

PEMBUATAN *INJECTION UNIT* MESIN *INJECTION MOLDING* UNTUK MEMBUAT BANTALAN KETIAK TONGKAT KRUK DARI MATERIAL *POLYPROPYLENE*

*Febri Firmansyah¹, Yusuf Umardani², Agus Suprihanto²

¹Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

²Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

*E-mail: febrif771@gmail.com

Abstrak

Injection molding adalah salah satu teknik manufaktur yang paling umum digunakan dalam produksi massal produk plastik. Proses ini melibatkan melelehkan bahan baku plastik, seperti *Polypropylene* (PP), menjadi bentuk cair dan menginjeksikannya ke dalam cetakan dengan tekanan tinggi. Setelah bahan plastik mengisi seluruh rongga cetakan, ia akan didinginkan dan mengeras untuk membentuk produk akhir. Mesin *injection molding* memiliki tiga komponen dasar. Unit injeksi, cetakan dan sistem penjepit. Unit injeksi juga disebut plasticator, menyiapkan lelehan plastik yang tepat dan melalui unit injeksi mentransfer lelehan ke komponen berikutnya yaitu cetakan. Dalam pembuatan *injection unit* ini didapat kapasitas *barrel* sebesar $137,444\text{cm}^3$. Parameter yang perlu diperhatikan adalah dimensi dari setiap bagian alat, suhu, tekanan, dan waktu. Pada penelitian ini didapatkan juga parameter pencetakan yang paling sesuai yaitu tekanan injeksi 150 bar dan temperatur leleh 200°C , kemudian dilakukan pengujian material yaitu pengujian densitas didapat hasil 0.89 gr/cm^3 dan pengujian kekerasan sebesar 75.6 shore D .

Kata kunci : *injection molding*; kruk; *polypropylene*; unit injeksi

Abstract

Injection molding is one of the most commonly used manufacturing techniques in the mass production of plastic products. This process involves melting plastic raw materials, such as *Polypropylene* (PP), into a liquid form and injecting it into a mold under high pressure. After the plastic material fills the entire mold cavity, it cools and solidifies to form the final product. An *injection molding* machine has three basic components. *Injection unit*, mold and clamping system. The *injection unit* also called a plasticator, prepares the proper plastic melt and through the *injection unit* transfers the melt to the next component i.e. the mould. In making this *injection unit*, a barrel capacity of $137,444\text{cm}^3$ is obtained. Parameters that need to be considered are the dimensions of each part of the tool, temperature, pressure, and time. In this study, it was also found that the most suitable printing parameters were injection pressure of 150 bar and melting temperature of 200°C , then material testing was carried out, namely density testing obtained results of 0.89 gr/cm^3 and hardness testing of 75.6 shore D .

Keywords : *crutches*; *injection unit*; *injection molding*; *polypropylene*

1. Pendahuluan

Plastik merupakan salah satu penyumbang sampah terbesar saat ini, kesulitan dalam pengolahan limbah plastik ini adalah sulitnya plastik untuk diurai. Karena plastik sulit diuraikan namun masih dapat diolah kembali dengan cara dilelehkan dan dijadikan bahan baku untuk digunakan kembali [1]. Salah satu cara untuk mengolah limbah plastik adalah dengan teknik *injection molding*. Cara kerja mesin ini adalah dengan memasukan biji plastik ke dalam sebuah barrel kemudian dipanaskan hingga meleleh lalu diinjeksi ke dalam cetakan yang kemudian didinginkan. Setelah itu, dilepaskan dari cetakan dan terbentuk suatu produk plastik [2].

