

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kerangka Teoritik

Mesin pencacah plastik merupakan alat yang berfungsi untuk menghancurkan wadah plastik menjadi ukuran yang lebih kecil. Jenis plastik yang diolah umumnya berupa botol dan gelas plastik bekas minuman. Proses pencacahan plastik hingga menjadi serpihan dilakukan melalui beberapa tahapan. Pada tahap awal, plastik dimasukkan ke dalam mesin melalui corong pemasukan. Selanjutnya, plastik akan dihancurkan oleh pisau pencacah hingga menjadi potongan-potongan kecil. Setelah itu, hasil cacahan disaring, di mana serpihan yang masih berukuran terlalu besar akan dipotong kembali hingga ukurannya cukup kecil untuk melewati saringan. Serpihan yang berhasil melewati saringan tersebut merupakan hasil akhir yang diharapkan. (Amin, 2020).

2.1.1 *Rasio transmisi pulley*

Rasio transmisi pulley merupakan salah satu konsep dasar dalam mekanika teknik yang menjelaskan hubungan antara kecepatan rotasi dan torsi dua poros yang saling terhubung melalui sistem transmisi sabuk dan *pulley*. Rasio ini dihitung dari perbandingan antara diameter *pulley* penggerak (*driver*) dengan diameter *pulley* yang digerakkan (*driven*), atau dapat pula dinyatakan sebagai perbandingan antara kecepatan putar keduanya. Dalam sistem transmisi ini, prinsip kerja dasarnya mengikuti hukum kekekalan energi mekanik, yaitu bahwa energi tidak dapat diciptakan atau dimusnahkan, hanya bisa diubah bentuknya. Artinya, apabila kecepatan putar diturunkan melalui rasio *pulley*, maka secara otomatis torsi akan meningkat, begitu juga sebaliknya. Rasio ini sangat penting dalam sistem yang memerlukan pengaturan daya, karena memungkinkan suatu mesin dengan kecepatan tinggi namun bertorsi rendah untuk diadaptasikan menjadi keluaran dengan torsi tinggi dan kecepatan yang lebih rendah, sesuai dengan kebutuhan operasional alat yang digunakan.

Menentukan *rasio transmisi pulley* :

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (2.1)$$

i = *rasio transmisi*

n_1, n_2 = RPM *pulley input* dan *output*

D_1, D_2 = diameter *pulley input* dan *output*

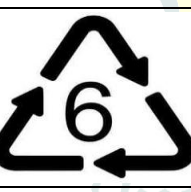
2.1.2 Plastik PET (*Polyethylene Terephthalate*)

Botol plastik kemasan air minum berbahan PET pada umumnya dirancang untuk penggunaan sekali pakai. Penggunaan ulang dengan cara mencuci botol PET dapat merusak lapisan plastik, sehingga berpotensi melepaskan zat karsinogen yang dapat bercampur dengan air minum dan membahayakan kesehatan. Jenis plastik yang digunakan sebagai kemasan minuman dapat dikenali melalui simbol angka yang terdapat di bagian bawah botol plastik, berbentuk segitiga dengan panah melingkar. Angka yang tercantum biasanya berkisar antara satu hingga tujuh, yang menunjukkan jenis plastik sebagai bahan wadah, sedangkan simbol segitiga panah melingkar menandakan bahwa plastik tersebut dapat didaur ulang. Plastik berbentuk botol pertama kali dipatenkan pada tahun 1973, dan pada tahun 1977 botol PET mulai didaur ulang untuk pertama kalinya. PET merupakan material yang dapat didaur ulang secara menyeluruh, di mana resin PET hasil daur ulang dapat dimanfaatkan untuk pembuatan berbagai produk seperti pakaian, komponen kendaraan, karpet, dan produk lainnya. Tahapan awal dalam proses daur ulang plastik PET adalah dengan menghancurkan plastik tersebut menjadi bagian-bagian yang lebih kecil. (Sucipto *et al.*, 2022).

