

## RANCANG BANGUN MESIN PENGOLAH LIMBAK ORGANIC TERINTEGRASI SENSOR SUHU DAN KELEMBABAN UNTUK MENUNJANG KUALITAS KOMPOS

**Akbar Nur Fadillah<sup>1</sup>, Fauzi Akbar, M. Rizky Firdaus dan Pradiktio Putrayudanto**

Teknik Mesin Politeknik Negeri Jakarta

Email: 'akbarnurfadillah@rocketmail.com

### **ABSTRAK**

*Sampah merupakan salah satu permasalahan serius dalam perkotaan, sampah terbagi menjadi sampah yang mudah terurai (organik) dan sampah yang tidak mudah terurai (anorganik). Sampah organik pada daerah perkotaan sering disebut dengan sampah domestik, yaitu sampah yang berasal dari limbah organik daerah perkotaan dan didaur ulang untuk dijadikan kompos. Sampah domestik yang menumpuk seringkali banyak membuat kerugian bagi lingkungan sekitar, diantaranya adalah: bau yang sangat menyengat, sarang penyakit, tidak sedap dipandang mata, dan terciptanya cairan berwarna hitam (lecheate) yang bersifat toksik sehingga merusak unsur hara tanah. Sampah domestik yang didaur-ulang menggunakan mesin konvensional masih membutuhkan beberapa pekerja dan lahan yang luas sebagai area pematangan, padahal daerah perkotaan sulit untuk mendapat pekerja yang mau bekerja di bagian sampah dengan lahan kosong luas yang minimal. Oleh karena itu dibutuhkan mesin yang dapat mengolah sampah secara otomatis namun dapat mengolah limbah organik langsung menjadi kompos. Kemudian, mesin komposter ini didesain dengan melakukan pengujian terlebih dahulu di Kampus Politeknik Negeri Jakarta mengenai kekerasan beberapa sampah domestik. Mesin ini mempunyai ukuran 1.2m × 0.6m × 1.19m. Mesin ini mengintegrasikan sistem pemotongan dan pengadukan, sehingga tidak membutuhkan banyak pekerja dan lahan luas untuk membuat kompos di wilayah perkotaan.*

*Kata kunci: kompos, sampah, crusher, mixer, sensor LM-35*

### **ABSTRACT**

*Waste is one of the serious problems in urban areas, it divided into easily biodegradable (organic) waste and not easy biodegradable (inorganic). Organic waste in urban areas is often referred as domestic waste, that is waste that derived from organic waste of urban areas and recycled to be used as compost. Domestic wastes that accumulate often make a lot of disadvantages for the environment, including: a very pungent odor, a den of disease, unsightly, and the creation of black liquor (lecheate) that are toxic so damaging soil nutrients. Domestic wastes recycled using conventional machines still require some workers and a large area as the area of maturation, whereas urban areas are difficult to get workers who want to work in the trash with the minimal of vast empty land. Therefore, it needs a machine that can process waste automatically, but can treat organic waste directly into compost. Then, this composter machine designed to perform testing first in the Campus of State Polytechnic of Jakarta concerning on some hardness of domestic wastes. The size of this machine calculated as . This machine integrates cutting system and stirring, so it does not require many workers and broad land to make compost in urban areas.*

*Keywords: kompos, sampah, crusher, mixer, sensor LM-35*

### **PENDAHULUAN**

#### **Latar Belakang**

Komposter sebagai media pengomposan sampah organik telah terbukti bermanfaat untuk masyarakat sebagai pengganti tempat sampah organik. Komposter yang tersebar di Indonesia mempunyai banyak varian bentuk, mulai dari tipe holding unit hingga turning unit. Mengenai metode yang banyak diterapkan di Indonesia,

banyak yang menggunakan metode pengolahan mandiri dengan cara membuat lubang berukuran 2 x 2 meter, sampah kemudian ditimbun dan ditunggu beberapa bulan hingga akhirnya kompos matang pun jadi. Namun, dari sekian banyak bentuk dan metode pengomposan yang tersedia saat ini, masih banyak kekurangan yang menjadi kendala dalam pengolahan kompos, diantaranya adalah:

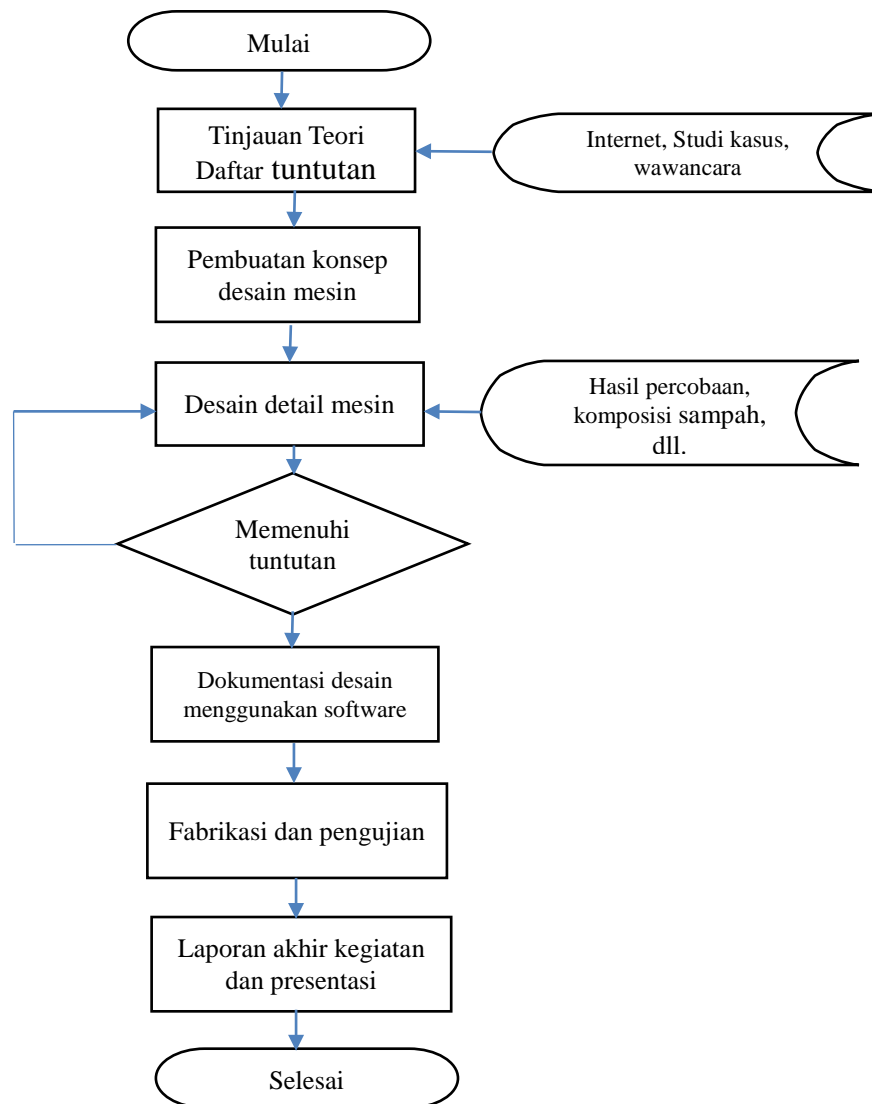
waktu pengomposan yang relatif lama (3-6 bulan), tempat yang dibutuhkan luas dan banyak pekerja yang dilibatkan dalam proses pengolahan limbah organik tersebut.

Mesin pengolah limbah organik yang terintegrasi dengan sensor suhu dan kelembaban ini dikembangkan karena kebutuhan solusi alternatif dari masalah pengomposan tersebut. Mesin ini menggunakan sistem kerja pencacah dan pengaduk yang dijadikan satu, sehingga tidak dibutuhkan lagi ruang yang luas. Sistem kerja sensor dan otomasi memungkinkan pengolahan kompos dilakukan secara otomatis dan akurat menurut suhu normal saat pengomposan.