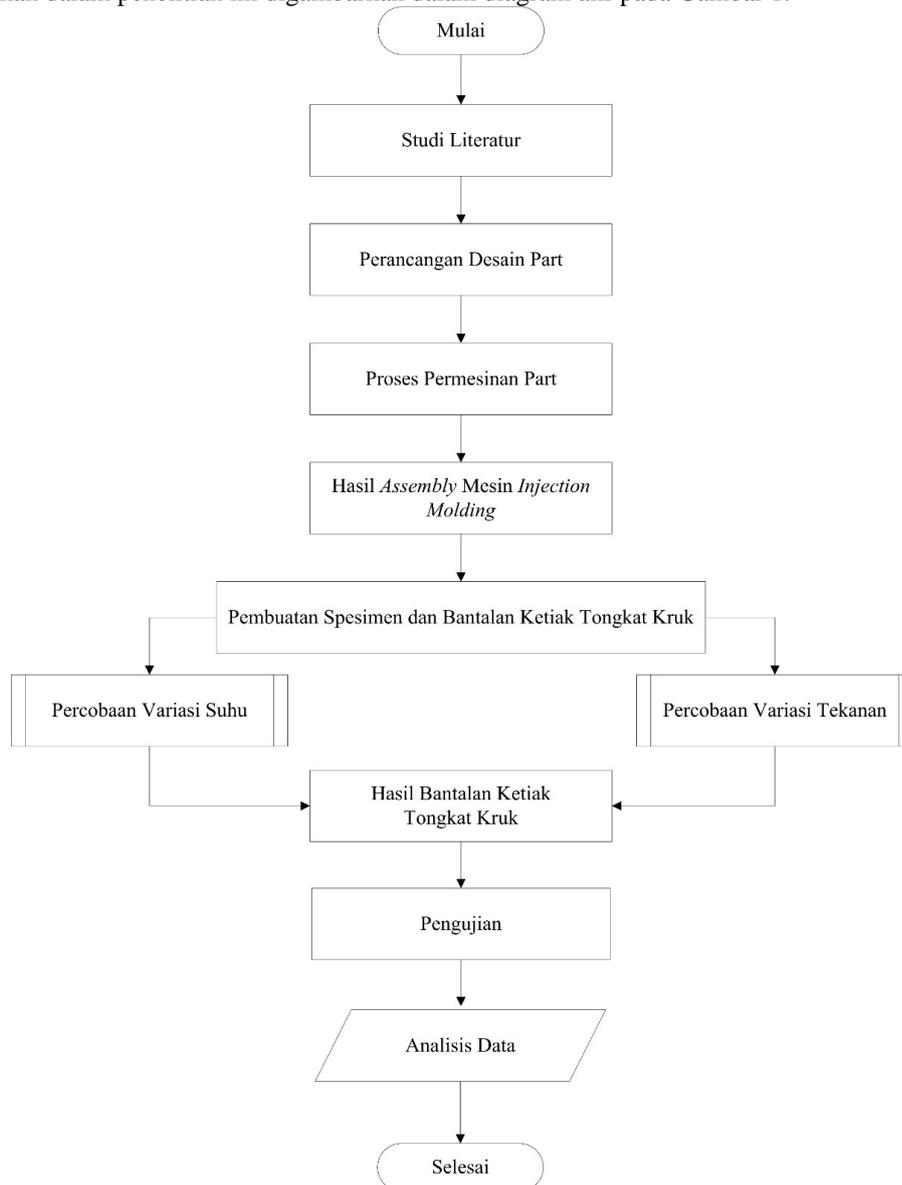
Injection molding adalah salah satu teknik manufaktur yang paling umum digunakan dalam produksi massal produk plastik. Proses ini melibatkan melelehkan bahan baku plastik, seperti PP, menjadi bentuk cair dan menginjeksikannya ke dalam cetakan dengan tekanan tinggi[3]. Proses *injection molding* menawarkan berbagai keunggulan, termasuk kecepatan produksi yang tinggi, presisi geometri produk yang tinggi, dan kemampuan untuk menghasilkan produk dalam volume besar dengan biaya yang relatif rendah. Oleh karena itu, proses ini menjadi pilihan utama dalam pembuatan produk plastik untuk berbagai industri, termasuk industri medis[4]. Mesin ini melakukan fungsi penting tertentu: (1) plasticizing: pemanasan dan pelelehan plastik dalam plasticator, (2) injection: injeksi dari plasticator

di bawah tekanan tembakan volume terkontrol dari lelehan ke dalam cetakan tertutup, dengan pemadatan plastik dimulai pada dinding rongga cetakan, (3) afterfilling: mempertahankan bahan yang disuntikkan di bawah tekanan selama waktu tertentu untuk mencegah aliran balik lelehan dan untuk mengkompensasi penurunan volume lelehan selama pemadatan, (4) pendinginan: mendinginkan termoplastik (TP) bagian cetakan dalam cetakan sampai cukup kaku untuk dikeluarkan, atau pemanasan: pemanasan bagian cetakan termoset (TS) dalam cetakan sampai cukup kaku untuk dikeluarkan, dan (5) pelepasan bagian cetakan: pembukaan cetakan, mengeluarkan bagian, dan menutup cetakan sehingga siap untuk memulai siklus berikutnya dengan tembakan meleleh [5].

