



## Perancangan Desain Mesin Pengolah Sampah Plastik *Polyethylen Terephthalate* (PET) Menjadi Biji Plastik Dengan Metode Ekstrusi

Devi Eka Septiyani Arifin<sup>1\*</sup>, Rudy Yuni Widiatmoko<sup>2</sup>, Muhammad Ihda Alwan<sup>3</sup>

<sup>1,3</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Perancangan dan Konstruksi Mesin, Politeknik Negeri Bandung

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Program Studi Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung

<sup>1\*</sup>devi.eka@polban.ac.id

### Abstract

A plastic extrusion machine is one of the tools that can be used to process plastic waste into plastic pellets that can be reused in producing plastic-based products. This study will design a machine to process PET plastic waste into plastic pellets using the extrusion method. The design method used the Pahl and Beitz method, which includes stages of planning, concept design, detailed design, and final documentation. Based on calculations, the design results in a machine with dimensions of 1000x350x1040 mm and a capacity of 5 kg/hour. The total maximum energy consumption is less than 1 kW. This plastic extrusion machine design utilizes a screw conveyor, a 200-watt band heater, and a pre-cutting knife to cut the extruded PET plastic waste into pellet-shaped plastic. This machine design provides an innovative solution for processing PET plastic waste so the PET plastic have a higher value.

Keywords: Plastic Extrusion, Design, PET Waste, Plastic pellets.

### Abstrak

Mesin ekstrusi plastik merupakan salah satu alat yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah plastik menjadi biji plastik yang dapat digunakan kembali dalam menghasilkan produk berbahan plastik. Pada penelitian ini akan dilakukan perancangan desain mesin pengolah sampah plastik jenis PET menjadi biji plastik dengan metode ekstrusi. Metode perancangan yang digunakan yaitu dengan metode Pahl and Beitz yang mencakup tahap perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail dan dokumentasi akhir. Hasil perancangan berdasarkan perhitungan yaitu alat dengan dimensi 1000x350x1040 mm dan berkapasitas 5kg/jam. Total konsumsi energi maksimal kurang dari 1 kW. Rancangan mesin ekstrusi plastik ini menggunakan screw conveyor, band heater berdaya 200 Watt dan terdapat pisau pemotong untuk memotong hasil ekstrusi pengolahan sampah plastik PET menjadi biji plastik berbentuk pelet. Perancangan mesin ini memberikan solusi inovatif dalam pengolahan sampah plastik jenis PET sehingga memiliki daya jual yang tinggi.

Kata kunci: Ekstrusi Plastik, Perancangan, sampah PET, Biji Plastik.

### 1. Pendahuluan

Sampah plastik merupakan jenis sampah anorganik yang memerlukan waktu lebih lama untuk terurai oleh lingkungan dibandingkan dengan jenis sampah lainnya. [1]. Menurut informasi dari Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap harinya penduduk Indonesia menghasilkan rata-rata 0,8kg sampah per orang, yang setara dengan total 190 ribu ton sampah per hari. Dari jumlah tersebut, sekitar 15% nya adalah sampah plastik, yang berarti sekitar 28,4 ribu ton sampah plastik dihasilkan setiap hari [2].

Dengan melakukan daur ulang sampah plastik menjadi biji plastik dengan metode ekstrusi, diharapkan limbah tersebut dapat dimanfaatkan kembali menjadi bahan baku dalam pembuatan produk plastik yang baru dan juga dapat menambah nilai ekonomis dari sampah plastik tersebut. Berdasarkan hasil observasi ke Bank Sampah Bersinar yang berada di Bojongsoang, Bandung, Jawa Barat, sampah botol plastik PET bisa dijual dengan harga Rp.7.500-8.500/Kg, sedangkan sampah botol plastik PET yang telah dilakukan pengolahan menjadi biji plastik bisa dijual Rp.13.000 hingga Rp.15.000/Kg. Harga tersebut

dua kali lipat lebih tinggi dibanding sebelum dilakukan daur ulang sampah.

Saat ini alat-alat yang beredar di pasaran diperuntukkan untuk skala industri dengan kapasitas yang besar. Perancangan pada penelitian ini bertujuan untuk merancang alat pengolahan sampah dengan skala kecil berkapasitas 5kg/jam sehingga dapat membantu proses pengolahan sampah plastik khususnya sampah plastik PET yang ada di Bank Sampah atau dapat digunakan untuk pengolahan sampah skala institusi.

*Polyethylene Terephthalate* (PET) adalah jenis polimer termoplastik dari golongan *polyester* yang diproduksi secara luas karena memiliki sifat mekanik dan kimia yang unggul. PET memiliki titik leleh yang tinggi, mencapai 260 °C, serta rantai polimer yang kaku. Hal ini menyebabkan PET memiliki sifat mekanik yang kuat, serta ketahanan yang baik terhadap bahan kimia dan pelarut [3].

