



PEMBUATAN GELAS DENGAN BAHAN POLYPROPYLENE MENGUNAKAN CETAKAN PLASTIK

Saifuddin¹, Ramli Usman², Zuhaimi³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Jl. Banda Aceh-Medan Km. 280 Buketrata

*E-mail: ramliusman@yahoo.com

Abstrak

Mould adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan produk, yang salah satunya adalah pembentukan produk dari bahan plastik dan dilakukan pada jenis mesin injeksi. Untuk menghasilkan sebuah *mould* secara tepat, tentunya banyak faktor yang harus dipertimbangkan sehingga produk yang dihasilkan dapat memenuhi standar kualitas yang diinginkan secara optimal baik itu dari kepresisian dimensi, kompleksitas geometri, maupun efisiensi proses. Oleh karena itu sangat diperlukan pengetahuan dan pemahaman tentang dasar teknik desain cetakan, proses manufaktur, proses injeksi dan parameter lain yang berpengaruh terhadap perancangan mould dan produk hasil cetakannya. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan satu unit cetakan *injection moulding* untuk membuat cetakan gelas. Metode yang digunakan adalah dengan merencanakan pembuatan *mould* yang meliputi proses desain/perancangan, pemilihan bahan produk, pemilihan bahan cetakan dan proses manufakturnya. Berdasarkan perhitungan bagian utama cetakan maka didapat total keseluruhan volume produk adalah 523,124 mm³, berat produk 47,081 gram dan gaya injeksi yang di dibutuhkan dalam proses pencetakan ialah: 154,6 N.

Kata kunci: Cetakan Plastik, Sistem Injeksi, Cetakan standart, *Polypropylene*

Abstract

Mold is a tool used to produce products, one of which is the formation of products from plastic materials and is carried out on the type of injection machine. To produce a mold appropriately, of course there are many factors that must be considered, so that the product produced can meet the desired quality standards optimally, whether from dimensional precision, geometry complexity, or process efficiency. Therefore, there is a great need for knowledge and understanding of the basis of mold design techniques, manufacturing processes, injection processes and other parameters that influence the design of molds and printed products. The purpose of this study was to plan a single injection molding mold to make glass molds. The method used is to plan the manufacture of mold which includes the design / design process, product material selection, selection of printed materials and the manufacturing process. Based on the calculation of the main part of the mold, the total volume of the product is 523.124 mm³, the product weight is 47.081 grams and the injection force required in the printing process is: 154.6 N.

Keywords: *Plastic Mold, Injection System, Standard Mold, Polypropylene*

1. Pendahuluan

Plastik telah mengambil peran sebagai teknologi yang sangat penting, hal ini disebabkan oleh sifat-sifatnya yang ringan, tahan terhadap kelembaban dan korosi, mudah di bentuk serta mudah diproses[1]. Karena sifatnya itulah maka sering kali plastik menggantikan kedudukan logam. Oleh karena itu, tidak salah jika setiap orang selalu mencari kebutuhan yang sifatnya praktis yaitu mengalihkan sebagian besar teknologi pengolahan logam, kaca, dan kayu ke teknologi plastik. Secara

kualitatif, perkembangan barang-barang plastik cukup baik dari segi mutu maupun penganekaragaman (diversifikasi) produknya. Hal ini dapat dilihat dari berbagai macam jenis barang-barang plastik yang diproduksi di Indonesia seperti alat-alat rumah tangga, alat-alat elektronik serta komponen-komponen automotif dan masih banyak lain yang juga terbuat dari plastik.

Untuk mendukung sarana plastik dibutuhkan suatu teknologi yang cukup memadai yaitu teknologi cetakan yang digunakan. Adapun jenis-jenis cetakan adalah cetakan tiup (*blow moulding*), cetakan alir

(*extrusion moulding*), cetakan tekan (*compression moulding*), dan cetakan injeksi (*injection moulding*). Namun yang banyak di gunakan pada saat ini adalah cetakan jenis cetakan injeksi. Berdasarkan itulah penulis tertarik memilih judul “Pembuatan Gelas Dengan Bahan Polypropylene Menggunakan Cetakan Plastik”.

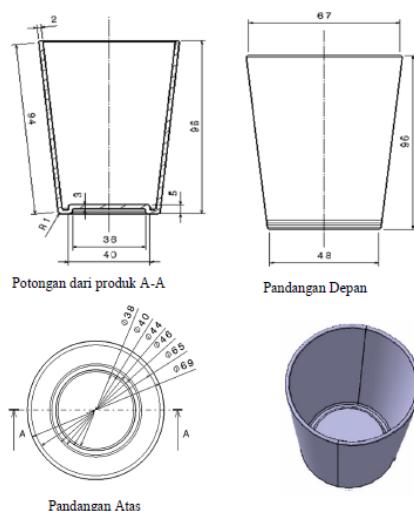
Kini kemasan plastik polypropylene semakin banyak digunakan untuk pengemasan makan dan minuman cepat saji. Di samping harga kemasannya yang murah, produk yang terbuat dari plastik juga mempunyai banyak variannya itu bisa dilihat dari segi bentuk dan modelnya, kemasan plastik jenis ini juga tidak bermasalah bagi kesehatan. Karena itulah plastik polypropylene banyak digunakan sebagai kemasan alternatif yang baik dan murah. Salah satu contoh adalah gelas plastik untuk minuman, awal mulanya gelas plastik ini banyak digunakan sebagai wadah air mineral saja, namun gelas plastik juga digunakan sebagai wadah untuk minuman seperti kopi, teh, sari buah dan lain sebagainya.

