

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Plastik

Plastik merupakan salah satu dari material nonmetalik sintetik yang dapat dibentuk dengan menggunakan metode, *molding*, *casting* atau *extruding* dan bisa dikeraskan untuk mempertahankan bentuk yang diinginkan. *Polymer* dapat dikategorikan menjadi beberapa, yaitu *thermoplastic*, *thermosetting* dan *elastomer* [3]. *Thermoplastic* adalah plastik yang melunak jika dipanaskan dan dapat mengeras kembali jika didinginkan, *thermosetting* adalah plastik yang tidak dapat melunak kembali walaupun sudah dipanaskan, dan *elastomer* yaitu bahan yang sangat elastis atau bahan yang dapat kembali ke bentuk semula setelah diberikan gaya tarik. Contoh *thermoplastic* adalah PETE (Polyethylene Terephthalate), HDPE (*High Density Polyethylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), LHDPE (*Low Density Polyethylene*), PS (*Polystyrene*), PP (*Polypropylene*), dan OTHER, sedangkan contoh *thermosetting* adalah melamin yang digunakan untuk piring – piring plastik *Epoxies*, *phenolics*, *polyimides*, dan lain sebagainya, dan contoh bahan elastis adalah *synthetic rubbers*, *silicones*, *polyurethanes*, karet alam, dan lain-lain [4]. Temperatur yang baik dalam memproses jenis-jenis plastik dapat dilihat dalam tabel Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 Temperatur Proses Plastik

<i>Processing Temperature Rate</i>		
Material	⁰ C	⁰ F
ABS	108-240	356-464
Acetal	185-225	365-437
Acrilic	180-250	356-482
Nylon	260-290	500-554
Poly carbonat	280-310	536-590
LDPE	160-240	320-464

HDPE	200-280	392-536
PP	200-300	392-572
PS	180-260	356-500
PVC	160-180	320-365

(Sumber: Iman Mujiarto, 2005) [4]

Agar dapat memudahkan dalam mengidentifikasi dan kegunaan dari suatu plastik, biasanya plastik di berikan tanda atau simbol untuk setiap jenis plastik itu sendiri [5]. Kode setiap plastik ditunjukkan pada Gambar 2.1 dibawah ini, dan Tabel 2.2 untuk melihat contoh penggunaan, dan sifat pada setiap jenis plastik.



Gambar 2.1 Nomor Kode Plastik
(Sumber: M. Reza Cordova,2017) [5]

Tabel 2.2 Jenis Plastik, Kode, Penggunaan, dan Sifatnya

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan	Sifat
1	PETE (<i>polyethylene terephthalate</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik	Sangat keras dan ringan sehingga mudah dan efisien untuk dijadikan kemasan. Memiliki resistensi cukup baik terhadap udara (<i>oksigen dan karbondioksida</i>) serta kelembapan Menunjukkan sifat isolasi listrik yang sangat baik. memiliki rentang suhu penggunaan yang luas, dari 60°C- 130°C cocok untuk digunakan pada produk yang transparan.

			<p>tidak mudah patah dan pecah sehingga cocok sebagai pengganti kaca pada beberapa pengaplikasian atau kebutuhan.</p> <p>mudah didaur ulang dan aman digunakan untuk kemasan makanan. Dapat berubah bentuk jika bersentuhan dengan air mendidih.</p>
2	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik	<p>Mudah ditemukan, mudah dibentuk, tahan korosi, daya tahan yang kuat dan mudah di daur ulang, keras hingga semi fleksibel, tahan bahan kimia, kelembaban, permeabel terhadap gas, permukaan berkilau (<i>waxy</i>), buram (<i>opaque</i>), mudah diwarnai, diproses dan dibentuk.</p>
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja plastik, botol shampo dan botol sambal	<p>Resisten terhadap aliran listrik membuat polivinil klorida sangat cocok untuk dijadikan sebagai material isolator listrik.</p> <p>Tahan terhadap pelapukan, korosi, pembusukan kimiawi dan abrasi sehingga awet. Hal tersebut membuat plastik ini banyak digunakan untuk penggunaan <i>outdoor</i>.</p> <p><i>Polivinil klorida</i> memiliki sifat fisik dan mekanis yang baik sehingga dapat bertahan lama dengan <i>low</i></p>

