

STUDI RANCANG BANGUN MESIN PLASTIC WASTE SHREDDER DENGAN KAPASITAS 15 KG/HARI DENGAN APLIKASI METODE VDI 2222

Riky Adhianto¹⁾, Asep Indra Komara²⁾, Annisa³⁾

¹⁾²⁾³⁾ *Teknologi Rekayasa Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung*

Email: riky@polman-bandung.ac.id¹⁾, asep.indra@polman-bandung.ac.id²⁾, annisaimprove@gmail.com³⁾

Abstrak

Persoalan sampah plastik di kampus Polman Bandung masih menjadi tugas bersama seluruh sivitas kampus. Dengan menghasilkan sampah plastik rata-rata 10 kg/hari, teknik perancangan mengambil langkah untuk membuat serangkaian mesin pendaur ulang sampah plastik yang akan diolah kembali menjadi bijih plastik atau produk cetakan plastik. Rangkaian mesin ini dimulai dari mesin pencacah plastik. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menghasilkan mesin pencacah plastik yang mampu mencacah sampah plastik 15kg/hari dengan sistem rancangan mesin penghancur *waste shredder*. Proses penghancuran mengadaptasi proses *shearing* dimana pisau penghancur akan merobek sampah plastik sehingga sampah plastik akan terdeformasi, *shear angle* yang dipakai pada pisau sebesar 5°. Material pisau ST60/S45C dirasa cukup mampu untuk mencacah sampah plastik, hal ini dilihat dari nilai kekerasan, *tensile strength* dan tegangan geser dari material pisau yang melebihi material plastik PE, PP, ABS dan PP. Dari hasil rancangan dan perhitungan, ukuran mesin yaitu 490 x 590 x 792, daya motor penggerak 1HP/0.75kW 1 phase 220V dengan putaran 1415rpm yang dibantu oleh elemen transmisi pulley SPZ1060 dan SPZ800. Komponen pencacah yang dipakai terdiri dari 8 buah rotary cutter berdimensi Ø13 x 12 dan 16 buah fix cutter. Terdapat sistem penyaring mesh yang memiliki lubang mesh 12mm, sehingga cacahan yang keluar berukuran <12mm, hanya saja bentuk dan ukuran yang keluar dari sistem penyaring tidak seragam.

Kata kunci: *waste shredder, sampah plastik, rotary cutter, shear angle*

Abstract

The issue of plastic waste at the Polman Bandung campus is still a joint task for all campus academics. By producing plastic waste averaging 10 kg / day, Design Engineering steps to make a recycling machine for plastic waste that will be processed into plastic or plastic mold products. This series of machines starts from a plastic chopper. The purpose of this study is to make a plastic chopper that is capable of chopping 15kg / day of plastic waste with a shredder waste shredder system. The destruction process in the cutting process where the crushing knife will tear plastic waste so that the plastic waste will deform, the shear angle used on the blade is 5 degrees. The ST60 / S45C blade material is quite suitable for plastic waste, which is seen from the blade material that exceeds the plastic materials of PE, PP, ABS and PP. From the design and calculation, the engine size is 490 x 590 x 792, 1HP / 0.75kW 1 phase 220V motor drive power with 1415rpm rotation is assisted by SPZ1060 and SPZ800 pulley transmission elements. The chopper component used consisted of 8 rotary cutter with dimensions of Ø13 x 12 and 16 pieces of fix cutter. The mesh system that has a 12mm mesh hole is used, which is the size <12mm, only the shape and size coming out of the system are not uniform.

Keywords: *waste shredder, plastic waste, rotary cutter, shear angle*

I. PENDAHULUAN

Sampah plastik merupakan jenis sampah yang paling sulit untuk dimusnahkan, meski begitu pertumbuhan volume sampah plastik berbanding lurus dengan pertumbuhannya, akibatnya sampah plastik akan terus meningkat seiring berjalannya waktu jika tidak ditangani secara serius. Begitupun dengan lingkungan kampus Politeknik Manufaktur Bandung (POLMAN), sampah plastik yang dibuang setiap harinya rata – rata mencapai 10kg/hari.



Gambar 1. Tempat pembuangan akhir sampah plastik di POLMAN

Penanganan sampah plastik yang tepat dapat menjadi lahan bisnis tersendiri, selain ikut serta dalam mengatasi masalah lingkungan. Pada tahun 2015, bisnis dari sampah sendiri mencapai angka Rp. 35,5 miliar dengan pertumbuhan 7,17 % per tahun. Di Indonesia sendiri sampah plastik dihasilkan sebanyak 3,22 juta ton/tahun, terbesar kedua di dunia. (Katadata, 2016).



Gambar 2. Gambaran bisnis dari sampah

Namun belum ada kesadaran penuh dari setiap lini kampus untuk membuang sampah pada tempatnya, contohnya saja masih banyak ditemukan sampah di kolong meja, di tepian kelas, atau di koridor kampus. Meskipun begitu, Polman sudah berupaya untuk mengolah sampah agar tidak bertebaran, dimulai dari penyediaan tong sampah berdasarkan jenis sampah, pemisahan sampah – sampah plastik, atau riset yang sedang dilakukan untuk mendaur ulang sampah organik menjadi biogas. Sedangkan untuk sampah plastik yang sudah dipilah, akan dijual ke pengepul sampah plastik dengan kondisi sampah plastik yang utuh. Hal ini menjadi masalah yang perlu perhatian khusus baik pemerintah maupun stakeholder terkait, dimana masalah penanganan sampah kedepan dapat bersentuhan dengan teknologi khususnya.



Gambar 3. Tren pengelolaan sampah

Dari hal tersebut, Teknik Perancangan Manufaktur berinisiatif untuk mereduksi sampah plastik secara mandiri, salah satu caranya adalah dengan mencacahnya menggunakan Mesin Pencacah Plastik. Rangkaian mesin pendaur ulang sampah plastik menjadi salah satu fokus penelitian yang sedang dikembangkan oleh POLMAN Bandung. Berikut adalah skema proses daur ulang plastik.



Gambar 4. Skema proses daur ulang plastik

Sampah plastik akan dimulai dari proses penghancuran. Proses penghancuran sampah plastik dilakukan oleh mesin penghancur plastik. Sampah plastik akan dihancurkan oleh mesin penghancur dan output yang dihasilkan bergantung dengan jenis mesin penghancur. Mesin penghancur yang menjadi fokus utama ialah mengubah sampah plastik menjadi cacahan sampah plastik, yang berarti mesin penghancur ini hanya dapat mereduksi dimensi material menjadi hasil cacahan dengan bentuk dan ukuran yang tidak beraturan, namun diharapkan dimensi yang keluar yakni 5 mm, 8 mm dan 10 mm. Jenis plastik yang dapat diproses ialah Polyethylene (PE), Polupropylene (PP), Acylic Butadine Styrene (ABS), dan Polystyrene (PS).

