kompos limbah penyulingan minyak kayu putih berperan sebagai perangkat utama dalam menciptakan kondisi optimal untuk proses pencampuran, sehingga menghasilkan campuran yang *homogen*. Peran utama alat pencampur tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut.

- **Menghasilkan Campuran yang Homogen**

Alat pencampur mencampur limbah kayu putih dengan bahan organik dan senyawa lainnya secara merata, membentuk campuran *homogen*. Dengan campuran yang *homogen* memastikan bahwa mikroorganisme pengurai dapat bekerja secara efisien di seluruh masa kompos.

- **Pengendalian Waktu Pencampuran**

Mesin secara otomatis mengatur waktu pencampuran atau siklus operasional kerja. Pengendalian waktu memastikan bahwa proses pencampuran berlangsung optimal tanpa menghancurkan keseimbangan antara massa kompos.

- **Memfasilitasi Proses Produksi**

Alat pencampur pupuk kompos hasil limbah kayu putih dapat mendukung produksi pupuk kompos dari limbah kayu

putih, memungkinkan produksi pupuk kompos dalam jumlah tertentu untuk memenuhi permintaan pasar serta sebagai upaya untuk mengolah limbah menjadi barang yang memiliki nilai ekonomi.

2.1.1.1 Proses Pengomposan

Proses pengomposan limbah penyulingan minyak kayu putih menjadi kompos organik melalui beberapa tahapan utama yang melibatkan penguraian bahan organik menjadi bahan humus yang kaya akan nutrisi. Limbah penyulingan minyak kayu putih terdiri dari ranting-ranting dan daun hasil dari proses penyulingan yang tidak terdestilasi menjadi minyak atsiri. Berikut merupakan tahapan pengolahan kompos limbah penyulingan minyak kayu putih[4].

- **Pemisahan dan Persiapan Limbah**

Langkah pertama adalah memisahkan limbah dari material non-pengolahan dan mengklasifikasikannya agar bisa diolah lebih lanjut. Proses ini mencakup pengangkutan, pemisahan antara daun dan ranting, dan penggilingan atau pencacahan limbah untuk menghasilkan partikel-partikel yang lebih kecil.



Gambar 2. 2 Pemisahan Ranting dan Daun Kayu Putih

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

- **Komposisi Pemberian Bahan Tambahan**

Limbah penyulingan minyak kayu putih memiliki rasio karbon-nitrogen (C/N) yang tinggi. Perlu adanya pemberian

bahan tambahan untuk membantu dalam mempercepat proses pengomposan, bahan tambahan yang ditambahkan dalam proses ini yaitu *Effective Microorganisms 4* (EM 4) yang mengandung bakteri fermentasi dari genus *Lactobacillus* dan *Saccharomyces* yang mampu memfermentasi bahan organik menjadi unsur organik, meningkatkan kesuburan dan produktivitas tanaman[6]. Pemberian bahan tambahan selain EM 4 adalah molase/gula yang bermanfaat untuk mempercepat transisi antara keadaan *autotrofik* dan *heterotrofik*, dengan perbandingan campuran 1:1:50 antara EM 4, molase, dan air. 1 liter EM 4 cukup untuk membuat 1 ton bahan mentah pupuk kompos limbah penyulingan kayu putih.



Gambar 2. 3 Gambar EM4 dan Molase

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 1 Komposisi EM4

KOMPOSISI	
BAKTERI	
Lactobacillus sp	$4,65 \times 10^7$ cfu/ml
Saccharomyces sp	$5,45 \times 10^8$ cfu/ml

- **Pemrosesan dan Pematangan**

Selama periode pengomposan, tumpukan kompos perlu diputar atau diaduk secara berkala untuk memastikan sirkulasi udara yang baik supaya proses dekomposisi berlangsung merata. Pencampuran ini juga membantu dalam mempercepat proses

pemecahan bahan organik, proses fermentasi memerlukan waktu sekitar 14 sampai 28 hari. Pada proses pengomposan dan pematangan terjadi penyusutan berat material kurang lebih 30 % dari material awal yang memiliki kadar air tinggi, selain terjadi proses penguraian oleh mikrobakteri pada proses ini juga terjadi penurunan kadar air material limbah penyulingan minyak kayu putih sehingga menghasilkan pupuk kompos yang kering.