Mesin ini merupakan pengembangan dari beberapa mesin komposter yang sudah ada dan dikembangkan berdasarkan pengamatan akan kebutuhan alat pengolahan sampah skala kecil hingga menengah.

### METODOLOGI PENELITIAN

Desain merupakan rangkaian proses yang dilakukan untuk mengembangkan fungsi produk menjadi lebih baik. Desain secara umum terbagi menjadi 5 tahap, diantaranya adalah: perencanaan, pengkonsepkan desain, perencanaan detail, dokumentasi dan prototype. Berikut diagram alir dari proses desain:



Gambar 1. Diagram alir proses desain

### **Planning dan daftar tuntutan**

Perencanaan mesin diawali dengan membuat standar yang harus ada pada spesifikasi mesin, Daftar standar atau tuntutan diawali dengan pengamatan di beberapa objek pengamatan. Berikut daftar tuntutan atau standar mesin:

1. Mesin memiliki fungsi pencacahan dan pengadukan hasil cacahan sampah dalam satu mesin.
2. Hasil cacahan harus memenuhi standar, yaitu berkisar antara 25-75 mm (Tchnobanoglous, 2003).
3. Tempat pengadukan berfungsi sebagai media pematangan adonan kompos.
4. Dapat mengaduk hasil cacahan sampah secara otomatis
5. Proses pengomposan menggunakan metode aerob (memerlukan udara)
6. Komposter untuk sampah domestic (sampah pekarangan, dapur dan pasar).
7. Sampah yang dicacah dibatasi hanya sampah yang bersifat lunak (sayuran daun, umbi dan daun kering).
8. Waktu pengolahan kompos lebih kurang selama 2 minggu.
9. Mengolah sampah menjadi kompos dengan kapasitas  $0,2 m^3$ .

### **Konsep desain mesin**

Desain konsep mesin untuk mendapatkan konsep yangterbaik, dilakukan bebarapa tahapan, antara lain; pendefinisian abstraksi fungsi keseluruhan, pendefinisian fungsi bagian, pencarian alternatif konsep desain, pemilihan variasi desain, evaluasi variasi desain dan terakhir pemilihan konsep desain terbaik.

### **Abstraksi fungsi keseluruhan**

Mesin pengolah limbah organik terintegrasi sensor suhu dan kelembaban memiliki fungsi keseluruhan berupa mengolah sampah domestic menjadi kompos dengan cara pencacahan, pengadukan dan penimbunan dengan bantuan bakteri aerob dengan jumlah dan waktu pengomposan sesuai spesifikasi produk.

### **Fungsi bagian**

Fungsi bagian sebagai penguraian dari fungsi keseluruhan. Setelah didefinisikan abstraksi fungsi keseluruhan, maka untuk mendapatkan bentuk dari fungsi tersebut didefinisikan fungsi bagian yang dibutuhkan. Berikut penjelasannya:

- Metode pencacahan  
Hasil cacahan dari proses pencacahan sangat menentukan cepat lambatnya suatu kompos dapat dibuat. Semakin kecil ukuran hasil dari proses pencacahan maka proses pengomposan juga dapat berlangsung lebih cepat. Untuk itu, dibutuhkan system pencacahan yang dapat memastikan hasil cacahan mempunyai ukuran yang kecil.
- Metode perawatan pada bagian pencacah  
Perawatan sangat penting dalam penggunaan mesin karna dapat menambah umur pemakaian. Bagain pencacah merupakan bagian yang langsung bersentuhan dengan sampah yang bersifat asam, maka dibutuhkan metode perawatan agar umur pemakaian bagian pencacah bisa tahan lama.
- Penampung hasil cacahan  
Hasil cacahan akan langsung ditimbulk pada bagian pengadukan. Penampung hasil cacahan merupakan wadah dari proses pengadukan. Material untuk bagian penampung hasil cacahan diperlukan material yang tahan akan korosi dan murah di pasaran.
- Pengaduk hasil cacahan  
Sistem pengaduk hasil cacahan harus mampu membuat saluran sirkulasi udara pada hasil cacahan. Fungsi pengaduk bukan untuk membuat hasil cacahan tercampur secara homogen. Hasil cacahan yang tertimbun akan menyebabkan suhu menjadi panas, untuk itu diperlukan system pengadukan agar panas yang terjadi bisa cepat keluar. Pengaturan suhu pada nilai suhu optimum akan

membuat waktu pengomposan menjadi lebih cepat.

