

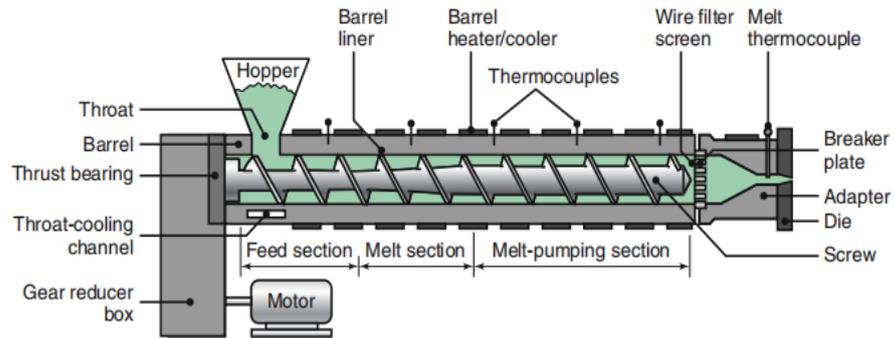
BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pengecoran Plastik

Proses penuangan materi cair plastik yang dimasukkan ke dalam cetakan, kemudian dibiarkan mendingin di dalam cetakan tersebut, dan kemudian dikeluarkan atau dibuka untuk dijadikan komponen mesin disebut dengan proses pengecoran (*casting*). Pengecoran digunakan untuk membuat bagian mesin dengan bentuk yang kompleks. Pengecoran digunakan untuk membentuk suatu logam dalam kondisi cair sesuai dengan bentuk cetakan yang telah dibuat. Pengecoran dapat berupa material logam cair atau plastik yang dapat meleleh (Termoplastik), material yang terlarut misalnya beton atau gips, dan materi lain yang dapat menjadi cair atau pasta ketika dalam kondisi basah seperti tanah liat, jika dalam kondisi kering akan berubah menjadi keras dalam cetakan, dan terbakar dalam perapian[2]. Untuk memperoleh bentuk plastik terdapat banyak cara yang dapat digunakan yaitu dengan menggunakan beberapa metode dan alat yang berbeda. Cara memperoleh bentuk plastik sebagai berikut:

A. Proses Ekstrusi

Dalam ekstrusi, adalah proses yang dapat menghasilkan plastik dalam jumlah terbesar. Bahan bakunya berupa pelet termoplastik, butiran dan bubuk yang dimasukkan ke dalam *hopper* dan dimasukkan ke dalam *barrel* yang terdapat sebuah *screw* (Gambar 2.1) Barel dilengkapi dengan sekrup heliks yang berfungsi untuk mencampurkan pelet dan membawanya menuju cetakan. Pemasakan (*Heater*) barrel dan gesekan internal yang terjadi antara barrel dan screw akan memanaskan pelet dan mencairkannya. Berikut ini gambar dan bagian-bagian dari *Ekstrusion*:



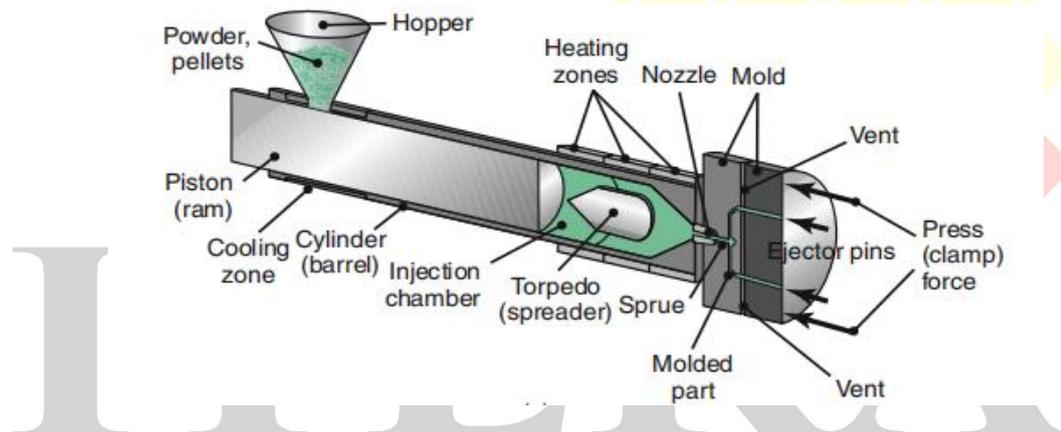
Gambar 2. 1 Mesin *Ekstrusion* [3]