Gambar 2. 4 Proses Pengomposan Limbah

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

2.1.2 Pengendalian Motor Satu Fasa

Motor induksi satu fasa merupakan motor serba guna yang banyak digunakan pada alat-alat rumah tangga. Masukan motor jenis ini membutuhkan arus bolak-balik satu fasa yang banyak tersedia di rumah. Karena itu, motor induksi satu fasa digunakan sebagai penggerak mesin cuci, pompa air, dan alat-alat lain. Cara kerja motor induksi adalah dengan memanfaatkan gaya *Lorentz* yang timbul akibat adanya arus yang mengalir di stator dan rotor. Arus yang mengalir pada rotor menimbulkan medan magnet yang berputar. Medan magnet ini terimbasnya tegangan induksi pada rotor. Karena rotor dihubungkan singkat, maka akan timbul arus pada rotor. Interaksi antara medan stator dan arus rotor ini yang menyebabkan timbulnya gaya *Lorentz* sehingga motor berputar. Secara sekilas, prinsip induksi *electromagnet* yang terjadi antara belitan stator dan rotor mirip dengan cara kerja transformator. Berbeda dengan jenis motor lain, motor induksi hanya membutuhkan satu masukan yang diberikan pada belitan stator. Arus pada rotor didapatkan dengan cara

induksi elektromagnet[7]. Oleh karena itu, motor AC jenis ini dinamakan motor induksi. Berikut merupakan beberapa rumus perhitungan mengenai motor induksi yang berhubungan dengan perencanaan mesin pengaduk pupuk kompos limbah penyulingan minyak kayu putih.

- **Arus Motor**

Arus listrik yang mengalir pada rotor merupakan arus induksi dari stator. Keberadaan arus ini disebabkan oleh perbedaan relatif antara putaran rotor dengan medan putar.

$$I = \frac{P}{(V \times \cos q)} \quad (1)$$

- **Daya Motor**

Daya motor listrik adalah ukuran kuantitatif dari sejauh mana motor mampu menghasilkan tenaga mekanik.

$$P = V \times I \times \cos q \quad (2)$$

- **Daya Output**

Daya input motor adalah daya dari sumber listrik yang disuplai ke motor. Sedangkan daya *output* motor adalah daya yang benar-benar dikonsumsi oleh motor listrik.

$$P_{out} = V \times I \times n \times \cos q \quad (3)$$

- **Daya Semu**

Daya semu (dalam VA) adalah perkalian nilai rms dari tegangan dan arus. Daya semu disebut demikian karena menggambarkan bentuk seharusnya dari daya yaitu perkalian tegangan dan arus, dengan analogi rangkaian resistif Dc. Diukur dalam volt ampere atau VA untuk membedakannya dengan daya rata rata atau daya aktif, yang diukur dalam watt.

$$S = V \times I \quad (4)$$



Gambar 2. 5 Motor Induksi

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

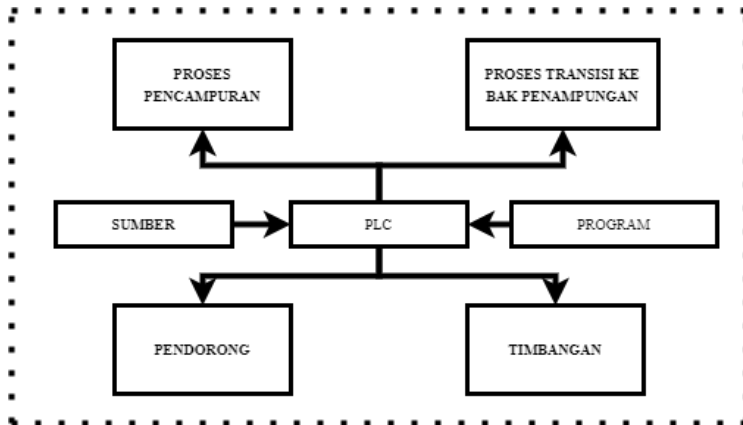
Tabel 2. 2 Spesifikasi Motor Induksi

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	GMYL B3
2	<i>Voltase</i>	220 VAC
3	<i>Phase</i>	<i>1 Phase</i>
4	Frekuensi	50 Hz
5	Rpm	2800 rpm