			<p><i>maintenance.</i></p> <p>Plastik PVC tidak mudah terbakar karena kaya akan klorin.</p> <p>Resisten terhadap zat kimia: PVC tahan terhadap segala zat kimia anorganik seperti asam, alkali, dan hidrokarbon alifatik.</p>
4	LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.	<p>LDPE adalah bahan yang paling fleksibel dibandingkan LDPE sehingga bisa digulung, dilipat, atau diremas.</p> <p>Kelenturannya membuatnya mampu menahan tekanan dari tusukan.</p> <p>Walau fleksibel, LLDPE punya kekuatan tensil cukup tinggi. Anda bisa meregangnya cukup jauh sebelum plastik menunjukkan tanda-tanda akan koyak.</p> <p>Kekuatan tensil LDPE juga membuatnya relatif kuat ditarik. Hal ini membuatnya ideal sebagai plastik pembungkus yang harus ditarik ketat menutupi permukaan luas.</p>
5	PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	cup plastik, tutupbotol dari plastik, mainan anak, dan margarine	<p>disebut juga dengan polipropen, adalah termoplastik yang terbuat dari monomer propilena yang memiliki sifat kaku, tidak berbau, dan tahan terhadap bahan kimia</p>

			pelarut, asam, dan basa.
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan	<p>Plastik <i>polistirena</i> memiliki karakter isolator listrik yang sangat baik, tahan akan zat dilutif, dan memiliki sifat optik yang sangat bening. Plastik ini juga cenderung mudah untuk diolah menjadi berbagai macam produk karena akan bertahan pada bentuk cair di atas <i>glass transition temperature</i>-nya, sehingga mudah untuk dicetak. Namun, <i>polistirena</i> memiliki beberapa limitasi, diantaranya ketahanan akan oksigen dan sinar UV yang buruk, dan tidak tahan bentur. Selain itu, rentang suhu penggunaannya terbilang cukup rendah karena rendahnya kristalinitas dan <i>glass transition temperature</i>-nya, sekitar $T_g = 373 \text{ K}$ (100°C).</p> <p>Beberapa kelemahan plastik PS tersebut bisa diatasi menggunakan proses kopolimerisasi dengan monomer lain. Sebagai contoh, <i>polistirena</i> bisa dikombinasikan dengan metil metakrilat, menjadi kopolimer (<i>poli-stirena-ko-metil metakrilat</i>) (PSMMA) yang lebih tahan zat kimia dan sinar UV.</p> <p>Untuk meningkatkan stabilitas suhu</p>

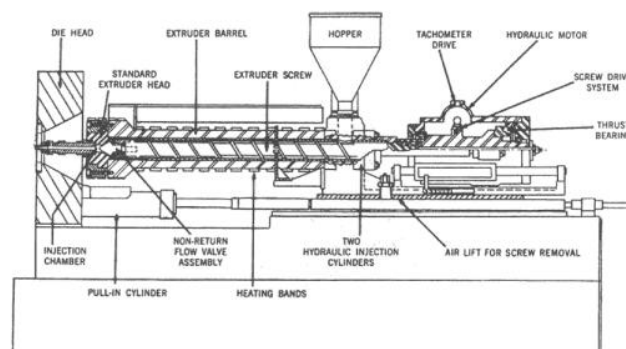
			<p>dan sifat mekanisnya, plastik PS bisa dipadukan dengan <i>akrilonitril</i> menjadi (<i>poli-stirena-ko-akrilonitril</i>) (PSAN). Jika ditambahkan dengan butadiena, maka poli(<i>stirena-ko-akrilonitril-ko-butadiena</i>) akan memiliki tingkat tensilitas yang lebih tinggi dibandingkan dengan polistirena murni.</p>
--	--	--	---

(Sumber: M. Reza Cordova,2017) [5]

2.2 Mesin Plastic Injection Moulding

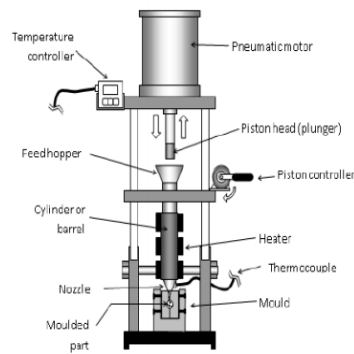
Plastic injection moulding adalah alat atau mesin yang digunakan untuk mencetak/membuat lelehan material plastik dari proses pemanasan yang kemudian diinjeksikan kedalam cetakan untuk membuat suatu benda atau part yang sesuai dengan bentuk cetakan yang digunakan. [3]