2.1.3 Jenis-Jenis Plastik

Secara umum, plastik diklasifikasikan ke dalam dua jenis utama, yaitu plastik yang bersifat termoplastik dan plastik yang bersifat termoset. (Sari & Zaini, 2025). Termoplastik merupakan jenis plastik yang akan melunak atau meleleh ketika dipanaskan hingga suhu tertentu sehingga dapat dibentuk ulang. Contoh bahan termoplastik antara lain *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan *polyvinyl chloride* (PVC). Sebaliknya, termoset adalah jenis plastik yang memiliki sifat keras dan permanen, sehingga tidak dapat dibentuk kembali setelah proses pengerasan. Contoh bahan termoset meliputi *polyurethane*, *polyester*, epoxy, resin, dan phenolic resin. Berdasarkan data dari Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) menyebutkan, proses daur ulang plastik dibagi menjadi beberapa jenis dan diberikan nomor pada tiap jenis plastik, seperti pada tabel 2.1 dibawah akan dijelaskan :

Tabel 2. 1 Pembagian Jenis Plastik

Symbol	Nama Plastik	Sifat Umum	Contoh Penggunaan
	<i>Polyethylene Terephthalate (PET)</i>	Ringan, kuat, tahan air, transparan	Botol air mineral, botol minuman ringan
	<i>High-Density Polyethylene (HDPE)</i>	Kaku, kuat, tahan bahan kimia, tidak tembus cahaya	Jerigen, botol susu, kantong belanja
	<i>Polyvinyl Chloride (PVC)</i>	Tahan cuaca, keras/lembut, isolator listrik baik	Pipa air, selang, kabel listrik
	<i>Low-Density Polyethylene (LDPE)</i>	Fleksibel, tahan kelembapan, lunak	Plastik pembungkus, kantong kresek
	<i>Polypropylen (PP)</i>	Ringan, tahan panas, kuat, tahan bahan kimia	Tutup botol, wadah makanan, sedotan
	<i>Polystyrene (PS)</i>	Gelas, bening, ringan, mudah dibentuk	Sendok plastik, kemasan makanan cepat saji
	Other (Polikarbonat, Nylon, dll.)	Campuran atau plastik khusus, tahan suhu tinggi	Galon, botol bayi, CD/DVD, komponen elektronik

Pada tabel 2.1 di atas plastik memiliki beragam jenis yang dibedakan berdasarkan simbol daur ulang, sifat fisik, dan kegunaannya. Jenis PET dan HDPE banyak digunakan sebagai kemasan minuman karena sifatnya yang ringan, kuat, dan

tahan terhadap air maupun bahan kimia. PVC dikenal memiliki ketahanan terhadap cuaca serta kemampuan sebagai isolator listrik, sehingga umum digunakan pada pipa dan kabel. LDPE bersifat lunak dan fleksibel, cocok untuk plastik pembungkus dan kantong. PP memiliki ketahanan panas dan kekuatan mekanis yang baik, sehingga sering digunakan pada wadah makanan dan tutup botol. PS bersifat ringan dan mudah dibentuk namun getas, sehingga banyak dimanfaatkan untuk peralatan sekali pakai. Selain itu, kelompok plastik lain seperti polikarbonat dan nylon memiliki sifat khusus, terutama ketahanan terhadap suhu tinggi, dan digunakan pada produk-produk tertentu. Perbedaan sifat tersebut menentukan aplikasi serta metode pengolahan dan daur ulang masing-masing jenis plastik.

2.1.4 Motor Penggerak



Gambar 2. 1 Motor Penggerak 10 HP

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 1 di atas, motor penggerak merupakan komponen utama pada mesin yang berperan mengonversi energi listrik menjadi energi mekanik. Pada mesin pencacah plastik, motor ini berfungsi sebagai sumber tenaga untuk menggerakkan putaran mata pisau atau rotor yang bertugas mencacah bahan plastik. (Servianus *et al.*, 2024)

Motor bakar pada umumnya menggunakan bahan bakar bensin atau pertalite dan dilengkapi dengan komponen penerus daya berupa *pulley* ganda serta *V-belt* ganda untuk meneruskan putaran.

