

SISTEM PERANCANGAN MODEL AUTOMATIC WASTE RECYCLING MACHINE BERBASIS MIKROKONTROLLER DAN PROGRAM IDE ARDUINO

Apang Djafar Shieddieque¹, Amri Abdulah², Wawan³, Rizal Rohian Salam⁴, dan Subki⁵

Jurusan Teknik Mesin, Sekolah Tinggi Teknologi Wastukencana

Email : amri@stt-wastukencana.ac.id

ABSTRAK. Permasalahan lingkungan hidup yang menjadi perhatian saat ini yaitu mengenai sampah, penyebab permasalahan sampah diantaranya pengelolaan sampah yang kurang baik dan ketersediaan mesin untuk mengolah sampah perlu pengembangan lanjutan. Jenis mesin yang pernah dibuat, proses pengoperasiannya masih dilakukan secara terpisah atau manual dalam beberapa tahapan. Pada tulisan ini dibuat suatu inovasi baru yaitu perancangan mesin *recycling* sampah otomatis berbasis *mikrokontroler* arduino yang dapat memilah sampah organik dan anorganik serta dapat menghancurkan sampah menjadi butiran kecil dengan ukuran seragam. Metode Perancangan menggunakan data berdasarkan teori umum untuk merencanakan kontruksi mesin dan meninjau ulang alat sebelumnya, kemudian pembuatan model atau *prototype*. Hasil perancangan yaitu mesin menggunakan dua buah motor listrik sebagai penggerak pisau pemotong dan konveyor dengan dilengkapi sensor proximity kapasitif dan induktif untuk mendeteksi objek sampah jenis anorganik, apabila sensor tidak membaca objek, maka objek termasuk jenis sampah organik, kedua jenis sampah akan dihancurkan oleh pisau pemotong sebanyak 30 buah yang tersusun pada 4 buah poros. Ketika penyimpanan melebihi batas, sensor ultrasonik mengirim kode pada *buzzer* dan menampilkannya pada LCD. Sampah anorganik diproses kembali pada konveyor kedua untuk dipisahkan antara logam dengan sampah lainnya. Dengan adanya Mesin ini, diharapkan dapat mempermudah proses penanganan sampah sehingga peningkatan volume sampah TPA berkurang.