- Aliran sirkulasi udara  
 Pada wadah penampung hasil cacahan diperlukan lubang sirkulasi yang berfungsi untuk tempat masuk aliran udara. Udara sangat penting dalam metode pengomposan secara aerob, untuk itu perlu aliran sirkulasi udara yang memadai guna mempercepat waktu pengomposan.
- Sistem otomasi pada bagian pengaduk  
 Dalam proses pengomposan perlu dilakukan pengadukan pada gundukan hasil cacahan sampah dengan maksud untuk menjaga suhu optimum pada gundukan. Apabila suhu yang terjadi diatas suhu optimum maka perlu dilakukan pengadukan. Karena sifat suhu yang selalu berubah-ubah dan tak tentu, maka diperlukan sistem otomasi dalam proses pengadukan agar suhu gundukan bisa selalu terjaga. Sistem





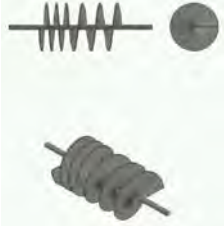
otomasi menggunakan sensor sebagai media penerima sinyal (*input*).

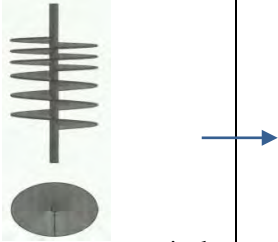
- Media tatap muka dengan pengguna  
 Media tatap muka pengguna (*interface*) merupakan media yang berfungsi untuk menghubungkan fungsi pengguna dengan fungsi perangkat elektronik. *Interface* juga berfungsi untuk memberikan informasi terhadap sistem yang terjadi kepada pengguna, dalam hal ini bisa berupa lampu indicator, layar monitor, dll.
- Pengambil hasil kompos  
 Hasil kompos pengolahan sampah organik diambil setiap selang waktutertentu. Pengambilan kompos harusdilakukan tanpa mengganggu prosespengkomposan yang masih berlangsung Untuk itu perlu adafungsi pengambil hasil kompos.

### Alternatif Konsep Desain

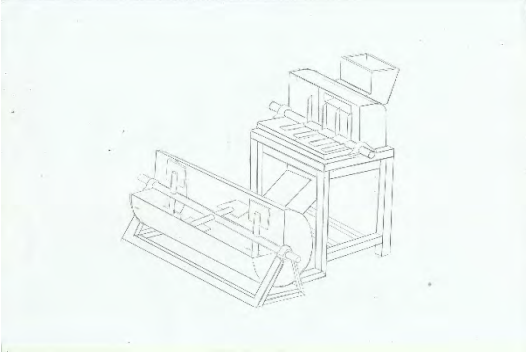
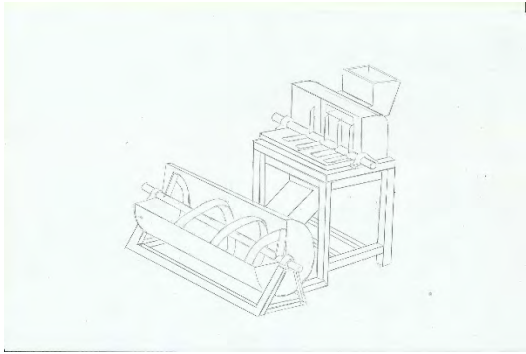
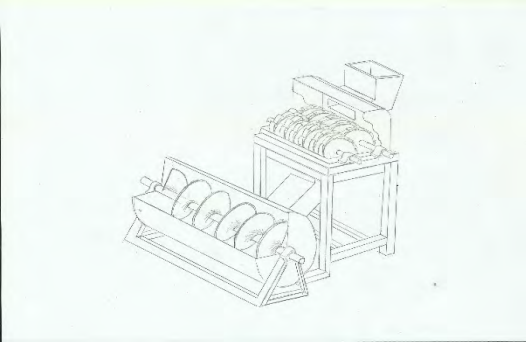
Konsep bagian pencacahan dan pengadukan