Salah satu material yang sering digunakan dalam *injection molding* adalah material termoplastik. Material ini memiliki sifat fleksibel dan mudah dicetak. Material termoplastik yang paling banyak digunakan dalam *injection molding* adalah *polypropylene*. Material ini memiliki sifat ringan, tahan terhadap korosi, dan memiliki kekuatan yang baik. Selain itu, material ini juga tahan terhadap suhu tinggi, sehingga cocok digunakan untuk aplikasi yang membutuhkan suhu tinggi[6].

2. Dasar teori dan metodologi

Injection unit merupakan tempat mencairkan plastik dan proses injeksi plastik ke dalam *mold* [7]. Tahap pertama dilakukan proses pembuatan bagian *injection unit* pada mesin *injection molding* untuk material *Polypropylene*. Tahap kedua percobaan alat *injection molding* untuk mencetak produk berupa bantalan ketiak pada tongkat kruk. Ketiga tahap yang dilakukan adalah dengan melakukan beberapa pengujian, yaitu pengujian densitas dan kekerasan. Tahapan proses yang akan dilakukan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Metode Penelitian

Perhitungan yang diperlukan untuk melakukan desain perancangan *injection molding* adalah menentukan nilai tekanan injeksi dan kapasitas material yang dapat ditampung. Nilai tekanan injeksi adalah kekuatan tekan yang terjadi secara aktual pada proses injeksi. Kapasitas yang dapat di injeksikan kedalam cetakan dipengaruhi oleh besarnya *plunger* atau pendorong serta kekuatan dari *hydraulic cylinder* yang digunakan. Perhitungan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan rumus sebagai berikut.

a. Nilai tekanan injeksi

$$P_{specific} = P_{hydraulic} \times \frac{A_{piston}}{A_{plunger}}$$

b. Kapasitas *barel*

$$V = \pi \times r^2 \times \text{maximum stroke hydraulic}$$

Pengujian material yang dilakukan pada penelitian kali ini adalah analisis kekerasan dan analisis densitas. Analisis kekerasan Pada umumnya, kekerasan menyatakan ketahanan terhadap deformasi dan merupakan ukuran ketahanan material terhadap deformasi plastis atau deformasi permanen [8]. Terdapat tiga jenis ukuran kekerasan, tergantung pada cara melakukan pengujian, yaitu: kekerasan goresan (*scratch hardness*), kekerasan lekukan (*indentation hardness*) dan Kekerasan pantulan (*rebound*).

Pada material berbahan dasar silicon rubber, menggunakan metode *indentation hardness*. Pengujian kekerasan pada material polimer mengacu pada standar ASTM D2240-15 mengenai *Rubber Property-Durometer Hardness*. Alat uji yang digunakan adalah Shore D Durometer.

Analisis uji massa jenis adalah sifat atau properties yang penting pada material padat. Massa jenis atau densitas dari sebuah polimer dapat berubah disebabkan oleh campuran dua polimer dengan sifat yang berbeda karena kristalinitas, porosity, dan komposisi dari dua polimer tersebut. Maka dari itu, massa jenis dari suatu material sangat diperlukan untuk mengidentifikasi material, menganalisa perubahan fisik, mengetahui keseragaman dari sampel campuran material, dan mengetahui massa jenis rata rata dari material yang besar. Prinsip dasar dari alat densitometer adalah perhitungan dengan massa dibagi oleh volume. Densitas teori adalah hal yang perlu dilakukan perhitungan secara teori, dengan tujuan ialah membandingkan hasil pengujian dengan hasil perhitungan teoritis untuk mengetahui porositas. Perhitungan densitas teoritis dapat dicari dengan menggunakan rumus berikut.

$$\rho = \frac{m}{v}$$

Keterangan :

ρ	: Massa Jenis (gr/cm^3)
m	: Massa (gr)
v	: Volume (cm^3)

2.1 Analisis dan Pembahasan

Pada penelitian ini telah dilakukan perancangan dan pembuatan injection unit mesin *injection molding* untuk pencetakan bantalan ketiak pada tongkat kruk dengan menggunakan material plastic polypropylene. Variabel yang diteliti dalam penelitian ini adalah pengaruh suhu dan tekanan terhadap hasil dari bantalan ketiak pada tongkat kruk dengan proses pencetakan menggunakan mesin *injection molding*.