Kata kunci; *Anorganik; Recycling; Sampah; Organik; Otomatis.*

PENDAHULUAN

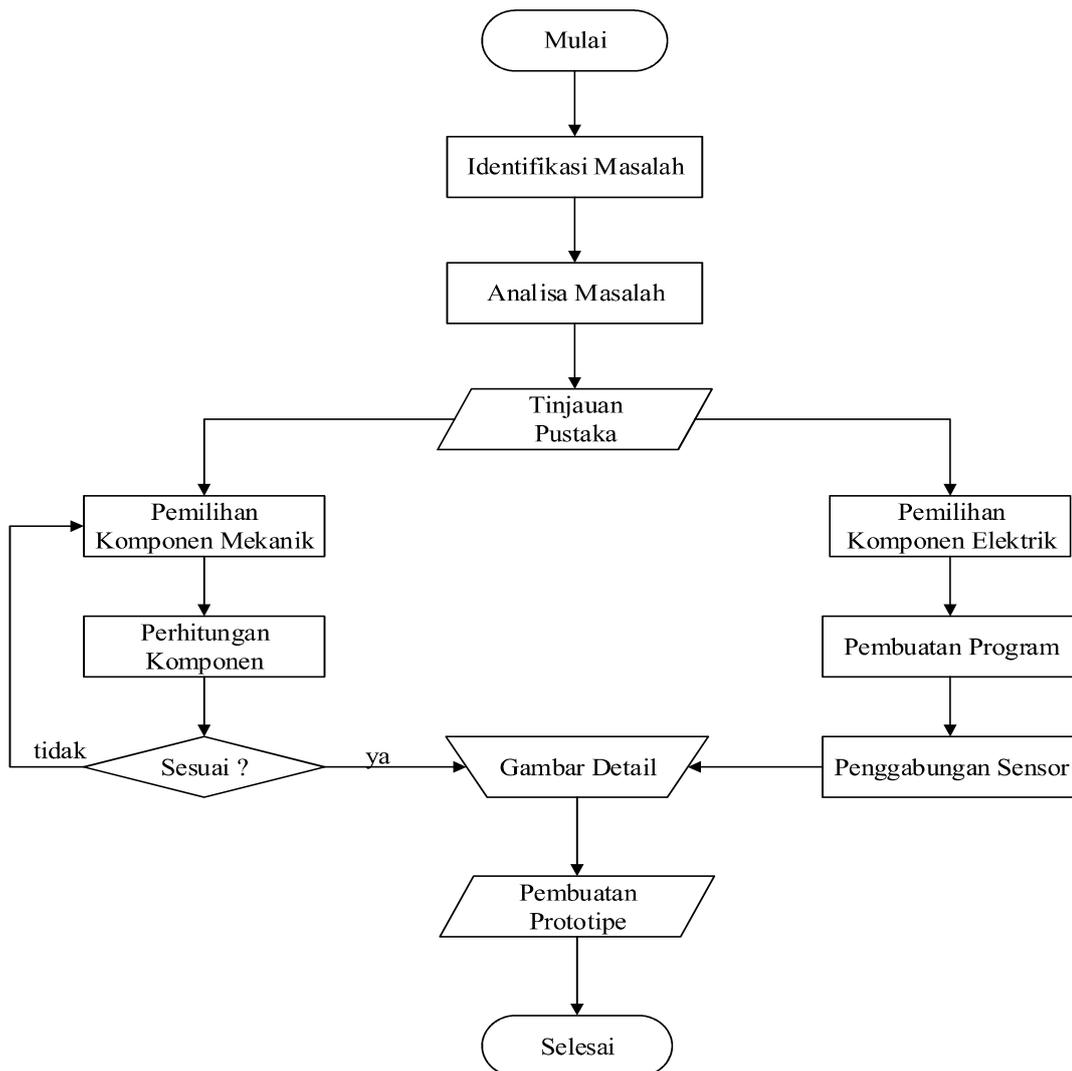
Sampah menjadi permasalahan serius diberbagai kota besar maupun pedesaan di Indonesia. Peningkatan jumlah penduduk di Indonesia berbanding lurus dengan sampah yang dihasilkan tiap harinya. Sampah adalah sebagian dari sesuatu yang tidak dipakai, tidak disenangi atau sesuatu yang harus dibuang yang umumnya berasal dari kegiatan yang dilakukan oleh manusia termasuk kegiatan industri, tetapi bukan biologis karena *human waste* tidak termasuk didalamnya, Sampah berdasarkan kandungan zat kimia dibagi menjadi dua kelompok, yaitu sampah organik dan sampah anorganik^[1]. Permasalahan pengelolaan sampah yang ada di Indonesia dilihat dari beberapa indikator berikut, yaitu tingginya jumlah sampah yang dihasilkan, tingkat pelayanan pengelolaan sampah masih rendah, tempat pembuangan sampah akhir terbatas jumlahnya, institusi pengelola sampah dan masalah biaya^[2]. Beberapa peneliti telah melakukan penelitian atau perancangan mesin pengolah sampah, Rancang bangun alat pemilah sampah yang dapat mendeteksi sampah logam dan non logam^[3]. Rancang bangun *prototype* tempat sampah pintar pemilah sampah organik dan anorganik menggunakan mikrokontroler arduino^[4]. Rancang bangun mesin pencacah sampah/limbah plastik dengan sistem *crusher* dan silinder pemotong tipe *reel* ^[5]. Dari beberapa yang telah dilakukan oleh para perancang masih perlu dilakukan beberapa rekayasa agar mesin pengolah sampah dapat terintegrasi dalam satu mesin sehingga memudahkan operator pengolah sampah didalam melakukan pekerjaannya. Tujuan penelitian ini yaitu untuk merancang suatu model mesin yang dapat mencacah sampah dan memilah sampah organik dan non organik yang terintegrasi didalam satu unit mesin dengan input pengendaliannya menggunakan satu unit mikrokontroler arduino berdasarkan kode program IDE Arduino^{[6][7]} yang telah dibuat, keseluruhan peletakan komponen mekanika dan elektronika dituangkan kedalam gambar detail pada *software* solidwork 2012. Adapun batasan yang dipakai dalam perancangan ini antara lain:

a. Desain Produk menggunakan *software* Solidwork 2012^[8] dan Program IDE Arduino.

- b. Merencanakan sebuah mesin menggunakan tenaga penggerak berupa motor listrik^[9] beserta komponen pendukung lainnya dengan input pengendalinya^[10] menggunakan mikrokontroler Arduino.
- c. Perencanaan komponen mekanika meliputi perhitungan torsi, daya yang diperlukan, putaran motor, puli dan sabuk - v, sedangkan komponen elektronika berupa pemilihan sensor, kode program IDE Arduino dan *schematic* Fridzing.

METODE PERANCANGAN

Dalam perancangan mesin *recycling* sampah otomatis ini, hal pertama yang perlu dilakukan yaitu merumuskan masalah, studi literatur mesin yang berkaitan, menuangkan rumus tertentu, kemudian merancang bentuk sesuai hasil dari perhitungan untuk menentukan dimensi pada masing - masing komponen dan konstruksi mesin^[11]. Secara umum langkah perancangan dapat dilihat pada diagram alir penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

Analisis Morfologi

Analisis morfologi merupakan suatu pendekatan sistematis dalam mencari sebuah alternatif penyelesaian. Metode ini dapat digunakan sebagai alternatif dari spesifikasi bahan atau komponen yang dipakai pada produk. Dengan segala sumber informasi tersebut, selanjutnya dapat dikembangkan untuk memilih komponen-komponen alat/mesin yang paling ekonomis. Untuk lebih aman, pengadaan komponen yang akan digunakan minimal lebih dari satu buah tujuannya sebagai pembanding apabila terjadi kegagalan pada tahap pengujian. Analisis morfologi sangat diperlukan dalam perancangan alat/mesin untuk mendapatkan sebuah hasil yang maksimal.