Metode perancangan yang diimplementasikan pada pembuatan prototype mesin pencacah sampah plastik ialah VDI 2222. Untuk memastikan rancangan mesin tersebut dapat berjalan dengan baik maka fase awal akan dilakukan perhitungan kekuatan dan kemampuan mesin. Dan tujuan akhir dari penelitian ini ialah rancangan mesin pencacah sampah plastik yang sudah didokumentasikan, lengkap dengan perhitungan dan gambar kerja, prototype mesin pencacah sampah plastik yang akan dimanfaatkan oleh kampus Polman Bandung.

II. LANDASAN TEORI

Mesin Penghancur

Mesin penghancur atau yang lebih dikenal dengan *crusher machine* adalah mesin yang berfungsi untuk menghancurkan dimensi awal bahan baku menjadi lebih kecil. Dari karakteristik proses penghancuran, mesin penghancur terbagi menjadi beberapa jenis mesin, yaitu *Shredder*, *Grinder* dan *Granulator*. Namun seringkali terminologi dari ketiga jenis tersebut tertukar saat penggunaannya. Lalu apa perbedaannya?

Shredder, atau sering disebut dengan mesin pencacah biasanya dilakukan pada putaran yang rendah (*low speed, high torque*). Mesin pencacah dirancang untuk mengubah komponen besar dan menghancurkannya secara acak menjadi komponen yang lebih kecil, sekitar 1" – 2" atau lebih besar.

Grinder, meskipun istilah grinding dan *shredding* sering tertukar, proses aktual dan hasil akhir dari kedua mesin ini tidak jauh berbeda. *Grinder* berarti "penggiling" (untuk bahan baku *bulk*), atau seringkali disebut dengan istilah *chipper* yang berarti "pencukur" (untuk bahan baku lembaran), ialah pembentuk partikel menjadi potongan yang lebih kecil. Dimensi yang dapat dicapai oleh mesin grinder mencapai 1/2" – 1/4".

Granulator, cara kerja mesin ini dengan *grinder* memiliki prinsip yang sama yaitu mengubah komponen yang lebih besar untuk diubah menjadi lebih kecil. Cara terbaik untuk membedakan kedua mesin ini adalah dengan menentukan seberapa kecil hasil akhir yang dibutuhkan. *Granulator* memiliki kemampuan untuk mengurangi bahan tertentu ke ukuran partikel yang jauh lebih kecil daripada grinder.

Definisi dan Klasifikasi Proses Pemotongan

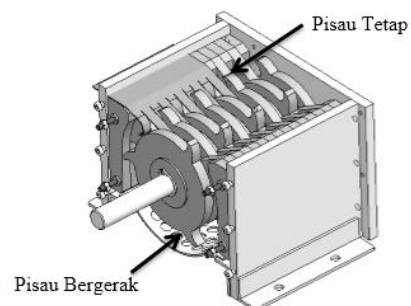
Proses penghancur plastik melibatkan pemotongan plastik oleh dua jenis pisau yang saling berlawanan arah. Pada umumnya proses pemotongan identik dengan proses pemesinan, dimana definisi proses pemesinan adalah, "proses pembentukan geram (chip) akibat perkakas (tools), yang dipasangkan pada mesin perkakas (machine tools), bergerak relatif terhadap benda kerja mesin perkakas" (Klasifikasi Proses, Gaya, & Daya Pemesinan, 2007).

Pahat yang bergerak memotong benda kerja akan menghasilkan geram, sementara permukaan lainnya akan terbentuk sesuai yang diinginkan. Jika ditinjau dari proses penghancuran plastik oleh mesin penghancur plastik, geram yang dimaksud adalah hasil pemotongan sebagian permukaan

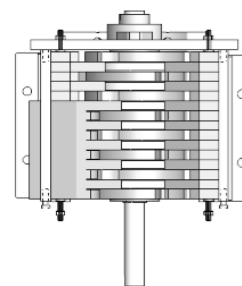
plastik, setiap pasangan pisau akan membentuk geramnya masing – masing. Bagi suatu tingkatan proses, ukuran objektif ditentukan dan pahat harus membuang sebagian material benda kerja sampai ukuran objektif tersebut dicapai. Hal ini dapat dilakukan dengan cara menentukan kecepatan potong saat permesinan, maka terdapat lima elemen dasar proses permesinan, yaitu :

- Kecepatan Potong (Cutting Speed) ; v (m/min),
- Kecepatan Makan (Feeding Speed) ; v_f (m/min),
- Kedalaman Potong (Depth Of Cut) ; a (mm),
- Waktu Pemotongan (Cutting Time) ; t_c (min),
- Kecepatan Penghasilan Geram (Rate Of Metal Removal) ; Z (cm³/min)

Namun dari kasus mesin penghancur plastik tidak mengkaji tentang kecepatan makan (*feeding speed*) dan kecepatan penghasilan geram karena sistem pemotongan pada mesin penghancur plastik bersifat tidak beraturan, tidak simultan.



Gambar 5. Konstruksi cutter box



Gambar 6. Hasil pemotongan

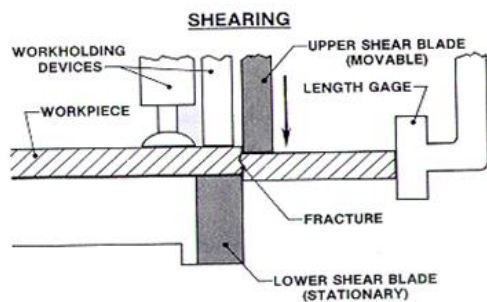
Secara konsep klasifikasi proses pemotongan material terbagi menjadi beberapa macam klasifikasi, diantaranya :

- Klasifikasi berdasarkan gerak relatif pahat
 - Gerak Potong (*Cutting Movement*)
 - Gerak Makan (*Feeding Movement*)
- Klasifikasi berdasarkan tujuan dan cara pengerjaan

3. Klasifikasi berdasarkan proses terbentuknya permukaan
 - Generasi permukaan silindrik atau konis
 - Generasi permukaan rata/lurus dengan atau tanpa putaran benda
4. Klasifikasi berdasarkan mata potong pahat

Adaptasi Pemotongan

Mengadaptasi proses pemotongan *shearing plate*, maka penulis perlu mengetahui bagaimana karakteristik, proses, dan geometri pisau yang optimal. *Shearing plate* merupakan proses pemotongan pelat dengan cara merobek material (*shearing cut*). Proses *shearing* biasanya memotong benda – benda hollow atau pelat.