2.1.5 Torsi poros

Torsi pada poros mesin pencacah plastik merupakan momen puntir yang dihasilkan oleh gaya dari motor penggerak dan diteruskan melalui sistem transmisi seperti sabuk dan *pulley* untuk memutar pisau pencacah. Torsi yang terjadi pada poros dihasilkan oleh gaya potong yang bekerja pada ujung mata pisau, di mana gaya tersebut bekerja pada jarak sebesar jari-jari blade dari pusat piringan. (Sulaeman *et al.*, 2016)

Torsi ini berfungsi untuk menghasilkan gaya pemotongan pada bahan plastik yang masuk ke mesin sehingga dapat dihancurkan secara efektif. Besarnya torsi yang dialami poros harus dihitung secara cermat agar poros mampu menahan beban puntir tanpa mengalami kegagalan mekanik, seperti patah atau deformasi akibat tegangan geser yang melebihi batas material. Dalam perancangan poros mesin pencacah plastik, torsi rencana biasanya diambil lebih besar dari torsi maksimum yang dihasilkan untuk memastikan keamanan dan keandalan poros selama operasi. Selain itu, pemilihan diameter dan bahan poros juga didasarkan pada perhitungan torsi ini agar poros memiliki kekuatan dan kekakuan yang memadai untuk mentransmisikan daya dari motor ke pisau pencacah secara efisien.

1. Menentukan torsi poros :

$$T = \frac{P \times 9550}{n} \quad (2.2)$$

T = torsi (Nm)

P = daya (kW)

n = Putaran per menit

9,550 konstanta konversi daya putar ke torsi

2. Menentukan tegangan diizinkan (Sularso & Suga, 1978)

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_y}{v} \quad (2.3)$$

σ_{izin} = Tegangan izin yang diizinkan (N/mm² atau MPa)

σ_y = Tegangan luluh (*yield strength*) material (N/mm² atau MPa)

v = Faktor keamanan (*safety factor*), biasanya antara 1,5 – 3.

3. Menentukan tegangan geser yang diizinkan :

$$\sigma_{geser} = \frac{\sigma_{izin}}{2} \cdot \frac{1}{k_t \cdot c_b} \quad (2.4)$$

σ_{geser} = Tegangan geser yang diizinkan (N/mm² atau MPa)

σ_{izin} = Tegangan izin yang diizinkan (N/mm² atau MPa)

k_t = Faktor koreksi momen puntir

C_b = Faktor koreksi beban lentur yang kemungkinan terjadi yang nilainya 1,2-2,3.

4. Menentukan diameter poros (Sularso & Suga, 1978)

$$d_s = \left[\left(\frac{5,1}{\sigma_{izin}} \right) \cdot k_t \cdot c_b \cdot T \right]^{\frac{1}{3}} \quad (2.5)$$

d_s = Diameter poros (mm)

C_b = Faktor koreksi beban lentur yang kemungkinan terjadi yang nilainya 1,2-2,3.

k_t = Faktor koreksi momen puntir

σ_{izin} = tegangan yang diizinkan (N/mm²)

T = torsi (N/mm)

5,1 = konstanta turunan *factor* geometri poros dan konversi satuan

2.1.6 Pulley dan Sabuk (Belt)



Gambar 2. 2 Pulley dan sabuk *belt*

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 2 di atas, *pulley* adalah suatu mekanisme yang terdiri dari roda bergerigi yang digunakan untuk mengubah arah dan mengalihkan gaya pada tali atau rantai. *Pulley* sering digunakan dalam berbagai aplikasi, seperti di mesin industri, kendaraan, dan peralatan rumah tangga. Prinsip kerja *pulley* sangat membantu dalam mengubah arah gaya dan mempermudah pengangkatan beban dengan mengurangi kebutuhan gaya fisik yang diperlukan (NASUTION, 2024)