2.2 Perancangan Injection Unit.

Perhitungan dimensi yang diperlukan dalam injection unit adalah dengan memastikan beberapa hal yang sudah diketahui seperti, hydraulic cylinder yang dimana mempunyai diameter piston 30 mm, lalu untuk tekanan yang paling baik diberikan pada hydraulic cylinder dan motor listrik adalah 100-150 bar, perhitungan aktual tekanan spesifik pada proses injeksi adalah sebagai berikut.

$$A_{piston} = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A_{piston} = \frac{\pi \times 30^2}{4}$$

$$A_{piston} = 706,5 \text{ mm}^2 = 7,065 \text{ cm}^2$$

$$A_{plunger} = \frac{\pi \times d^2}{4}$$

$$A_{Plunger} = \frac{\pi \times 50^2}{4}$$

$$A_{Plunger} = 1962,5 \text{ mm}^2 = 19,625 \text{ cm}^2$$

$$P_{spesific} = P_{hydraulic} \times \frac{A_{Piston}}{A_{Plunger}}$$

$$P_{spesific} = 150 \text{ bar} \times \frac{7,065}{19,625} = 54 \text{ bar}$$

Dengan perhitungan di atas didapatkan bahwa dengan diameter *plunger* adalah 50 mm didapatkan tekanan actual saat injeksi adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Tekanan actual saat injeksi

Tekanan Hydraulic (bar)	Tekanan actual injeksi dengan diameter plunger 50 mm (bar)
100	36
150	54

Kebutuhan material pada penelitian ini dibutuhkan kurang lebih 81.5 gram, makan hal tersebut perlu diperhitungkan kapasitas injeksi material, hal tersebut bisa didapatkan dengan diameter *plunger* dan panjang langkah maksimal *hydraulic cylinder* yang digunakan adalah 70 mm, berikut merupakan perhitungan kapasitas injeksi material.

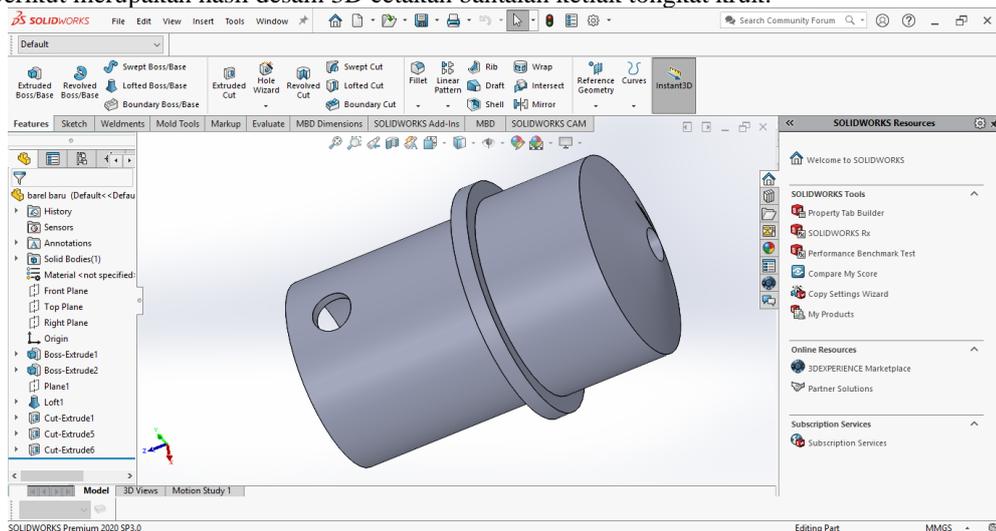
$$V = \pi \times r^2 \times \text{maximum stroke hydraulic}$$

$$V = \pi \times 25^2 \text{mm} \times 70 \text{mm} \quad V = 137.444 \text{ mm}^3 = 137,444 \text{ cm}^3$$

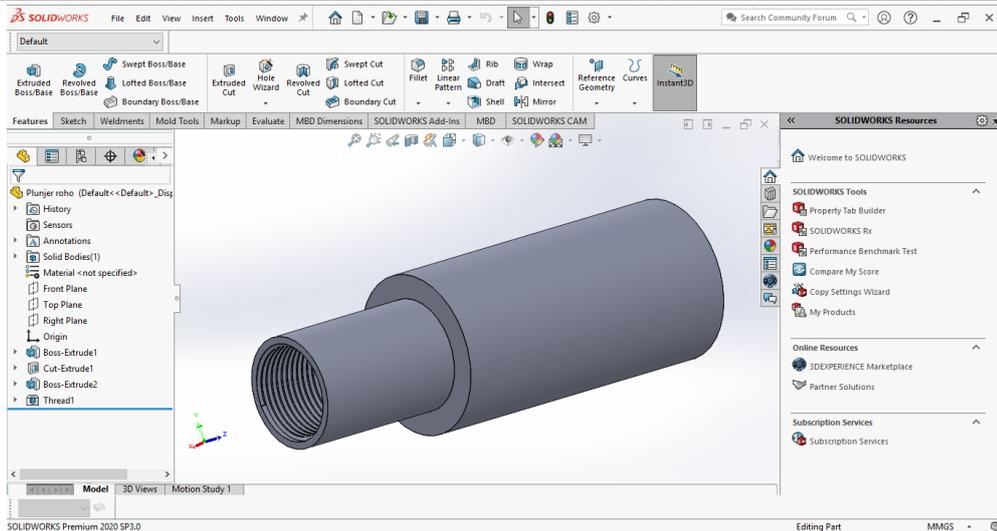
Setelah dilakukannya perhitungan, tahap selanjutnya adalah dengan melakukan proses pendesainan menggunakan *software solidworks 2020*.