Tabel 1 Matriks Morfologi.

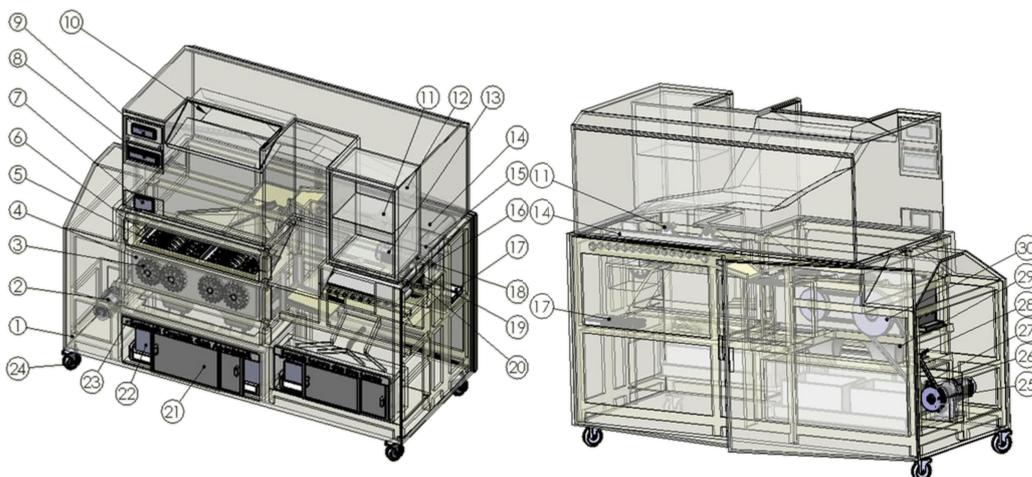
No.	Variabel	Pemilihan Komponen Mesin	
		1	2
1	Penggerak	 Motor Bensin	 Motor Listrik
2	Penerus daya	 Transmisi Sabuk-Puli	 Transmisi Rantai
3	Jenis sensor	 Ultrasonik	 Proximity
4	Program	 Mikrokontroler Arduino Uno	 Mikrokontroler ATmega

Berdasarkan Tabel 1. *Matriks Morfologi* alat/mesin yang dipilih adalah:

- 1) Sistem penggerak yang terpilih adalah motor listrik
- 2) Sistem transmisi sabuk dan puli
- 3) Kedua sensor digunakan
- 4) Pengendali menggunakan komponen mikrokontroler Arduino

Desain Detail Perancangan

Pembuatan sketsa model mesin *recycling* sampah otomatis ini didasari pada beberapa perhitungan komponen mekanis serta pertimbangan fungsi dari masing - masing kegunaan sensor pendukung, setelah hasil perhitungan dianalisa dan beberapa komponen mekanika dan elektronika ditentukan, kemudian hasil rancangan dituangkan kedalam *software* solidwork 2012.



Gambar 2 Desain Detail Mesin Recycling Sampah Otomatis

Keterangan Gambar:

- | | | |
|--------------------|---------------------------|--------------------------|
| 1. Rangka | 11. Sensor Proximity | 21. Pintu |
| 2. Motor Listrik | 12. Hopper Output Akhir | 22. Box Hasil Pencacahan |
| 3. Roda Gigi lurus | 13. Motor Inventer | 23. Keterangan Ruangan |
| 4. Rumah Pencacah | 14. Konveyor | 24. Roda |
| 5. Pisau Pemetong | 15. Worm Wheel | 25. Puli Kecil |
| 6. Pemisah Pisau | 16. Worm Gear | 26. Sensor Ultrasonik |
| 7. Push Button | 17. Catu Daya Elektronika | 27. Buzzer |

8. LCD	18. Gear Sproket Kecil	28. Belt
9. Jam Digital	19. Rantai	29. Hopper Output Awal
10. Hopper Input	20. Gear Sproket Besar	30. Puli Besar

Perencanaan Komponen Mekanika^{[12][13]}.