2.1.3 Integrasi Sistem

Mengintegrasikan sistem ke dalam mesin pencampur pupuk kompos limbah penyulingan kayu putih merupakan langkah penting untuk meningkatkan efisiensi, antara kontrol dan kualitas proses pencampuran kompos. Sistem terintegrasi meningkatkan efisiensi operasional mesin dengan mengotomatisasi berbagai aspek seperti pengaturan waktu pencampuran yang efisien dan sistem buka tutup katup untuk penuangan ke bak penampungan. Hal ini mengurangi ketergantungan pada aktivitas manual manusia dan meningkatkan produktivitas. Integrasi sistem kontrol otomatis memungkinkan pencampuran bahan kompos menjadi lebih *homogen*, sehingga menghasilkan campuran yang konsisten dan berkualitas tinggi secara optimal. Sistem pencampuran terpadu memungkinkan produksi kompos yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta menghasilkan kompos berkualitas dari limbah penyulingan minyak kayu putih. Integrasi sistem

yang diterapkan pada mesin pengaduk kompos limbah penyulingan minyak kayu putih meliputi sistem kendali otomatis, untuk mengontrol operasi alat pencampur pupuk kompos. Hal tersebut meningkatkan presisi dan konsistensi dalam pencampuran, mengurangi ketergantungan pada intervensi manual, serta mengoptimalkan kondisi hasil akhir pencampuran[8].



Gambar 2. 6 Integrasi Sistem

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

2.1.4 *Miniature Circuit Breaker*

Miniature Circuit Breaker (MCB) adalah saklar atau perangkat elektromekanis yang berfungsi sebagai pelindung rangkaian instalasi listrik dari arus lebih (*over current*). MCB sebenarnya memiliki fungsi yang sama dengan sekering (*fuse*), yaitu akan memutuskan aliran arus listrik *circuit* ketika terjadi gangguan arus lebih. Prinsip kerja MCB sangat sederhana, ketika ada arus lebih maka arus lebih tersebut akan menghasilkan panas pada bimetal, saat terkena panas bimetal akan melengkung sehingga memutuskan kontak MCB (*Trip*). Selain bimetal, pada MCB biasanya juga terdapat solenoid yang akan mengtripkan MCB ketika terjadi *grounding* (*ground fault*) atau hubung singkat (*short circuit*). Namun penting juga untuk di ingat, bahwa MCB juga bisa trip dengan panas (*over heating*) yang diakibatkan karena kesalahan

desain/perencanaan instalasi, seperti ukuran kabel yang terlalu kecil untuk digunakan dalam arus yang tinggi, sehingga menghasilkan panas, yang lama-kelamaan akan melekungkan bimetal dan mengtripkan MCB. Oleh karena itu penggunaan kabel instalasi juga harus memperhatikan standar maksimum arus (A) kabel yang akan digunakan, dan arus kabel tersebut tidak boleh lebih kecil dari arus maksimum rangkaian/*circuit*[9].



Gambar 2. 7 Miniature Circuit Breaker

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 3 Spesifikasi MCB

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	NXB – 63
2	<i>Rated Current</i>	10 Ampere
3	<i>Voltage</i>	220 V - 400 V
4	Frekuensi	50 Hz
5	<i>Type Pole</i>	<i>Single – Double pole</i>

2.1.5 Programmable Logic Controller

Secara mendasar PLC adalah suatu peralatan kontrol yang dapat diprogram untuk mengontrol proses atau operasi mesin. Kontrol program dari PLC adalah menganalisa sinyal input kemudian mengatur keadaan *output* sesuai dengan keinginan pemakai. Keadaan input PLC digunakan dan disimpan didalam memori dimana PLC melakukan instruksi logika yang di program pada keadaan inputnya. Peralatan input dapat berupa sensor photo elektrik, *push button* pada panel kontrol, limit *switch* atau peralatan lainnya dimana dapat menghasilkan suatu sinyal yang dapat

masuk ke dalam PLC. Peralatan output dapat berupa *switch* yang menyalakan lampu indikator, *relay* yang menggerakkan motor atau peralatan lain yang dapat digerakkan oleh sinyal *output* dari PLC. Selain itu PLC juga menggunakan memori yang dapat diprogram untuk menyimpan instruksi yang melaksanakan fungsi khusus seperti logika pewaktuan, sekuensial dan aritmetika yang dapat mengendalikan suatu mesin atau proses melalui modul-modul I/O baik analog maupun digital[8].



