

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan pada bab ini menjelaskan analisa data pengujian alat Mesin Pencetak Biji Plastik. Data diolah berdasarkan rumusan masalah pada proyek akhir dengan topik “Rancang Bangun Mesin Pencetak Biji Plastik Daur Ulang Dengan Metode Dual Heater Berkapasitas 2 Kg / Jam”.

4.1 Proses Eliminasi

Proses eliminasi dilakukan dengan tujuan untuk menyeleksi prinsip kerja yang memungkinkan diterapkan pada mesin pencetak biji plastik yang didasarkan pada penilaian para pakar dan ketersediaan teknologi yang dapat digunakan.

4.1.1 Sistem Transmisi

Proses eliminasi dilakukan dengan tujuan untuk menyeleksi prinsip kerja yang memungkinkan diterapkan pada mesin pencetak biji plastik yang didasarkan pada penilaian para pakar dan ketersediaan teknologi yang dapat digunakan. Berikut ini adalah proses eliminasi dari sistem transmisi yang akan digunakan.

Tabel 4. 1 Proses Eliminasi Transmisi Mesin Pencetak Biji Plastik

No	Kriteria	Poros Langsung	Roda Gigi	Gearbox	Sabuk Puli	Sprocket Rantai
1.	Biaya	ya	tidak	ya	tidak	ya
2.	Keamanan	tidak	tidak	ya	tidak	ya
3.	Spesifikasi	ya	tidak	ya	ya	ya
4.	Perawatan	tidak	tidak	tidak	ya	ya
5.	Material	ya	ya	ya	tidak	ya

Berdasarkan dari Tabel 4.1 tanda “ya” terbanyak yaitu sprocket rantai dan gearbox, karena mendapatkan “ya” di keempat kriteria dimana empat kriteria tersebut termasuk kriteria kunci. Kedua sistem transmisi tersebut akan dikombinasi ataupun tidak dikombinasi pada proyek akhir ini.

4.1.2 Sistem Ekstrusi

Proses eliminasi dilakukan dengan tujuan untuk menyeleksi prinsip kerja yang memungkinkan diterapkan pada mesin pencetak biji plastik yang didasarkan pada penilaian para pakar dan ketersediaan teknologi yang dapat digunakan. Berikut ini adalah proses eliminasi dari sistem Ekstrusi yang akan digunakan.

Tabel 4. 2 Proses Eliminasi Sistem Ekstrusi Mesin Pencetak Biji Plastik

No	Kriteria	<i>Single Screw</i>	<i>Dual Screw</i>
1.	Biaya	ya	tidak
2.	Keamanan	ya	ya
3.	Spesifikasi (Kapasitas 2 Kg/Jam)	ya	ya
4.	Perawatan	ya	tidak
5.	Material	ya	ya

Berdasarkan proses eliminasi pada Tabel 4.2, sistem *Single Screw* mendapatkan kriteria "ya" secara mutlak dibandingkan *Dual Screw*. Keputusan

ini sangat relevan dengan kondisi real mesin yang dirancang untuk kapasitas produksi skala kecil (2 kg/jam).

Pembuatan *Single Screw* (dengan diameter poros 58 mm dan panjang 400 mm) jauh lebih rasional dari segi biaya dan kemudahan manufaktur karena dapat difabrikasi menggunakan mesin bubut konvensional. Sebaliknya, *Dual Screw* membutuhkan kepresisian manufaktur yang sangat tinggi agar kedua ulir dapat tersinkronisasi tanpa saling bergesekan, yang mana akan melambungkan biaya produksi dan menyulitkan perawatan. Oleh karena itu, *Single Screw* dieksekusi sebagai komponen utama untuk mendorong dan mencampur lelehan botol plastik di dalam *barrel*.

4.2 Alternatif Desain

Berdasarkan dari Tabel 4.1 sistem transmisi yang sesuai dengan kriteria adalah sprocket rantai dan gearbox maka ditahap ini akan dilakukan kombinasi untuk mendapatkan alternatif desain yang nantinya akan digunakan pada proyek akhir ini. Berikut ini adalah alternatif desain sistem transmisi.

- Alternatif desain I

Pada alternatif desain I ini sistem transmisi yang digunakan adalah sprocket rantai.

- Alternatif desain II

Pada alternatif desain I ini sistem transmisi yang digunakan adalah Gearbox.

- Alternatif desain III

Pada alternatif desain I ini sistem transmisi yang digunakan adalah

Poros Langsung.