B. Proses *Injection Molding*

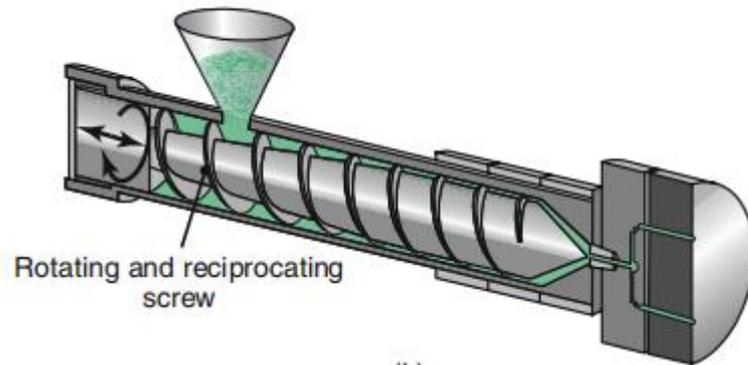
Pellet atau butiran dimasukkan ke dalam silinder kemudian dipanaskan, dan lelehan dipaksa masuk ke dalam cetakan dengan plunger hidrolis atau dengan *screw* milik Ektruder. Seperti pada ekstruder plastik, *barrel* dipanaskan secara eksternal untuk memudahkan pendorongan plastik ke dalam cetakan. Pada proses Injection Plastik dibagi menjadi 2 bagian metode proses produksinya:

1. Mesin injeksi plastik horizontal

Pellet dimasukkan ke dalam silinder yang dipanaskan, dan lelehan plastik dipaksa memasuki cetakan baik dengan tekanan hidrolis atau dengan sistem *screw* yang berputar.



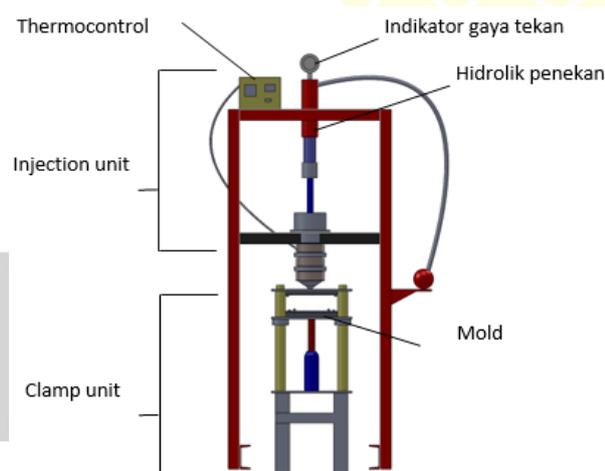
Gambar 2. 2 Pendorong (*Plunger*) Hidrolis [3]



Gambar 2. 3 *Screw Bolak-Balik* [3]

Proses injeksi ini adalah dimana *screw* berputar dan membawa biji lelehan plastik menuju ke dalam cetakan, ketika lelehan plastik sudah memenuhi cetakan, rotasi/perputaran skrew berhenti. Kemudian ketika cetakan sudah siap, *screw* didorong ke depan dengan silinder hidrolik, untuk mengisi daerah sprue dan rongga cetakan dengan lelehan. Setelah itu *screw* mulai kembali berputar lagi untuk membawa biji lelehan plastik yang lebih banyak untuk memenuhi cetakan. Setelah lelehan dipadatkan dengan silinder hidrolik, cetakan akan terbuka dan pin ejektor akan melepaskan bagian yang sudah dicetak.

2. Mesin Injeksi Plastik Vertikal



Gambar 2. 4 *Mesin Injection Moulding Vertical* [4]

Berikut ini adalah penjelasan beberapa bagian injection unit [5] :

a. Motor dan *transmission gear unit*

Pada dasarnya motor dan *transmission gear unit* selalu berhubungan, dimana motor berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada *barrel*, sedangkan *Transmission unit* berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke *screw*.

b. *Hopper*

Hopper adalah wadah atau tempat yang digunakan sebagai penampungan sementara material plastik sebelum masuk ke dalam *barrel*. Fungsi lain dari *Hopper* yaitu untuk menjaga agar material plastik tidak tumpah keluar jika dimasukkan ke dalam *barrel*.

c. *Barrel*

Di dalam barel terdapat *screw* yang memiliki dua fungsi utama. Yang pertama berfungsi untuk mengaduk dan memanaskan material plastik, dan yang ke dua untuk memasukan material plastik yang sudah dilelehkan ke dalam cetakan.

d. *Screw*

Fungsi utama dari *screw* yaitu mengalirkan plastik, dimana plastik yang disimpan di dalam *hopper* kemudian material plastik jatuh ke dalam barrel dan dibawa oleh *screw* menuju *nozzle*, disaat *screw* berputar plastik akan tertarik dan mengisi bagian *screw* yang kosong, kemudian dipanaskan lalu didorong menuju *nozzle*.

e. *Nonreturn Valve*

Nonreturn Valve ini berfungsi sebagai penghambat atau pencegah agar material plastik yang telah dilelehkan tidak kembali ke dalam *screw*.

f. *Nozzle*

Nozzle ini berfungsi sebagai saluran penghubung antara *mold* dan unit injeksi, pada *nozzle* terdapat ulir yang digunakan untuk

menghubungkan antara *nozzle* dengan *nipple* yang akan dihubungkan dengan unit *mold*.