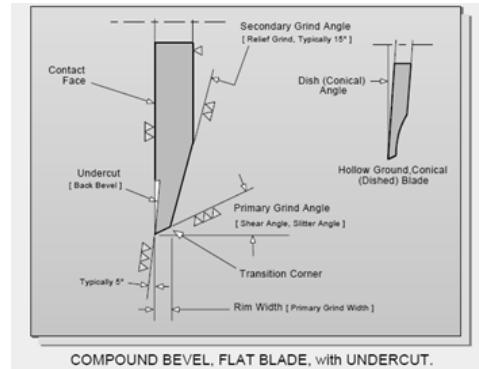


Gambar 7. Shear cutting

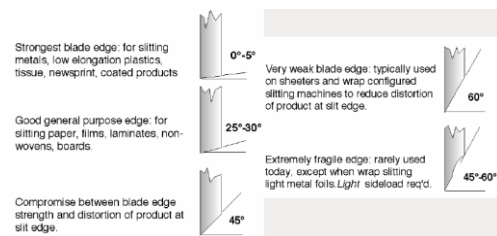
Pada saat proses shearing, benda kerja di letakkan diantara pisau tetap dan pisau bergerak dengan kecepatan yang rendah. Pisau bergerak kebawah menekan benda kerja dengan ketebalan tertentu hingga material tersebut terputus, biasanya clearance mesin shearing sekitar 5% - 10% dari ketebalan benda, jika pada umumnya ketebalan plastik – plastik sebesar 1 mm, maka clearance antar pisau sebesar 0.05 – 0.1 mm. Clearance berdampak pada seberapa besar hasil akhir pemotongan proses shearing, maka dari itu material yang terpotong mengalami tegangan geser.

Geometri Pisau

Prinsip dari proses shearing sederhana saja. Ketika pisau bagian atas bergerak ke bawah, keduanya akan memotong material hingga melebihi batas tegangan geser material. Keberhasilan proses shearing bergantung pada ketebalan benda kerja. Pisau akan menembus 30 – 60 % ketebalan benda kerja. Selain ketebalan benda kerja, perlu diperhatikan pula geometri pisau *shearing*.

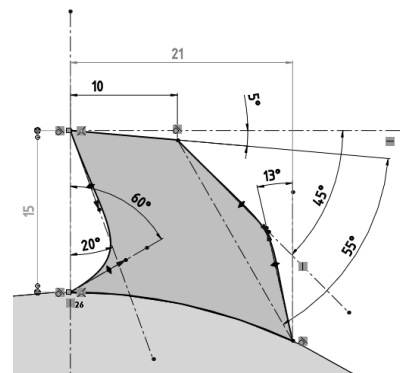


Gambar 8. Geometri shear plate



Gambar 9. Profil Shear Plate

Dari Gambar 9 menunjukkan bahwa *shear angle* yang baik untuk *blade shredder* pada kisaran 0° - 5°.



Gambar 10. Sudut pisau penghancur

Proses pemotongan terjadi ketika dua jenis material saling bergesekan. Untuk menjamin kelangsungan proses ini jelas diperlukan material pahat yang lebih unggul daripada material benda kerja. Keunggulan tersebut dapat dicapai karena pahat dibuat dengan memerhatikan berbagai segi, yaitu :

- Kekerasan (*hardness*), kemampuan material untuk menahan pemotongan, penetrasi atau penggilingan. Misalnya material intan, material intan biasa digunakan untuk memotong bahan lainnya. Biasanya semakin besar kekerasan material, semakin besar kerapuhannya, yaitu semakin mudah fraktur.
- Keuletan (*ductility*), kemampuan material untuk mempertahankan kekuatannya selama proses pembentukannya diregangkan, tanpa

rekahan. Selain itu, beberapa bahan memiliki fitur kelenturan. Fitur kelenturan tersebut mampu mempertahankan kekuatannya selama proses pembentukan dengan dipalu atau dikompres, contohnya adalah material emas yang dapat dibentuk.

- Tegangan tarik (tensile strength), kemampuan material yang berfungsi sebagai parameter perubahan bentuk suatu material saat mengalami penarikan
- Tegangan geser (shear stress), kemampuan material yang berfungsi untuk mengamati terdeformasi suatu material akibat gesekan.
- Kecepatan potong (cutting speed), parameter suatu material untuk mengetahui kecepatan standar yang mampu memotong suatu material

Tabel 1. Tensile strength plastik dan steel

No	Material	Tensile Strength (psi)	Tensile Modulus (psi)	Density g/cm ³
1	Polypropylene	4800	195000	0.91
2	HDPE	4423	224812	0.97
3	LDPE	1943	41615	0.94
4	ABS	4100	294000	1.21
5	Polystyrene	3000	240000	1.05
6	ST60	48590	29010000	7.7

Tabel 2. Shear stress plastik dan metal

No	Jenis Bahan Termoplastik	σ_t (10 ³ psi)	σ_t (N/mm ²)	τ_s (N/mm ²)
1	Low Density Polyethylene (LDPE)	0.9 – 2.5	6.2 – 17.2	4.96 – 13.78
2	High Density Polyethylene (HDPE)	2.9 – 5.4	19.9 – 37.2	15.98 – 29.76
3	Polypropylene (PP)	4.5 – 6	31 – 41.34	24.8 – 33.1
4	Acylic Butadine Styrene (ABS)	5.9	40.65	32.52
5	Polystyrene	6 – 7.3	41.34 – 50.3	33.1 – 40.24
6	ST60/S45C	48.59	335	557.4

Tabel 3. Kecepatan potong material

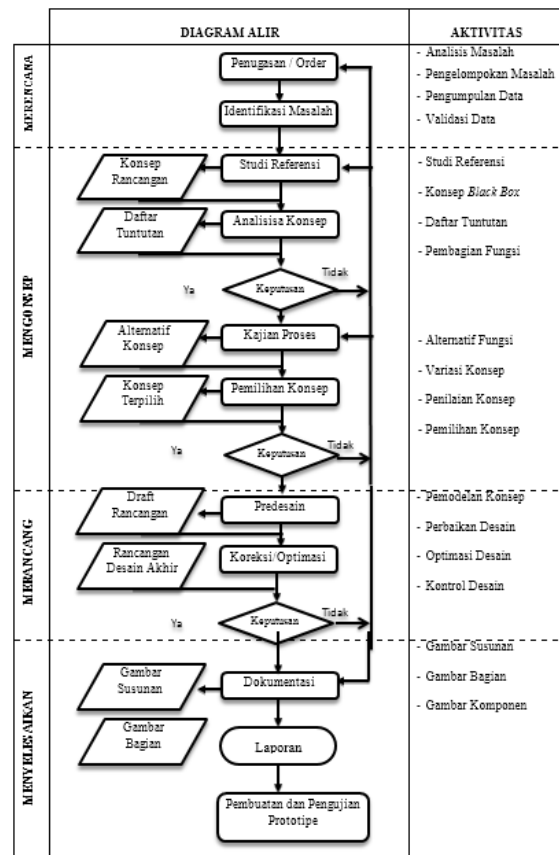
Approximate Material Cutting Speeds & Lathe Feed-Per-Revolution: Calculating RPM and Feed Rates