- Alternatif desain IV

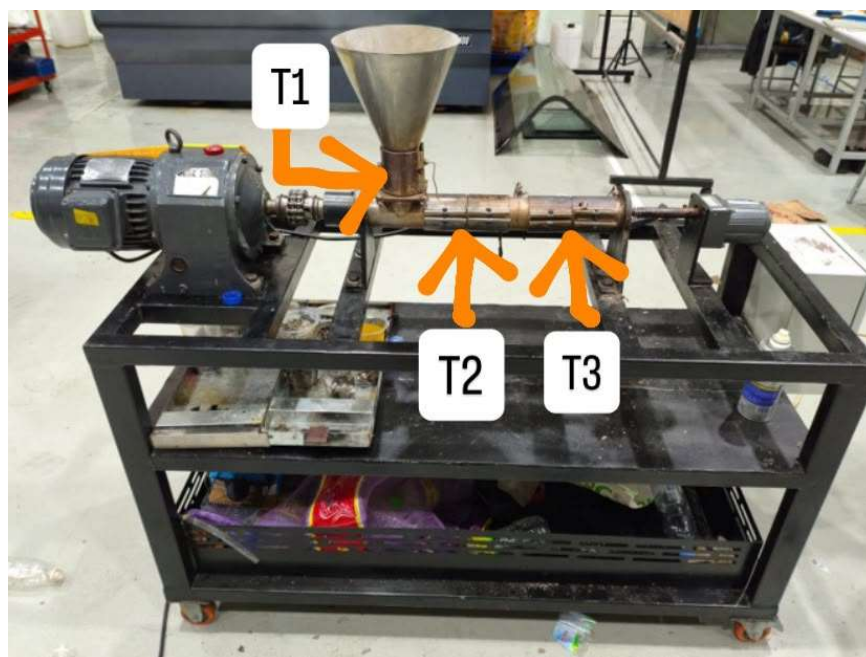
Pada alternatif desain I ini sistem transmisi yang digunakan adalah Sabuk Puli

- Alternatif desain V

Pada alternatif desain I ini sistem transmisi yang digunakan adalah Roda Gigi

4.3 Hasil Perancangan dan Fabrikasi Mesin Pencetak Biji Plastik

Setelah melalui proses perancangan berdasarkan parameter teknis yang telah ditentukan dan proses fabrikasi serta perakitannya, pada bagian ini ditunjukkan hasil akhir dari realisasi Mesin Pencetak Biji Plastik Daur Ulang Dual Heater seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4. 1



Gambar 4.1 Hasil Fabrikasi Mesin Pencetak Biji Plastik

4.4 Data Penelitian

Proses pengambilan data penelitian Mesin Pencetak Biji Plastik Daur Ulang Dual Heater disajikan dalam bentuk tabel untuk mempermudah proses perhitungan serta analisis. Hasil pengambilan data tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut.

Tabel 4. 3 Hasil Data Penelitian Mesin Pencetak Biji Plastik

VARIABEL BEBAS			VARIABEL TERIKAT						VARIABEL KONTROL												
No.	Putaran Extruder (RPM)	Putaran Pisau Potong (RPM)	Out Put Biji Plastik (Gram/menit)			Out Put Biji Plastik (Kg/Jam)			Suhu Pemanas/Heater (Celcius)			Arus Motor Extruder (Ampere)			Rata-Rata Arus Motor Listrik (Ampere)	Arus Pisau Potong (Ampere)	Arus Pemanas/Heater (Ampere)			Total Arus Heater (Ampere)	
			Utuh	Pecah	Total	Utuh	Pecah	Total	T1	T2	T3	U	V	W			T1	T2	T3		
1	40	100	26	8	34	1,56	0,48	2,04	205	180	187	0,56	0,55	0,55	0,55	0,24	0,71	0,72	1,66	3,09	
2		120	24	7	31	1,44	0,42	1,86	205	180	187	0,55	0,56	0,56	0,56	0,22	0,71	0,73	1,62	3,06	
3		140	28	8	36	1,68	0,48	2,16	205	180	187	0,54	0,56	0,57	0,56	0,21	0,74	0,75	1,69	3,18	
4	43	100	29	4	33	1,74	0,24	1,98	205	180	187	0,56	0,55	0,58	0,56	0,22	0,73	0,74	1,68	3,15	
5		120	31	4	35	1,86	0,24	2,1	205	180	187	0,56	0,56	0,57	0,56	0,27	0,72	0,73	1,67	3,12	
6		140	32	2	34	1,92	0,12	2,04	205	180	187	0,55	0,55	0,56	0,55	0,25	0,74	0,76	1,69	3,19	
7	46	100	27	5	32	1,62	0,3	1,92	205	180	187	0,56	0,54	0,58	0,56	0,22	0,73	0,72	1,68	3,13	
8		120	25	9	34	1,5	0,54	2,04	205	180	187	0,55	0,56	0,57	0,56	0,24	0,74	0,76	1,67	3,17	
9		140	29	6	35	1,74	0,36	2,1	205	180	187	0,55	0,56	0,59	0,57	0,25	0,75	0,75	1,64	3,14	