C. Proses *Blow Molding*

Blow Molding adalah proses manufaktur plastik untuk membuat produk-produk berongga (botol), dimana parison yang dihasilkan dari proses ekstrusi dikembangkan ke dalam cetakan oleh tekanan gas atau angin. Parison adalah material plastik yang sudah dilelehkan kemudian dijatuhkan diantara kedua cetakan. Sebenarnya *Blow Molding* sendiri adalah pengembangan dari proses ekstrusi dan injeksi *molding* dengan penambahan mekanisme cetakan dan peniupan.

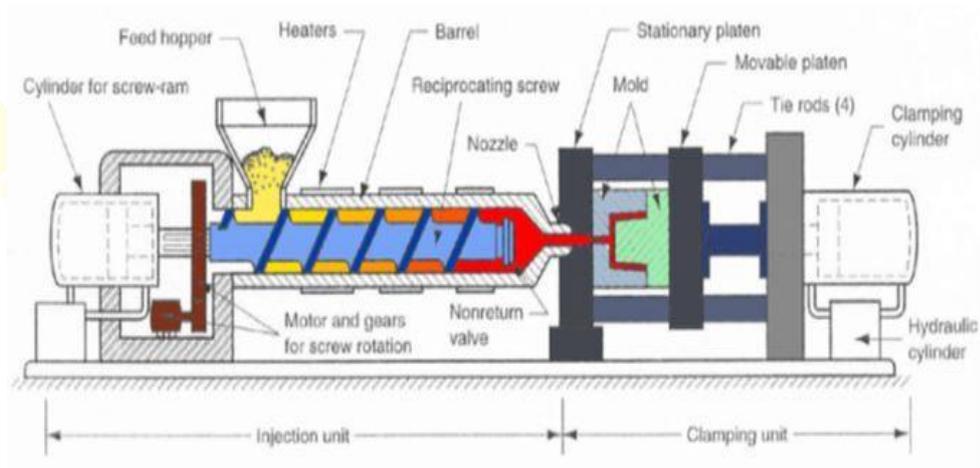
D. Proses *Thermoforming*

Proses pembentukan lembaran atau film termoplastik di atas cetakan melalui penerapan panas dan cetakan adalah proses *Thermoforming*. Dalam proses ini ada dua jenis proses yaitu dengan lembaran dijepit dan dipanaskan kemudian ditekan sesuai rongga. Proses yang kedua yaitu lembaran dipaksa melawan permukaan cetakan melalui penerapan vakum (penghisapan).

2.2 Pengertian *Injection Molding*

Injection Molding merupakan proses pembentukan plastik dengan cara melelehkan material plastik didalam sebuah silinder barrel yang kemudian diinjeksikan dengan menggunakan *screw* ke dalam sebuah cetakan (*mold*). Dengan proses *injection molding* plastik dapat diolah dan dibentuk menjadi produk yang sesuai kehendak hanya dengan mendesain sebuah *mold*. Namun tidak jarang juga hasil produk yang dihasilkan tidak sesuai dengan cetakan yang diinginkan atau terjadi cacat produk yang disebabkan oleh beberapa hal. Cacat-cacat produk yang biasa ditemui pada produk *injection molding* antara lain *Short shot*, *Shin mark*, *Air traps*, *flas* dan *Warpage*. Untuk mendapatkan hasil produk yang optimal ada beberapa parameter yang perlu diperhatikan dalam *Injection Moulding*, yaitu, parameter suhu, tekanan, waktu tahan

(*dwelling*), dan pendinginan (*cooling*) merupakan parameter penting yang harus diperhatikan untuk menghindari cacat pada produk. [4]



Gambar 2. 5 Mesin *Injection Moulding Horizontal*[5]

2.3 Langkah-Langkah Proses *Moulding*

Terdapat enam langkah penting didalam setiap proses molding, yaitu sebagai berikut [6]:

a. *Clamping*

Clamping unit berfungsi untuk memegang cetakan dibawah tekanan pada saat proses injeksi dan pendinginan berlangsung. Fungsi utama dari clammping adalah untuk memegang dua bilah cetakan dari injeksi *molding* secara bersamaan. Pada saat proses injeksi *clamping* unit berfungsi untuk menahan gaya tekanan dan mengeluarkan benda jadi dari cetakan. selain itu *clamping* dapat disebut juga dengan proses pengapitan.

b. *Injection*

Pada saat proses *Injection* material biji plastik dimasukan ke dalam *hopper*. Kemudian biji plastik di bawa dan diolah oleh *screw* dan *barrel* yang dipanaskan dengan heater hingga meleleh. Setelah plastik meleleh *screw* membawa dan mengaduk hasil lelehan tarsebut menuju ujung *barrel* atau *nozzle*. Ketika pada saat material cukup untuk diakumulasikan ke *nozzle*, proses injeksi dimulai, dimana material plastik yang sudah berada

pada ujung *nozzle* kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan melalui *sprue bushing*.