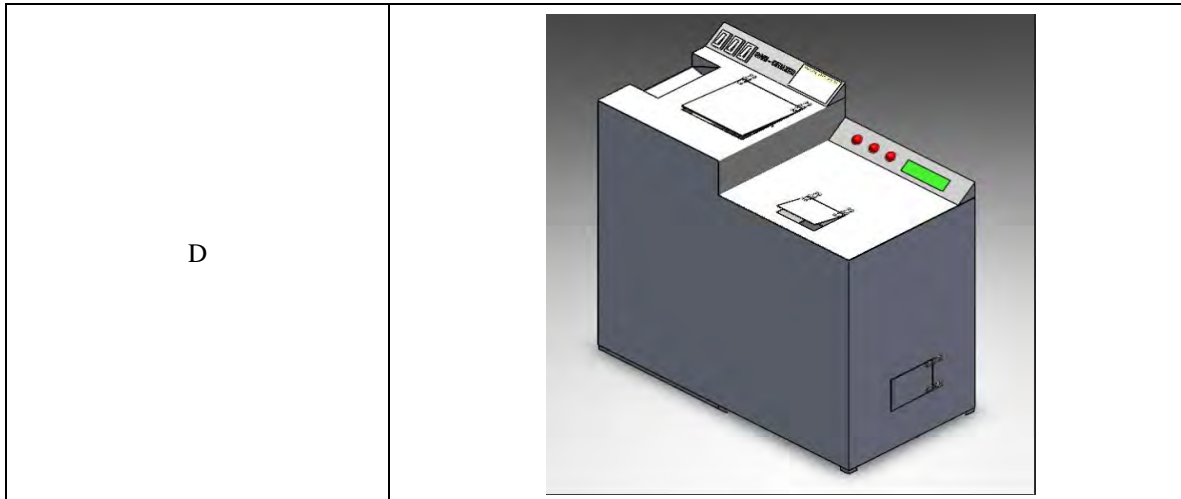
Tabel 1. Alternatif konsep pencacahan dan pengadukan

Alternatif Konsep	Bentuk Konsep Pencacah	Bentuk Konsep Pengaduk	Alternatif Konsep Mesin
1	 <p>Fan-blade crusher</p>	 <p>Single shaft paddle</p>	A
2	 <p>Double shaft shredder</p>	 <p>Half screw conveyor</p>	B
3.	-	 <p>Full screw conveyor horizontal</p>	C

4.	-	 <p>Full screw conveyor vertical</p>	D
----	---	--	---

Tabel 2. Alternatif konsep desain mesin

Alternatif Konsep Mesin	Bentuk Konsep Desain
A	
B	
C	



Setelah didapatkan penggabungan dari konsep pencacahan dan pengadukan, maka didapatkan konsep mesin yang nantinya dipilih berdasarkan kriteria

pemilihan. Berikut tabel pemilihan konsep mesin berdasarkan kriteria pemilihan: Evaluasi konsep desain berdasarkan pertimbangan kelayakan

Tabel 3. Evaluasi alternative konsep desain mesin

No.	Kriteria Pemilihan	Konsep			
		A	B	C	D
1	Hasil cacahan sampah	0	0	+	+
2	Tingkat efektifitas pengadukan	+	-	0	+
3	Kemudahan dalam fabrikasi	+	+	-	0
4	Volume kapasitas hasil cacahan sampah	+	+	+	-
5	Kemudahan memasukan sampah	-	-	-	0
6	Kemudahan dalam mengeluarkan sampah	-	-	-	+
7	Perawatan mesin	+	+	+	0
8.	Nilai estetika	0	0	0	+
<b>Total Nilai</b>		<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3</b>