Gelas plastik kini menjadi pilihan, karena bahan yang terbuat dari plastik lebih baik dari gelas yang terbuat dari kaca, kayu, dan logam itu bisa dilihat dari sifatnya yang kuat namun ringan, secara kimia stabil, isolator listrik yang baik, mudah dibentuk, biasanya transparan dan jernih, dapat diwarnai, fleksibel, dapat dijahit dan harganya relatif murah.

Adapun tujuan pembuatan cetak plastic ini adalah dapat merencanakan satu unit cetakan *injection moulding* untuk membuat cetakan gelas. Mampu memperhitungkan dan mengambil satu keputusan yang menyangkut tentang pemilihan bahan, dimensi/ukuran, serta bentuk rancangan dari alat yang akan direncanakan.

2. Metode Penelitian

Produk yang akan dihasilkan dalam cetakan ini adalah cetakan gelas. Bentuk dari cetakan gelas tersebut seperti gambar berikut.



Gambar 1. Desain produk yang akan dihasilkan

2.1 Bahan Produk

Polypropylene merupakan polimer kristalin yang dihasilkan dari proses polimerisasi gas propilena. Propilena mempunyai *specific gravity* rendah dibandingkan dengan jenis plastik lain. Polypropylene mempunyai titik leleh ($168^{\circ}\text{C} - 175^{\circ}\text{C}$), sedangkan titik kristalisasinya -200C (Das, S. Dan Pande, 2007).

Polypropylene mempunyai sifat sangat kaku, berat jenis rendah, tahan terhadap bahan kimia, asam, basa, tahan terhadap panas, dan tidak mudah retak, tetapi daya tahan pukulnya rendah[1].

2.2 Zat Aditif

Adapun penambahan zat aditif untuk bahan produk, yaitu:

a. Secondary Anti Oxidant

Secondary Anti Oxidant biasanya lebih dikenal dengan istilah *heat stabilizer*, karena aditif ini akan menjaga kualitas polimer saat terkena panas. Berdasarkan efek yang ditimbulkan, aditif ini juga dapat diklasifikasikan lagi menjadi dua jenis yaitu penjaga kestabilan *Melt Flow Rate* (MFR) dan kestabilan warna.

b. Mold Release Agent

Fungsinya untuk memudahkan pelepasan produk pada saat proses *injection moulding*. Prinsip kerjanya membentuk lapisan minyak licin dipermukaan produk (Indra Mawardi, 2017).

2.3 Pemilihan Jenis Injection Moulding

Jenis *Injection Moulding* yang akan digunakan yaitu cetakan dua pelat (*two plate*), cetakan dua pelat adalah jenis cetakan yang paling sederhana, memiliki satu bukaan, terdiri dari dua bagian utama cetakan, tanpa memiliki mekanisme gerakan lain selain pada system ejektornya. Produk yang dihasilkan dari cetakan *two plate* ini dapat dikenali dari:

- Memiliki satu *parting line*
- Produk tanpa lubang pada dinding arah samping
- Saluran pemasukan / gate pada daerah bibir produk atau berupa pin *gate* pada dinding samping atau *sprue gate* pada puncak produk.
- Penandang produk dapat berbentuk pin yang tampak ditengah produk atau lingkaran penuh (*sleeve*) pada bibir produk.

2.4 Pemilihan Bahan Cetakan

Pemilihan bahan untuk rongga cetakan yaitu, baja ST 37. Baja ini merupakan baja karbon rendah atau disebut juga baja lunak, kandungan karbon yang terdapat dalam baja ini adalah 0,25 %. Baja ST 37 mempunyai kekuatan tarik (σ_t) antara $37 \text{ kg/mm}^2 - 45 \text{ kg/mm}^2$ atau $370 \text{ N/mm}^2 - 450 \text{ N/mm}^2$.

Kekuatan tarik ini adalah kemampuan maksimum material sebelum mengalami patah. Baja ini banyak sekali digunakan untuk pembuatan baja batangan, tangki, perkapalan, jembatan, menara dan lain sebagainya. Dari pemilihan bahan tersebut penulis banyak melihat pengaruh bahan terhadap

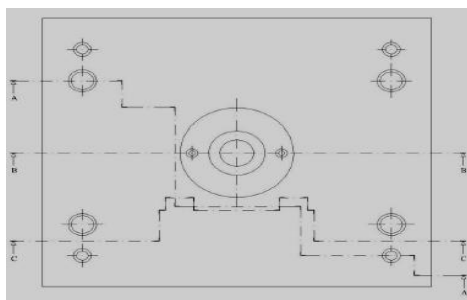
kesehatan, untuk itu bahan inti cetakan dilapisi dengan bahan chromium, tentunya untuk menghemat biaya.