Material	Ballpark CS with High-Speed Tool	Cutting Speed High-Speed Tool	Cutting Speed Carbide Tool	Feed/Rev HSS Tool Lathe*	Feed/Rev Carbide Tool Lathe*
SAE 1020 - Low Carbon Steel	100	80-120	300-400	.002-.020	.006-.035
SAE 1050 - High Carbon Steel	60	60-100	200	.002-.015	.006-.030
Stainless Steel	100	100-120	240-300	.002-.005	.003-.006
Aluminum	250	400-700	800-1000	.003-.030	.008-.045
Brass & Bronze	200	110-300	600-1000	.003-.025	.008-.040
Plastics*	250	200- 500	1000	.005-.050	.005-.050

III. METODOLOGI PERANCANGAN

Mesin Penghancur Plastik dengan kapasitas 15 kg akan direalisasikan menjadi prototype fungsi untuk kebutuhan institusi. Dalam proses realisasi mesin tersebut diperlukan metode

perancangan untuk memandu setiap langkah penyelesaian. Metode perancangan yang dipakai adalah VDI 2222, metode perancangan VDI 2222 melalui beberapa tahapan diantaranya :



Gambar 11. Metodologi perancangan VDI 2222

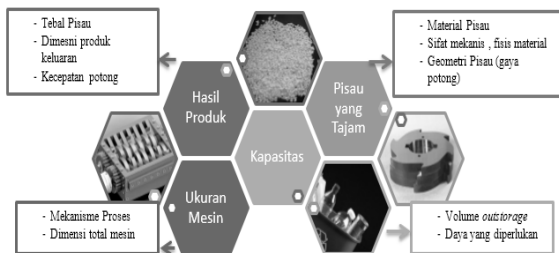
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Mesin Penghancur Plastik dengan kapasitas 15 kg akan direalisasikan menjadi *prototype* fungsi untuk kebutuhan institusi. Dalam proses realisasi mesin tersebut diperlukan metode perancangan untuk memandu setiap langkah penyelesaian. Metode perancangan yang dipakai adalah VDI 2222, metode perancangan VDI 2222 melalui beberapa tahapan diantaranya :

1. Merencanakan

Perencanaan mesin penghancur plastik dilatarbelakangi oleh adanya inisiatif dari institusi POLMAN untuk turut terlibat dalam proses reduksi sampah plastik yang semakin merebak di kampus POLMAN. Tahap awal dalam perancangan yaitu perencanaan, dalam tahap ini penulis akan melakukan diskusi dengan *customer* mengenai daftar kebutuhan mesin yang diinginkan sehingga menghasilkan spesifikasi. Selama proses penerjemahan spesifikasi tersebut, penulis

mengumpulkan data, studi literatur dan mengobservasi ke lapangan (jika diperlukan), lalu seluruh data tersebut divalidasi untuk mengukur ketersesuaian dengan daftar permintaan *customer*.



Gambar 12. Ilustrasi permintaan *customer*

Tabel 4. Daftar tuntutan berdasarkan klasifikasi

Persyaratan	Bagian	Kuantifikasi / Kualifikasi
Geometri	Dimensi Mesin Total (Maksimal)	Min 500 x 500 x 500 mm
	Sudut Bebas Rotary Cutter	0° - 5°
	Sudut Geram Rotary Cutter	15° - 25°
Kinematika	Putaran Motor Listrik	CW (Clockwise)
	Menggunakan elemen transmisi	Pulley
Konstruksi	Konstruksi Shaft	1 buah shaft
	Konstruksi Pisau	Pisau tetap dan pisau berputar
Energi	Energi Aktuator (Penggerak)	Listrik
Material	Material Input	Sampah plastik (PE, PP, PS dan ABS)
	Material Pisau	ST60/S45C
	Harga Kekerasan Material	170 - 210 HRB
	Kecepatan Potong Plastik	250 mm/min
	Material Output (Gas)	Butiran plastik dimensi 5 mm Butiran plastik dimensi 8 mm Butiran plastik dimensi 10 mm
Sinyal	Kontrol Motor Listrik	Selector Switch
Keamanan	Pelindung Material Input	Hopper
	Pelindung Cutter Box	Cover
Produksi	Kapasitas Input & Output	15 kg/hr

Tabel 5. Daftar Tuntutan Berdasarkan Prioritas

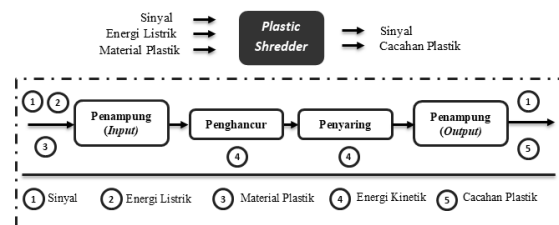
No	Daftar Tuntutan	Kuantifikasi/Kualifikasi
Tuntutan Primer		
a.	Material Input	Plastik material PE, PP, PS dan ABS
b.	Produk Output	Cacahan Plastik
b.1.	Dimensi 1	5 mm
b.2.	Dimensi 2	8 mm
b.3.	Dimensi 3	10 mm
c.	Sumber Energi (Actuator)	Motor Listrik
d.	Kapasitas Input - Output	15 kg/ hari
e.	Konstruksi Shaft	1 buah Shaft
f.	Dimensi Mesin	Min 500 x 500 x 500 mm
g.	Konstruksi Pisau	Pisau tetap dan pisau berputar
Tuntutan Sekunder		
a.	Kapasitas Input Minimal	15 kg/hari
b.	Pengoperasian Pemisah Material	Manual (Multiple Push Button)
c.	Sudut Buang Pisau	0° - 5°
d.	Sudut Geram Pisau	15° - 20°
e.	Putaran Motor Listrik	CW
f.	Elemen Transmisi	Puli
g.	Ukuran Mesh	6 mm, 9 mm dan 11mm
h.	Pelindung	Menggunakan cover pelindung
i.	Material Pisau	ST60/S45C

2. Mengonsep

Spesifikasi yang sudah terdefinisi merupakan acuan penulis untuk dapat melanjutkan tahap mengonsep. Studi referensi diperlukan untuk mengobservasi lebih lanjut mengenai topik terkait, misalnya mengobservasi mesin penghancur plastik yang sudah teruji, informasi tersebut dapat dijadikan landasan teori bagi penulis dalam merangkai konsep rancangan. Pembuatan konsep yang utuh dapat diuraikan sebagai berikut :

- Mengidentifikasi fungsi utama
- Mengidentifikasi fungsi bagian
- Mengidentifikasi elemen pengikat
- Mengidentifikasi sumber gerakan (actuator)
- Mengidentifikasi mekanisme proses

Konsep rancangan dapat dikembangkan dengan membuat alternatif konsep, setiap alternatif dinilai kelebihan dan kekurangannya lalu dieliminasi sebagai konsep rancangan terpilih.