Penelitian yang sudah dilakukan dan menjadi acuan dalam perancangan mesin ekstrusi plastik ini adalah rancangan yang dilakukan oleh Dani Irawan dan Rahayu Mekar Bisono dengan judul rancang bangun mesin ekstrusi polimer *single screw* pada tahun 2018. Mesin ini terdiri dari sub rakitan pencacah polimer dan sub-rakitan ekstruder polimer. Dengan menggunakan motor penggerak 1,4 HP, pemanas 4 band heater 50x100mm, CPM 475W 220V [4].

Penelitian sejenis juga dilakukan oleh Budhi Martana, Sigit Pradana dan Muhammad Arifun Lukman dengan judul perancangan mesin ekstrusi untuk daur ulang limbah plastik berbentuk silinder pada tahun 2020 [5]. Dari rancangan tersebut didapatkan hasil akhir berupa perancangan mesin menggunakan motor penggerak dengan daya 0,75kW dan dimensi *screw conveyor* berdiameter 27,5mm dan panjang 600mm, menggunakan elemen pemanas dengan daya 650 Watt.

Penelitian serupa oleh Tri Mulyanto dkk pada tahun 2020 yaitu perancangan mesin pengolah limbah styrofoam dengan metode sabuk pemanas menggunakan prinsip ekstrusi, dimana Styrofoam dicacah dan diekstrusi sehingga menghasilkan produk sesuai penampang cetakannya. Metode perancangannya menggunakan Pahl & Beitz dengan digerakkan oleh motor listrik 750watt dengan putaran 1400 rpm dan kapasitas rencana 15,26 kg/jam [6].

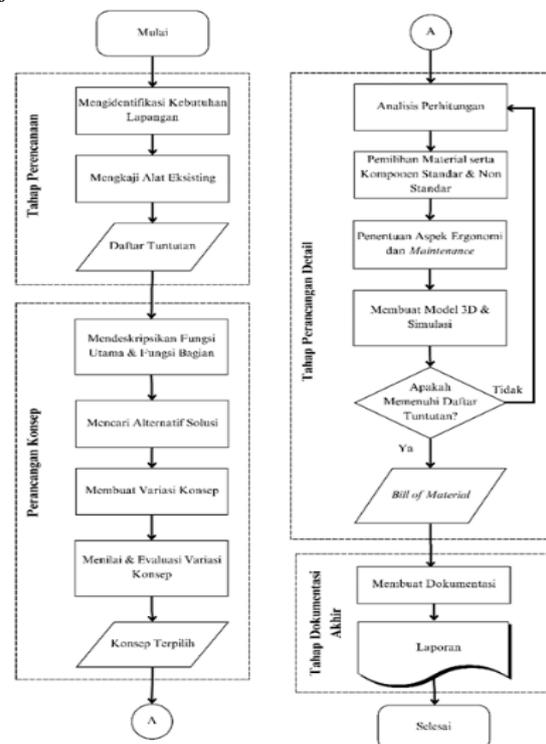
Budi Triyono dkk, melakukan hal yang serupa yaitu pengembangan alat pengolah limbah Styrofoam Metode Termal-Ekstrusi. Mesin tersebut terbukti dapat mengolah limbah Styrofoam dengan kapasitas 5,47 kg/jam pada temperature

operasi 240-250 °C menjadi polistirena padat dengan reduksi volume hingga 38 kali [7].

Berdasarkan beberapa rujukan dan penelitian terdahulu di atas, penelitian ini merancang mesin ekstrusi plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET) yang disertai sistem pemotong sehingga luaran dari mesin yang dirancang berupa biji plastik berbentuk pelet dengan kapasitas rencana 5 kg/jam dan menggunakan daya listrik tidak lebih dari 1 kW sehingga dapat digunakan untuk membantu pengolahan sampah skala kecil dan dapat meningkatkan nilai jual dari sampah plastik jenis PET. Perancangan mesin menggunakan metode Pahl & Beitz untuk mendapatkan rancangan sesuai dengan kebutuhan pengguna [8]. Dengan rancangan tersebut diharapkan hasil penelitian ini dapat melengkapi penelitian sebelumnya agar pengolahan sampah plastik dengan metode ekstruksi menjadi lebih efektif dan efisien.

## 2. Metode Penelitian

Metode desain yang digunakan dalam merancang mesin pengelolaan sampah plastik PET menjadi biji plastik adalah metode perancangan VDI 2222 atau dikenal juga dengan metode perancangan Pahl & Beitz [9] [10]. Metode tersebut terdiri dari 4 tahapan yaitu tahap perencanaan, perancangan konsep, perancangan detail dan dokumentasi akhir [8] [10]. Gambar 2 menunjukkan diagram alir metode penelitian yang digunakan untuk mencapai tujuan.