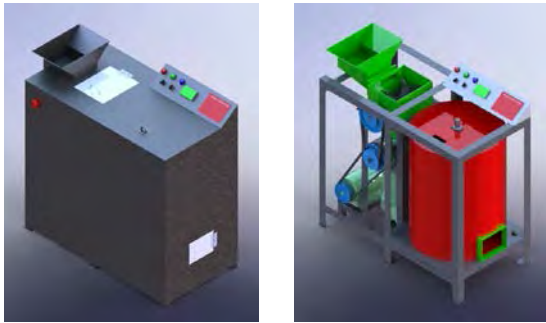
Tabel 4. Ranging alternative konsep desain mesin

Kriteria Pemilihan	Konsep			
	A	B	C	D
<b>Ranking</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
<b>Lanjut</b>	<b>Ya</b>	<b>Tidak</b>	<b>Tidak</b>	<b>Ya</b>

Tabel 5. Keterangan nilai

Keterangan Nilai	Jumlah Nilai
+	1
0	0
-	-1

Berdasarkan evaluasi konsep desain yang dilakukan diatas, dapat dikombinasikan dua buah konsep yang sama-sama unggul dari segi penilaian kelayakan. Oleh sebab itu, tim mencoba untuk menemukan konsep baru yang menggabungkan antara konsep A dan konsep D menjadi bentuk baru yang terlihat seperti gambar dibawah ini:



Gambar 2. Gambar detail mesin

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data yang digunakan dalam analisis pemilihan motor AC

Dalam proses desain konsep kerja, dibutuhkan dua buah motor listrik sebagai sumber daya. Hal ini dikarenakan karena bagian pencacahan dan bagian pengadukan berbeda siklus kerja dan beban, sehingga dibutuhkan sumber daya yang berbeda pula. Daya motor pada bagian pencacahan dapat dicari dengan menggunakan percobaan pemotongan. Percobaan pemotongan menggunakan objek singkong, daun sukun dan ujung bongkol jagung. Untuk daya motor bagian pengadukan dapat dicari dengan menghitung massa yang teraduk. Berikut penjelasannya:

### Data sampah/kompos

Tabel 6. Data sampah

Gaya yang dibutuhkan untuk memotong berdasarkan percobaan pemotongan objek sampah	20 kg
Volume maksimum sampah yang teraduk di wadah pengaduk	0,0354 m <sup>3</sup>
Massa jenis sampah/kompos	500 kg/m <sup>3</sup>
Massa sampah/kompos maksimum yang teraduk	17,67 kg

### Konsep perhitungan daya motor untuk bagian pencacahan

Daya motor untuk bagian pencacah dihitung berdasarkan gaya pemotongan yang diambil dari percobaan. Menggunakan pisau pemotong berjari-jari 10 cm, bagian pencacah berputar sebesar 600 RPM. Berikut perhitungan daya untuk bagian pencacah:

$$P = T \times \omega$$

$$P = (F \times r) \times \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

$$P = \left( 196,2 \text{ N} \times \frac{100 \text{ mm}}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{m}}} \right) \times \frac{2 \times \pi \times 600 \text{ rpm}}{60}$$

$$P = 1232,76 \text{ W} \approx 1,23 \text{ kW}$$

$$P_d = P \times f_c$$

$$P_d = 1,23 \text{ kW} \times 1,2 = 1,476 \text{ kW}$$

$$P_a = \frac{P_d}{\eta_{\text{bearing}} \times \eta_{\text{belting}} \times \eta_{\text{motor}}}$$

$$= \frac{1,476 \text{ kW}}{0,99 \times 0,96 \times 0,8}$$

$$= 1,941 \text{ kW}$$

Jadi, daya motor yang digunakan pada bagian pencacah adalah 1,941 kW  $\approx$  2,6 HP  $\approx$  3 HP