c. *Dwelling*

Dwelling adalah langkah penghentian sementara proses injeksi. Dimana pada langkah ini sama seperti besar tekanan yang diberikan (*Holding Pressure*). Material plastik yang sudah diinjeksikan ke dalam cetakan dengan pemberian tekanan tertentu harus dipastikan mengisi ke semua bagian *cavity* (rongga cetakan). Proses ini bertujuan untuk menghindari adanya cacat produk akibat keropos atau *weld*.

d. *Cooling* (Pendinginan)

Cetakan yang sudah terisi penuh dan membentuk sesuai cetakan yang diinginkan, kemudian didinginkan dengan temperatur tertentu agar produk hasil cetakan lebih cepat mengeras dan siap dilepas dari cetakan. Proses pendinginan pada dapat dilakukan dengan cara mengalirkan suatu fluida ke dalam cetakan.

e. *Mold Opening* (Pembukaan Cetakan)

Pada saat material sudah mengeras dan menjadi produk yang diinginkan, kedua bilah cetakan akan dibuka dengan peralatan yang ada pada bagian *clamping unit*.

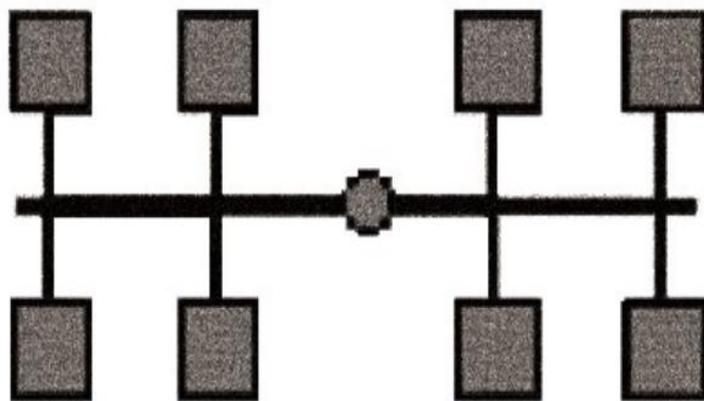
f. *Ejection*

Pada langkah terakhir, produk plastik yang telah jadi, kemudian dikeluarkan dari dalam cetakan agar proses penginjeksian berikutnya dapat dilakukan. Pada tahap ini desain *molding* tertentu digunakan untuk memotong *runner* dan *sprue* dari produk material plastik. Maka tidak perlu dilakukan pekerjaan lanjutan untuk memotong *runner* dan *sprue* pada benda hasil *molding*. Terkadang *runner* dan *sprue* tidak dipotong secara langsung pada saat proses *ejection* dengan tujuan dan desain yang biasanya dapat berfungsi pada beberapa produk tertentu.

Setelah langkah-langkah tersebut bekerja dan menghasilkan produk *molding*, maka dilanjutkan dengan proses berikutnya dengan langkah yang sama secara berulang-ulang hingga mencapai jumlah produksi yang dikehendaki.

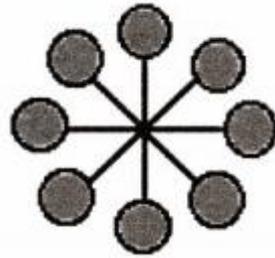
Terdapat dua jenis Sistem pada *mold* yaitu *cold runner* dan *hot runner*. Perbedaannya terdapat pada *hot runner* memiliki komponen tambahan yang berfungsi untuk menjaga *runner* tetap pada suhu yang diinginkan sampai material masuk kedalam *cavity*. Sedangkan *Cold runner* sendiri adalah jenis sistem yang bisa digunakan pada semua tipe *mold* yaitu dua dan tiga plat. Kelebihan menggunakan *cold runner* adalah sistem *cold runner* relatif lebih hemat biaya karena biaya produksi untuk membuat *mold* dan biaya perawatannya lebih rendah dari pada sistem *hot runner*.

Runner berdasarkan konsep dan fungsinya *runner* memiliki dua tipe yaitu *square* konsep dan *spoke* konsep. *Square* merupakan konsep yang lebih kepada memaksimalkan jumlah *cavity* dan luas *mold* [7].



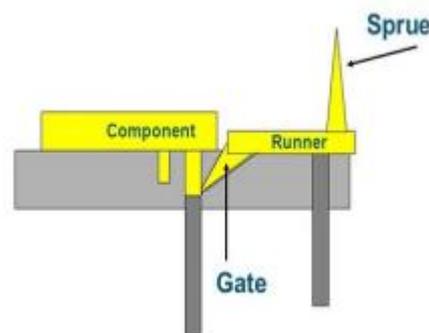
Gambar 2. 6 *Square Concept* [7]

Sedangkan *Spoke* konsep merupakan konsep desain *runner* yang mirip seperti jari-jari yang berfungsi agar setiap *runner* memiliki jarak simetris dan bertujuan agar menjaga jarak dengan *sprue* dimana material plastik cair masuk. Sehingga tidak perlu membutuhkan material plastik terlalu besar dan mengurangi jumlah *runner* yang terbuang.