4.5 Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengujian dianalisis untuk mengevaluasi performa mesin pencetak biji plastik. Analisis dilakukan dengan membandingkan hasil eksperimen dengan teori yang telah dipelajari dalam studi literatur.

4.5.1 Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif dilakukan dengan mengamati pola dan kecenderungan yang terjadi pada setiap variabel bebas dan variabel terikat berdasarkan data hasil pengujian. Data divisualisasikan dalam bentuk grafik untuk mempermudah interpretasi hubungan antar variabel.

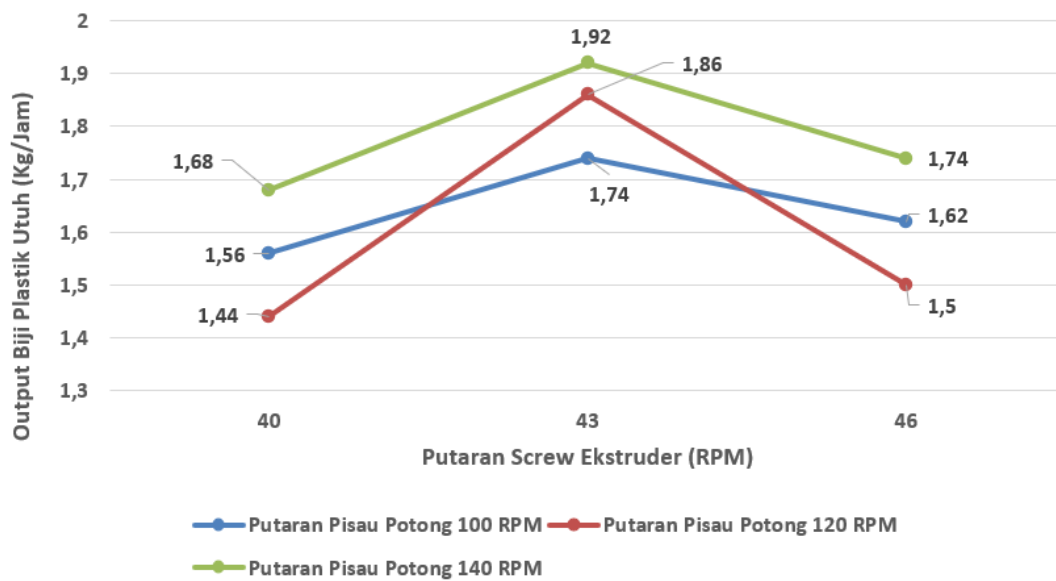
4.5.1.1 Hubungan Kecepatan Putar Screw terhadap Output Biji Plastik

Pengujian dilakukan sebanyak tiga variasi percobaan dengan kombinasi kecepatan putar screw yang berbeda, yaitu 40 RPM, 43 RPM, dan 46 RPM. Hasil pengujian selama durasi 1 (satu) jam disajikan pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4. 4 Data Output Biji Plastik Berdasarkan Variasi Kecepatan Putar Screw

Putaran Screw Extruder (RPM)	Putaran Pisau Potong 100 RPM	Putaran Pisau Potong 120 RPM	Putaran Pisau Potong 140 RPM
40	1,56	1,44	1,68
43	1,74	1,86	1,92
46	1,62	1,5	1,74

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat diamati bahwa output biji plastik terbentuk tertinggi diperoleh pada percobaan dengan kecepatan putar screw/pisau 40/120 RPM menghasilkan output biji plastik paling rendah yaitu sebesar 1.44 kg/jam, sementara percobaan dengan kecepatan putar screw/pisau 43/140 RPM menghasilkan output biji plastik paling tinggi yakni 1.92 kg/jam