Ada 2 jenis mesin/metode yang digunakan pada proses *plastic injection molding* yaitu, dengan menggunakan mesin *injection molding vertikal*, dan mesin *injection moulding horizontal*. Mesin *injection moulding horizontal* dapat dilihat pada Gambar 2.2, dan mesin *injection molding vertikal* ditunjukkan pada Gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.2 Mesin *Injection Moulding Horizontal*

(Sumber: *Injection Molding Handbook*) [3]

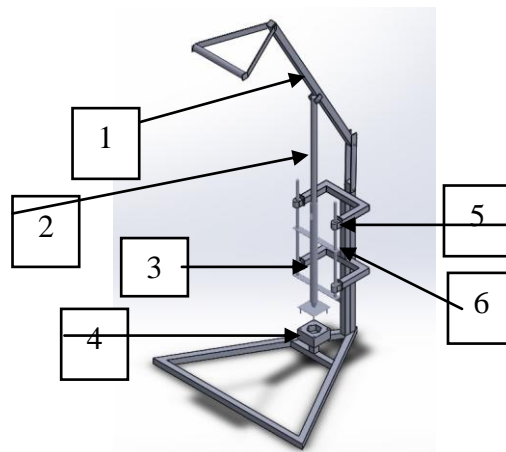


Gambar 2.3 Mesin *Injektion Moulding Vertikal*

(Sumber: Muhammad Syaifudin,2017) [6]

(Bryce 1998) mengatakan bahwa *injection molding* seperti jarum suntik yang menyuntikkan lelehan plastik kedalam cetakan yang tertutup rapat yang berada didalam mesin sehingga lelehan tersebut memenuhi ruang pada cetakan sesuai dengan bentuk produk yang diinginkan.

Alat yang digunakan pada penelitian kali ini dapat dilihat pada Gambar 2.4 yang merupakan mesin *injektion moulding vertikal* dengan bagian-bagian berikut:



Gambar 2.4 Mesin *Injektion Moulding Vertikal* (2)

1. Tuas

Berfungsi sebagai pendorong *road piston* agar dapat bergerak dan menekan material plastik yang sudah dipanaskan untuk masuk ke dalam cetakan. Dan tuas juga digunakan sebagai membuka cetakan dengan mengangkat *plunger* ketika material plastik sudah mengeras dan siap untuk dilepas.

2. *Plunger*

Plunger yang terhubung dengan tuas penggerak berfungsi untuk mendorong plastik yang sudah dilelehkan dan menjaga agar plastik tidak naik ke atas ketika didorong kebawah menuju cetakan (*mold*).

3. *Tube/silinder*

Tube berfungsi untuk memanaskan dan meletakan *heater*. Selain itu juga berfungsi membawa plastik ke dalam cetakan.

4. Cetakan (*mold*)

Cetakan berfungsi untuk mendinginkan material plastik yang meleleh sehingga menjadi keras sesuai dengan bentuk yang diinginkan.

5. *Linear Ball Bearing*

Fungsi utama *linear* pada alat ini adalah untuk menggerakkan kedua *road* secara bolak-balik dan mengurangi gesekan antara kedua material. Selain itu *linear ball bearing* juga berfungsi untuk menjaga lintasan gerakan *road*.

6. *Road*

Kedua *Road* ini berfungsi sebagai penghubung dari pergerakan *tube* yang bergerak bolak-balik menuju cetakan.

2.3 **Mold/Cetakan**

Cetakan pada prinsipnya yaitu alat yang digunakan untuk mencetak produk atau part dari material plastik dengan menggunakan mesin *plastic injection molding*. Adapun faktor yang berpengaruh dalam proses *plastic injection molding* adalah ketebalan produk, luas penampang dan dimensi *moldbase*. Kontruksi bahan dasar cetakan terdiri dari alumunium, *hardened steel*, dan *beryllium alloy*. Namun pemilihan material cetakan harus memperhatikan pertimbangan ekonomis dengan mempertimbangkan umur pemakaian cetakan tersebut [7]. Ada beberapa dalam penentuan perancangan cetakan injeksi sebelum dilakukan, yaitu:

A. Parting Line

Parting line adalah suatu batas pemisah atau membagi antara cetakan *cavity* dan cetakan *core*. Adapun contoh dari *parting line* dapat dilihat pada Gambar 2.5 dibawah ini.