Gambar 13. Black box mesin pencacah plastik



Gambar 14. Skema penguraian fungsi

- Penampung (Input)**
Befungsi sebagai tempat penampungan material plastik yang masuk, selain itu penampung berfungsi sebagai pelindung material yang sedang diproses dan penakar volume material yang mampu diproses
- Penghancur**
Bagian penghancur memegang peranan penting pada mesin penghancur, penghancur berfungsi sebagai pencacah material plastik yang masuk, bagian ini akan menghancurkan

material dan mengubah dimensi material menjadi ukuran yang lebih kecil.

c. Penyaring

Beriringan dengan sub fungsi penghancur, penyaring juga memiliki peranan penting untuk mereduksi dimensi menjadi dimensi yang diinginkan. Material yang sudah tereduksi sesuai dengan dimensi yang dicapai maka material akan keluar sebagai cacahan plastik melalui lubang saringan.




d. Penampung (Output)

Cacahan plastik yang sudah terbentuk sesuai ukuran yang dibutuhkan akan tertampung pada penampung akhir.

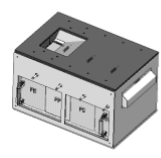
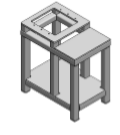
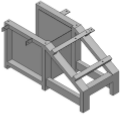
Tabel 6. Alternatif bagian fungsi

No	Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
A	Penampung Input	Lofted Plate	High Hopper	Deep Hopper
B	Rangka / Rumah	Casting	Sq. Tube	Sheetmetal
C	Pisau Penghancur	Claw Cutter	Rotary Cutter	Flat Cutter
D	Penyaring	Arc Mesh	Flat Mesh	
E	Penampung	Sheetmetal	Plastic Storage	Move Storage
F	Elemen Transmisi	Gearbox	Sprocket	Pulley

Tabel 7. Alternatif fungsi bagian hopper (Penampung Input)

A-1	Alternatif-1	A-2	Alternatif 2	A-3	Alternatif-3
	Lofted Plate		High Hopper		Deep Hopper
					


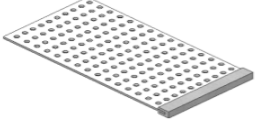
Tabel 8. Alternatif fungsi bagian rangka

B-1	Alternatif-1	B-2	Alternatif-2	B-3	Alternatif-3
	Sheetmetal +Plate 10mm		Standard Frame		Minimalis Frame
					

Tabel 9. Alternatif Fungsi Pisau Penghancur

C-1	Alternatif-1	C-2	Alternatif-2	C-3	Alternatif-3
	Claw Cutter		Rotary Cutter		Flat Cutter
					




Tabel 10. Alternatif Fungsi Penyaring

D-1	Alternatif-1	D-2	Alternatif 2
	Arc Mesh		Flat Mesh
			

Tabel 11. Alternatif fungsi penampung (output)

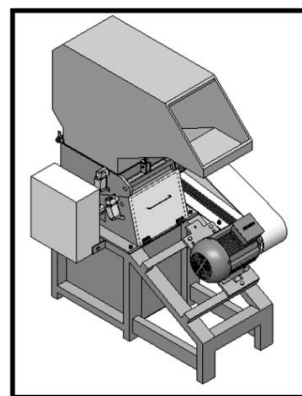
E-1	Alternatif-1	E-2	Alternatif 2	E-3	Alternatif 3
	Sheetmetal		Plastic Storage		Move Storage
					

Tabel 12. Alternatif fungsi elemen transmisi

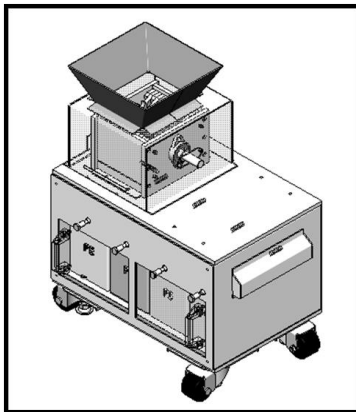
F-1	Alternatif-1	F-2	Alternatif 2	F-3	Alternatif 3
	Gearbox		Sprocket		Pulley
					

Tabel 13. Alternatif fungsi keseluruhan

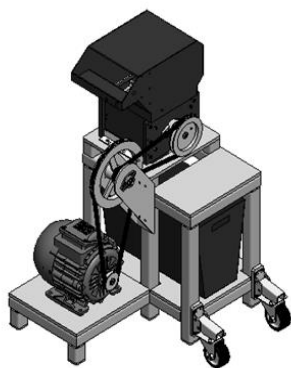
No	Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
A	Penampung Input	A1	A2	A3
B	Rangka / Rumah	B1	B2	B3
C	Pisau Penghancur	C1	C2	C3
D	Penyaring	D1	D2	
E	Penampung (Output)	E1	E2	E3
F	Elemen Transmisi	F1	F2	F3
Alternatif Fungsi Keseluruhan		AFK1	AFK2	AFK3



Gambar 15. Mesin penghancur plastik alternatif



Gambar 16. Mesin penghancur plastik alternatif 2



Gambar 17. Mesin penghancur plastik alternatif 3

Penilaian alternatif fungsi keseluruhan dilakukan untuk mendapatkan desain yang sesuai dengan daftar tuntutan *customer*. Seluruh alternatif akan dinilai berdasarkan parameter sebagai berikut :

Tabel 14. Parameter penilaian

Parameter Penilaian					
Nominal	5	4	3	2	1
Kriteria	Sangat Baik	Baik	Cukup	Kurang	Buruk

Panduan :

- Nominal 5 = Sangat baik, sangat tercapai, sangat mudah, sangat ekonomis
- Nominal 4 = Baik, tercapai, mudah, ekonomis
- Nominal 3 = Cukup baik, cukup tercapai, cukup mudah, cukup ekonomis
- Nominal 4 = Kurang baik, kurang tercapai, kurang mudah, kurang ekonomis
- Nominal 5 = Tidak baik, tidak tercapai, tidak mudah, tidak ekonomis

Tabel 15. Penilaian aspek teknis

No	Aspek yang dinilai	Bobot	AFK						Nilai	
			AFK 1	AFK 2	AFK 3	AFK 4	AFK 5	AFK 6	Ideal	Real
1	Pencapaian Fungsi	5	4	20	5	25	5	25	5	25
2	Konstruksi	4	4	16	3	12	5	20	5	20
3	Pengoperasian	4	4	16	4	16	4	16	5	20
4	Pembuatan	4	3	12	2	8	5	20	5	20
5	Perakitan	2	2	4	3	6	4	8	5	10
6	Perawatan	3	3	9	4	12	5	15	5	15
Nilai Total		22	20	77	21	91	28	99	30	110
Persentase (%)				70%		82.7%		90%		100%

Tabel 16. Penilaian aspek ekonomis

No.	Aspek Penilaian	Bobot	AFK						Nilai	
			AFK 1	AFK 2	AFK 3	AFK 4	AFK 5	AFK 6	Ideal	Real
1	Biaya Material	5	3	15	2	10	4	20	5	25
2	Biaya Fabrikasi	4	2	8	3	12	3	12	5	20
3	Biaya Operasional	4	2	8	3	12	3	12	5	20
4	Biaya Perawatan	3	4	12	3	9	5	15	5	15
Nilai Total		12.	11	43	11	43	15	59	20	80
Persentase (%)		-		53.75%		53.75%		73.75%		100%

Berdasarkan aspek-aspek diatas dan data-data perbandingan variasi konsep yang ada, maka fungsi kombinasi yang paling ideal dari ke 3 variasi konsep diatas adalah **variasi AFK3**.