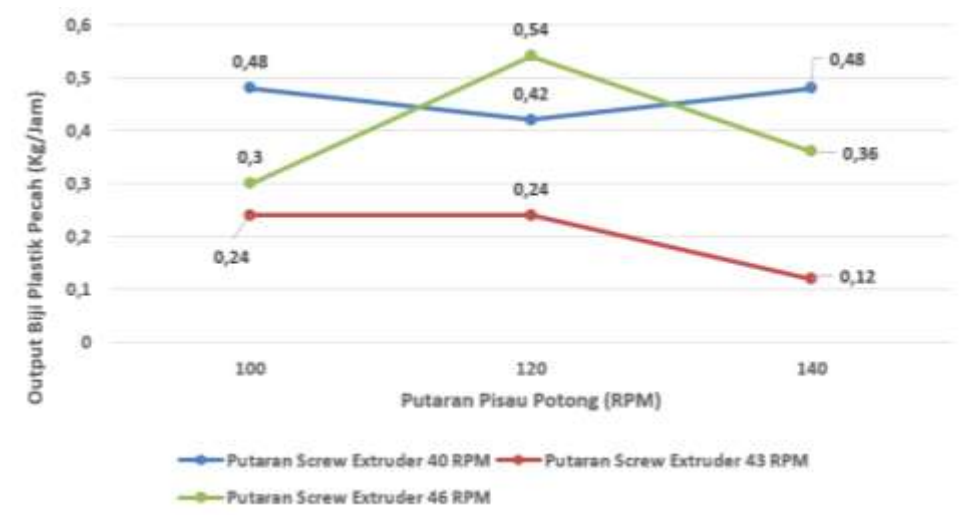


Gambar 4.2 Grafik Hubungan Kecepatan Putar Screw terhadap Output Biji Plastik

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bagaimana kecepatan putaran *screw* ekstruder memengaruhi jumlah output biji plastik utuh pada tiga variasi kecepatan pisau potong (100 RPM, 120 RPM, dan 140 RPM). Secara keseluruhan, ketiga variasi pisau potong tersebut menunjukkan tren pola yang seragam, jumlah output selalu mengalami peningkatan ketika putaran *screw* dinaikkan dari 40 RPM menjadi 43 RPM, namun kemudian mengalami penurunan ketika putaran *screw* terus ditingkatkan ke angka 46 RPM. Titik optimal yang menghasilkan output biji plastik utuh terbanyak berada pada angka 1,92 Kg/Jam, yang dicapai pada kombinasi kecepatan putaran *screw* 43 RPM dan kecepatan putaran pisau potong 140 RPM.

4.5.1.2 Hubungan Kecepatan Putar Pisau terhadap Output Tidak Terbentuk

Kecepatan putar pisau pemotong (RPM pisau) memiliki peran penting dalam mempengaruhi kualitas pemotongan biji plastik. Pada pengujian ini, kecepatan pisau divariasikan dari 100 RPM, 120 RPM, hingga 140 RPM seiring dengan kenaikan RPM screw.



Gambar 4.3 Grafik Hubungan Kecepatan Putar Pisau terhadap Output Tidak Terbentuk

Bedasarkan Gambar 4.3. menunjukkan bagaimana perubahan pada kecepatan putaran pisau pemotong mempengaruhi jumlah output biji plastik pecah. Ketika putaran pisau pemotong dinaikkan dari 100 RPM menjadi 120 RPM, dampaknya bervariasi tergantung pada putaran *screw* yang digunakan, output biji pecah mengalami penurunan tipis pada *screw* 40 RPM (dari 0,48 menjadi 0,42 Kg/Jam), cenderung stagnan pada *screw* 43 RPM (bertahan di angka 0,24 Kg/Jam), namun justru melonjak tajam pada *screw* 46 RPM hingga mencapai puncak kecacatan tertinggi di angka 0,54 Kg/Jam. Selanjutnya, ketika putaran pisau ditingkatkan ke angka maksimal 140 RPM, output biji

plastik pecah berhasil ditekan turun secara signifikan pada kombinasi *screw* 46 RPM (turun menjadi 0,36 Kg/Jam) dan *screw* 43 RPM (mencapai titik cacat terendah di angka 0,12 Kg/Jam). Sebaliknya, pada *screw* 40 RPM, peningkatan kecepatan pisau ke 140 RPM justru membuat jumlah biji pecah kembali naik ke angka 0,48 Kg/Jam. Secara keseluruhan, pengaturan pisau potong di kecepatan 140 RPM memberikan hasil paling optimal dengan cacat terminim jika dikombinasikan dengan putaran *screw* 43 RPM.