Adapun kelebihan baja ST 37 antara lain sebagai berikut:

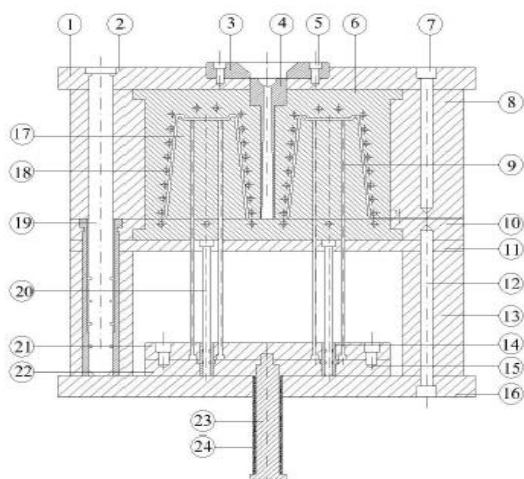
1. Tahan terhadap temperatur tinggi.
2. Bisa digunakan dalam jangka waktu yang lama.
3. Bahan mudah diperoleh.
4. Harga relatif murah.

2.5 Perencanaan Cetakan

Cavity adalah pelat cetakan yang membentuk produk dalam rongga cetak. Perencanaannya melibatkan unsur yang bersumber pada kebutuhan pemesanan dan kapasitas mesin yang akan dipergunakan. Pada dasarnya *cavity* pada proses *injection moulding* ini bergantung pada kemampuan tekanan mesin yang mampu dihasilkan untuk mengalirkan plastik cair ke dalam rongga cetakan. Pada perencanaan ini penulis membuat cetakan dengan empat *cavity*



Gambar 2. Pandangan atas dari cetakan injeksi plastic



Gambar 3. Alat cetakan injeksi

Bagian Cetakan:

- | | | |
|-----------------------|------------------------|----------------------------|
| 1. Pelat atas | 9. Pin ejector | 17. Cavity insert bawah |
| 2. Tiang pengarah | 10. Pelat kaviti bawah | 18. Saluran pendingin |
| 3. Ring setting | 11. Pelat pendukung | 19. Bush tiang pengarah |
| 4. Sprue bush | 12. Baut inbush III | 20. Pena pengarah |
| 5. Baut Inbus I | 13. Pelat penahan | 21. Pelat pencekam ejector |
| 6. Cavity insert atas | 14. Bush pena pengarah | 22. Pelat penahan ejector |
| 7. Baut inbus II | 15. Baut inbush IV | 23. Gagang ejector |
| 8. Pelat kaviti atas | 16. Pelat bawah | 24. Pegas |

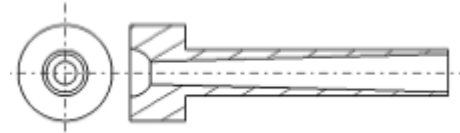
Komponen-komponen standard cetakan:

1. *Ring setting* berfungsi untuk menempatkan posisi cetakan injeksi dengan mesin injeksi



Gambar 4. Ring setting

2. *Sprue bush* berfungsi untuk mengalirkan cairan plastik dari *nozzle* mesin injeksi ke dalam cetakan



Gambar 5. Sprue bush

3. Tiang pengarah berfungsi sebagai pengarah unit cetakan atas dengan unit cetakan bawah



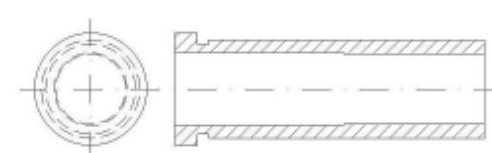
Gambar 6. Tiang pengarah

4. Pena pengarah berfungsi sebagai pengarah unit pelat ejektor



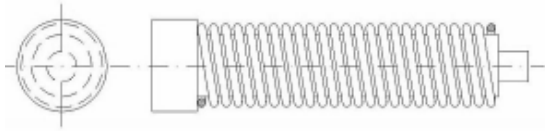
Gambar 7. Pena pengarah

5. *Bush tiang pengarah* berfungsi untuk mengarahkan tiang pengarah, unit cetakan atas dan unit cetakan bawah



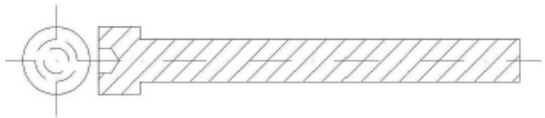
Gambar 8. Bush tiang pengarah

6. *Push back* merupakan gabungan pegas dengan gagang ejektor berfungsi untuk mengembalikan pelat ejektor pada posisi semula sebelum penginjeksian berikutnya dimulai.



Gambar 9 *Push back*

7. Pengikat berfungsi untuk menyatukan komponen satu dengan yang lain. Pengikat yang paling baik adalah jenis baut *inbush*.



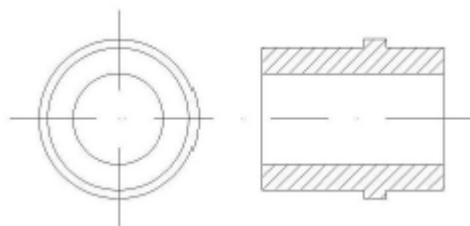
Gambar 10. Baut *inbush*

8. *Ejector*, berfungsi untuk mengeluarkan produk setelah selesai proses injeksi



Gambar 11 *Pin ejector*

9. *Bush* pena pengarah berfungsi untuk mengarahkan pena pengarah dan unit pelat ejector.