Gambar 1 Diagram alir metode perancangan Pahl & Beitz

## 2.1. Perencanaan

Proses daur ulang plastik melibatkan serangkaian tahapan yang harus dilakukan secara berurutan untuk menghasilkan bahan baku plastik mentah yang dapat digunakan kembali dalam pembuatan produk plastik baru. Tahapan-tahapan tersebut mencakup pencacahan plastik menjadi ukuran kecil untuk mempermudah proses selanjutnya. Plastik yang telah dicacah kemudian dilelehkan dengan pemanasan hingga mencapai titik lelehnya. Setelah meleleh, plastik ini didorong dan dipaksa melalui jalur yang sesuai dengan kebutuhan, proses ini dikenal sebagai ekstrusi. Hasil ekstrusi berupa material plastik kemudian didinginkan dan dipotong menjadi potongan-potongan kecil yang disebut biji plastik.

Alat yang telah dirancang menghasilkan biji plastik melalui proses ekstrusi dan pemotongan hasil ekstrusi. Karena itu, penggunaan alat ini akan disesuaikan dengan proses ekstrusi yang terjadi. Berikut adalah urutan langkah-langkah dalam mengoperasikan alat tersebut:

- 1) Alat memerlukan bahan baku berupa limbah plastik jenis *polyethylene terephthalate* (PET), untuk tahap awal pengoperasian, persiapkan limbah plastik sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan. Pastikan limbah plastik yang akan digunakan sebagai bahan baku telah dicacah atau dipotong kecil-kecil terlebih dahulu.
- 2) Setelah limbah plastik dimasukkan ke dalam alat yang akan dirancang, alat ini memiliki kemampuan untuk melakukan proses peleburan, ekstrusi, dan pemotongan hasil ekstrusi secara bersamaan. Pada tahap ini, beberapa variabel seperti suhu pemanasan, kecepatan ekstrusi, dan pemotongan akan diatur berdasarkan diagram kontrol komponen dan sistem listriknya.
- 3) Plastik yang sudah diekstrusi kemudian didinginkan dan dipotong, dengan demikian didapatkan biji plastik yang siap dipakai untuk proses pembuatan produk plastik lainnya.

Dari kajian terkait produk sejenis yang sudah dilakukan didapatkan beberapa daftar tuntutan yang bertujuan untuk memenuhi aspek-aspek sesuai kebutuhan sebagaimana terlampir pada Tabel 1.

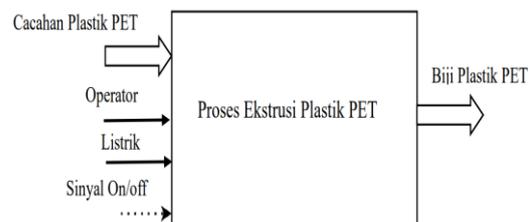
Tabel 1 Daftar tuntutan

D/W	REQUIREMENTS
D	Mampu mengekstrusi plastic PET dengan kapasitas 5 kg/jam
D	Jenis masukan berupa cacahan plastic yang memiliki titik leleh seperti PET dengan dimensi maksimum 15x15 mm
D	Mampu menghasilkan biji plastic berupa pellet dengan diameter 4-6 mm
W	Dimensi maksimum alat 700x800x1500 mm
W	Mampu beroperasi dengan daya listrik tidak lebih dari 1000 w

Keterangan : D = Demand ; W = Wish

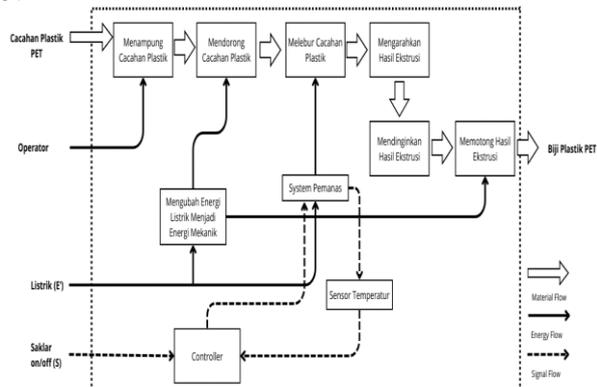
## 2.2 Perancangan Konsep

Mesin ekstrusi plastik ini memiliki fungsi utama untuk memanaskan dan mencetak cacahan plastik sehingga menghasilkan luaran biji plastik yang bertujuan untuk membantu proses pengolahan sampah plastik menjadi biji plastik. Fungsi utama dari alat ditunjukkan berupa *black box* seperti yang dapat dilihat pada Gambar 4.