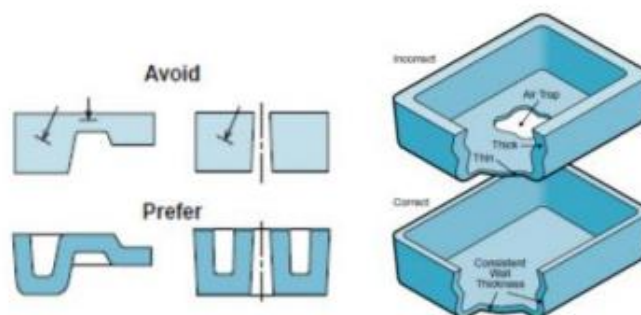


Gambar 2.5 *Parting Line*

B. Desain Cetakan Produk

Dalam membuat desain cetakan produk ada beberapa hal yang harus di perhatikan antara lain sebagai berikut:

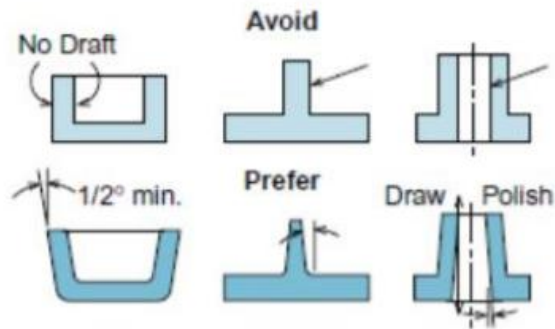
1. Dianjurkan untuk membuat ketebalan dinding seragam di semua bagian seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6, karena ketebal dinding yang seragam akan meminimalkan *air trap*, penyusutan, tegangan sisa, bengkok, dan meningkatkan efisiensi waktu pengisian.



Gambar 2.6 Desain Ketebalan Dinding Produk

(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

2. Agar proses pelepasan *part*/produk lebih mudah dan mengurangi bekas yang ada pada dinding produk dianjurkan menggunakan *draft angle* produk seperti yang dilihatkan pada Gambar 2.7.

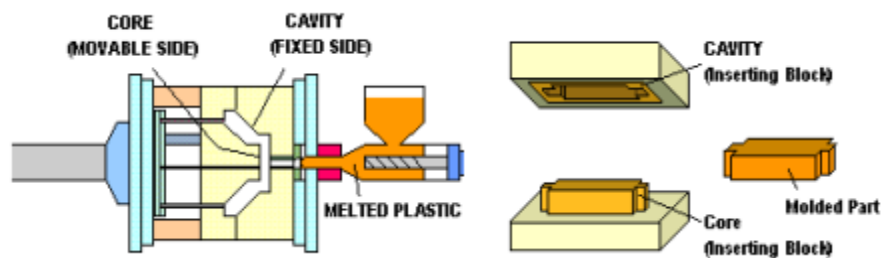


Gambar 2.7 *Draft Angle*

(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

C. *Cavity dan Core*

Cetakan terdiri dari dua bagian yaitu *core* dan *cavity*. Keduanya tidak dapat dipisahkan karena merupakan satu kesatuan dalam sistem *plastic injection molding*, karena gabungan *cavity* dan *core* inilah yang akan membentuk desain suatu produk atau komponen yang di produksi. Gambar 2.8 dibawah ini menunjukan bagian *cavity* dan *core* cetakan.

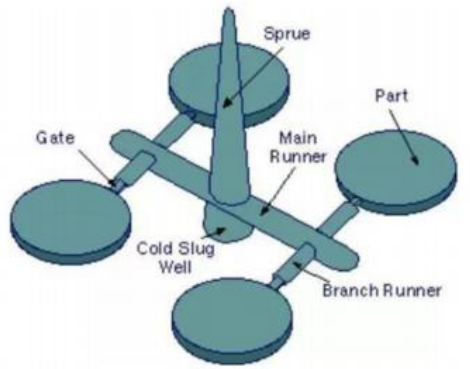


Gambar 2.8 *Cavity dan Core*

(Sumber:Edo Wilian, 2018) [7]

D. Runner System

Runner system merupakan kombinasi atau keseluruhan saluran dari sistem *plastic injection molding* yang meliputi *sprue*, *runner* dan *in-gate* yang terhubung dengan *cavity*. *Runner system* dapat dilihat pada Gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 *Runner System*

(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

1. *Sprue*

Sprue merupakan saluran yang berfungsi untuk mengalirkan plastik cair ke dalam *mold* yang terhubung langsung dengan *nozzle*. Biasanya letak *sprue* berada pada bagian tengah sistem.