### Konsep perhitungan daya motor untuk bagian pengadukan

Daya motor yang dihitung untuk bagian pengaduk dihitung berdasarkan massa total yang harus berputar. Massa tersebut terdiri dari: berat sampah yang teraduk, berat poros dan berat pulley. Bagian pengaduk berputar sebesar 24 RPM. Berikut perhitungan daya untuk bagian pencacah:

$$P = T \times \omega$$

$$P = (F \times r) \times \frac{2 \times \pi \times n}{60}$$

$$P = ( 37,67 \text{ kg} \times 9,81 \text{ m/s}^2 ) \times 0,25 \text{ m} \times \frac{2 \times \pi \times 24 \text{ RPM}}{60}$$

$$P = 232,2 \text{ W} \approx 0,232 \text{ kW}$$

$$P_d = P \times f_c$$

$$P_d = 0,232 \text{ kW} \times 1,2 = 0,2784 \text{ kW}$$

$$P_a = \frac{P_d}{\eta_{\text{bearing}} \times \eta_{V-\text{Belt}} \times \eta_{\text{Bevel gear}} \times \eta_{\text{motor}}}$$

$$= \frac{0,2784 \text{ kW}}{0,95 \times 0,96 \times 0,95 \times 0,8}$$

$$= 0,4 \text{ kW} \approx 0,53 \text{ HP}$$

Jadi, daya motor yang digunakan pada bagian pengaduk adalah 0,4 kW  $\approx$  0,53 HP  $\approx$  0,5 HP

### Spesifikasi detail mesin

Setelah terlihat desain detail mesin pengolah limbah organik, dari sini dibuat spesifikasi mesin yang dibentuk berdasarkan referensi dan percobaan. Berikut spesifikasi mesin yang didapat:

Tabel 7. Spesifikasi mesin

No.	Spesifikasi Mesin	Nilai Spesifikasi
1.	Daya input motor untuk bagian pencacahan	3 HP
2.	Daya input motor untuk bagian pengadukan	0.5 HP
3.	RPM pencacahan sampah	$\pm$ 600 RPM
4.	RPM pengadukan hasil cacahan sampah	$\pm$ 24 RPM
5.	Suhu optimum pengomposan	(35 – 62)
6.	Volume maksimum hasil cacahan sampah yang bisa diaduk	0,0354 $m^3$
7.	Voltase listrik yang dibutuhkan	220 V

### KESIMPULAN

Setelah melewati serangkaian proses desain maka didapat sebuah konsep terbaik yang dipilih dari beberapa alternative konsep desain. Dari hasil pembahasan telah diketahui bahwa konsep telah memenuhi persyaratan dan spesifikasi yang dibutuhkan, sehingga dapat dilanjutkan dengan proses pengembangan dan manufaktur yang disesuaikan dengan ketersediaan alat, material dan komponen dipasaran. Proses pengujian dapat dilakukan setelah prototype hasil rancangan selesai dibuat.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gupta, J.K. dan Khurmi R.S. 2005. *A Textbook of Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House.
- [2] Sularso dan, Suga, Kiyokatsu, 2008. *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. Jakarta: PT. Pradnya Paramita
- [3] Nasrullah. 2012. “Disain Portabel Composter Sebagai Solusi Alternatif Sampah Organik Rumah Tangga”. *Jurnal Teknik Lingkungan UNAND*. IX (1): 50-58. Padang: Politeknik Negeri Padang.
- [4] Yenie, Elvie. 2008. “Kelembaban Bahan dan Suhu Kompos Sebagai Parameter yang Mempengaruhi Proses Pengomposan Pada Unit Pengomposan Rumbai”. *Jurnal Sains dan Teknologi*. VII (2): 58 – 61. Pekanbaru: Universitas Riau.
- [5] Amanah, Farisatul. 2012. *Pengaruh Pengadukan dan Komposisi Bahan Kompos Terhadap Kualitas Kompos Campuran Lumpur Tinja*. Skripsi Sarjana pada FT UI: tidak diterbitkan
- [6] Damanhuri, Enri dan Tri Padmi. 2008. *Diktat Kuliah Pengelolaan Sampah TL-3104*. Institut Teknologi Bandung.
- [7] Kementerian Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia. 2008. *Statistik Persampahan Indonesia*.