Sabuk *V-Belt* adalah komponen mekanis yang digunakan untuk mentransfer tenaga antara dua poros yang berputar, biasanya pada mesin dan peralatan. Sebagian besar sistem transmisi menggunakan sabuk-V karena pemasangan yang mudah dan harga yang ekonomis dan memiliki kelebihan yakni, slip antara sabuk dan *pulley* diabaikan serta dapat dioperasikan pada arah yang berlawanan.

Dari sisi kenyamanan operasional, penggunaan *V-belt* relatif tidak menimbulkan kebisingan. *V-belt* umumnya dibuat dari bahan karet dengan inti berupa tetoron atau material sejenis. Penampang *V-belt* berbentuk trapesium dan dipasang mengelilingi alur luar *pulley* yang juga memiliki bentuk V. Saat sabuk melilit pulley, terjadi pembengkokan yang menyebabkan lebar bagian dalam sabuk bertambah. *V-belt* digunakan untuk menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. Besarnya daya yang ditransmisikan dapat ditingkatkan dengan memasang beberapa *V-belt* secara berdampingan. (Upingo *et al.*, 2016). Sabuk V umumnya digunakan untuk menurunkan kecepatan putaran, sehingga perbandingan yang sering diterapkan adalah perbandingan reduksi.

1. Menentukan *rasio transmisi pulley* (Khurmi & Gupta, 1982)

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_1}{D_2} \quad (2.6)$$

Dimana :

i = *rasio transmisi*

n_1, n_2 = RPM *pulley input* dan *output*

D_1, D_2 = diameter *pulley input* dan *output*

2. Kecepatan linear *V-belt* (Sularso & Suga, 1978)

$$V = \frac{D_1 n_1}{60 \cdot 1000} \quad (2.7)$$

Dimana :

V = kecepatan linear sabuk dalam satuan meter per detik (m/s)

D_1 = diameter *pulley* dalam milimeter (mm)

n_1 = putaran *pulley* dalam rotasi per menit (rpm)

60 = konversi dari menit ke detik (detik per menit)

1000 = konversi dari milimeter ke meter

3. Umur V-belt

$$L = \frac{(60 \cdot N \cdot H \cdot \eta)}{P} \quad (2.8)$$

Dimana :

L = Umur sabuk (jam)

N = Life rating sabuk (HP-hours/inch of width) → dari pabrik sabuk

H = Lebar sabuk (inch)

η = Efisiensi sistem (biasanya 0,95 untuk *pulley*-sabuk)

P = Daya yang ditransmisikan (HP)

60 = Konstanta jam ke menit

4. Panjang keliling *V-belt*

$$L = 2C + \frac{\pi (D_1 + D_2)}{2} + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4C} \quad (2.9)$$

Dimana :

L = panjang total sabuk (mm)

C = jarak antara pusat *pulley* (mm)

D_1, D_2 = diameter *pulley* (mm)

2.1.7 Bantalan/Bearing



Gambar 2. 3 Bantalan *bearing*

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 3 di atas, bantalan (*Bearing*) adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban, sehingga putaran atau gerakan bolak-baliknya dapat berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur pemakaiannya (VAN HARLING & Apasi, 2018).