3. Merancang

Konsep rancangan terpilih akan dirinci (*detailed*) agar menghasilkan rancangan yang riil. Konsep rancangan tersebut disesuaikan dengan spesifikasi yang sudah terdefinisi dan aspek – aspek tersier lainnya, seperti aspek ergonomis, ekonomis dan lain sebagainya. Selanjutnya penulis akan melakukan optimasi desain untuk memastikan rancangannya dapat berjalan dengan optimal. Optimasi tersebut dapat dijadikan parameter hasil untuk menentukan apakah perancangan dan kontrol perhitungan dapat sesuai.

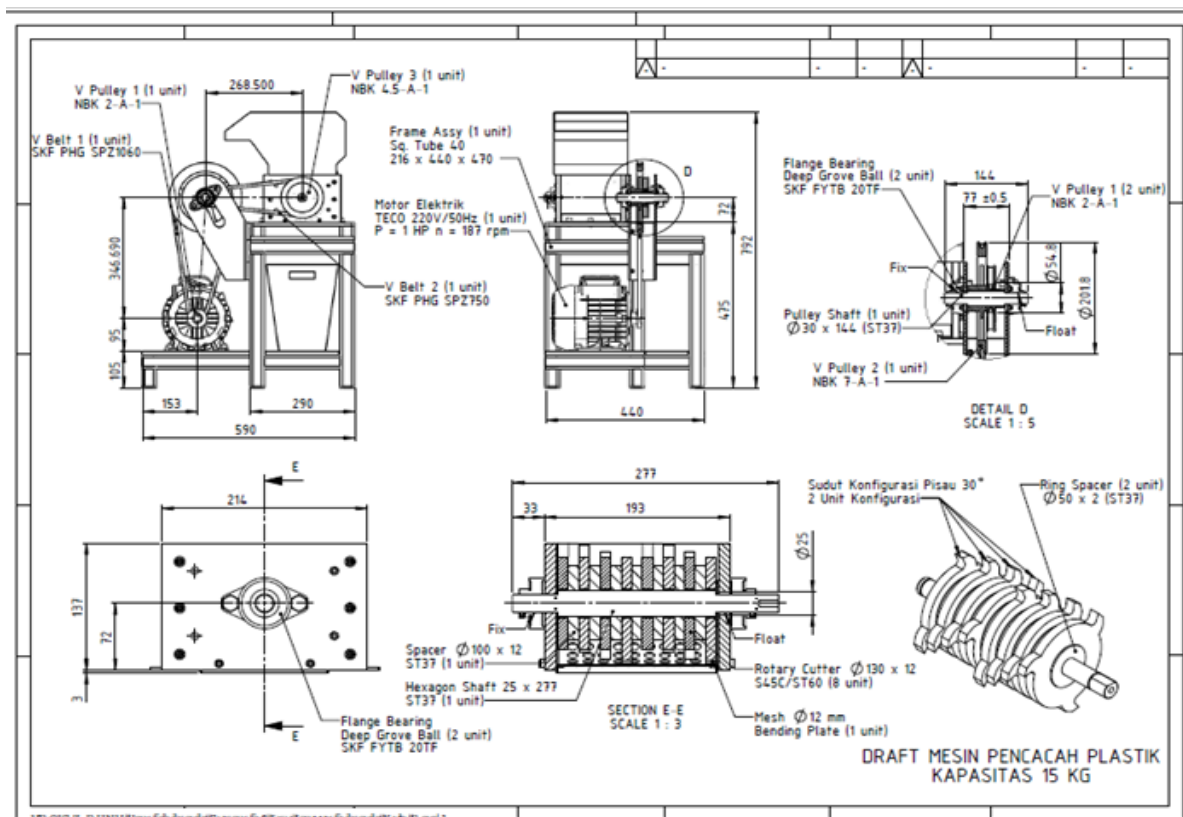
Jika optimasi dan kontrol perhitungan rancangan sudah dinyatakan sesuai, maka penulis membuat gambar susunan, gambar bagian dan gambar komponen, selanjutnya penulis akan mendokumentasikan hasil rancangan tersebut. Hasil perhitungan dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

4. Menyelesaikan

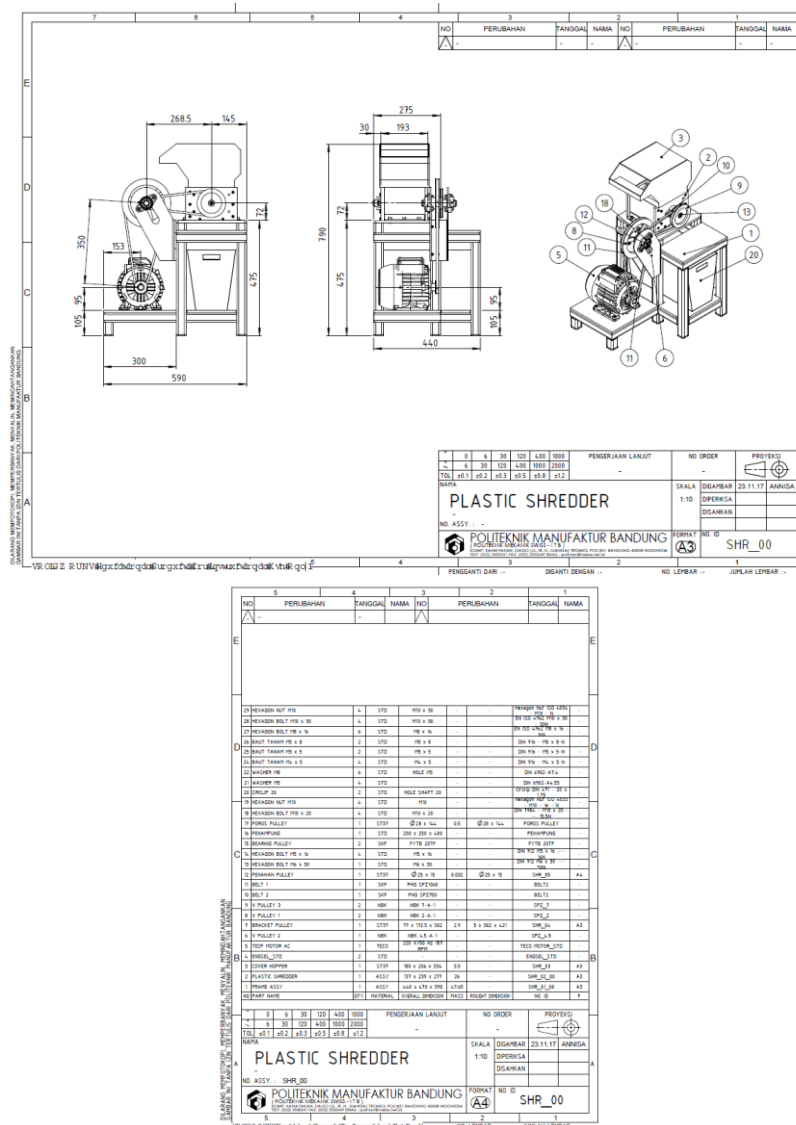
Rancangan akhir akan didokumentasikan berupa gambar teknik, terurai dari gambar kerja, gambar sub assy dan gambar susunan.