2.3 Pembuatan desain

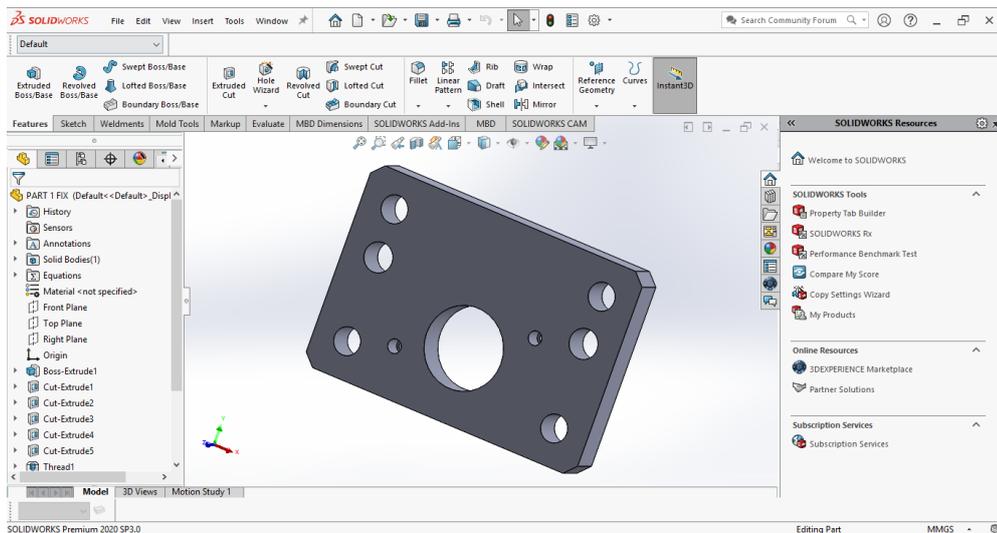
Proses yang dilakukan sebelum melakukan proses permesinan yaitu mendesain *part* dari *injection unit* mesin *injection molding* dengan menggunakan aplikasi *Solidworks 2020*. Dalam proses pembuatan desain tersebut, masing – masing bagian dari mesin *injection molding* dilakukan perancangan secara terpisah. Hasil dari desain tersebut berupa bentuk 3D. Berikut merupakan hasil desain 3D cetakan bantalan ketiak tongkat kruk.