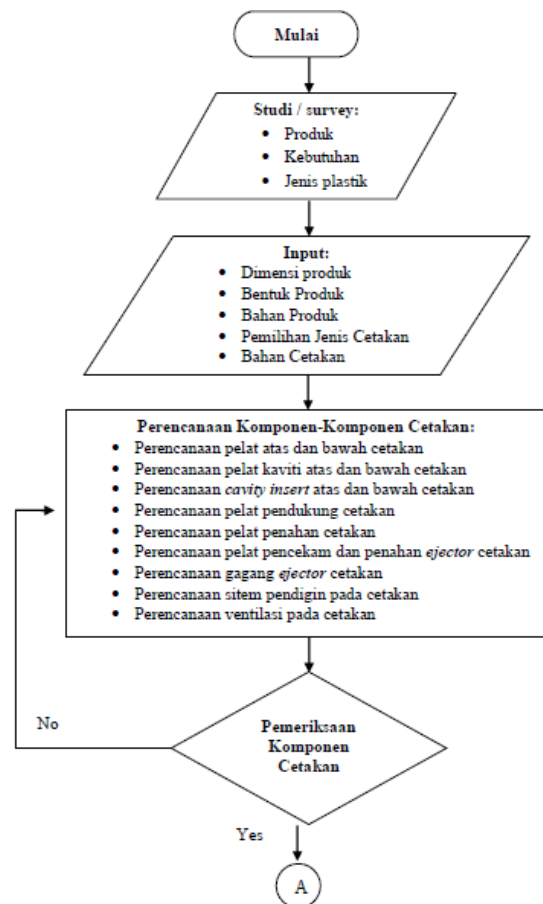
Gambar 12. *Bush* pena pengarah

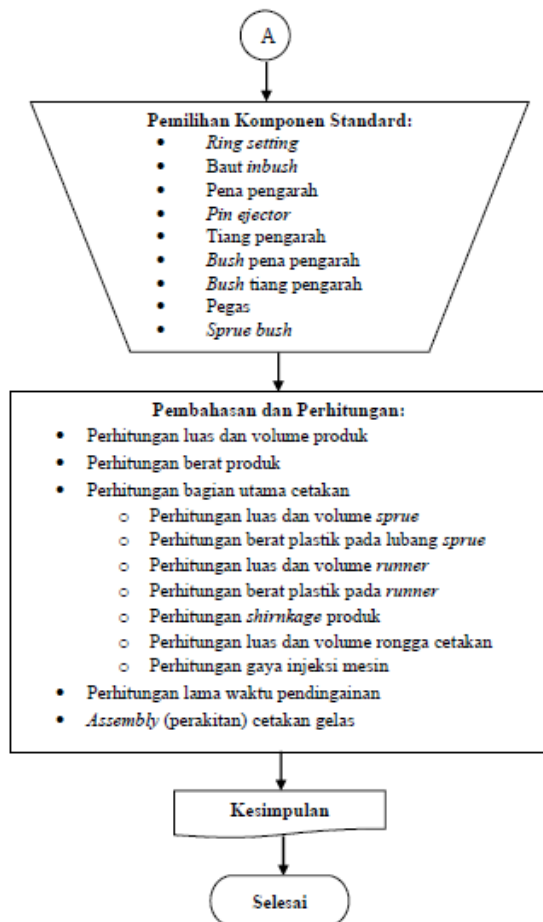
2.6 Pemilihan Komponen Standard Cetakan

Pada perencanaan ini terdapat beberapa komponen standard, komponen komponen standard yang dipilih adalah:

1. Baut *inbush* I, dipilih dari standard ACME, SCM 435 dengan kode order *type* CBB – M6 – L20 – H10 – K6 – B5.
2. Baut *inbush* II, dipilih dari standard ACME, SCM 435 dengan kode order *type* CBB – M10 – L130 – H16 – K10 – B8.
3. Baut *inbush* III, dipilih dari standard ACME, SCM 435 dengan kode order *type* CBB – M10 – L180 – H16 – K10 – B8.
4. Baut *inbush* IV, dipilih dari standard ACME, SCM 435 dengan kode order *type* CBB – M8 – L20 – H13 – K8 – B6.
5. Pena pengarah, dipilih dari standard ACME, SUJ2 dengan kode order *type* SPWS – D16 – L160 – H20 – T6.
6. *Pin ejector*, dipilih dari standard ACME, SCM 21 dengan kode order *type* EPCS – D3 – L250 – H6.
7. Tiang pengarah, dipilih dari standard ACME, SUJ2 dengan kode order *type* SPWS – D20 – L320 – H25 – T6.
8. *Bush* tiang pengarah, dipilih dari standard ACME, SUJ2 dengan kode order *type* GBWS – D30 – L150 – d20 – H35 – T8.
9. *Bush* pena pengarah, dipilih dari standard ACME, SUJ2 dengan kode order *type* GBET – D25 – L10 – d16 – H28 – S18.
10. Pegas, dipilih dari standard ACME, SWP-A dengan kode order *type* WMM – D27 – L100 – d3.
11. *Ring setting*, dipilih dari standart ACME, S 45 L dengan kode order *type* LRSA – D100 – d36 – P85.
12. *Sprue bush*, dipilih dari standart ACME, SK2 dengan kode order *type* SBC – H30 – D16 – T15 – L125 – SR16.