2. *Runner*

Runner merupakan bagian yang mengarahkan plastik cair masuk kedalam cetakan atau saluran yang digunakan untuk mendistribusikan material cair ke dalam masing-masing area pada cetakan.

Adapun perhitungan untuk menentukan diameter *runner* dapat menggunakan persamaan berikut:

$$D = S_{max} + 1.5 \quad (2.1)$$

dimana;

D = Diameter Runner(mm)

S_{max} = Tebal Maksimal Dinding [9]

3. *Gate*

Gate berfungsi sebagai pintu masuk untuk mengisi plastik kedalam cetakan.

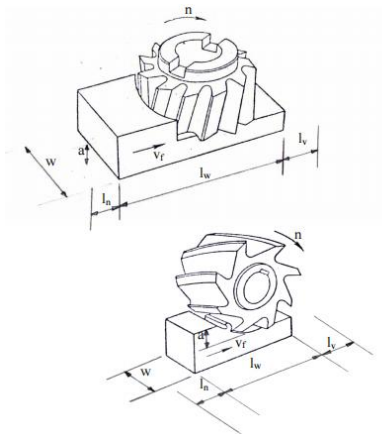
2.4 Pemesinan.

Proses pemesinan adalah proses pemotongan atau pengurangan sebagian bahan dengan maksud membentuk produk yang diinginkan. Proses pemesinan yang bisa dilakukan di industri manufaktur adalah proses penekapan (*Shaping*), proses penggurdian (*drilling*), proses pembubutan (*turning*), proses penyayatan/frais (*milling*), proses gergaji (*sawing*), proses *broaching*, dan proses gerinda (*gerinding*) [10].

Proses yang digunakan pada penelitian ini meliputi :

a. Frais/*milling*

Milling adalah Proses pemesinan dengan menyayat benda kerja dengan menggunakan mata pisau yang berputar dan benda kerja dalam keadaan diam. Pada dasarnya proses frais hampir sama dengan proses bubut . Gambar 2.10 menunjukkan skematis proses frais vertikal dan frais horizontal.



Gambar 2.10 Gambar Skematis Proses Frais Vertikal dan Frais Horizontal

(Sumber: Widarto, 2008) [11]

Kecepatan Potong:

$$V = \frac{\pi d n}{1000} \quad (2.2)$$

Keterangan :

V = Kecepatan Potong (mm/menit)

d = Diameter Rata-Rata Benda Kerja $(d_0 + d_m)/2$ (mm)

n = Putaran Poros Utama (putaran/menit)

$$\pi = 3,14$$

Gerak makan per gigi:

$$F_z = \frac{v_f}{z \cdot n} \quad (2.3)$$

dimana:

F_z = Gerak Makan Pergigi (mm/menit)

n = Putaran Poros Utama (mm)

V_f = Kecepatan Makan (mm/putaran)

Z = Jumlah Gigi/Mata Potong

Waktu Pemotongan:

$$t_c = \frac{l_t}{v_f} \quad (2.4)$$

dimana:

t_c = Waktu Pemotongan (menit)

l_t = Panjang Potongan

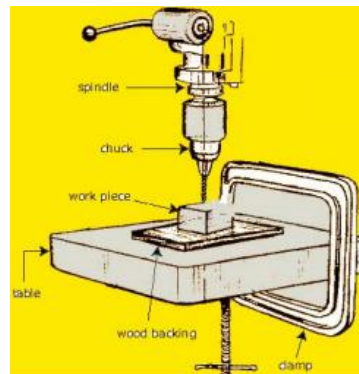
V_f = Kecepatan Makan (mm/putaran)

Rumus-rumus tersebut digunakan perencanaan proses *milling*. Proses *milling* bisa dilakukan dengan banyak cara menurut bentuk benda kerja dan jenis pisau yang digunakan. Mesin *milling* yang bervariasi menyebabkan analisa proses frais menjadi rumit. Hal-hal yang perlu diperhatikan dalam permesinan ini bukan hanya kecepatan potong dan gerak makan saja, tetapi juga cara pencekaman, gaya potong, getaran mesin, kehalusan produk, dan getaran benda kerja. Dengan demikian hasil analisa perencanaan merupakan pendekatan bukan merupakan hasil yang optimal.

b. Proses Gurdi (*Drilling*)

Proses *drilling* merupakan proses pemesinan yang paling sederhana dibandingkan proses pemesinan yang lain. Proses ini merupakan pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor/pisau disebut proses *drilling*. Sedangkan proses

untuk memperbesar lubang dapat dilakukan dengan batang bor. Mesin *drilling* dapat dilihat pada Gambar 2.11 dibawah ini.