Gambar 2. Desain 3D Barel

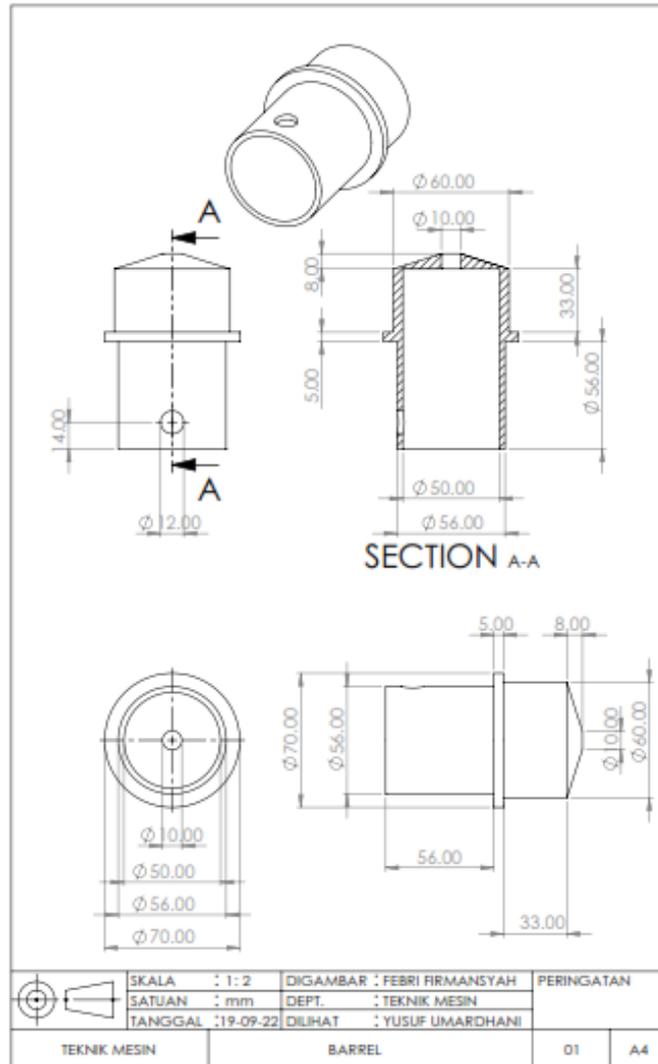


Gambar 3. Desain 3D *plunger*

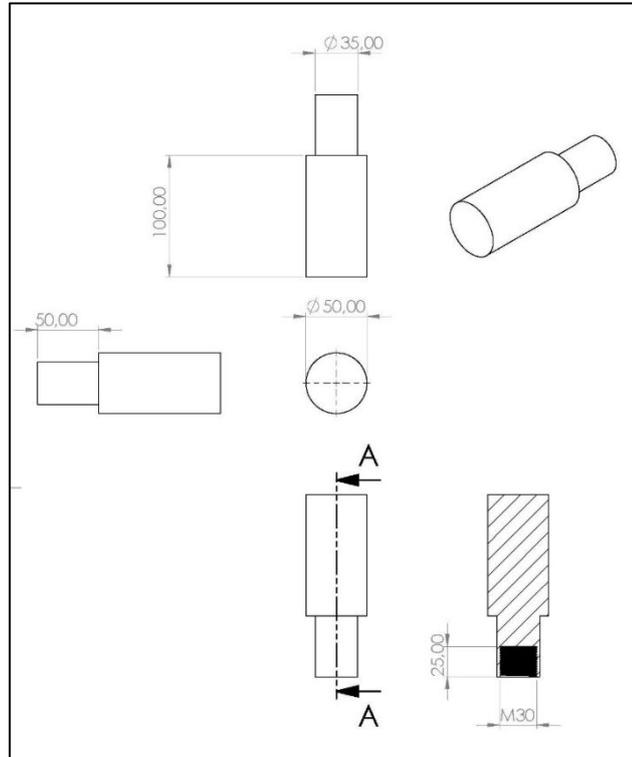


Gambar 4. Desain 3D *dudukan barel*

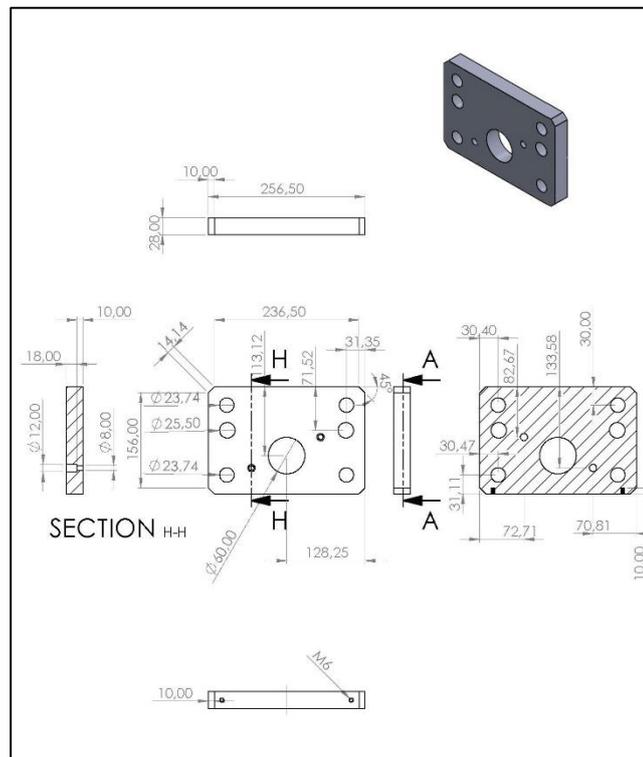
Setelah membuat desain 3d sebagai acuan, maka bisa kita peroleh gambar drawing 2d atau gambar mesin yang akan digunakan dalam proses fabrikasi. Hasil *drawing 2d* dari *part injection unit* yang telah dibuat dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5. Drawing 2D Barel