Hal ini mengindikasikan bahwa sinkronisasi antara kecepatan *screw* dan kecepatan pisau merupakan faktor kritis. Apabila kecepatan pisau terlalu tinggi dibandingkan dengan laju ekstrusi material, maka akan terjadi pemotongan yang tidak optimal yang berdampak pada penurunan output total mesin.

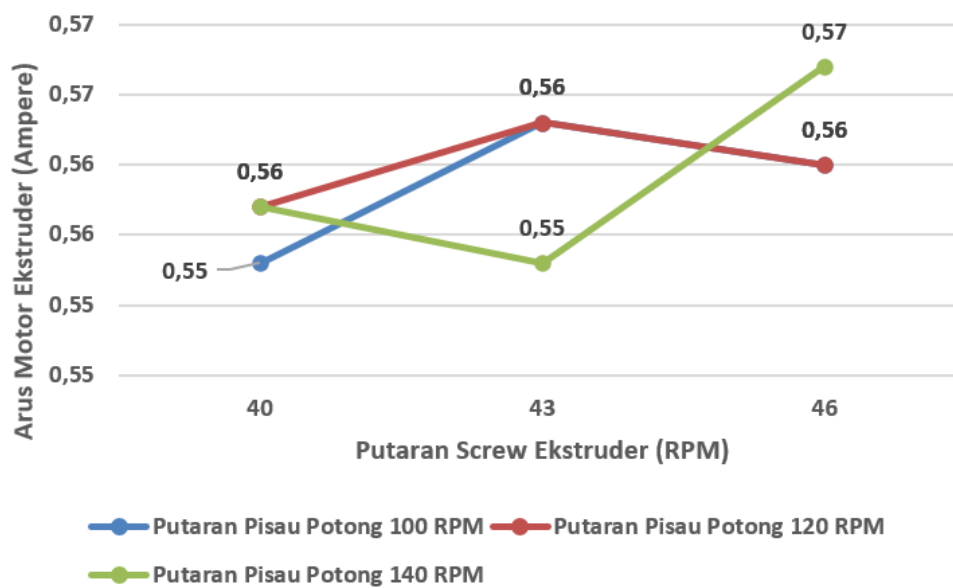
4.5.2 Analisis Kuantitatif

Analisis kuantitatif dilakukan untuk menghitung nilai-nilai teknis dan ekonomis secara numerik, meliputi perhitungan daya listrik yang dikonsumsi, biaya operasional, dan efisiensi pembentukan biji plastik

4.5.2.1 Hubungan Antara Kecepatan Putar Screw Ekstruder dan Arus Motor Ekstruder

Berdasarkan Gambar 4.4, terlihat bahwa hubungan antara putaran *screw* ekstruder (40, 43, dan 46 RPM) dengan arus motor ekstruder tidak menunjukkan kenaikan atau penurunan yang linear di semua variasi kecepatan pisau potong. Nilai arus yang ditarik oleh motor ekstruder berada

pada rentang yang cukup sempit, yakni antara 0.553 Ampere hingga 0.567 Ampere. Sebagai contoh, pada putaran pisau potong 120 RPM (garis merah), arus mengalami kenaikan dari 0.557 A pada putaran screw 40 RPM menjadi 0,563 A pada 43 RPM, namun kembali turun menjadi 0.560 A saat putaran screw dinaikkan ke 46 RPM.



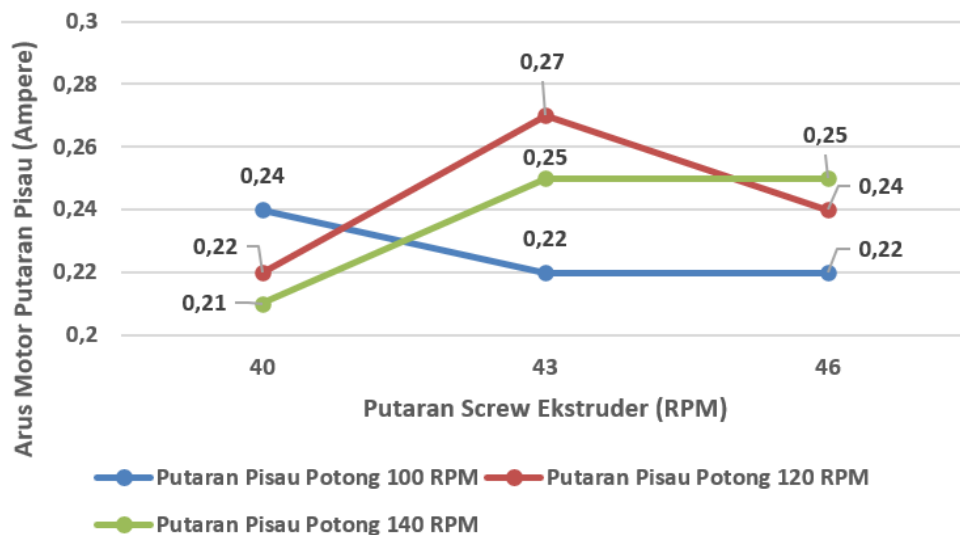
Gambar 4.4 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Screw Ekstruder dengan Arus Motor Ekstruder