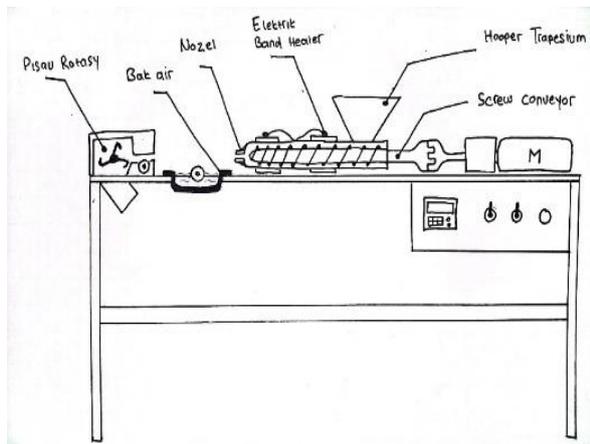
Gambar 2 Blackbox

Dari fungsi utama yang ditunjukkan oleh Gambar 4, kebudian dijabarkan dengan diagram fungsi bagian. Pengembangan sub-fungsi yang akan ada pada mesin dibuat menggunakan diagram subfungsi seperti yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 3 Sub-function block diagram

Berdasarkan diagram fungsi bagian pada Gambar 5. Didapatkan 6 fungsi bagian yaitu, menampung cacahan plastik, mendorong cacahan plastik, melebur cacahan plastik, mengarahkan hasil ekstrusi, mendinginkan hasil ekstrusi dan memotong hasil ekstrusi sehingga *output* dari alat yang dirancang berupa biji plastik berbentuk pelet. Berdasarkan penjabaran dari diagram fungsi bagian, selanjutnya dibuat beberapa alternatif solusi yang berisi variasi. Variasi alternatif solusi tersebut dituangkan pada tabel morfologi untuk memudahkan pemilihan variasi dari fungsi bagian tersebut. Setelah dilakukan penilaian pada tabel morfologi tersebut didapatkan 3 variasi konsep dari alat yang nantinya akan dilakukan penilaian dengan dua aspek penilaian yaitu berdasarkan kriteria ekonomi dan kriteria teknik sehingga dari hasil penilaian tersebut didapatkan variasi konsep terpilih seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 6.

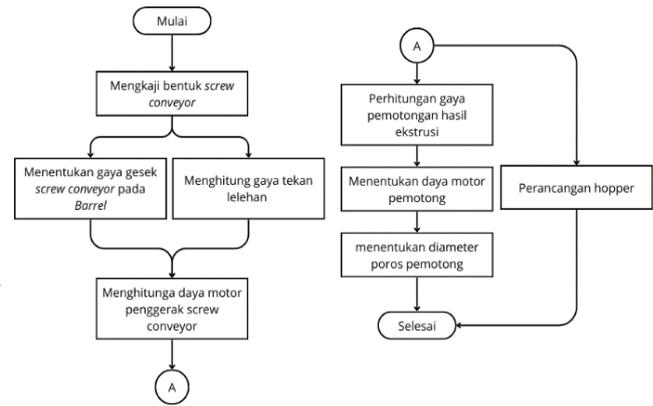


Gambar 4 Variasi konsep terpilih

### 2.3 Perancangan Detail

Perancangan detail berisi beberapa aktivitas dimulai dari perhitungan dan pemilihan komponen, pembuatan model 3 dimensi, analisis elemen menggunakan *computer aided design* (CAD) dan penilaian aspek perancangan. Hasil yang diperoleh dari tahapan ini yaitu model 3 dimensi mesin ekstrusi plastik PET dan daftar keutuhan (*bill of materials*) sesuai dengan daftar tuntutan yang sudah dibuat.

Tahapan pertama merupakan sistematisa perhitungan dimana pada tahap ini perhitungan dilakukan untuk mengetahui ukuran dan kapasitas dari komponen standar maupun tidak standar yang akan digunakan pada mesin ekstrusi plastik PET yang dirancang. Perhitungan yang dilakukan sesuai dengan *flowchart* pada Gambar 7.



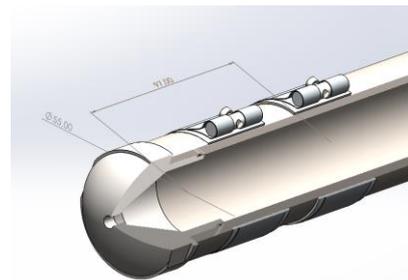
Gambar 5 Diagram alir perhitungan

1. Perhitungan daya motor penggerak *screw conveyor* dari perencanaan *screw conveyor* dan gaya gesek *screw* pada barel serta perhitungan gaya tekan lelehan plastik pada *nozzle* didapatkan kesimpulan hasil rancangan *screw conveyor* seperti yang ditunjukkan Tabel 2.