Gambar 6. Drawing 2D plunger



Gambar 6. Drawing 2D dudukan barrel

2.4 Pemilihan Material injection unit

Aluminium adalah salah satu material logam non-ferrous yang banyak sering digunakan di dunia industri. Aluminium mempunyai sifat yang ringan dengan sifat sifat mekanik, ketahanan korosi serta konduktivitas listrik dan sifat-sifat yang baik. Namun aluminium memiliki kekurangan yaitu sifat mekanik yang rendah, maka perlu adanya penambahan unsur seperti tembaga magnesium (Mg), silicon (Si), mangan (Mn) dll, bisa juga dengan metode penambahan Zirconia[9]. Dan alasan pembuatan *part* untuk *injection unit* menggunakan bahan aluminium dikarenakan

memudahkan proses pengerjaan pembuatan cetakan, ketahanan panas yang baik, aluminium juga ringan, tahan korosi dikarenakan cetakan digunakan berkali kali

2.5 Hasil *Injection Unit*

Hasil produk yang telah dilakukan dengan proses permesinan berupa mesin *injection molding* yang merupakan perolehan pengerjaan atau penelitian yang dilakukan dengan percobaan berulang-ulang diperoleh kualitas yang baik maka didapat hasil yang baik dan maksimal. Hasil pembuatan *part* untuk *injection unit* dapat dilihat pada Gambar di bawah ini



Gambar 7. Hasil Barel



Gambar 8. Hasil Plunger



Gambar 9. Hasil Dudukan Barel

2.6 Hasil bantalan ketiak tongkat kruk

Pada penelitian ini menggunakan 2 variasi dalam percobaan pada mesin *injection molding* yaitu variasi temperatur leleh *polypropylene*, dan tekanan injeksi. Karakteristik plastik yang diproses menentukan tekanan apa yang dibutuhkan dalam cetakan untuk mendapatkan produk yang baik, mengingat tekanan rongga yang diperlukan, tekanan barel harus cukup tinggi untuk memenuhi pembatasan aliran tekanan dari plasticator ke dalam rongga cetakan atau rongga [10]. Untuk variasi temperatur leleh propylene pada penelitian ini menggunakan 3 variasi temperatur yaitu 160°C, 180°C, dan 200°C. Percobaan variasi temperatur ini dilakukan untuk mengetahui temperatur leleh *polypropylene* yang paling tepat untuk menghasilkan produk bantalan ketiak tongkat kruk yang minim cacat. Variasi tekanan injeksi yang digunakan pada penelitian ini adalah 100 bar dan 150 bar. Hasil dari produknya dapat dilihat pada gambar-gambar berikut ini.



Gambar 8. Hasil bantalan ketiak tongkat kruk variasi temperatur leleh 180°C dengan tekanan injeksi 100 Bar



Gambar 9. Hasil bantalan ketiak tongkat kruk variasi temperatur leleh 200°C dengan tekanan injeksi 100 Bar



Gambar 10. Hasil bantalan ketiak tongkat kruk variasi temperatur leleh 200°C dengan tekanan injeksi 150 Bar

2.7 Pengujian material

2.7.1 Pengujian densitas

Pengujian yang pertama kali dilakukan terhadap produk bantalan ketiak tongkat kruk yaitu uji densitas. Pengukuran densitas dilakukan dengan melakukan perhitungan teoritis, kemudian dibandingkan dengan pengujian secara langsung pada 3 spesimen bantalan ketiak tongkat kruk. Berikut merupakan hasil pengujian densitas yang akan ditunjukkan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil pengujian secara langsung yang ditunjukkan pada tabel diatas, didapatkan hasil densitas rata – rata sebesar 0,89 gr/cm³. Secara teoritis, nilai densitas *polypropylene* adalah sebesar 0,90 gr/cm³. Hal ini menunjukkan bahwa nilai densitas aktual hampir sama dengan densitas teori. Perbedaan densitas diakibatkan oleh

terjadinya sedikit perbedaan volume pada produk hasil cetakan yang diakibatkan oleh beberapa hal, diantaranya adalah menempelnya lelehan *polypropylene* pada cetakan dan terjadinya penyusutan (*shrinkage*) pada saat proses injeksi.