1) Menghitung Gaya pada Pisau Pencacah

Suatu gaya akan timbul akibat adanya interaksi antara benda bermassa yang mengalami perubahan bentuk, arah ataupun gerak pada konstruksi mesin. Pada mesin pencacah sampah yang akan direncanakan ini terdapat dua ruangan untuk proses pencacahan limbah, antara lain meliputi limbah sampah organik dan anorganik, sampah yang telah dipilah oleh sensor akan dicincang menjadi butiran kecil sebelum melewati proses pencucian untuk mempermudah proses daur ulang. Diasumsikan: $m = 6$ (kg) dan $g = 9,81$ (m/s²), perhitungan menggunakan persamaan dibawah ini^[14].

$$F = m \times g \tag{1}$$

a) Gaya Pisau yang digunakan sebanyak 30 pisau.

$$F_{\text{pencacah}} = F \times Z \tag{2}$$

b) Torsi pada poros pencacah dengan beban 180 (kg)^[15].

$$T = F \left(\frac{D_{\text{puli}}}{2} \right) \tag{3}$$

Torsi yang diperlukan pisau untuk dapat mencacah berbagai jenis limbah sebesar 63,6 (Nm).

2) Menghitung Torsi pada Poros (T₁)

a) Volume Poros (V_p)

$$V_p = \pi r^2 \times t \tag{4}$$

b) Gaya Berat pada Poros^[16].

$$m_p = \rho \times v \tag{5}$$

c) Momen Inersia pada Poros^[17].

$$I_p = \frac{1}{2} \times m_p \times r^2 \tag{6}$$

d) Torsi tanpa beban^[18].

$$\alpha = \frac{\omega}{t} \tag{7}$$

d) Torsi motor penggerak^[14].

$$T = I_p \times \alpha \tag{8}$$

e) Daya pada poros^[14].

$$P_1 = T_1 \times \omega_1 \tag{9}$$

3) Mencari Torsi Kedua (T₂)

a) Percepatan sudut pada poros, perhitungan menggunakan persamaan (7)

b) Torsi pada 4 poros yang digunakan untuk menggerakkan pisau pemotong :

$$T_2 = 4 \times I_p \times \alpha_2 \tag{10}$$

c) Daya pada poros, perhitungan menggunakan persamaan (9)

4) Mencari Torsi Ketiga (T_3)

Torsi ketiga terdapat pada puli keempat yang dihubungkan melalui V-belt pada puli kedua, dimana ukuran diameter puli sama, maka hasil perhitungan disamakan dengan rumus mencari torsi pada poros kedua : $T_4 = T_2$ dan Daya Poros $P_4 = P_3$ Torsi dan daya dihitung terlebih dahulu untuk mendapatkan besar tenaga yang diperlukan pada poros penggerak pisau pencacah.

5) Menghitung Daya Komponen Penghubung Pisau Pencacah

Pada mesin terdapat 4 buah roda gigi lurus untuk menghubungkan antara poros pencacah satu dengan lainnya melalui putaran puli yang dihasilkan dari motor penggerak.

a) Gaya berat pada roda gigi lurus

$$m_r = \rho \times v \quad (11)$$

Masa keseluruhan pada roda gigi lurus

$$m_{total} = m_r \times Z \quad (12)$$

b) Momen inersia, dapat dihitung menggunakan persamaan 6.

c) Torsi roda gigi lurus, dapat dihitung menggunakan persamaan 8.

d) Daya roda gigi lurus, dapat dihitung menggunakan persamaan 9.

Pada mesin terdapat 4 buah puli untuk dapat menggerakkan komponen mekanis pisau pencacah sampah ini, berat jenis benda kerja sampai dengan daya yang diperlukan dihitung dengan cara mengasumsikan keseluruhan dimensi puli memiliki ukuran yang sama.

e) Gaya berat pada Puli, dihitung menggunakan persamaan 5.

f) Masa keseluruhan pada puli penghubung, dihitung menggunakan persamaan 12.

g) Momen inersia pada puli, dihitung menggunakan persamaan 6.

h) Torsi keseluruhan pada puli, dihitung menggunakan persamaan 8.

i) Daya keseluruhan pada puli, dihitung menggunakan persamaan 9.

Setelah dicari torsi untuk penggerak mekanis, maka daya motor yang dibutuhkan diketahui dengan cara menjumlahkan daya keseluruhan, sehingga spesifikasi untuk motor penggerak dapat ditentukan. $P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$ dan Daya yang dibutuhkan oleh keseluruhan komponen penggerak mekanis sebesar 0,32 Hp. Untuk lebih aman pemakaian daya pada motor penggerak menggunakan $P = 1 \text{ Hp} = 0,746 \text{ kW}$ dan $F_c = 1,2$.

6) Daya Rencana^[12].

$$P_d = f_c \times P = 0,8952 \text{ (kW)} \quad (13)$$

7) Momen Rencana Motor Penggerak dan poros pisau pencacah^[12].

$$T_1 = 9,74 \times 10^5 \times \frac{P_d}{\eta_1} \quad (14)$$

8) Putaran Motor direncanakan $\pm 70 \text{ rpm}$, untuk mendapatkan putaran sesuai dengan yang direncanakan dari kecepatan awal 1400 rpm, mesin recycling sampah ini menggunakan *gear speed reducer* dengan perbandingan 1:40, maka putaran motor adalah = 35 rpm.