Tabel 2 Spesifikasi hasil rancangan *screw*

NO	Keterangan	Spesifikasi
1	Dimensi <i>screw</i>	Ø44x580mm
2	Daya memutar <i>screw</i>	4,474 Watt
3	Daya menekan lelehan	109,174 Watt
4	Daya motor minimum	139 Watt

2. Perhitungan daya elemen pemanas  
Proses pemanasan pada mesin ekstrusi berlangsung secara kontinu. Diperlukan perhitungan terhadap material plastik PET yang dicairkan oleh elemen pemanas secara di dalam barel pada temperatur konstan. Pada Gambar 8. diilustrasikan posisi elemen panas yaitu *band heater* yang ditempatkan pada komponen barel.



Gambar 6 Proyeksi perpindahan kalor pada barel

Proses pemanasan dilakukan saat awal daya dari elemen pemanas dinyalakan pada suhu ruangan 25°C menjadi 200°C. proses pemanasan ini dibutuhkan untuk memanaskan beberapa elemen seperti barel, *screw* dan plastik PET. Adapun hal lainnya yang perlu diperhitungkan yaitu rugi konveksi yang serupa terjadi karena pengaruh dari fluida berupa gas atau udara sekitar barel.

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta T \quad (1)$$

Q : kalor (J)  
 m : massa benda (kg)  
 c : kalor jenis benda (J/kg<sup>o</sup>K)  
 ΔT : perubahan temperature (°K)

Perhitungan dapat menggunakan Persamaan 1 untuk mendapatkan jumlah kalor pemanas tiap elemen yang dipanaskan dengan masing-masing massa tiap elemen yaitu barel 2,86 kg, cacahan plastik yang mengisi seluruh barel seberat 0,139 kg dan *screw conveyor* seberat 1,11 kg.

$$Q_{barel} = 2 \times 480 \times (473,15 - 298,15) = 168000 \text{ J}$$

$$Q_{PET} = 0,139 \times 1200 \times (473,15 - 298,15) = 29190 \text{ J}$$

$$Q_{Screw} = 0,89 \times 480 \times (473,15 - 298,15) = 74760 \text{ J}$$

$$Q_{tot} = 168000 + 29190 + 74760 = 271950 \text{ J}$$

Setelah total kalor pemanas yang dibutuhkan didapatkan sebesar 290430 J, maka selanjutnya dilakukan perhitungan daya pemanas yang dibutuhkan. Perhitungan dilakukan dengan membagi kalo yang dibutuhkan dengan waktu yang dibutuhkan elemen pemanas diawal proses pemanasan. Waktu yang direncanakan untuk proses awal pemanasan yaitu sekitar 15 menit.

$$P = \frac{Q}{T} \quad (2)$$

$$P = \frac{271950}{15 \times 60} = 302,16 \text{ watt}$$

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan, maka dipertimbangkan rugi secara konveksi yang serupa terjadi baik saat proses pemanasan awal maupun saat proses produksi. Maka dijumlah rugi konveksi yang diperhitungkan pada saat proses produksi terhadap proses pemanasan awal dengan daya pemanasan total yang dibutuhkan untuk memanaskan ketiga elemen tersebut yaitu sebesar 377,71 watt.

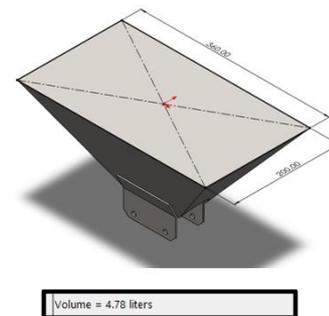
$$Q_c = 25 \times \pi \times 0,055 \times 0,1 \times (473,15 - 298,15) = 75,55 \text{ watt}$$

$$P_{tot} = 302,16 + 75,55 \text{ watt} = 377,71 \text{ watt}$$

Dari perhitungan yang sudah dilakukan maka pertimbangan rugi secara konveksi yang terjadi maka dijumlah rugi konveksi yang diperhitungkan pada saat proses produksi terhadap proses pemanasan awal dengan daya pemanasan total yang dibutuhkan untuk memanaskan ketiga elemen tersebut yaitu sebesar 377,71 Watt.

### 3. Perancangan *hopper*

Pada mesin ekstrusi plastik, *hopper*, berfungsi sebagai penampung limbah plastik yang akan diproses atau masuk ke dalam *barrel*. Agar kapasitas rencana 5 kg/jam dapat tercapai, geometri *hopper* dirancang dan volumenya dihitung berdasarkan besar cacahan plastik yang akan masuk ke dalamnya. Cacahan dari plastik PET yang masuk ke dalam *hopper* diasumsikan berbentuk persegi dengan ukuran tidak lebih dari 15x15 mm dan massa 0,2 gr. Dalam proses ekstrusi menggunakan alat ekstrusi plastik diasumsikan juga terjadi 2x proses memasukkan cacahan plastik ke dalam *hopper*. Selanjutnya dapat ditentukan ukuran sisi atas *hopper*. Sehingga sisi atas *hopper* yang dirancang 200x320 mm sehingga dapat menampung cacahan plastik sebanyak 4,78liter seperti yang ditunjukkan pada Gambar 9.