Tabel 17. Perhitungan penentuan elemen dan kontrol

Simbol	Variabel	Nilai	Satuan	Referensi Rumus
P	Daya Motor	75	kW	$P = \frac{F \cdot v_1}{\eta_{se}}$
i1	Rasio Puli 1 (Motor)	1415	rpm	$i = \frac{n_1}{n_2}$
i2	Rasio Puli 2 (Media)	414	rpm	
i3	Rasio Puli 3 (Poros)	187	rpm	
dp1	Diameter Puli 1	2	inch	$d_{p2} = i_1 \cdot d_{p1}$
dp2	Diameter Puli 2	4,5	inch	
dp3	Diameter Puli 3	7	inch	
Lp1	Panjang Sabuk 1	1060	mm	$l = l' \cdot \frac{(100 - \epsilon_2)}{100}$
Lp2	Panjang Sabuk 2	800	mm	
ep1	Jarak Antar Poros 1	344.6	mm	-
ep2	Jarak Antar Poros 2	268.4	mm	-
Mv	Momen Kesetaraan	135.3	Nm	-
d1	Diameter Poros Cutter	29	mm	$d = 3,4 \cdot \sqrt[3]{\frac{M_v}{\sigma_{as}}}$
d2	Diamter Poros Puli	30	mm	
C1	Kemampuan Beban Dinamis Bearing 1	9.98	kN	$C = \frac{f_l \cdot P}{f_n}$
C2	Kemampuan Beban Dinamis Bearing 2	17.4	kN	
m _{ijam}	Debit Kilo plastik/jam	1875	gram	$m_{2 jam} > \frac{m_{out}}{t_{out}}$



Gambar 18. Gambar *draft* mesin pencacah plastik



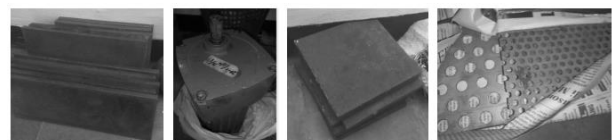
Gambar 19. Gambar susunan mesin pencacah plastik

RANCANG BANGUN DAN HASIL TRIAL

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 18. Tahun 2002 tentang Sistem Nasional Penelitian, Pengembangan, dan Penerapan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi, bahwa perekayasaan adalah kegiatan penerapan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam bentuk desain dan rancang bangun untuk menghasilkan nilai, produk, dan/atau proses produksi dengan mempertimbangkan keterpaduan sudut pandang dan/atau konteks teknis, fungsional, bisnis, sosial budaya, dan estetika.

- Proses pembelian material
Rancangan mesin penghancur terpilih membutuhkan *raw material* lebih hemat dibandingkan rancangan lainnya. *Raw material* yang dibutuhkan beberapa plat 10 mm atau plat

12 mm, plat 5 mm, plat 0.3 mm dan profil *square tube* 40 x 40. Kendala dalam pembelian *raw material* atau *part standar* ialah harga yang tidak pasti, dan lagi pengetahuan harga penulis juga kurang. Berikut *list raw material* dan *part standar* yang sudah dibeli :



Gambar 20. Plat 12mm ST37, Motor Elektrik 1 HP, Plat 12 mm S45C, Plat Mesh

- Proses Pemesinan (*Machining*)
Pemesinan mesin penghancur plastik dilakukan secara terpisah di beberapa tempat. Proses pemesinan banyak digunakan ialah proses

cutting, drilling, grinding, welding dan laser cutting.



Gambar 21. Proses *welding*, proses *laser cutting*, pembuatan *hopper*

• Proses Perakitan (*Assembly*)

Disebabkan permesinan berbeda - beda tempat, ketersediaan antara part satu dengan lainnya tidak bagus. Terdapat beberapa part yang berpasangan tidak cocok/sesuai, maka hal ini sangat menghambat proses *assembly*, sehingga beberapa part harus di sesuaikan kembali (*remake*). Kendala - kendala saat proses perakitan diantaranya :

- Dudukan motor kurang tinggi (Shaft Motor tidak alignment dengan shaft rotary cutter), maka dipada dudukan motor diberikan plat peninggi.
- Hole hexagon dan hexagon shaft tidak masuk, maka hexagon shaft digerinda untuk membentuk suaian agar seluruh rotary cutter dapat masuk hexagon shaft.
- Fix Cutter tidak dapat masuk ke lubang fix shaft, maka fix shaft dibubut kembali.
- Lubang bearing tidak seukuran dengan lubang tap pada Side Plat 1, maka dilkakukan drilling pada jarak yang sesuai.



Gambar 22. Perakitan *rotary cutter*, perakitan *cutter box*, *welding cutter box*

• Hasil Pengujian

Setelah dilakukan perbaikan 2.0 yakni pemberian konstruksi pulley dan pergantian motor dengan daya yang lebih besar (daya = 0.75 kW), maka didapatkan hasil :

- Rotary Cutter bergerak saat memotong plastik yang masuk, sehingga konstruksi cutter masih mengalami slip

- Putaran dari sumber motor tidak lancar
- Penguncian puli tidak kencang (mur tanam tidak mengikat baik pada permukaan poros yang sudah dipapas)
- Namun, plastik PE, PP, PS dan ABS sudah dapat tercacah meskipun masih ada slip
- Dimensi cacahan yang keluar rata - rata < 12mm.

Setelah dilakukan pengujian kepada seluruh material PE, PP, PS, ABS, dilakukan lah pengujian debit yang mampu tercacah dalam hitungan jam, penulis melakukan percobaan dengan mencacah setiap material 1 jam penuh untuk menguji kemampuan mesin dalam memproses 15 kg/hari.



Gambar 23. Hasil pengujian 3.0 (*Trial 3.0*)

Setelah dilakukan pengujian kepada seluruh material PE, PP, PS, ABS, dilakukan lah pengujian debit yang mampu tercacah dalam hitungan jam, penulis melakukan percobaan dengan mencacah setiap material 1 jam penuh untuk menguji kemampuan mesin dalam memproses 15 kg/hari.