Gambar 2. 8 Programmable Logic Controller

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 4 Spesifikasi PLC

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	CP1E-E20SDR-A
2	<i>Unit Type</i>	<i>Application model</i>
3	<i>I/O Capacity</i>	<i>12 Input, 8 Output</i>
4	<i>Input Type</i>	24 VDC
5	<i>Output Type</i>	<i>Relay</i>
6	<i>Power Supply</i>	100-240 VAC
7	Frekuensi	50 Hz/60 Hz

2.1.6 Power Supply

Power Supply atau Catu Daya merupakan suatu alat listrik yang dapat memasok atau menyediakan energi listrik untuk perangkat listrik ataupun elektronika lainnya. *Power Supply* memerlukan sumber energi

listrik yang kemudian diubah menjadi energi listrik yang dibutuhkan sesuai dengan spesifikasi perangkat elektronik. *Power Supply* disebut juga sebagai *Electric Power Converter*. *Switch Mode Power Supply* merupakan jenis *Power Supply* yang pada sistem kerjanya langsung menyearahkan dan menyaring tegangan input AC menjadi tegangan DC. Tegangan DC tersebut kemudian di *switch* ON dan OFF pada frekuensi tinggi menggunakan sirkuit frekuensi tinggi sehingga menghasilkan arus AC yang dapat melewati Transformator Frekuensi Tinggi[10].



Gambar 2. 9 Power Supply

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 5 Spesifikasi Power Supply

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	NXB – 63
2	<i>Input</i>	110-240 VAC
3	Frekuensi	50 Hz
4	<i>Output</i>	12 VDC, 24 VDC
5	<i>Related Current</i>	5A, 10A

2.1.7 Kontaktor

Kontaktor merupakan gawai elektromekanik yang berfungsi sebagai penyambung dan pemutus rangkaian, yang dapat dikendalikan dari jarak jauh pergerakan kontak-kontaknya terjadi karena adanya gaya elektromagnet. Kontaktor magnet merupakan sakelar yang bekerja berdasarkan kemagnetan, artinya bekerja bila ada gaya kemagnetan.

Magnet berfungsi sebagai penarik dan pelepas kontak kontak. Arus kerja normal adalah arus yang mengalir selama pemutaran tidak terjadi. Kumparan/belitan magnet (*coil*) suatu kontaktor magnet dirancang untuk arus searah (DC) saja atau arus bolak-balik (AC) saja. Bila kontaktor untuk arus searah digunakan pada arus bolak-balik, maka kemagnetannya akan timbul dan hilang setiap saat mengikuti bentuk gelombang arus bolak-balik. Ukuran dari kontaktor ditentukan oleh batas kemampuan arusnya. Kontak- kontak pada kontaktor ada dua macam yaitu kontak utama dan kontak bantu. Sedangkan menurut kerjanya, kontak-kontak dibedakan menjadi dua yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). Kontak NO adalah pada saat kontaktor tidak mendapat masukan listrik kontak terbuka, sedangkan pada saat kontaktor mendapat masukan listrik maka kontak akan tertutup. Sedangkan kontak NC adalah pada saat kontaktor tidak mendapat masukan listrik, kontak tertutup sedangkan pada saat kontaktor mendapat masukan listrik, kontak terbuka.



Gambar 2. 10 Kontaktor

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 6 Spesifikasi Kontaktor

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Type	LCID09M7
2	<i>Rated Current</i>	25 Ampere
3	<i>Voltage</i>	220 V - 600 V
4	Frekuensi	50 Hz/60 Hz
5	<i>Type Pole</i>	3 ~

2.1.8 Thermal Overload

Thermal Overload Relay (TOR) adalah sebuah perangkat proteksi yang dirancang untuk melindungi motor listrik dari kerusakan akibat beban berlebih atau panas berlebih. TOR bekerja dengan mendeteksi kenaikan suhu yang tidak wajar pada motor listrik. Kenaikan suhu ini dapat terjadi karena motor bekerja terlalu lama dalam kondisi beban berat atau karena terjadi gangguan seperti korsleting. TOR (*Thermal Overload Relay*) adalah komponen penting dalam sistem pengamanan motor listrik yang bekerja dengan mendeteksi kenaikan suhu berlebih dan memutuskan aliran daya listrik untuk melindungi motor dari kerusakan.