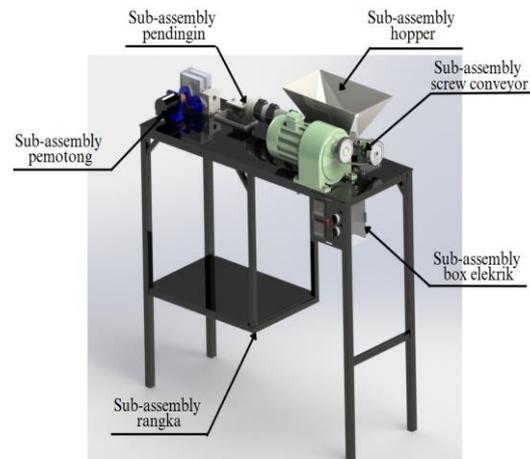
Gambar 7 Dimensi dan volume *hopper*

### 4. Perhitungan daya motor pemotong hasil ekstrusi

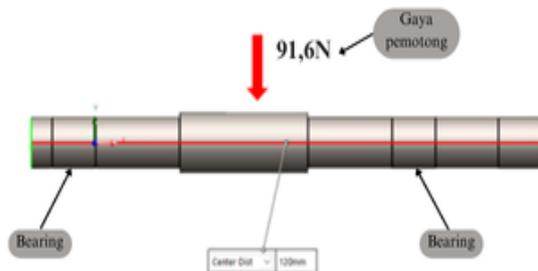
Daya motor yang digunakan pada perancangan proses pemotongan pada mesin ekstrusi plastik PET ini perlu diperhitungkan, karena jika daya yang digunakan terlalu kecil akan mengakibatkan kegagalan pada saat proses pemotongan hasil ekstrusi plastik PET dan jika daya yang digunakan terlalu besar akan meningkatkan biaya produksi. Dari hasil perhitungan didapatkan daya motor minimum yang digunakan untuk memotong hasil ekstrusi sebesar 26 Watt. Sehingga dari hasil

perhitungan yang didapatkan dipilih motor yang ada dipasaran yaitu motor type AC Gear 70KTYZ dengan daya 40Watt dengan kecepatan putar 80rpm.

- Perhitungan poros pisau pemotong  
Perhitungan poros perlu dilakukan untuk mengetahui momen yang terjadi pada poros sehingga hasil dari perhitungan ini berupa diameter poros minimum yang dapat digunakan untuk pisau pemotong. Analisis gaya luar dilakukan untuk menentukan momen seperti yang ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 9 3D model hasil rancangan alat



Gambar 8 Analisis gaya luar poros pemotong

Dari analisis gaya luar yang terjadi pada poros pemotong akibat proses pemotongan hasil ekstrusi plastik PET dilakukan perhitungan yang menghasilkan beberapa parameter yang ditunjukkan pada Tabel 3.

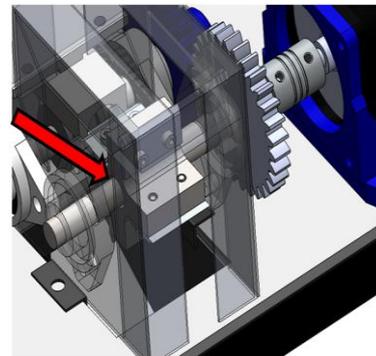
Tabel 3 Hasil perhitungan poros

NO	Keterangan	Spesifikasi
1	Momen yang terjadi	1,832 Nm
2	Daya rencana	33,6 Watt
3	Tegangan geser izin	52 N/mm <sup>2</sup>
4	Diameter poros minimum	Ø7,39

2.4 Dokumentasi Akhir atau Permodelan 3D alat  
Pembuatan model 3D dilakukan mulai dari gambaran kasar sesuai sketsa konsep terpilih. Hasil dari pemodelan 3D berupa dimensi dan massa dari komponen sehingga dapat digunakan untuk perhitungan gaya pada tahap selanjutnya. Pada tahap ini, variasi konsep 2 didesain dalam bentuk CAD. Bentuk CAD ini memungkinkan untuk mengubah ukuran dan bentuk dengan mudah jika tidak sesuai dengan perhitungan proses perancangan detail. Saat membuat model CAD ini, beberapa komponen standar juga diasumsikan dengan ukuran tertentu. Model 3D yang sudah dibuat ditunjukkan pada Gambar 11.