9) Pemilihan Penampang Sabuk – V menyesuaikan antara daya rencana, yaitu sebesar 1 Hp dan putaran poros penggerak yaitu sebesar 35 rpm, maka didapatkan penampang sabuk - V dengan tipe A.

10) Diameter Lingkaran Jarak Bagi pada Puli dengan Sabuk - V tipe A, diameter puli dianjurkan menggunakan ukuran 3 inchi, sedangkan pada perhitungan untuk menentukan ukuran dimensi puli besar didapatkan perbandingan 1:2, maka diameter untuk puli besar ukurannya 6 inchi.

11) Kecepatan Linier Sabuk - V ^[12].

$$v = \frac{d_{puli} \times n_{puli}}{60000} \quad (15)$$

12) Panjang Keliling Sabuk – V tipe A35 = 35,9 inch = 911,86 mm.

13) Jarak Sumbu Poros dan Panjang Poros^[12].

$$b = 2.L - \pi (D_p + d_p) \quad (16)$$

Maka jarak untuk sumbu poros adalah :

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_p - d_p)^2}}{8} \quad (17)$$

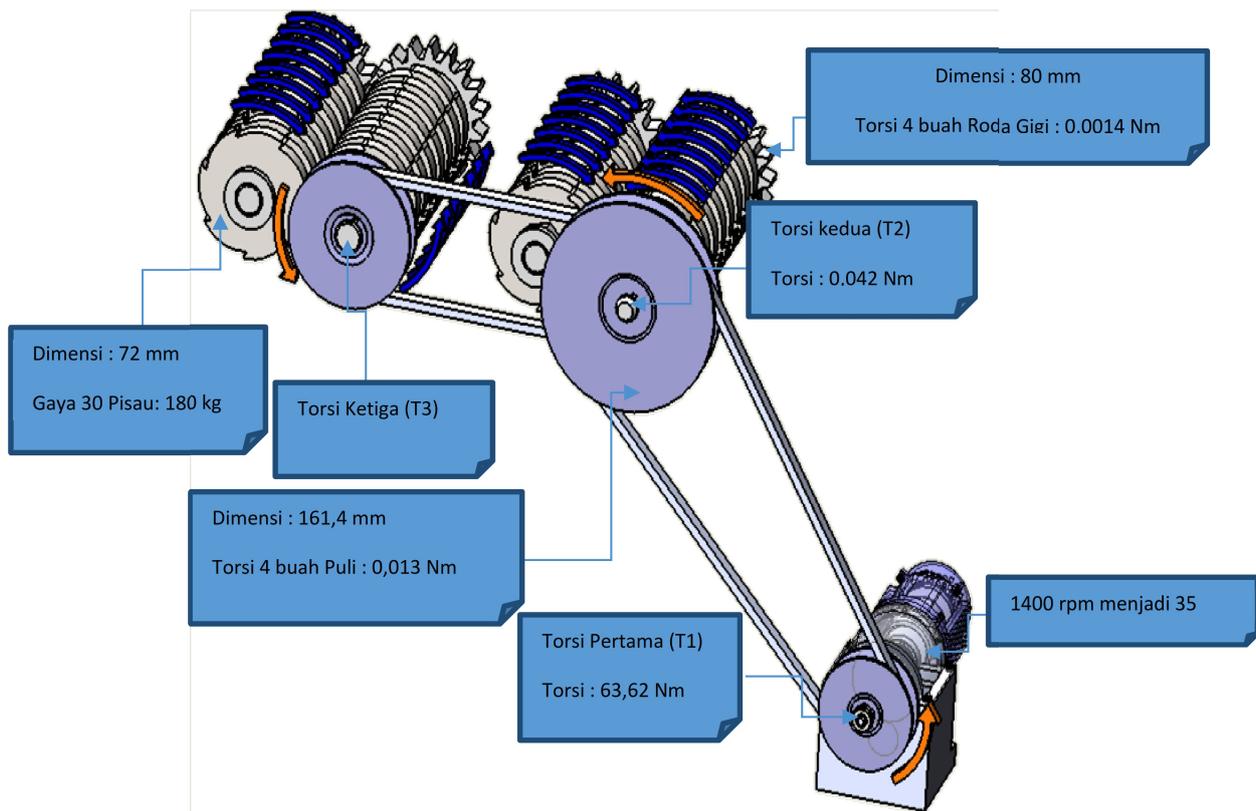
14) Menentukan Panjang Sabuk^[12].