Gambar 2. 11 Thermal Overload Relay

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 7 Spesifikasi TOR

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	LRD10-VUAI IEA02
2	<i>Rated Current</i>	10 Ampere
3	<i>Voltage</i>	220 V - 600 V
4	Frekuensi	50 Hz/60 Hz
5	<i>Type Pole</i>	3 ~

2.1.9 Relay Elektromagnetik

Relay Elektromagnetik merupakan Saklar (*Switch*) yang dioperasikan secara elektrik dan merupakan komponen *Electromechanical* (Elektromekanikal) yang terdiri dari 2 bagian utama yakni elektromagnet (*Coil*) dan mekanikal (seperangkat kontak saklar/*switch*). Relay menggunakan prinsip kerja elektromagnetik untuk menggerakkan atau mengoperasikan kontak saklar dengan menggunakan arus listrik yang kecil (*low power*) dapat menghantarkan listrik yang bertegangan lebih tinggi pada bagian terminal *common*.



Gambar 2. 12 Relay Elektromagnetik

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 8 Spesifikasi Relay

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	MK2P-N
2	<i>Rated Current</i>	10 Ampere
3	<i>Voltage</i>	220 VAC - 240 VAC
4	Frekuensi	50 Hz/60 Hz

2.1.10 Motor DC 12 V

Motor DC merupakan suatu motor yang mengubah energi listrik searah menjadi mekanis yang berupa tenaga penggerak torsi. Motor DC digunakan dimana kontrol kecepatan motor dan kecepatan torsi diperlukan untuk memenuhi kebutuhan[11]. Bagian motor DC yang paling penting adalah rotor dan stator. Bagian stator adalah badan motor,

sikat-sikat dan inti kutub magnet. Bagian rotor adalah bagian yang berputar dari suatu motor DC. Prinsip kerja motor DC mempunyai bagian stator yang berupa magnet permanen dan bagian yang bergerak rotor yang berupa koil atau gulungan kawat tembaga. Dimana setiap ujungnya tersambung dengan komutator ini dihubungkan dengan kutub *positive* (+) dan kutub *negative* (-) dari catu daya.



Gambar 2. 13 Motor DC Gearbox

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 9 Spesifikasi Motor DC Gearbox

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	YGY6138-R528C
2	<i>Rated Power</i>	5 W
3	<i>Voltage</i>	12 VDC
4	<i>No-Load Current</i>	0.2 Ampere
4	RPM	65 rpm

2.1.11 GearBox

Gearbox WPA (*Worm Parallel Shaft Adapter*) adalah jenis gearbox yang dirancang untuk mentransmisikan daya dari motor ke mekanisme lainnya dengan menggunakan kombinasi roda gigi cacing (*worm gear*) dan poros parallel (*shaft parallel*). *Gearbox* ini memiliki beberapa karakteristik dan kegunaan khusus, *Gearbox* WPA menggunakan roda gigi cacing (*worm gear*) yang terdiri dari cacing dan roda gigi cacing. Cacing adalah sejenis ulir yang berputar dan

berhubungan dengan roda gigi cacing untuk mentransmisikan putaran secara tegak lurus. *Gearbox* ini juga dilengkapi dengan poros parallel, yang berarti poros keluar dari *gearbox* ini sejajar atau sejajar dengan poros masukan dari motor atau sumber tenaga lainnya. Umumnya, *gearbox* WPA digunakan untuk mereduksi kecepatan putaran dari motor ke mekanisme yang lebih lambat. Reduksi ini berguna untuk meningkatkan torsi (*torque*) yang diperlukan oleh mekanisme output tanpa mengorbankan kecepatan secara signifikan. *Gearbox* WPA memiliki karakteristik efisiensi yang baik dalam mereduksi kecepatan, namun biasanya memiliki efisiensi yang lebih rendah dibandingkan dengan *gearbox* dengan desain roda gigi lurus (*spur gear*).



Gambar 2. 14 Reducer Gearbox

(Sumber: dok. Pribadi, 2024)

Tabel 2. 10 Spesifikasi Reduser Gearbox

NO	KETERANGAN	SPESIFIKASI
1	Tipe	AWM – 40
2	<i>Ratio</i>	1:20
3	As Input	12 mm
4	As Output	14 mm
5	Dimensi	10 x 9 x 13,8 cm