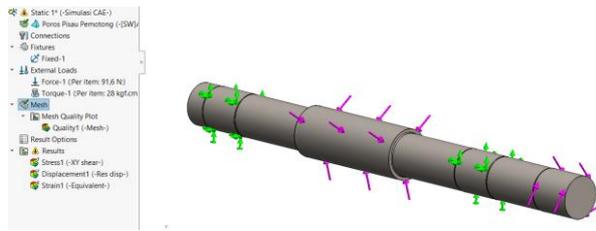
### 2.5 Simulasi numerik CAE

Simulasi desain menggunakan metode *Finite Element Analysis* (FEA) dilakukan pada komponen poros pemotong hasil ekstrusi. Seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 12 Komponen tersebut dianggap kritis karena mengalami berbagai variasi beban atau gaya. Analisis FEA dilakukan dengan menggunakan *software* Solidworks untuk menentukan tegangan spesifik yang ada dalam proses ekstrusi plastik.



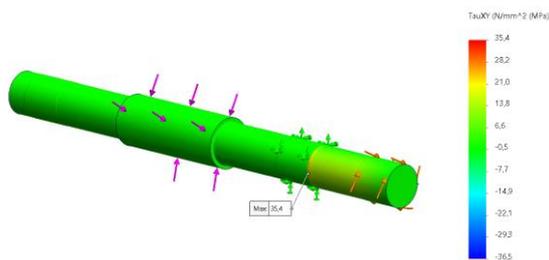
Gambar 10 Simulasi poros pada sub-fungsi pemotong

Selanjutnya menempatkan momen di tengah poros sebesar 91,6 N karena gaya potong hasil ekstrusi dan bobot dari rumah pisau berada di posisi tersebut. *Fixed support* sebagai tumpuan bantalan dan terdapat torsi dari motor penggerak yang ditransmisikan oleh kopling seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 13. Setelahnya dapat ditentukan hasil analisis yang ingin diperoleh, seperti mengetahui tegangan dan *safety factor* yang terjadi saat proses pemotongan hasil ekstrusi pada mesin yang dirancang.



Gambar 11 Batasan model poros pemotong

Hasil analisis mengenai tegangan yang timbul dari proses ekstrusi ditunjukkan pada Gambar 14. Tegangan geser maksimal yang timbul dari proses pemotongan hasil ekstrusi menunjukkan nilai 35,4 MPa di area dekat *fixed support bearing*, dari hasil tersebut dapat dikatakan aman dikarenakan tegangan izin material S45C 52 Mpa.



Gambar 12 Tegangan geser hasil FEM

### 2.6 Aspek pembuatan alat (manufaktur)

Pada aspek pembuatan alat menjelaskan proses yang dilakukan pada komponen non-standar. Komponen non-standar pada alat melalui proses *machining* berupa *milling*, *turning*, *drilling*, *cutting* dan *welding*. Setelah aspek pembuatan alat dibuat aspek perawatan alat bertujuan untuk memperpanjang umur kerja alat dan proses kerja dapat berjalan dengan lancar. Perawatan ini dilakukan dalam jangka waktu tertentu atau disebut *periodic maintenance*. Periode perawatan mesin ekstrusi plastik dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Aspek perawatan alat

Nama Komponen	Perawatan		
	Harian	Bulanan	Tahunan
Screw conveyor	-	Dibersihkan	-
Nozzel	Dibersihkan	-	-
Bantalan	-	Diberi pelumas	-
Pisau pemotong	Dibersihkan	-	Diperhatikan ketajamannya

### 3. Hasil dan Pembahasan

Spesifikasi alat ditentukan berdasarkan perhitungan dan pemilihan komponen serta permodelan 3D yang dilakukan setelah mendapatkan komponen-komponen penyusun alat.

Tabel 5 menunjukkan spesifikasi akhir alat yang diperoleh dari tahap-tahap perancangan.

Tabel 5 Spesifikasi hasil rancangan

No	Keterangan	Spesifikasi Teknis
1	Kapasitas	$\pm 5$ kg
2	Dimensi Alat	1000x350x1040 mm
3	Berat Alat	28 kg
4	Output Alat	Biji Plastik $\varnothing 2-5 \times 5$ mm
5	Daya Alat	< 1kW
6	Harga Pembuatan Alat	Rp 3.495.340

Alat ekstrusi plastik PET hasil perancangan terdiri dari enam *sub-assembly* yang dibagi berdasarkan fungsinya. Keenam *sub-assembly* tersebut di antaranya *sub-assembly* rangka, *sub-assembly* *screw conveyor*, *sub-assembly* *barrel*, *sub-assembly* pendingin dan *sub-assembly* sistem pemotong yang ditunjukkan pada Gambar 11.

Perancangan mesin ini dapat diadaptasi dan dimanufaktur dengan mudah karena komponen yang digunakan adalah komponen standart yang ada dipasaran dan sangat memungkinkan untuk mengadaptasi desain ke skala yang lebih besar dengan memperhatikan kembali bagian perencanaan detail seperti yang telah dijelaskan.