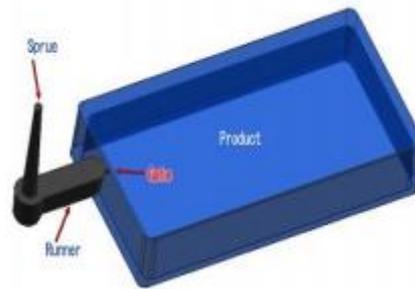


Gambar 2. 7 *Spoke Concept* [7]

Gate merupakan lubang tempat cairan plastik masuk ke dalam rongga cetak. Perencanaan bentuk, dimensi, dan penempatannya dapat berpengaruh terhadap kualitas produk, baik dari penampilan, *shrinkage* dan *pressure* yang dibutuhkan saat pembentukan produk. Salah satu hal yang juga berpengaruh pada hasil injeksi adalah penempatan *gate* berpengaruh terhadap besarnya gaya *clamping* mesin injeksi yang dibutuhkan untuk menahan gaya pembentukan rongga cetak dan menghindarkan kemungkinan cacat produk saat injeksi. Terdapat beberapa jenis *gate* yang lebih mudah dipatahkan dan ada juga jenis *gate* yang lebih sederhana dari semua jenis injeksi plasatik. Pada proses injeksi terdapat beberapa jenis *gate* yaitu sebagai berikut:



Gambar 2. 8 *Submarine Gate* [7]



Gambar 2. 9 *Edge Gate* [7]

Edge gate merupakan *gate* sederhana yang ada dari semua jenis *gate* pada proses injeksi cetakan plastik. Sedangkan *Submarine Gate* adalah jenis *gate* yang mudah dipatahkan dan tidak merusak produk, sehingga penampilan produk akan rapih dan besar. Selain itu dapat menghemat kerja tambahan yang sering dilakukan untuk membersihkan atau mematahkan *gate mold* [7].

2.4 Kode dan Jenis-Jenis Plastik

Produk kemasan plastik memiliki beberapa keunggulan, bentuknya yang fleksibel sehingga mudah dibentuk sesuai keinginan. selain itu produk kemasan plastik lebih mudah mengikuti bentuk pangan yang dikemas, ringan, tidak mudah pecah, bersifat transparan/tembus pandang, mudah diberi label dan dibuat dalam aneka warna, dapat diproduksi secara massal, harga relatif murah dan terdapat banyak sekali pilihan material dasar plastik. Berikut ini adalah kode jenis plastik dan penggunaannya:

Tabel 2. 1 Kode Plastik dan Contoh Kegunaannya [8]

Nomor Kode	Jenis Plastik	Keterangan
	PET <i>(Polyethylene terephthalete)</i>	Bersifat jernih dan transparan, biasanya digunakan untuk wadah minum, botol kecap, minyak.

		<p>Hanya untuk satu kali penggunaan</p>
	<p>HDPE (<i>Hight Density Polythylene</i>)</p> 	<p>Bersifat keras hingga semifleksibel, dapat ditembus gas, permukaan berlilin, buram. Disarankan untuk satu kali penggunaan, karena bisa terjadi migrasi ke bahan pangan.</p>
	<p>PVC (<i>Polyvinylchloride</i>)</p> 	<p>Plastik ini sulit didaur ulang, bersifat tahan terhadap bahan kimia. Biasanya digunakan untuk botol kecap, sambal, dan plastik pembungkus.</p>
	<p>LDPE (<i>Low Density Polyethylene</i>)</p> 	<p>Bahan mudah diproses, fleksibel, tempat makanan plastik kemasan dan botol-botol lembek</p>

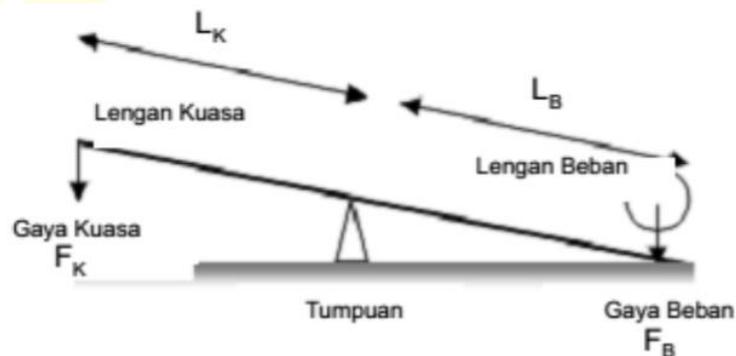
	<p>PP (<i>Polypropylene</i>)</p> 	<p>Ciri-ciri Jenis plastik ini transparan tetapi tidak jernih, keras tetapi fleksibel, permukaan berkilin. Cocok untuk wadah pangan, botol susu, obat.</p>
	<p>PS (<i>Polystyrene</i>)</p> 	<p>Tempat makanan berupa styrofoam, hanya digunakan sekali pemakaian, tidak baik untuk penempatan makanan yang berair dan panas.</p>