$$L = 2C + \frac{\pi}{2} (d_p + D_p) + \frac{1}{4C} (D_p - d_p)^2 \quad (18)$$

Tabel 2. Hasil perhitungan komponen mekanik mesin

NO	DESKRIPSI	Simbol	Nilai	Satuan	
1	a	Gaya pada Pisau Pencacah	F	58.86	N
	b	Gaya Pisau yang digunakan sebanyak 30 pisau	F _{pencacah}	1765.8	N
		Gaya Pisau yang digunakan sebanyak 30 pisau	F _{pencacah}	180	kg
		Torsi pada poros pencacah dengan beban 180 (kg).	T	63.6	Nm
2	a	Volume Poros	V _p	3.73 x 10 ⁻⁴	m ³
	b	Gaya Berat pada Poros	m _p	2.93	kg
	c	Momen Inersia pada Poros	I _p	0.021	kgm ²
	d	Torsi tanpa beban	α	3.7	rad/s
		t = diasumsika 35 rpm, memerlukan waktu 5 detik	α	0.74	rad/s
	e	Torsi motor penggerak	T	0.02	Nm
		Torsi keseluruhan	T	63.62	Nm
	f	Daya pada poros	P ₁	235.394	watt
3		Torsi Kedua (T ₂)			
	a	t = diasumsikan 35 rpm, memerlukan waktu 15 t :	α ₂	0.49	rad/s
	b	Torsi pada 4 poros	T ₂	0.042	Nm
	c	Daya pada poros	P ₂	0.31	watt
4		Torsi Ketiga (T ₄ =T ₃)	T ₃	0.02	Nm
		Daya Poros 4 (P ₄)	P ₄	0.31	Nm
5		Daya Komponen Penghubung Pisau Pencacah			
	a	Gaya berat pada roda gigi lurus	m _r	0.71	kg
		Masa keseluruhan pada roda gigi lurus	m _{total}	2.9	kg
	b	Momen inersia	I _r	0.00232	kgm ²
	c	Torsi keseluruhan roda gigi lurus	T ₄	0.0014	Nm
	d	Daya Keseluruhan roda gigi lurus	P ₄	0.00833	watt
	Gaya berat pada Puli	m _{pb}	0.2	kg	

f	Masa keseluruhan pada puli penghubung	m_{total}	0.8	kg
g	Momen inersia pada puli	I_p	0.026	kgm^2
h	Torsi keseluruhan pada puli	T_5	0.013	Nm
i	Daya keseluruhan pada puli	P_5	0.09	watt
6	Daya Keseluruhan ($P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5$)	P	0.32	Hp
	Daya Rencana	P_d	0.8952	kW
7	Momen Rencana Motor dan poros pisau	T_1	622.8	kg.mm
	Momen pada Poros Pisau	T_2	12456.1	kg.mm
8	Putaran Motor		35	rpm
9	Penampang Sabuk V = Type A			
10	Diameter puli besar		6	inchi
11	Kecepatan Linier Sabuk V	v	0.0889	m/s
12	Panjang Keliling Sabuk - V		911.86	mm
13	Jarak Sumbu Poros dan Panjang Poros	b	1105.92	mm
	Jarak Sumbu Poros dan Panjang Poros	C	273.83 ~ 275	mm
14	Menentukan Panjang Sabuk	L	914.2	mm

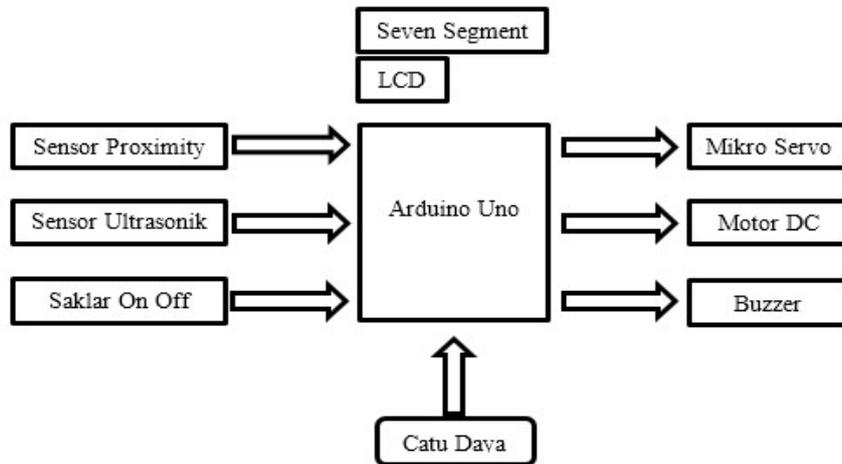


Gambar 3 Diagram Benda Bebas Komponen Penggerak Pisau Pencacah

Berdasarkan hasil dari perhitungan keseluruhan komponen mekanis, untuk menggerakkan pisau pencacah memerlukan daya motor penggerak mula sebesar 0,32 hp, penentuan daya pada motor listrik dipilih 1 hp supaya lebih aman dioperasikan untuk mengantisipasi apabila ada limbah keras yang susah dihancurkan, perbandingan reduksi antar puli sebesar 2:1 dengan tambahan *gear speed reducer* 1 : 40 bertujuan agar putaran akhir pada pisau pencacah lambat sehingga hasil potongan limbah merata. Sedangkan ukuran panjang sabuk – v dipilih menggunakan ukuran standar yang ada dipasaran 911,86 mm, termasuk kedalam sabuk V type A35.