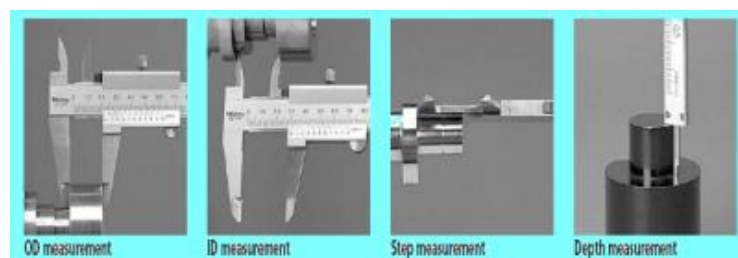
Gambar 2.11 Mesin *Drilling*

(Sumber: Widarto, 2008) [11]

c. Alat Ukur

Pengukuran adalah proses membandingkan dimensi yang tidak diketahui terhadap standar tertentu alat ukur merupakan alat penting dalam proses pemesinan dari awal sampai dengan kontrol kualitas di akhir produksi [11].

Adapun alat ukur yang digunakan pada penelitian kali ini adalah jangka sorong. Jangka sorong adalah alat ukur yang sering digunakan dibengkel mesin. Jangka sorong berfungsi sebagai alat ukur yang biasa dipakai operator mesin yang dapat mengukur panjang diameter suatu benda sampai dengan 200 mm dengan ketelitian 0,05 mm. Pengukuran menggunakan jangka sorong dilakukan dengan cara menyentuhkan sensor ukur pada benda kerja yang akan diukur. Beberapa macam jangka sorong dengan skala penunjuk pembacaan dapat dilihat pada Gambar 2.12 dibawah ini:

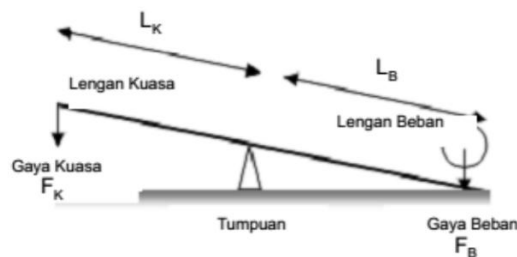


Gambar 2.12 Sensor Jangka Sorong Untuk Mengukur Berbagai Posisi

(Sumber: Widarto, 2008) [11]

2.5 Tuas

Batang penekan atau tuas adalah bagian penekan mesin yang langsung bersentuhan oleh penginjeksi dan berperan penting sebagai pemberi tekanan pada *injection molding* manual dengan tipe tuas. Tuas atau batang penekan tersebut ditekan dengan menggunakan tekanan manual secara vertikal. Semakin panjang tuas yang digunakan semakin rendah pula tekanan yang diperlukan untuk proses injeksi. Gambar 2.13 dibawah ini menunjukkan pesawat sederhana tipe tuas.



Gambar 2.13 Pesawat Sederhana Tipe Tuas

(Sumber: Muhammad Syaifudin, 2017) [6]

Persamaan Tuas:

$$F_K \times L_K = F_B \times L_B \quad (2.5)$$

Keterangan:

F_B = Gaya Beban

F_K = Gaya Kuasa

L_K = Lengan Kuasa

L_B = Lengan Beban

Keuntungan Mekanik (K_M):

$$K_M = \frac{W}{F} = \frac{L_K}{L_B} \quad (2.6)$$

Keterangan:

K_M = Keuntungan Mekanik

W = Berat Beban(N)

F = Gaya Kuasa (N)

2.6 Tekanan

Tekanan yang digunakan pada penelitian ini adalah tekanan yang diberikan oleh *plunger* ke *barrel* yang terisi oleh cairan plastik yang kemudian dimasukan kedalam cetakan. Cara kerjanya menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Press} = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \quad (2.7)$$

dimana :

P = Tekanan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm²)