Tabel 2. 2 Temperatur Leleh Proses Termoplastik [9]

<i>Melting Temperature Rate</i>		
Material	°C	°F
ABS	180-240	356-464
Acetal	185-225	365-437
Acrylic	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

2.5 Pengertian Tuas

Bagian penekan mesin yang langsung bersentuhan oleh penginjeksi dan berperan penting sebagai pemberi tekanan pada langkah proses *Injection Moulding* manual dengan tipe tuas adalah bagian dari batang penekan atau tuas. Tuas atau batang penekan tersebut ditekan dengan menggunakan tekanan manual secara vertikal. Semakin panjang tuas yang digunakan sebagai penekan semakin rendah pula tekanan yang diperlukan untuk proses injeksi.



Gambar 2. 10 Tuas Sederhana

[2]

Persamaan yang berlaku pada tuas:

$$W \times L_K = F \times L_B \dots\dots\dots(1)$$

Keuntungan Mekanik (KM)

$$KM = \frac{W}{F} = \frac{L_k}{L_B} \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

KM = Keuntungan Mekanik

F_B = Gaya Beban

F_K = Gaya Kuasa

L_K = Lengan Kuasa

L_B = Lengan Beban

2.6 Macam-macam sambungan

Terdapat beberapa macam jenis sambungan untuk menyambung kedua benda didalam sebuah produksi. Dalam sambungan kontruksi pada umumnya adalah

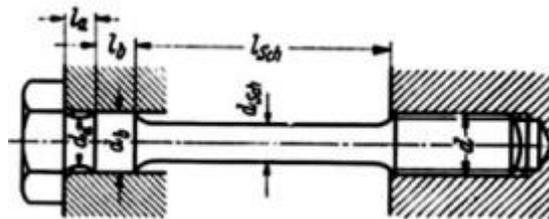
menggunakan sambungan baut dan sambungan las untuk menyambungkan sebuah kerangka konstruksi bangunan. Berikut ini merupakan deskripsi untuk jenis sambungan baut dan sambungan las:

a. Sambungan Baut

Fungsi utama baut dapat dibedakan menjadi dua yaitu baut sebagai pengikat dan baut sebagai penggerak. Jenis sambungan baut adalah merupakan jenis sambungan yang paling banyak dan paling umum digunakan dalam elemen mesin. Berdasarkan pembebanan sambungan baut dibedakan sebagai berikut:

1. Baut dengan pembebanan memanjang

Pada dasar sambungan baut dengan pembebanan memanjang, baut tidak boleh mengalami pemuaian, sehingga pada sambungan baut tidak boleh dibebani melebihi dari batas elastisitasnya. Terdapatnya ulir dibagian badan baut berfungsi sebagai tekikkan untuk mempertinggi beban statis dan menurunkan pembebanan secara dinamis [10].



Gambar 2. 11 Sambungan baut dengan pembebanan memanjang[10]

Besar penampang yang menahan beban dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$A_s = \frac{\pi}{4} \left(\frac{d_2 - d_3}{2} \right)^2 = \frac{\pi}{4} d_s \dots \dots \dots (3)$$

Nilai tegangan hipotesa sebagai pembanding :

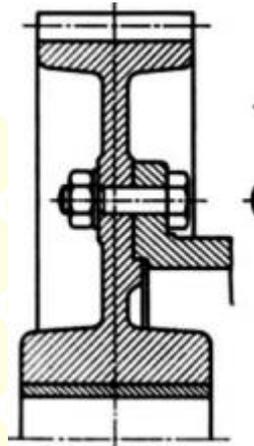
$$\text{Tegangan tarik } (\sigma_z) = \frac{Fv}{A_s} = \frac{Fv}{\frac{\pi}{4} d_s^2} \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{Tegangan puntir } (\tau_t) = \frac{Mt}{W_t} \dots \dots \dots (5)$$

$$\text{Tegangan pembanding } (\sigma_v) = \sqrt{\sigma_z^2 + 3 + \tau_t^2} < \sigma_v \text{ izinkan } \dots \dots (6)$$

2. Baut dengan pembebanan melintang

Sambungan baut dengan pembebanan melintang adalah sambungan diaman kedua plat disambung yang akan menjadi faktor kegagalan baut tersebut dengan menerima beban melintang yang terjadi di badan baut. Sambungan baut yang menerima beban secara melintang dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 2. 12 Sambungan baut dengan pembebanan melintang[10]