Perancangan Komponen Elektronika^{[9][19]}

Mesin yang akan direncanakan tidak hanya berfungsi untuk menghancurkan sampah, tetapi dilengkapi dengan beberapa sensor pendukung dan pengendalinya, bertujuan untuk dapat mendeteksi bermacam-macam objek berupa sampah organik dan anorganik maupun logam dan non logam, sehingga sampah dapat diseleksi terlebih dahulu sebelum melewati proses penghancuran menjadi butiran kecil, blok diagram dapat dilihat pada gambar 4.



Gambar 4 Blok Diagram Elektronika

HASIL DAN PEMBAHASAN

a. Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

Hasil perancangan yaitu Mesin *Recycling* Sampah Otomatis yang berfungsi sebagai penghancur sampah organik dan anorganik dengan pengendalian menggunakan mikrokontroler arduino, sensor akan mengirim sinyal masukan pada mikrokontroler untuk diproses berdasarkan kode program yang telah dibuat, lalu setelah diproses, arus listrik akan mengalir pada mikroservo untuk memilah sampah organik dan anorganik.

b. Analisa Perhitungan

Dari hasil perhitungan dapat pada tabel 2 dan gambar 3. Dapat dilihat bahwa secara keseluruhan gaya, torsi, berat dan lainnya untuk komponen mesin *recycling* sampah otomatis ini dihitung secara detail sehingga mesin aman untuk dioperasikan dan dapat memenuhi harapan.

c. Cara Kerja Mesin Keseluruhan

Untuk menjalankan mesin seluruh harus menekan tombol ON-OFF sehingga motor listrik serta konveyor 1 dan 2 bergerak, ketika objek masuk melalui hoper akan berjalan melewati konveyor pertama, pada konveyor dipasangkan sensor proximity kapasitif dan induktif yang bertujuan untuk dapat menyeleksi benda anorganik dan logam lalu mengirimkan sinyal pada mikro servo untuk dapat menyeleksi benda kedalam ruangan pencacah, sampah yang masuk ke ruangan pencacah akan dihancurkan menjadi butiran kecil lalu dikeluarkan ke ruangan penyimpanan melalui saringan supaya jenis sampah yang telah diproses ukurannya menjadi seragam, ketika kapasitas penyimpanan melewati batas maksimal, sensor ultrasonik akan mengirimkan sinyal melalui buzzer untuk dikonversikan menjadi suara lalu menampilkannya pada layar LCD. Sampah anorganik yang telah diproses, dimasukkan kedalam *hopper* kedua untuk dipisahkan antara sampah logam dan non logam, sampah yang terseleksi oleh sensor *proximity* induktif pada konveyor kedua akan dipilah oleh sebuah mikro servo untuk dimasukkan kedalam ruangan penyimpanan, ketika kapasitas penyimpanan sudah melewati batas maksimal, sensor ultrasonik akan mengirimkan sinyal melalui *buzzer* untuk dikonversikan menjadi suara lalu menampilkannya pada layar LCD.

d. Spesifikasi Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

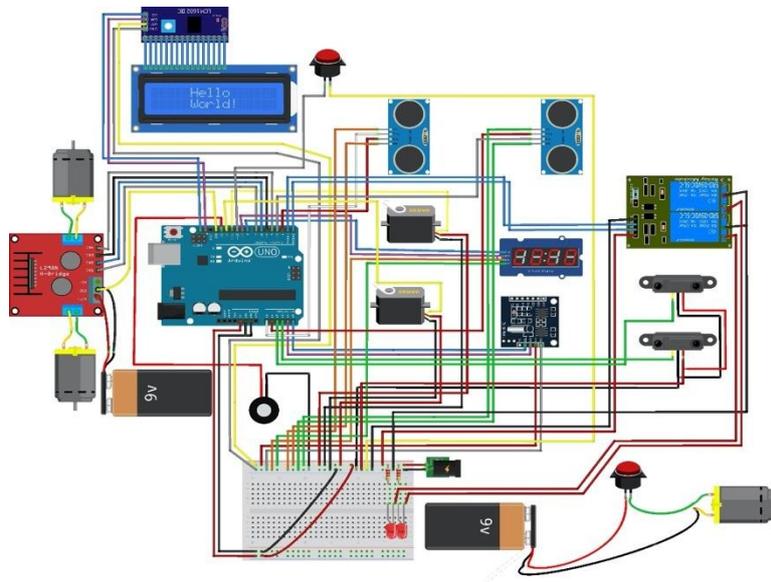
Berdasarkan dari perhitungan yang telah dilakukan, didapat spesifikasi mesin yang dapat dilihat pada tabel 3 dibawah ini.

Tabel 3 Spesifikasi Mesin *Recycling* Sampah Otomatis.