Fluktuasi ini menunjukkan bahwa beban kerja pada motor extruder cukup stabil namun dipengaruhi oleh interaksi yang dinamis antara kecepatan dorongan material (screw) dan hambatan di ujung pemotongan. Arus motor tertinggi mencapai 0.567 Ampere pada kombinasi putaran screw maksimal (46 RPM) dan putaran pisau maksimal (140 RPM), yang mengindikasikan bahwa beban dorong terberat terjadi ketika volume material yang keluar dan kecepatan potong berada pada puncaknya. Sebaliknya, arus terendah 0.553

Ampere terjadi pada kondisi putaran screw 40 RPM dengan pisau 100 RPM, serta pada putaran screw 43 RPM dengan pisau 140 RPM.

4.5.2.2 Hubungan Antara Kecepatan Putar Screw Ekstruder dan Arus Pisau Pemotong

Pada Gambar 4.5, terlihat lonjakan beban kerja yang cukup signifikan pada motor pisau potong di titik tengah kecepatan screw. Arus motor pisau potong bervariasi antara 0.210 Ampere hingga 0.270 Ampere. Untuk variasi putaran pisau 120 RPM dan 140 RPM, arus meningkat tajam ketika putaran screw dinaikkan dari 40 RPM ke 43 RPM, mencapai puncaknya di angka 0.270 A (pada pisau 120 RPM) dan 0.250 A (pada pisau 140 RPM). Namun, nilai arus tersebut kembali turun ketika putaran screw dimaksimalkan hingga 46 RPM. Hal berbeda terjadi pada pisau 100 RPM, di mana arus justru turun dari 0.240 A (di screw 40 RPM) menjadi 0.220 A dan stabil di angka tersebut.



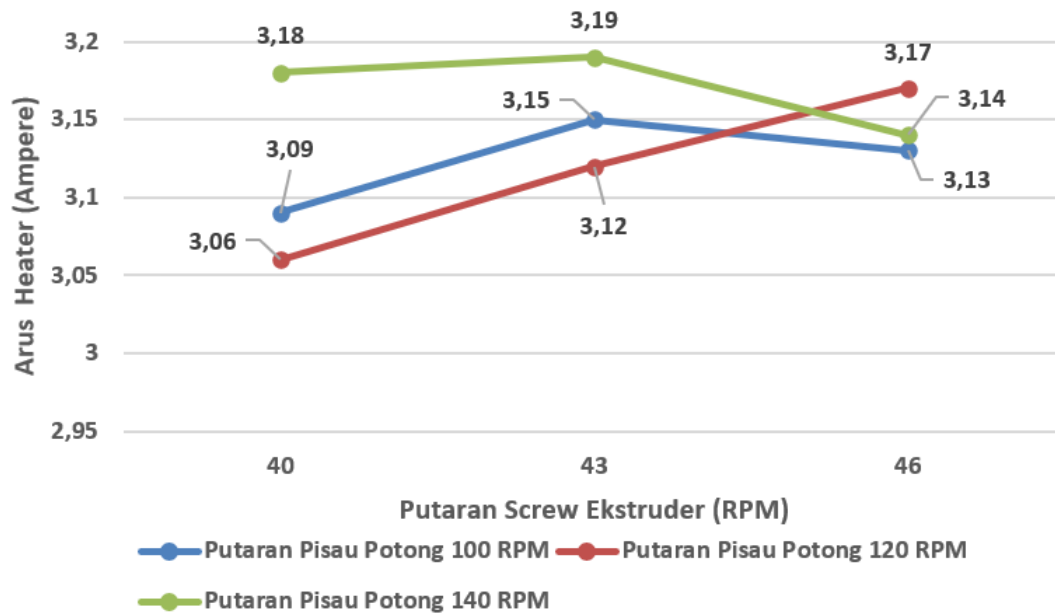
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Screw Ekstruder dengan Arus Pisau Pemotong