Tabel 2 Data hasil pengujian densitas *polypropylene* PM 903

Densitas <i>Polypropylene</i> 903				
PP (%)	Massa (gr)	Volume (cm ³)	Densitas (gr/cm ³)	Densitas Rata –Rata (gr/cm ³)
100	11,78	10,48	0,89	0,89
100	11,40	10,26	0,90	
100	10,62	9,45	0,89	

2.7.2 Pengujian kekerasan

Setelah dilakukan uji densitas terhadap spesimen *polypropylene*, tahap selanjutnya dilakukan uji kekerasan pada permukaan spesimen menggunakan alat *Shore D Durometer*. Pengujian ini dilakukan dengan mengambil 3 kali pengujian setiap spesimen. Nilai kekerasan dari *polypropylene* murni adalah sebesar 76 Shore D. Sedangkan, hasil uji kekerasan dari spesimen yang diuji didapatkan hasil bahwa nilai kekerasan *polypropylene* adalah 75,6 Shore D. Hal ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari nilai kekerasan secara teoritis dengan nilai kekerasan yang didapat saat dilakukan pengujian secara langsung.

Tabel 3 Data hasil pengujian kekerasan *polypropylene* PM 903

Kekerasan <i>Polypropylene</i> 903				
PP (%)	Pengujian			Kekerasan Rata –Rata
	1	2	3	
100	74	78	75	75,6

3. Kesimpulan

Setelah dilakukan percobaan pada mesin *injection molding* dengan material termoplastik berbahan *Polypropylene*, dapat diambil kesimpulan bahwa proses perancangan *part injection unit* menggunakan *software Solidworks 2020* yang digunakan untuk membuat 3D desain dan gambar mesin. kapasitas *injection unit* sebesar 137,444cm³. Proses permesinan yang digunakan dalam pembuatan mesin *injection molding* adalah non-konvensional permesinan yaitu dengan mesin CNC (*Computerized Numerical Control*) dan konvensional yaitu mesin bubut dan mesin frais. Proses permesinan yang dilakukan adalah proses milling, drilling, bor dan tapping untuk pembuatan keseluruhan mesin *injection molding* berbahan dasar aluminium. Secara proses, temperatur dan tekanan memengaruhi hasil dari material yang dibuat, temperatur yang terlalu panas mengakibatkan porositas sehingga temperatur paling optimal adalah 200°C, dan tekanan yang paling optimal adalah 150 bar. Dan hasil uji densitas didapatkan hasil 0.89 gr/cm³ dan pengujian kekerasan menggunakan durometer sebesar 75.6 shore D.

4. Daftar Pustaka

- [1] Hastarina, M., Masruri, A. dan Saputra, S. 2019. Perancangan Mesin Peleleh Biji Plastik Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Plastik dengan Penerapan Metode Value Engineering. *Integrasi Jurnal Ilmiah Teknik Industri* (2019), 2 (6).
- [2] Noor, N. dan Triyono, B. 2020. Perancangan Mesin Injeksi Plastik Portabel. *Prosiding The 11th Industrial Research Workshop and National Seminar*. 26-27 Agustus 2020.
- [3] Wibowo, S. S. (2018). Pengaruh Variasi Temperatur dan Lama Perendaman Terhadap Kekuatan Tarik Material Komposit Serat Alam Termodifikasi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 29(1), 23-30.
- [4] Sulistio, A., Nurfalah, M., & Hikam, M. A. (2018). Peningkatan Kualitas Kekerasan pada Aluminium 6061-T6 Melalui Heat Treatment. *Jurnal Material Teknik dan Sains*, 7(2), 59-65.
- [5] Bont M, Barry C, Johnston S. (2021). A review of liquid silicone rubber injection molding: Process variables and process modeling. *Polymer Engineering & Science*. 61. 10.1002/pen.25618
- [6] Novitasari, D. A., Pramutadi, A., & Nuryani, Y. (2017). A Review of Biomechanical Analysis of Axillary Crutch during Stance and Swing Phase. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 812, No. 1, p. 012031).
- [7] Welta, Z. J. (2022). *Rancang Bangun Plastic Injection Moulding* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- [8] Dieter, George Ellwood, and D. J. Bacon. (1987). *Mechanical metallurgy*. London: McGraw-Hill.
- [9] Nasution, F. A. K., & Irwan, A. (2019). Analisa Sifat Mekanik Paduan Aluminium Silikon Metal Dengan Variasi Campuran. *Jurnal Simetri Rekayasa*, 1(2), 89-93.
- [10] *Injection Molding Handbook* (2000) *Injection Molding Handbook*. doi: 10.1007/978-1-4615-4597-2. Bacon. (1987). *Mechanical metallurgy*. London: McGraw-Hill.