Nama Alat	Mesin Recycling Sampah Otomatis
Penggerak (Motor Listrik)	1. Penggerak pemotong : Hp Kecepatan 1400 rpm dengan <i>gear speed reducer</i> 1:40. 2. Penggerak Konveyor : 1 Hp dengan inverter.
Dimensi alat : Panjang	1272 mm
Lebar	513 mm
Tinggi	960 mm
Diameter Puli penggerak	85,2 mm
Diameter Puli yang digerakan	161,4 mm
Diameter Poros penggerak	19 mm
Diameter Poros yang digerakan	24 mm
Diameter Pisau pemotong	72 mm
Diameter Roda Gigi penghubung	80 mm
Diameter Pitch Sproket Kecil	81,28 mm
Diameter Pitch Sproket Besar	162,56 mm
Panjang Rantai	863,6 mm
Panjang Belt Konveyor 1	317,49 mm
Panjang Belt Konveyor 2	198,85 mm

Skematik Diagram

Skematik diagram pada gambar 5 didesain menggunakan *software* fridzing berdasarkan rangkaian *wiring* gabungan sensor aktual, masing - masing sensor disambungkan melalui kabel jumper yang terhubung pada mikrokontroler arduino dengan dibekali kode program yang dibuat pada *software* IDE Arduino untuk menjalankan keseluruhan fungsi rangkaian tersebut.



Gambar 5 Skema Rangkaian Elektronika Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

e. Pembuatan Prototype Mesin



Gambar 6 Hasil Rancangan *Prototype* Mesin *Recycling* Sampah Otomatis

KESIMPULAN

Dari metodologi, hasil dan pembahasan diperoleh kesimpulan bahwa mesin *recycling* sampah otomatis yang dirancang aman untuk dioperasikan. Mesin ini mempunyai kelebihan bahwa pencacahan dan pemisahan sampah dapat dikerjakan dalam satu mesin, desain ini memudahkan dalam pengerjaan pengolahan sampah. Mesin dibuat mudah untuk dipindahkan (*portable*) karena dilengkapi 4 buah roda dibawah rangka mesin. Sistem pengendali menggunakan sensor sehingga pengerjaan pemisahan dapat secara otomatis dilakukan, secara keseluruhan mesin ini lebih baik dari mesin yang ada sebelumnya karena pencacahan sampah dan pemilahan sampah terintegrasi dalam satu mesin, sistem pengendalian otomatis menggunakan mikrokontroler dan pembuatan *prototype* untuk mempermudah pemahaman proses pengolahan sampah dan pembuatan mesin.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Azwar, *Pengantar Ilmu Kesehatan Lingkungan*. Jakarta: Mutiara, 1979.
- [2] Kardono, "Integrated Solid Waste Management in Indonesia," *Proc. Int. Symp. OnEcoTopia Sci.*, pp. 629–633, 2007.
- [3] A. Prengky, "Rancang Bangun Alat Pemilah Sampah Cerdas Otomatis," *Politeknik Negeri Balik Papan*, vol. 9, no. 1, pp. 1–3, 2017.
- [4] M. Yunus, "Rancang Bangun Prototipe Tempat Sampah Pintar Pemilah Sampah Organik Dan Anorganik Menggunakan Arduino," *Procedding STIMA*, vol. 1, no. 1, pp. 340–343, 2018.
- [5] I. Nur, Nofriadi, and Rusmardi, "Pengembangan Mesin Pencacah Sampah / Limbah Plastik," *Semin. Nas. Sains dan Teknol.*, no. November, pp. 1–8, 2014.
- [6] H. Santoso, "Monster Arduino II." Elang Sakti, Malang, 2017.
- [7] H. Santoso, *Panduan Praktis Arduino untuk Pemula*. Elang Sakti, 2015.
- [8] J. Sinaga, *Trik Ajaib Membuat Desain Komponen Mekanis 2D & 3D Menggunakan Solidworks*. Yogyakarta: Andi, 2016.
- [9] Elektronika-dasar.web.id, "Jenis - Jenis Motor Listrik," 2019. .
- [10] Triqueni, "Desain Kontrol Sistem," 2019. .
- [11] Sugiarto and T. Sato, *Menggambar Mesin Menurut Standar ISO*. PT. Pradnya Paramita, 2008.
- [12] Sularso and Kiyokatsuga, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*. PT.Pradnya Paramita, 2008.
- [13] G. Harahap, *Perencanaan Teknik Mesin*. Jakarta: Erlangga, 1994.
- [14] Khurmi, *Machine Design*. New Delhi: Eurasia Publishing House, 2005.
- [15] H. Sonawan, *Perancangan Elemen Mesin*. Bandung: Alfabet, 2014.
- [16] Darmawan, *Teori dan Soal Fisika*. Jakarta: Erlangga, 1999.
- [17] L. Prasetio, *Mekanika Teknik Dinamika*. Jakarta: KDT, 1999.
- [18] R. Y. Hutahean, *Mekanisme dan Dinamika Mesin*. Yogyakarta: Andi, 2006.
- [19] D. Kho, "Pengertian Proximity Sensor (Sensor Jarak) dan Jenis-jenis Proximity Sensor," 2019.