Bantalan berfungsi sebagai penopang poros agar tetap berada pada posisinya serta mengurangi gesekan antara poros dan tumpuannya saat berputar, sehingga dapat mencegah terjadinya keausan pada poros. (Nicola *et al.*, 2025).

a) Perhitungan umur bantalan ditentukan dengan rumus:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^p \quad (2.10)$$

Dimana:

L = umur bantalan (jam kerja)

C = beban dinamis (N)

P: Beban ekuivalen yang bekerja pada bantalan (N)

p: Eksponen, nilai tergantung jenis bantalan:

2.1.8 *Flywheel*



Gambar 2. 4 *Flywheel*

(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 4 di atas, *flywheel* atau roda gila adalah komponen piringan karena beratnya dapat menahan perubahan kecepatan yang drastis sehingga gerak putaran poros mesin menjadi lebih halus (Razali & Stephan, 2017). *Flywheel* berfungsi sebagai penyeimbang gaya dan mengatur putaran mesin sehingga putaran mesin dapat berjalan dengan baik. Prinsip kerja dari *flywheel* adalah menjaga putaran mesin agar tetap berjalan dan tidak kaku sehingga *output* yang dihasilkan bisa dikontrol.

Penambahan *flywheel* cenderung menyebabkan penurunan putaran poros mesin. Putaran poros tanpa *flywheel* tercatat sebesar 2486,5 rpm, sedangkan dengan penggunaan *flywheel* berdiameter 20 cm putaran menurun menjadi 2228,5 rpm, dan dengan *flywheel* berdiameter 25 cm putaran berkurang hingga 2138 rpm. Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, penggunaan mesin tanpa *flywheel* menghasilkan tingkat kehalusan cacahan yang baik namun kurang merata. Sementara itu, penggunaan *flywheel* berdiameter 20 cm menghasilkan kehalusan yang cukup merata, dan penggunaan *flywheel* berdiameter 25 cm memberikan hasil kehalusan cacahan yang lebih merata. (Setyono & Alamsyah, 2023).

1. Energi Kinetik *Flywheel*

$$E = \frac{1}{2} I \omega^2 \quad (2.11)$$

Dimana :

E : Energi kinetik yang disimpan (Joule)

I : Momen inersia ($\text{kg} \cdot \text{m}^2$)

ω : Kecepatan sudut (rad/s)

2. Momen Inersial *Flywheel* (cakram padat)

$$I = \frac{1}{2} m r^2 \quad (2.12)$$

m : Massa *flywheel* (kg)

r : Jari – jari (m)

Intelligentia - Dignitas

2.1.9 Mata Pisau *Crusher*



Gambar 2. 5 Mata pisau *crusher*
(Sumber: Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 5 di atas, mata pisau *crusher* merupakan komponen yang berfungsi untuk memotong dan menghancurkan plastik hingga menjadi serpihan berukuran kecil. Pisau *crusher* terdiri atas dua jenis, yaitu pisau bergerak (*rotor*) dan pisau tetap (*stator*). Pisau bergerak dipasang pada poros atau as dan berputar mengikuti arah putaran poros tersebut. Sementara itu, pisau tetap dipasang pada bodi atau penutup (*cover*) mesin. (Subhidin *et al.*, n.d.). Mata pisau yang dirancang diharapkan dapat diatur maju dan mundur sesuai dengan kebutuhan tebal plastik yang akan dicacah (Masruri *et al.*, 2021).

1. Menentukan besaran gaya pada pisau

$$F = A \cdot f_{\delta} \quad (2.13)$$

Dimana:

F = gaya pada pisau (N)

A = luas penampang (mm)

f_{δ} = tegangan geser (N/mm²)

2. Perhitungan torsi pisau:

$$T = F \cdot r \quad (2.14)$$

Dimana:

T = torsi pisau (N.m)

F = gaya yang bekerja pada pisau (N)

$$r = \frac{1}{2} \text{ diameter pisau (mm)}$$

3. Kecepatan hasil potongan

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot \pi}{1000 \cdot 60} \quad (2.15)$$

Dimana:

V = kecepatan putaran potong (m/s)

d = diameter poros (mm)

π = putaran poros (rpm)

1000 = Faktor konversi dari milimeter (mm) ke meter (m)

60 = Faktor dari menit ke detik (s)