Diagram Alir Perencanaan *Plastic Moulding* adalah aliran proses (*flow chart*) dari cetakan injeksi plastik yang direncanakan.



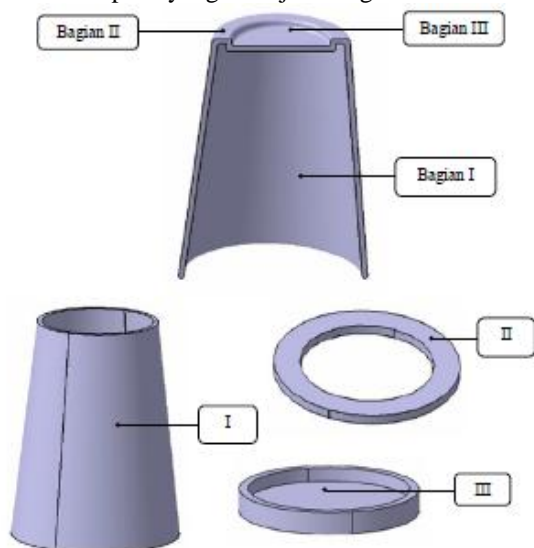


Gambar 13. Diagram alir

3. Hasil dan Pembahasan

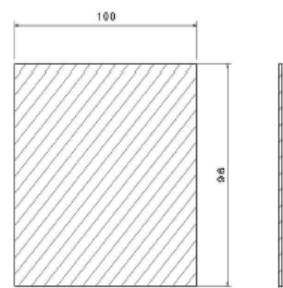
3.1 Perhitungan Luas dan Volume Produk

Untuk dapat menghitung luas dan volume produk, maka bagian dari produk dihitung secara terpisah agar mempermudah perhitungan yang akan dilakukan seperti yang ditunjukkan gambar berikut.



Gambar 14. Bagian-bagian produk yang akan dihitung

1. Perhitungan luas dan volume I



Gambar 15. Potongan produk bagian I

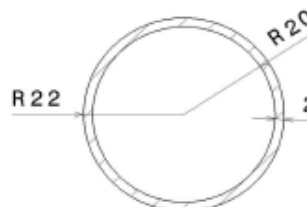
$$L = \pi . d . t$$

$$= 30144 \text{ mm}^2$$

$$V = \pi . r^2 . t .$$

$$= 15700 \text{ mm}^3$$

Perhitungan luas dan volume II



Gambar 16. Potongan produk bagian II

$$\text{Luas } A_i = \pi . r_1^2$$

$$= 3,14 \times 22^2 \text{ mm}^2$$

$$= 151,976 \text{ mm}^2$$

$$\text{Luas } A_{ii} = \pi . r_2^2$$

$$= 3,14 \times 20^2 \text{ mm}^2$$

$$= 1.256 \text{ mm}^2$$

Luas total bagian II

$$A = A_i . A_{ii}$$

$$= 151,976 \text{ mm}^2 - 1.256 \text{ mm}^2$$

$$= 150,720 \text{ mm}^2$$

Volume bagian II

$$V_{Ai} = L . t$$

$$= 151,976 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ mm}$$

$$= 303,952 \text{ mm}^3$$

$$V_{Aii} = L . t$$

$$= 1.256 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ mm}$$

$$= 2.512 \text{ mm}^3$$

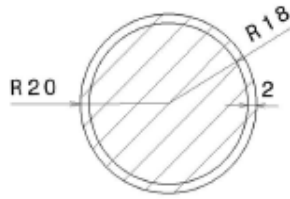
Volume total bagian II

$$V = V_{Ai} + V_{Aii}$$

$$= 303,952 \text{ mm}^3 - 2.512 \text{ mm}^3$$

$$= 301,440 \text{ mm}^3$$

Perhitungan luas dan volume bagian III



Gambar 17. Potongan produk bagian III

$$\begin{aligned} \text{Luas } A_i &= \pi \cdot r_1^2 \\ &= 3,14 \times 20^2 \text{ mm}^2 \\ &= 151,976 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } A_{ii} &= \pi \cdot r_2^2 \\ &= 3,14 \times 18^2 \text{ mm}^2 \\ &= 1.256 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Luas total bagian II

$$\begin{aligned} A &= A_i - A_{ii} \\ &= 151,976 \text{ mm}^2 - 1.256 \text{ mm}^2 \\ &= 150,720 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Volume bagian II

$$\begin{aligned} V_{A_i} &= L \cdot t \\ &= 151,976 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ mm} \\ &= 303,952 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } A_i &= \pi \cdot r_1^2 \\ &= 3,14 \times 20^2 \text{ mm}^2 \\ &= 1.256 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luas } A_{ii} &= \pi \cdot r_2^2 \\ &= 3,14 \times 18^2 \text{ mm}^2 \\ &= 101,736 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Total luas bagian III