Prinsip kerja alat secara garis besar putaran yang dihasilkan oleh motor penggerak sebesar 60 rpm. Setelah hasil lelehan keluar dari *nozzel* kemudian di arahkan ke *sub-assembly* sistem pendingin sehingga mengubah lelehan plastik tersebut menjadi padat kembali lalu ditarik menggunakan penarik hasil ekstrusi yang terdapat pada *sub-assembly* sistem pemotong dan selanjutnya akan dipotong menggunakan *rotary blade* yang terdapat pada *sub-assembly* sistem pemotong sehingga hasil luaran dan mesin yang dirancang berupa biji plastik. Pada saat pengoperasian operator wajib menggunakan sarung tangan dan masker untuk menjaga keamanan pada saat proses pengolahan limbah karena temperature pengoperasian alat > 200°C sehingga menimbulkan panas dan bau pembakaran dari plastik PET.

Hasil dari desain perancangan mesin ini dapat mengolah limbah sampah plastik jenis PET menjadi biji plastik atau pellet sehingga dapat meningkatkan nilai ekonomis dari sampah tersebut. Hal ini akan menjadi daya tarik bagi para pendaur ulang sampah seperti bank sampah untuk mendaur ulang sendiri sampah plastiknya karena mesin ini dirancang dengan ukuran yang minimalis dan berkapasitas  $\pm 5$  kg seperti yang tercantum pada Tabel 5.

#### 4. Kesimpulan

Kesimpulan yang dicapai dari perancangan mesin ekstrusi sampah plastik PET menjadi biji plastik dengan metode ekstrusi antara lain:

1. Hasil dari perancangan mesin ekstrusi plastik didapatkan spesifikasi alat dengan dimensi 1000x350x1040mm berkapasitas  $\pm 5$  kg/jam, sehingga dapat membantu proses pengolahan sampah plastik menjadi biji plastik di Bank Sampah.
2. Input dari alat berupa cacahan plastik dengan dimensi 15x15mm dan output dari mesin berupa biji plastik dengan dimensi  $\varnothing 2-5 \times 5$  mm.
3. Daya motor minimum yang digunakan sebesar 139 Watt
4. Heater yang digunakan pada mesin ekstrusi adalah jenis *band heater* berjumlah 4 buah dengan kapasitas daya masing-masing 150 Watt.

#### Daftar Rujukan

- [1] A. W. Finaka, "Berapa Lama Sampah Plastik Bisa Terurai," Indonesia Baik.Id, 2022.
- [2] S. J. Zulfan Arico, "Pengolahan limbah plastik menjadi produk kreatif sebagai peningkatan ekonomi masyarakat pesisir," *Martabe Jurnal Pengabdian Masyarakat*, p. 2, 2017.
- [3] I. Rahmawati, "Daur Ulang Limbah Botol Plastik Polyethylene Terephthalate (PET) Menjadi Cabon Nanodots Untuk Pigmen Fluoresen," *Jurusan Fisika, Universitas Negeri Semarang, Semarang*, 2018.
- [4] R. M. B. Dani Irawan, "RANCANG BANGUN PROTOTYPE MESIN EKSTRUSI POLIMER SINGLE SCREW," *UNWAHA*, pp. 2654-3184, 2018.
- [5] S. P. d. M. A. L. Budhi Martana, "Perancangan mesin ekstrusi untuk daur ulang limbah plastik berbentuk silinder," *POLITEKNOLOGI*, vol. 19, no. 3, p. 1, 2020.
- [6] T. Mulyano, "Perancangan Mesin Pengolah Limbah Stryrofoam dengan Metode Sabuk Pemanas," *ASIMETRIK*, vol. 2, p. 2, 2020.
- [7] B. Triyono, "Pengembangan Alat Pengolah Limbah Stryrofoam Metode Termal-Ekstrusi," *Majamecha*, vol. 6, no. 1, pp. 36-45, 2024.
- [8] R. S. N. Yudhi Chandra Dwiaji, "Perancangan Mesin Pembuat Pellet Untuk Campuran Cangkang Telur Sebagai Konsentrat Kapasitas 10 kg/jam Dengan Metode Phal dan Beitz," *JAMERE*, vol. III, no. 2, pp. 57-68, 2023.
- [9] Pahl, Gerhard, Feldhusen, Joerg, Grote and Karl, *Engineering Design: A Systematic Approach*. 3. s.1, London: Springer-Verlag, 2007.
- [10] A. Murtadho, "Perancangan Alat Pengolah Sampah Expanded Polytyrene Foam (EPS) Portabel untuk Mengatasi Masalah Sampah di Sektor Rumah Tangga," *IRWNS*, 2021.