Baut dengan kelonggaran poros pada sambungan akan meneruskan gaya yang terjadi secara melintang melalui gesekan $\mu \cdot F_v$ yang akan ditimbulkan oleh gaya melintang F_v dari baut [10]. Pada umumnya yang ada dikonstruksi mesin, permukaan baut yang dikerjakan dengan halus dan berlemak, sehingga digunakan nilai faktor gesek sebesar 1,1-0,15. Untuk mencari faktor keamanan n maka gaya tegangan F_v adalah :

$$F_v = \frac{F \cdot v}{\mu \cdot m \cdot n} \dots \dots \dots (7)$$

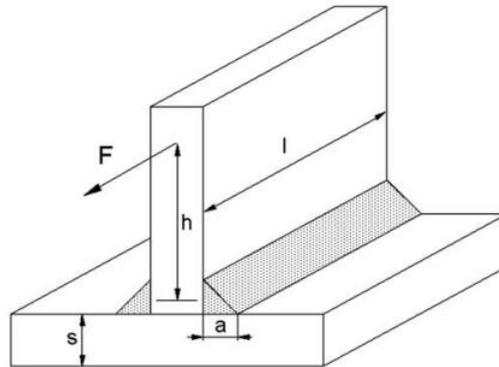
Untuk konstruksi bertingkat, nilai $n=1,25$ sedangkan untuk konstruksi jembatan dan konstruksi pesawat angkat nilai $n=1,6$.

b. Sambungan Las

Terdapat beberapa jenis sambungan las pada umumnya, sambungan T joint salah satunya, yaitu dimana dua buah pelat yang dilas secara tegak lurus satu sama lain dan menerima beban F sejajar dengan panjang kampuh pada jarak tertentu, selain itu terdapat sambungan las pada kedua pelat yang dilas akan menerima beban F secara tegak lurus dengan panjang kampuh lasan.

1. Sambungan las sejajar dengan panjang kampuh

Pada sambungan tersebut akan terjadi tegangan geser (τ_g) secara langsung dan tegangan bengkok (σ_b).



Gambar 2. 13 Sambungan las sejajar dengan gaya[10]

Tegangan geser yang terjadi :

$$\tau_g = \frac{F}{0,707 \cdot A} \dots\dots\dots(8)$$

Tegangan bengkok yang terjadi dapat ditung dengan persamaan berikut :

$$\sigma_b = \frac{Mb}{Wb} = \frac{F \cdot h}{0,707 \cdot W} \dots\dots\dots(9)$$

Tegangan geser total dapat dihitung dengan menambahkan tegangan geser dan tegangan bengkok yang terjadi.

$$\tau_{total} = \sqrt{\tau_g^2 + \sigma_b^2} \dots\dots\dots(10)$$

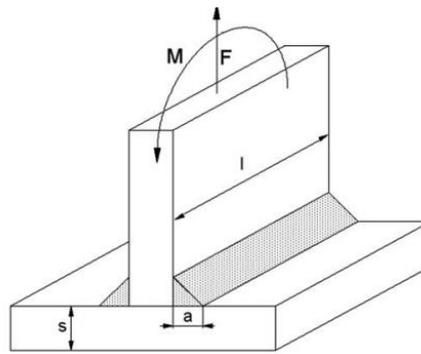
Dimana :

A = luas penampang yang menerima beban geser (2.a.l)

W= Momen tahanan bengkok (A. l/6)

2. Sambungan gaya tegak lurus dengan daerah las

Pada sambungan dua buah pelat yang dilas tegak lurus satu sama lain, akan menerima beban tarik sebesar F dan Momen. Maka pada kampuh las tersebut akan terjadi tegangan geser total (τ_{total}) seperti pada gambar berikut.



Gambar 2. 14 Sambungan las tegak lurus dengan gaya[10]

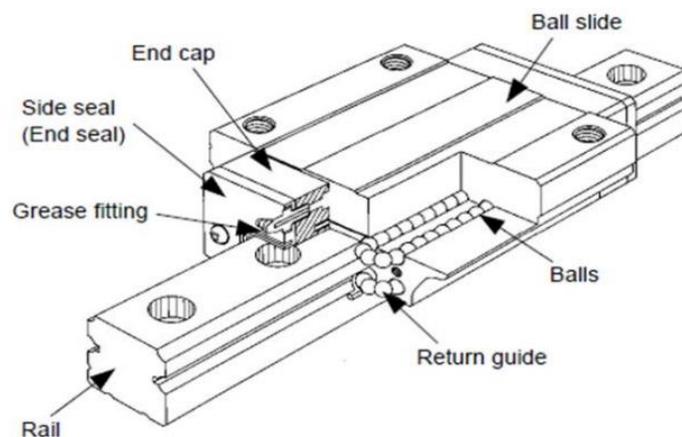
Tegangan geser total yang terjadi dapat dihitung dengan persamaan berikut.