$$\begin{aligned} A &= A_i + A_{ii} \\ &= 1.256 \text{ mm}^2 + 101,736 \text{ mm}^2 \\ &= 102,992 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Volume bagian III

$$\begin{aligned} V_{A_i} &= L \cdot t \\ &= 1.256 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ mm} \\ &= 2,512 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{A_{ii}} &= L \cdot t \\ &= 101,736 \text{ mm}^2 \times 2 \text{ mm} \\ &= 203,472 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Total volume bagian III

$$\begin{aligned} V &= V_{A_i} + V_{A_{ii}} \\ &= 2,512 \text{ mm}^3 + 203,472 \text{ mm}^3 \\ &= 205,984 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Total keseluruhan luas produk :

$$\begin{aligned} A_p &= A_i + A_{ii} + A_{iii} \\ &= 30,144 \text{ mm}^2 + 150,720 \text{ mm}^2 + 102,992 \text{ mm}^2 \\ &= 283,856 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Total keseluruhan volume produk :

$$\begin{aligned} V_p &= V_i + V_{ii} + V_{iii} \\ &= 15,700 \text{ mm}^3 + 301,440 \text{ mm}^3 + 205,984 \text{ mm}^3 \\ &= 523,124 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

Dimana :

$$\begin{aligned} V &= \text{Volume produk (cm}^3\text{)} \\ A_p &= \text{Luas total penampang produk (cm}^2\text{)} \\ V_p &= \text{Volume total produk (cm}^3\text{)} \end{aligned}$$

3.2 Perhitungan Berat Produk

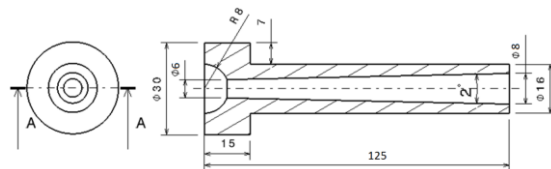
Untuk berat produk dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\begin{aligned} W_p &= V_p \times \rho \\ &= 523,124 \text{ mm}^3 \times 0,90 \text{ gr/mm}^3 \\ &= 47,081 \text{ gram} \end{aligned}$$

3.3 Perhitungan Bagian Utama Cetakan

3.3.1 Perhitungan Volume Sprue

Perhitungan volume sprue dapat dihitung dengan mengetahui diameter sprue (Gambar 18) dan diameter tersebut tergantung dari berat produk.



Gambar 18 Potongan sprue bush

Dimana:

- Massa produk untuk 1 buah rongga cetakan = 47,081 gram

- Massa produk untuk 4 buah rongga cetakan = 188,324 gram

Karena massa produk 188,324 gram, maka untuk diameter sprue yang digunakan adalah diameter 6 - 8 mm (Tabel 1), sedangkan panjang sprue yang direncanakan adalah 100 mm.

Tabel 1. Diameter sprue

Berat bahan yang di injeksikan (gr)	Bahan yang di injeksikan	Diameter sprue
>100	Thermoplastik	4 - 6
100 - 400		6 - 8
400 - 1000		8 - 10
1000		10 - 12

Berdasarkan (Gambar 18) untuk luas, volume dan berat sprue, maka dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:

Dimana:

$$D = 8$$

$$d = 6$$

$$h = 125$$

Maka dapat dihitung luas dan volume sebagai berikut:

$$\text{Luas: } A_s = \frac{\pi \cdot h}{2} (D + d)$$

$$A_s = 2747,5 \text{ mm}^2$$

$$\text{Volume: } V_s = \frac{\pi h}{12} (D^2 + d^2 + (D \cdot d))$$

$$V_s = 4,84 \text{ cm}^3$$

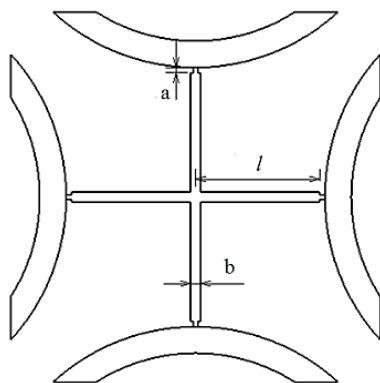
Massa:

$$W_s = V_s \cdot \rho$$

$$W_s = 4,35 \text{ gram}$$

3.3.2 Perhitungan Runner

Berdasarkan (Gambar 19) untuk luas, volume dan berat runner, maka dapat dihitung dengan cara sebagai berikut:



Gambar 19 Runner

Dimana:

$$l = 35 \text{ mm}$$

$$b = 2 \text{ mm}$$

$$a = \frac{1}{2} b = 1 \text{ mm}$$

Maka dapat dihitung luas, volume dan massa sebagai berikut:

$$A_r = 4 \cdot 2 \cdot ((l \cdot b) + (l \cdot a) + (b \cdot a))$$

$$A_r = 1,07 \text{ cm}^2$$

$$V_r = 4 \cdot (l \cdot b \cdot a)$$

$$V_r = 0,28 \text{ cm}^3$$

$$W_r = V_r \cdot \rho$$

$$W_r = 0,25 \text{ gram}$$

3.3.3 Perhitungan Shrinkage Produk

Perhitungan shrinkage produk bertujuan untuk mengetahui dimensi rongga cetakan yang sebenarnya dari produk tersebut dengan mengetahui nilai penyusutan bahan polypropylene, ini dapat dihitung dengan rumus:

$$S_c = S_p + (S_r \cdot S_p)$$

Dimana :