4. Perhitungan hasil potongan

$$Q = \rho \cdot V \quad (2.16)$$

Dimana:

Q = kapasitas pemotongan (kg/jam)

ρ = massa jenis plastik (g)

V = Debit volumetri atau laju aliran volume (m³/s)

2.1.10 Poros



Gambar 2. 6 Poros

(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 6 di atas, poros merupakan bagian dari sistem transmisi yang berfungsi untuk memutar piringan pengupas. Dalam perencanaan diameter poros, diperlukan beberapa tahapan proses yang harus dilakukan secara

bertahap (Selan *et al.*, 2021). Poros dapat menerima berbagai jenis beban, seperti beban lentur, beban tarik, beban tekan, maupun beban puntir, yang dapat bekerja secara terpisah ataupun sebagai kombinasi dari beberapa jenis beban tersebut.

2.1.11 Penyanggaudukan pisau



Gambar 2. 7 Penyanggaudukan pisau
(Sumber : Dokumentasi pribadi)

Seperti pada gambar 2. 7 di atas, penyanggaudukan pisau pada mesin pencacah plastik adalah komponen mekanis yang berfungsi sebagai penopang dan pengikat pisau pencacah agar tetap stabil, kuat, dan presisi saat melakukan proses pencacahan.

Pisau putar dipasang pada dudukan yang terhubung dengan poros pemutar. Poros tersebut ditopang oleh dua buah bantalan yang berada di sisi kiri dan kanan poros. (Syamsiro *et al.*, 2016).

2.1.12 Solidwork



SOLIDWORKS

Gambar 2. 8 Solidwork

(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Seperti pada gambar 2. 8 di atas, *solidwork* dalam konteks pembuatan mesin pencacah plastik, adalah perangkat lunak desain *Computer-Aided Design* (CAD) yang digunakan untuk merancang dan memvisualisasikan berbagai komponen mesin, termasuk rangka, pisau, dan sistem penggerak. *SolidWorks* memungkinkan pengembang untuk menciptakan model 3D yang detail, menganalisis desain, dan melakukan simulasi untuk memastikan kinerja optimal mesin pencacah.

Perancangan menggunakan perangkat lunak CAD merupakan salah satu metode desain teknik yang memanfaatkan *software* untuk merancang komponen permesinan. Melalui metode ini, proses perancangan dapat dilakukan dalam bentuk perakitan (*assembly*) dengan visualisasi tiga dimensi (3D) yang merepresentasikan bentuk nyata komponen yang akan dibuat, maupun dalam bentuk gambar dua dimensi (2D) sebagai *drawing* yang berfungsi membantu dan mempermudah proses pemesinan. (Riyadi *et al.*, 2020).