Kondisi ini mengindikasikan bahwa pada putaran screw 43 RPM, kepadatan atau laju material yang masuk ke area pemotongan menciptakan hambatan mekanis tertinggi bagi pisau (khususnya untuk kecepatan pisau 120 dan 140 RPM), sehingga motor membutuhkan arus listrik lebih besar untuk mempertahankan putarannya. Beban terendah bagi motor pisau (0.210 Ampere) tercatat saat laju material paling lambat (screw 40 RPM) berpadu dengan putaran pisau paling cepat (140 RPM), di mana pisau kemungkinan memotong material dengan resistensi yang sangat minimal.

4.5.2.3 Hubungan Antara Kecepatan Putar Screw Ekstruder dan Arus Heater Total

Pada Gambar 4.6 mengilustrasikan fluktuasi konsumsi arus *heater* (dalam Ampere) terhadap variasi kecepatan putar *screw* ekstruder (40, 43, dan 46 RPM) yang diuji pada tiga kecepatan pisau potong yang berbeda, yaitu 100, 120, dan 140 RPM. Secara keseluruhan, rentang perubahan arus relatif sempit, bergerak dari titik terendah 3.06 A hingga mencapai nilai puncak sebesar 3.19 A. Tren perubahan yang terjadi tidak seragam di setiap variasi; pada pengujian dengan kecepatan pisau 100 RPM dan 140 RPM, arus *heater* mengalami kenaikan saat putaran *screw* dinaikkan dari 40 ke 43 RPM, namun kemudian mengalami penurunan saat *screw* berputar di 46 RPM. Sebaliknya, pada variasi putaran pisau 120 RPM, konsumsi arus *heater* menunjukkan tren peningkatan yang linier dan konstan seiring dengan bertambahnya kecepatan putar *screw* dari 40 hingga 46 RPM. Dinamika arus ini mengindikasikan bahwa interaksi antara laju dorongan material oleh *screw* dan frekuensi pemotongan di ujung *die* sangat memengaruhi stabilitas suhu di dalam

ekstruder, sehingga termokontroler harus terus menyesuaikan tarikan daya listrik pada elemen pemanas untuk menjaga suhu lelehan plastik tetap optimal.



Gambar 4.6 Grafik Hubungan Antara Kecepatan Putar Screw Ekstruder dengan Arus Heater Total

4.5.2.4 Analisis *Specific Energy Consumption (SEC)*

Berdasarkan data pada tabel 4.5, pengujian kinerja mesin ekstruder dilakukan dalam 9 variasi (No. 1-9) yang merupakan kombinasi antara kecepatan putaran ekstruder dan kecepatan putaran pisau potong. Selama pengujian, parameter kelistrikan seperti arus dan daya untuk motor ekstruder, motor pisau, serta elemen pemanas (*heater*) terus dipantau. Daya elemen pemanas mendominasi konsumsi energi dengan rentang 673,20 W hingga 701,58 W, disusul oleh motor ekstruder, sementara motor pisau