S_c : Dimensi rongga cetakan sebenarnya (mm)

S_p : Diameter produk sebenarnya (mm)

S_r : Penyusutan bahan produk (%)

Untuk menentukan dimensi rongga cetakan yang sebenarnya, rongga cetakan harus diperbesar sesuai dengan nilai penyusutan bahan produk, nilai penyusutan polypropylene adalah 1,2% - 2% (Lampiran 9), maka di ambil nilai maksimumnya yaitu 2% (Tabel 2) dan yang diambil adalah rongga cetakan I.

Tabel 2 Shrinkage untuk thermoplastik

Material	% Shrinkage
Nylon	1 - 1,5
Nylon 6 - Glass Reinforcement	0,5
Nylon 6/6	1 - 2
Nylon 6/6 - Glass Reinforcement	0,5
Low - Density Polyethylene	1,5 - 3
High - Density polyethylene	2 - 3
Polystyrene	0,5 - 0,7
Styrene - acrylonitrile	0,4 - 0,6
Polymethyl methacrylate (Acrylic)	0,3 - 0,6
Polycarbonate	0,8
Polyoxymethylene (Acetal)	2
Polyvinyl Chloride, rigid	0,5 - 0,7
Polyvinyl Chloride, soft	1 - 3
Achrylonitrile - butadiene - styrene	0,4 - 0,6
Polypropylene	1,2 - 2
Cellulose acetate	0,5
Cellulose acetate butyrate	0,5
Cellulose proiponate	0,5

Dimana:

- Bagian I : $r_1 = 33,5 \text{ mm}$, $r_2 = 24 \text{ mm}$, $h_1 = 96 \text{ mm}$ dan $h_2 = 96,47 \text{ mm}$ (Gambar 15).

Maka untuk ukuran $r_1 = 33,5 \text{ mm}$ menjadi:

$$\begin{aligned} S_c &= S_p + (S_r \cdot S_p) \\ &= 33,5 + (2\% \cdot 33,5) \\ &= 34,17 \text{ mm} \end{aligned}$$

untuk ukuran $r_2 = 24 \text{ mm}$ menjadi:

$$\begin{aligned} S_c &= S_p + (S_r \cdot S_p) \\ &= 24 + (2\% \cdot 24) \\ &= 24,48 \text{ mm} \end{aligned}$$

untuk ukuran $h_1 = 96 \text{ mm}$ menjadi:

$$\begin{aligned} S_c &= S_p + (S_r \cdot S_p) \\ &= 96 + (2\% \cdot 96) \\ &= 97,92 \text{ mm} \end{aligned}$$

dan untuk ukuran $h_2 = 96,47 \text{ mm}$ menjadi:

$$\begin{aligned} S_c &= S_p + (S_r \cdot S_p) \\ &= 96,47 + (2\% \cdot 96,47) \\ &= 98,39 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Bagian II : $r_1 = 22 \text{ mm}$, $r_2 = 20 \text{ mm}$ dan $h = 2 \text{ mm}$ (Gambar 16).

Maka untuk ukuran $r_1 = 22 \text{ mm}$ menjadi:

$$S_c = S_p + (S_r \cdot S_p)$$

$$= 22 + (2\% \cdot 22)$$

$$= 22,44 \text{ mm}$$

untuk ukuran $r_2 = 20 \text{ mm}$ menjadi:

$$Sc = Sp + (Sr \cdot Sp)$$

$$= 20 + (2\% \cdot 20)$$

$$= 20,4 \text{ mm}$$

dan untuk ukuran $h = 2 \text{ mm}$ menjadi:

$$Sc = Sp + (Sr \cdot Sp)$$

$$= 2 + (2\% \cdot 2)$$

$$= 2,04 \text{ mm}$$

- Bagian III : $r_1 = 20 \text{ mm}$, $r_2 = 18 \text{ mm}$ dan $h_1 = 5 \text{ mm}$
dan $h_2 = 3 \text{ mm}$ (Gambar 17)

Maka untuk ukuran $r_1 = 20 \text{ mm}$ menjadi:

$$Sc = Sp + (Sr \cdot Sp)$$

$$= 20 + (2\% \cdot 20)$$

$$= 20,4 \text{ mm}$$

untuk ukuran $r_2 = 18 \text{ mm}$ menjadi:

$$Sc = Sp + (Sr \cdot Sp)$$

$$= 18 + (2\% \cdot 18)$$

$$= 18,36 \text{ mm}$$

untuk ukuran $h_1 = 5 \text{ mm}$ menjadi:

$$Sc = Sp + (Sr \cdot Sp)$$

$$= 5 + (2\% \cdot 5)$$

$$= 5,1 \text{ mm}$$

dan untuk ukuran $h_2 = 3 \text{ mm}$ menjadi:

$$Sc = Sp + (Sr \cdot Sp)$$

$$= 3 + (2\% \cdot 3) = 3,06 \text{ mm}$$

3.3.4 Perhitungan Luas Rongga Cetakan

Luas total produk (A_p) = $288,17 \text{ cm}^2$, maka luas rongga cetakan yang sesuai dengan penyusutan bahan, dapat dihitung dengan rumus:

$$Ac = Ap (Sr \cdot Ap)$$

Dimana :

$$Ac = \text{Luas rongga cetakan (cm}^2 \text{)}$$

$$Ap = \text{Luas total penampang produk (cm}^2 \text{)}$$

$$Sr = \text{Penyusutan bahan produk (\%)}$$

Maka :

$$Ac = Ap + (Sr \cdot Ap)$$

$$= 288,17 + (2\% \cdot 288,17)$$

$$= 186,87 \text{ cm}^2$$

3.3.5 Perhitungan Volume Rongga Cetakan

Volume total produk (V_p) = $523,124 \text{ cm}^3$, maka volume rongga cetakan yang sesuai dengan penyusutan bahan, dapat dihitung dengan rumus:

$$Vc = Vp + (Sr \cdot Vp)$$

Dimana :

$$Vc = \text{Volume rongga cetakan (cm}^3 \text{)}$$

$$Vp = \text{Volume total produk (cm}^3 \text{)}$$

$$Sr = \text{Penyusutan bahan produk (\%)}$$

Maka:

$$Vc = Vp + (Sr \cdot Vp)$$

$$= 523,124 + (2\% \cdot 523,124)$$

$$= 533 \text{ cm}^3$$

3.3.6 Perhitungan Gaya Injeksi Mesin

Untuk mengetahui gaya injeksi yang dibutuhkan dalam proses pencetakan dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$F = At \cdot P$$

Dimana :

$$F = \text{Gaya injeksi (N)}$$

$$At = \text{Luas total (cm}^2 \text{)}$$

$$P = \text{Tekanan (Kg/mm}^2 \text{)}$$

Menurut Tata surdia (1985), bahwa tekanan bahan *polypropylene* berkisar antara $4,2-5,6 \text{ Kg/mm}^2$.

Di ambil:

$$P = 5 \text{ Kg/mm}^2 \times \text{gaya grafitasi} = 9,8 \text{ m/detik}^2$$

$$= 0,49 \text{ N/cm}^2$$

Maka luas total adalah:

$$At = Ap + As$$

$$= 288,17 + 27,47$$

$$= 315,64 \text{ cm}^2$$

dan untuk gaya injeksinya adalah:

$$F = At \cdot P$$

$$= 315,64 \text{ cm}^2 \cdot 0,49 \text{ N/cm}^2$$

$$= 154,6 \text{ N}$$

Jadi gaya injeksi yang di dibutuhkan dalam proses pencetakan ialah: $154,6 \text{ N}$

4. Kesimpulan

Dari hasil penelitian pembuatan gelas dengan bahan *polypropylene* menggunakan cetakan plastik, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. *Mould* adalah alat yang digunakan untuk menghasilkan produk yang salah satunya adalah pembentukan produk dari bahan plastik dan dilakukan pada jenis mesin injeksi.
2. Tujuan penelitian ini adalah merencanakan satu unit cetakan *injection moulding* untuk membuat cetakan gelas. Metode yang digunakan adalah dengan merencanakan pembuatan *mould* yang meliputi proses desain/perancangan, pemilihan bahan produk, pemilihan bahan cetakan dan proses manufakturnya.
3. Berdasarkan perhitungan bagian utama cetakan maka didapat total keseluruhan volume produk adalah $523,124 \text{ mm}^3$, berat produk $47,081 \text{ gram}$, volume *sprue* $4,84 \text{ cm}^3$, luas rongga cetakan $186,87 \text{ cm}^2$, gaya injeksi yang di dibutuhkan dalam proses pencetakan ialah: $154,6 \text{ N}$.

Daftar Pustaka

- [1] Iman Mujiarto (2005, Dec) "Sifat dan Karakteristik Material Plastik dan Bahan Adiktif", *Jurnal Traksi*. 8(2), pp. 11-17.
- [2] American Bureau of Shipping. *Guide for Survey Based on Reliability Centered Maintenance*, Houston USA. 2003
- [3] Asyari, Daryus, Ir. M.Sc. *Manajemen Pemeliharaan Mesin*. Jakarta: Universtas Darma Persada. 2007

- [4] Bloom Neil B, *Reliability Centered Maintenance Implementation Made Simple*. McGraw-Hill, Company, Houston. 2006
- [5] Department of Defense United States of America, *Procedures for Performing a Failure Mode Effect and Critically Analysis*, UD Department of Defense, Washington DC, USA. 1980
- [6] Dhillon, Balbir S, *Maintainability, Maintenance, and Reliability for Engineers*. Taylor and Francis Group, LLC. New York. 2006
- [7] Moubray, John, *Reliability Centered Maintenance*, Butterworth Heinemann Ltd, England. 1997
- [8] Navaair, Inc. *Management Manual Guidelines for The Naval Aviation Reliability Centered Maintenance Process*, Natec Electronic Manual, USA. 2003
- [9] Rudolph Frederick Stapelberg. *Reliability, Availability, Maintainability and Safety in Engineering Design*. Springer-Verlag London Limited. 2009