Tabel 18. Debit kilo/jam sampah plastik

No	Material	Performa Potong	Debit Kilo/jam (gram)	
1	PE	Buruk	290	<
2	PP	Cukup	960	<
3	ABS	Sangat Baik	2400	>
4	PS	Baik	1920	>
				1875

Setelah dilakukan Rancang Bangun Mesin Penghancur Plastik Kapasitas 15 kg/hari ini, maka alat ini mempunyai spersifikasi sebagai berikut:

Tabel 19. Spesifikasi *plastic shredder*

Daftar Spesifikasi		Keterangan
Spesifikasi		
A	Material Input	Plastik PE, PP, PS, ABS
B	Produk Output	Cacahan <12 mm
C	Sumber Energi (<i>Actuator</i>)	TECO Motor ASV2E 220 V/50Hz P = 0.75kW n = 187 rpm
D	Elemen Transmisi Puli	Puli V d _{p1} = 2" = 50.8 mm (NBK 2-A-1), d _{p2} = 7" = 177.8 mm (NBK 7-A-1) d _{p3} = 4.5" = 114.3 mm (NBK 4.5-A-1) 1) Belt (PHG SPZ1060 & PHG SPZ800)
D	Kapasitas Output	15 kg/ hari
E	Dimensi Mesin	440 x 590 x 790
F	Dimensi Input	80 x 80 x 80 (max)
G	Material Pisau	S45C / ST60
H	Berat Mesin	>50 kg

V. KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Hal – hal yang menjadi kesimpulan dari proses rancang bangun mesin pencacah plastik diantaranya:

- a. Setelah melalui serangkaian trial, mesin pencacah plastik mampu mencacah material plastik PE, PP, PS, dan ABS, hal ini dibuktikan dengan membandingkan nilai tensile strength dan shear stress plastik dan material pisau (ST60).
- b. Rancangan yang dipilih penulis ialah tipe Waste Shredder dengan tujuan perancangan Densifikasi. Konfigurasi pisau yang dipakai ialah single shaft dengan actuator motor TECO Motor ASV2E 400 V/50Hz daya 0.75kW/220V.
- c. Elemen transmisi yang dipakai ialah pulley d_{p1} = 2" = 50.8 mm (NBK 2-A-1), d_{p2} = 7" = 177.8 mm (NBK 7-A-1), d_{p3} = 4.5" = 114.3 mm (NBK 4.5-A-1) dan belt SKF tipe PHG SPZ1060 & PHG SPZ800.
- d. Berdasarkan pengujian, dimensi cacahan yang keluar dari penyaring adalah <12mm karena mesh yang dipakai ukuran 12mm
- e. Mesin Pencacah plastik mampu mencacah plastik 15 Kg/hari tanpa waktu jeda dengan didampingi operator

Saran

Penulis sadar bahwa perancangan ini masih memiliki kekurangan yang perlu diperbaiki. Rancangan ini dapat dioptimasi dan disempurnakan pada penelitian berikutnya, untuk itu penulis menyarankan beberapa hal yang dapat lebih ditekankan pada penelitian berikutnya, yaitu:

- Penafsiran area penampang sangatlah utama karena area penampang akan menentukan perhitungan seluruhnya.
- Optimalisasi rancangan dengan mempertimbangkan aspek gaya potong berdasarkan geometri pisau (sudut – sudut pada pisau).
- Meneliti waktu yang pasti dalam proses pemotongan per hari nya.
- Melakukan uji coba nyata dengan proses kontinyu selama 1 hari untuk mengetahui ketercapaian fungsi 15 kg/hari dan kendala selama mesin berjalan secara kontinyu.
- Optimalkan material pisau dari seluruh aspek, aspek kekuatan, keuletan, daya afinitas, umur pisau, perawatan dan korositas.

DAFTAR PUSTAKA

Chanda, Manas dan Salil K. Roy. 1940. Plastic Fabrication and Recycling. United of States America : Taylor and Francis

Crawford, R.J. 1998. Plastic Engineering. Britania Raya : Butterworth-Heinemann

Junaidi, Ichlas Nur, Nofriadi & Rusmardi. 2015. Pengembangan Mesin Pencacah Sampah/Limbah Plastik Dengan Sistem Crusher dan Silinder Pemotong Tipe Reel. Vol 10 Nomer 2.

Katalog [t.d.]. 2018. ABS Material Properties. Diambil dari : <http://www.plasticsintl.com/datasheets/ABS> (6 Agustus 2017)

Katalog [t.d.]. 2018. HDPE Material Properties. Diambil dari : <http://www.plasticsintl.com/datasheets/HDP E> (6 Agustus 2017)

Katalog [t.d.]. 2018. PP Copolymer Material Properties. Diambil dari : http://www.plasticsintl.com/datasheets/PP_C OPOLYMER (6 Agustus 2017)

Katalog [t.d.]. 2018. PS Material Properties. Diambil dari : <http://www.plasticsintl.com/datasheets/PS> (6 Agustus 2017)

M. Hill, Rodgers. 1986. Three Types Of Low Speed Shredder Design. Jurnal dari National Waste Processing Conference. Hal 265

Nuryati, Mussabbikhah, Hariyanti. 2015. Rekayasa Mesin Penghancur Plastik Knock Down Guna Peningkatan Pengolahan Limbah Plastik melalui Manajemen Usaha SMART System. Skripsi. Sarjana Universitas PGRI Yogyakarta.

Omnexus. 2018. Density of Plastic : Technical Properties. Diambil dari :

- <https://omnexus.specialchem.com/polymer-properties/properties/density> (19 Maret 2018)
- Pyle, Richard. 2010. What's the difference between Shredding, Grinding, and Granulating?. Diambil dari: www.jordanreductionsolutions.com/blog/the-difference-between-shredding-grinding-and-granulating/ (14 Maret 2018)
- Pyle, Richard. 2011. What is the differences between shredding, gring and granulating?. Diambil dari : <http://www.jordanreductionsolutions.com/blog/the-difference-between-shreen-shredding-grinding-and-granulating/> (19 Maret 2018)
- SouthbayMachine.com . 2009. Cutting Speed & Feed Rates. Diambil dari : <http://www.hotteam67.org/Resources/Machining/www-southbaymachine-com.pdf> (7 Agustus 2017)
- Tschaetsch, Heinz. 2006. Metal Forming Practise. Germany : Springer
- Wikipedia. 2018. Yield (engineering). Diambil dari : [https://en.wikipedia.org/wiki/Yield_\(engineering\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Yield_(engineering)) (14 Maret 2018)
- Wittel, Herbert, dkk. 2011. Roloff/Matek Maschinenelement. German : Springer Vieweg
- Wittel, Herbert, dkk. 2011. Tabellenbunch . German : Springer Vieweg