2.2 Produk Yang Dikembangkan

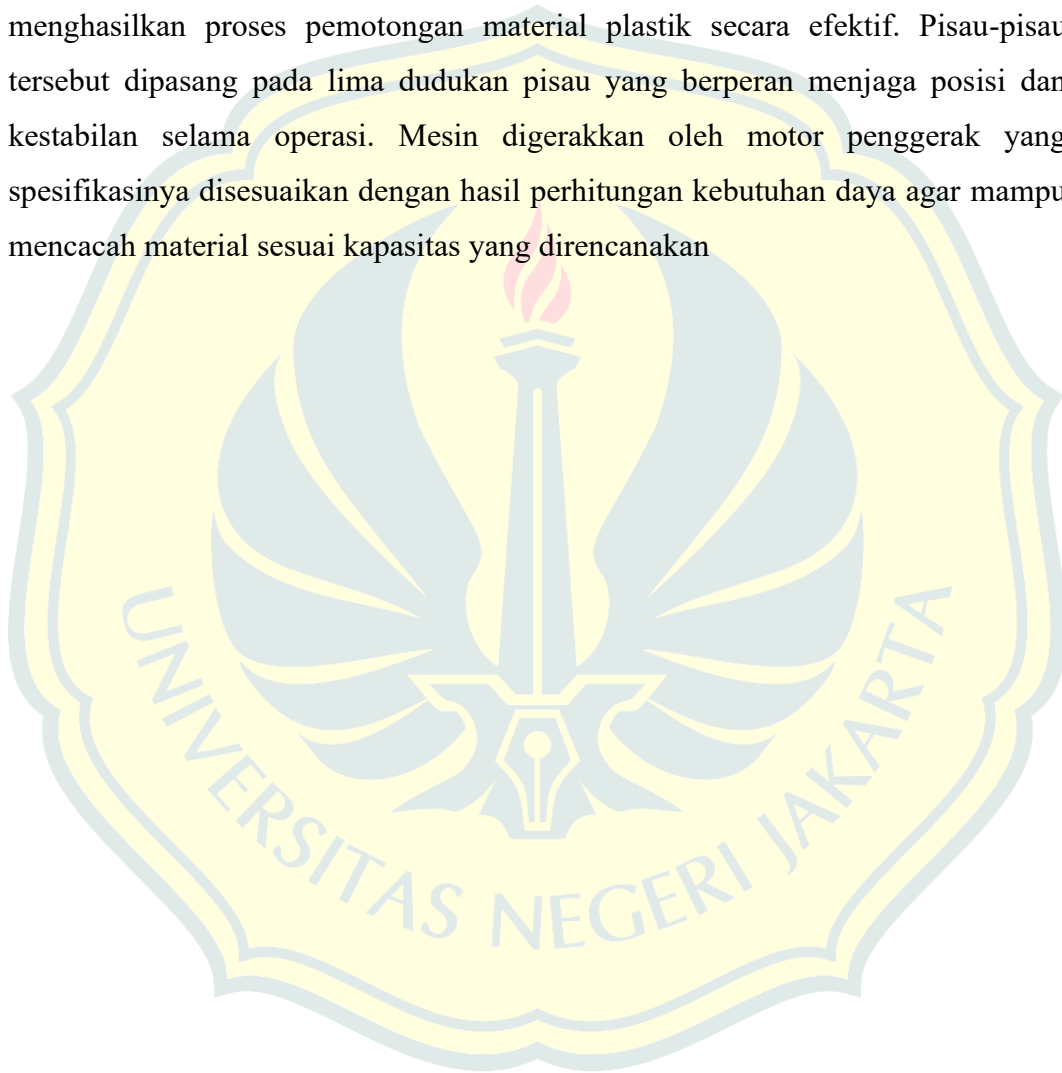
Pada penelitian ini ada beberapa komponen yang perlu dikembangkan seperti pada tabel 2. 2 dibawah yaitu :

Tabel 2. 2 komponen yang dikembangkan

NO	Nama Komponen	Spesifikasi
1	Pisau tetap	Berjumlah 2 pisau dengan Panjang 310 mm
2	Motor penggerak	Sesuai perhitungan untuk cacahan
3	Dudukan pisau	Berjumlah 5 Dengan Panjang 310 mm

4	Pisau poros	Berjumlah 3 pisau dengan Panjang 310 mm
---	-------------	---

Pada tabel 2. 2 di atas, Komponen utama pada mesin pencacah terdiri dari sistem pemotong dan penggerak yang dirancang untuk mendukung proses pencacahan secara optimal. Sistem pemotong menggunakan dua pisau tetap dan tiga pisau poros dengan panjang masing-masing 310 mm, yang berfungsi menghasilkan proses pemotongan material plastik secara efektif. Pisau-pisau tersebut dipasang pada limaudukan pisau yang berperan menjaga posisi dan kestabilan selama operasi. Mesin digerakkan oleh motor penggerak yang spesifikasinya disesuaikan dengan hasil perhitungan kebutuhan daya agar mampu mencacah material sesuai kapasitas yang direncanakan



Intelligentia - Dignitas