2.7 Mekanisme mesin

Terdapat mekanisme penting didalam proses *molding*, yaitu sebagai berikut:

a. *Clamping*

Memegang cetakan dibawah tekanan pada saat proses injeksi dan pendinginan berlangsung merupakan fungsi dari *clamping unit* ini. Selain itu *clamping* sering juga disebut dengan proses pengapitan.

b. *Injection*

Proses *injection* adalah dimasukannya material bijih plastik ke dalam *hopper*. Kemudian bijih plastik dipanaskan dengan *heater* hingga meleleh. Setelah plastik meleleh *screw* mengarahkan dan mengaduk hasil lelehan tersebut menuju ke ujung *barrel* atau *nozzle*. Material yang sudah cukup untuk diakumulasikan ke *nozzle* maka proses injeksi dimulai, dimana plastik cair yang sudah berada pada ujung *nozzle* diinjeksikan ke cetakan melalui *sprue bushing*.

c. *Dwelling*

Langkah penghentian sementara proses injeksi biasa disebut dengan *dwelling*. Material plastik yang diinjeksikan ke dalam cetakan dengan tekanan tertentu harus dipastikan mengisi ke semua rongga cetakan. Proses ini bertujuan untuk menghindari adanya cacat produk.

d. *Cooling* (Pendinginan)

Cetakan yang sudah terisi penuh dengan material plastik cair kemudian didinginkan agar produk hasil cetakan lebih cepat mengeras dan siap diambil dari

cetakan. Proses pendinginan dapat dilakukan dengan cara menggunakan suhu sekitar namun akan membutuhkan waktu yang lama maka pendinginan dapat dibantu dengan mengalirkan suatu fluida cair maupun gas ke dalam cetakan.

e. Mold Opening (Pembukaan Cetakan)

Saat material pada cetakan sudah mengeras, bagian *clamping unit* dilepas dan cetakan dibuka.

f. Ejection

Langkah terakhir adalah proses *ejection*, dimana proses ini adalah proses pengeluaran produk pada cetakan agar proses pembuatan produk selanjutnya dapat dilakukan.

2.8 Cacat produk

Proses produksi produk plastik menggunakan proses injeksi ini tidak terlepas dari cacat produk [12]. Adapun cacat produk yang sering ditemukan pada hasil *plastic injection molding* yaitu:

a. Short-shot

Short-shot adalah suatu cacat produk yang diakibatkan oleh pengisian yang tidak sempurna. Cacat ini dipengaruhi oleh beberapa hal, antara lain diakibatkan oleh pelehan bijih plastik yang tidak sempurna, penginjeksian yang lambat, temperatur *mold* yang rendah, dan tekanan injeksi yang lemah. Cacat *short-shot* dapat dilihat pada Gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14 *Short-shot*

(Sumber: Heriyanto dkk, 2018) [12]

$$Short - shot = \frac{m_p - m_{hp}}{m_p} \times 100\% \quad (2.8)$$

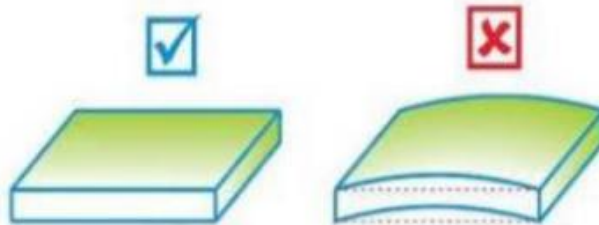
Dimana:

m_p = Massa Produk

m_{hp} = Massa Hasil Produk

b. Warpage

Pada kondisi ini bagian produk terlihat melengkung yang tidak sesuai dengan hasil yang diharapkan. Biasanya kondisi ini disebabkan oleh pendingin cetakan yang tidak seragam, *holding pressure* rendah, dan perbedaan temperatur yang tinggi. Cacat *warpage* dapat dilihat pada Gambar 2.15 dibawah ini.



Gambar 2.15 *Warpage*
(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

Rumus perhitungan *warpage*:

$$W = h_{part} / d_{par} \quad (2.9)$$

dimana :

W = *Warpage*

h_{part} = Ketinggian warpage (mm)

d_{part} = Diameter Spesien (mm) [13]

c. Weld lines

Kondisi ini disebabkan oleh titik antar injeksi dan transfer terlalu dekat, temperatur terlalu rendah, dan pendinginan terlalu singkat. Cacat *weld lines* ini adalah ketika dua aliran bertemu pada kedua ujung aliran lelehan material. Gambar 2.16 dibawah ini menunjukan cacat *weld lines*.