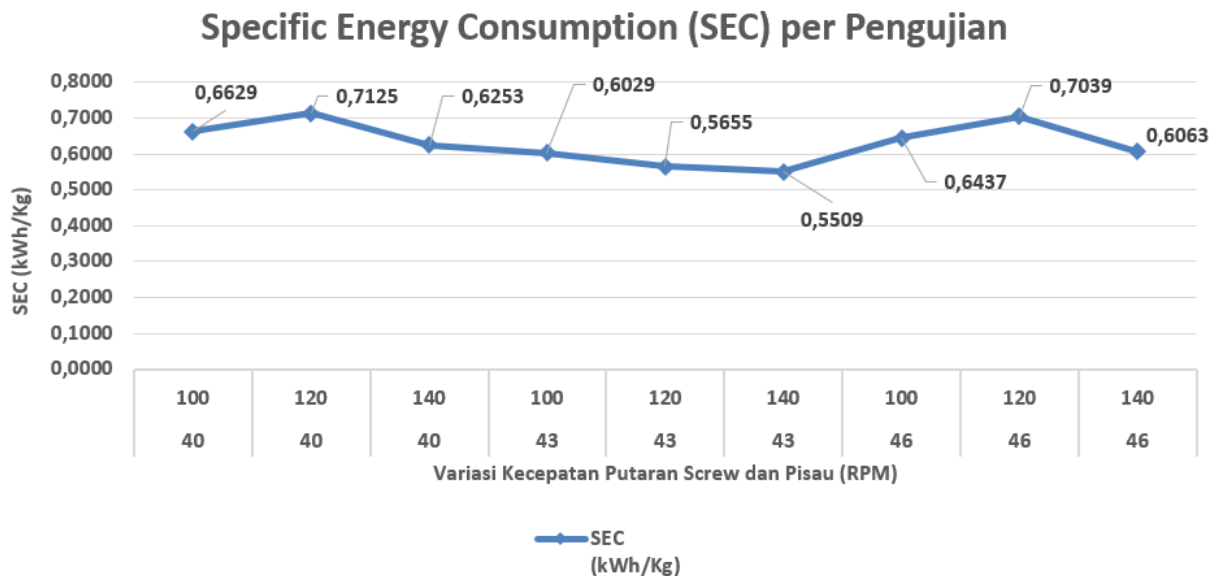
membutuhkan daya paling kecil. Kapasitas produksi atau *Output* Biji Plastik yang dihasilkan pun bervariasi, dari yang paling lambat sebesar 1,44 kg/jam hingga yang terbanyak mencapai 1,92 kg/jam, dengan rata-rata keseluruhan output berada di angka 1,67 kg/jam. Total daya (kW) yang digunakan untuk mengoperasikan mesin dalam berbagai variasi ini tergolong stabil di kisaran 1,026 kW hingga 1,058 kW.

Tabel 4.5 Hasil Data Perhitungan *Specific Energy Consumption (SEC)*

No	Putaran Extruder (RPM)	Putaran Pisau Potong (RPM)	Output Biji Plastik (Kg/jam)	Arus Motor Extruder (A)	Arus Pisau Potong (A)	Arus Rata-rata Heater (A)	Daya Motor Extruder (W)	Daya Motor Pisau (W)	Daya Heater (W)	Total Daya (kW)	SEC (kWh/Kg)
1	40	100	1,56	0,553	0,24	1,03	309,38	44,88	679,80	1,034	0,6629
2		120	1,44	0,557	0,22	1,02	311,61	41,14	673,20	1,026	0,7125
3		140	1,68	0,557	0,21	1,06	311,61	39,27	699,60	1,050	0,6253
4	43	100	1,74	0,563	0,22	1,05	314,97	41,14	693,00	1,049	0,6029
5		120	1,86	0,563	0,27	1,04	314,97	50,49	686,40	1,052	0,5655
6		140	1,92	0,553	0,25	1,063	309,38	46,75	701,58	1,058	0,5509
7	46	100	1,62	0,56	0,22	1,043	313,29	41,14	688,38	1,043	0,6437
8		120	1,5	0,56	0,24	1,057	313,29	44,88	697,62	1,056	0,7039
9		140	1,74	0,567	0,25	1,047	317,21	46,75	691,02	1,055	0,6063

Analisa pada Gambar 4.7 berfokus pada *Specific Energy Consumption (SEC)*, yang mengukur seberapa efisien mesin bekerja dengan menghitung jumlah energi yang dibutuhkan untuk memproduksi satu kilogram material (kWh/kg). Tingkat efisiensi tertinggi atau nilai SEC terendah dicapai pada

pengujian ke-6 dengan angka 0,5509 kWh/kg. Pada pengujian ini (putaran ekstruder 43 RPM dan pisau 140 RPM), mesin berhasil mencapai tingkat produksi tertinggi (1,92 kg/jam) sehingga rasio konsumsi energinya menjadi sangat optimal.



Gambar 4.7 Grafik Analisis Specific Energy Consumption (SEC) pada Setiap Variasi Pengujian Mesin

Grafik menunjukkan lonjakan nilai SEC yang tajam pada pengujian ke-2, menandakan tingkat efisiensi terburuk atau SEC maksimum sebesar 0,7125 kWh/kg. Lonjakan konsumsi energi spesifik ini terjadi pada kombinasi putaran ekstruder 40 RPM dan pisau 120 RPM, di mana output total yang dihasilkan sebesar 1,44 kg/jam. Hal ini mengindikasikan bahwa laju produksi yang tidak optimal secara langsung menyebabkan pemborosan energi / Kilogram Produk. Secara keseluruhan, nilai rata-rata SEC dari ke 9 pengujian tersebut berada pada angka 0,6304 kWh/kg.