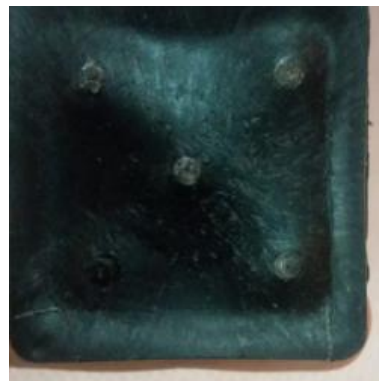


Gambar 2.16 *Weld lines*

(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

d. Shrinkage

Shrinkage adalah penyusutan dari produk *plastic injection molding*. Penyusutan ini disebabkan oleh beberapa faktor yaitu, jenis material plastik, ketebalan dinding produk, kontur produk, dan sistem pendinginan produk. Cacat *shrinkage* dapat dilihat pada Gambar 2.17 dibawah ini.



Gambar 2. 17 *Shrinkage*

Adapun perhitungan menggunakan persamaan;

$$S = \frac{L_m - L_p}{L_m} \times 100\% \quad (2.10)$$

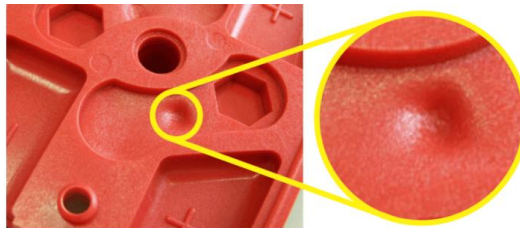
S = Persentase *Srhinkage* (%)

L_m = Tebal *Mold*(mm)

L_p = Tebal Produk(mm)

e. Sink mark

Cacat ini terjadi pada permukaan produk yang dibentuk. Hal ini biasanya diakibatkan oleh perbedaan temperatur *cavity* dan *core*, serta kurangnya kemampuan pendinginan dari *mold*. Cacat *sink mark* dapat dilihat pada Gambar 2.18 dibawah ini.

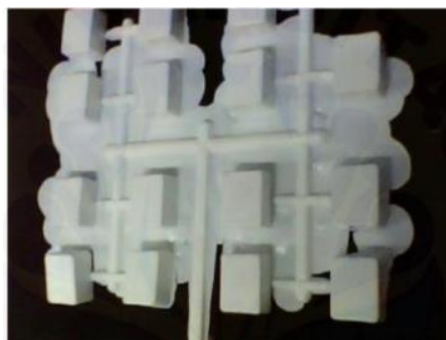


Gambar2. 18 *Sink mark*

(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

f. Flashing

Flashing merupakan cacat yang berupa adanya material berlebih yang membeku di daerah pinggir produk. Biasanya cacat ini di sebabkan oleh masuknya material plastik cair ke cela cetakan karena adanya rongga selain rongga cetakan. Produk yang dihasilkan dan memiliki *flashing* biasanya masih dalam kategori bagus namun harus adanya pembersihan pada bagian yang terdapat cacat tersebut [14]. *Flashing* dapat dilihat pada Gambar 2.19 dibawah ini.



Gambar 2.19 *Flashing*

(Sumber: muhamad Rizal, 2018) [8]

g. Discolored molding

Discolored molding merupakan cacat produk berupa lunturan warna pada produk disebabkan oleh temperatur peleburan yang tinggi, pencampuran warna yang tidak stabil.

2.9 Penelitian Terdahulu

Desain parameter proses *plastic injection moulding* menentukan kualitas hasil benda cetak, khususnya produk *pneumatics holder*, Diantara parameter proses *injection moulding* yang ada, parameter proses yang paling dominan pengaruhnya adalah parameter temperatur leleh [15].

Dalam proses injeksi plastik memiliki variasi temperatur. Temperatur dalam injeksi ini merupakan temperatur yang digunakan untuk mencetak material ke dalam rongga cetakan. Temperatur harus dijaga lebih dari cukup agar dapat meminimalkan *shrinkage*. Cacat *sink mark* juga dapat diminimalkan dengan menambahkan tekanan injeksi dan menyesuaikan temperatur [16].

Cacat penyusutan dipengaruhi oleh waktu injeksi, *backpressure* dan temperatur leleh [17].