$$\tau_{\text{total}} = \frac{M}{0,707.W} + \frac{F}{0,707.A} \dots\dots\dots(11)$$

2.7 *Linear Ball Bearing*

Linear Ball bearing banyak digunakan secara luas untuk perangkat pemosisian yang sangat presisi untuk mengangkat komponen mesin melalui jalur linier di pusat pemesinan. *Linear Ball Bearing* memiliki keunggulan seperti kekuatannya sangat tinggi, keandalan relatif baik, dan biaya yang rendah. Menurut penelitian Harsha, kekakuan bantalan dapat meningkat dengan bertambahnya jumlah bola pada bantalan bola, dimana kekakuan bantalan semakin meningkat dan amplitudo getaran poros berkurang [11]. Kemudian Lynagh membuktikan bahwa kekakuan bantalan pada bantalan kontak sudut akan berkurang dengan meningkatnya kecepatan rotasi, yang akibatnya mempengaruhi dinamika spindle [12].

ITERA



Gambar 2. 15 Struktur Linier Ball Bearing

[13]

2.8 Pemanas Elektrik *Band Heater*

Daya pada *Heater* tergantung pada lama pemanasan, jenis material yang dipanaskan, massa benda yang akan dipanaskan, dan waktu yang akan ditempuh untuk mencapai suhu yang telah ditentukan [14].

a. Perpindahan panas konduksi pada silinder

Pada pengoperasian yang konstan, tidak ada perubahan temperatur pada waktu dan titik tertentu. Oleh karena itu perpindahan panas yang masuk ke dalam pipa harus sama dengan perpindahan panas yang keluar[14].

b. Waktu peleburan material plastik

c. Kapasitas Tube / Tabung

Tube berbahan dasar *stainless steel 304* (SS304) , SS304 mempunyai sifat tahan karat, tahan terhadap panas, mudah ditemukan dipasaran dan ekonomis. Kapasitas *Tube* dapat dihitung dengan persamaan berikut [15]:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot t \dots\dots\dots(12)$$

Dimana :

r = Jari-jari Tabung (cm)

t = Tinggi Tabung (cm)

d. Kebutuhan Kalor Untuk Mencairkan Plastik

2.9 Rumus Tekanan

Tekanan yang digunakan pada penelitian ini dimaksud adalah tekanan pada barrel yang diisi plastik kemudian ditekan menggunakan plunger untuk masuk ke dalam cetakan. Cara kerjanya menggunakan rumus sebagai berikut [14].

$$P_{\text{press}} = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots\dots\dots(13)$$

Dimana :

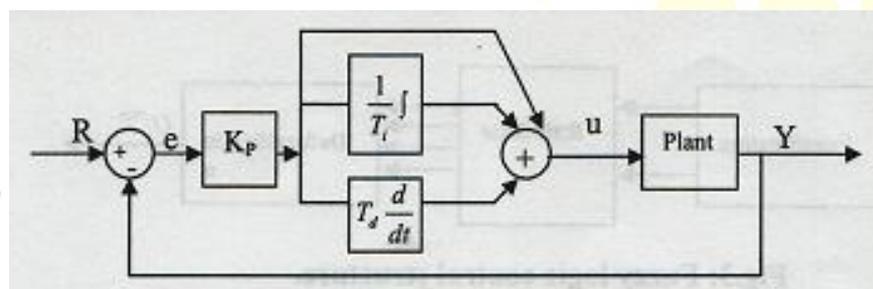
P_{press} = Tekanan (N/mm²)

F = Gaya (N)

A = Luas penampang (mm²)

2.10 PID Controller

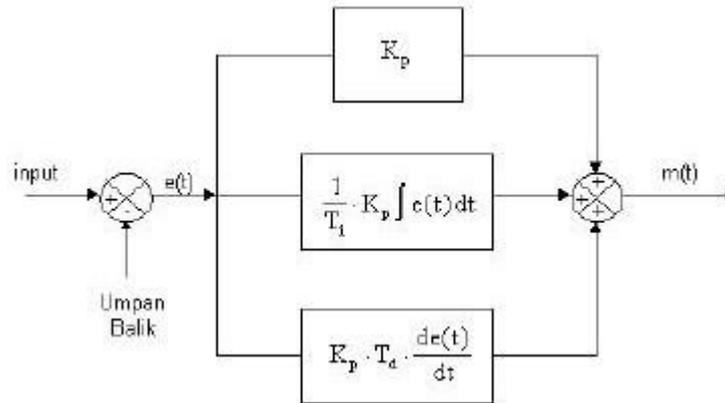
Didalam suatu sistem kontrol terdapat beberapa macam aksi kontrol, diantaranya yaitu aksi kontrol proposional, aksi control integral, dan aksi kontrol derevatif. Masing-masing aksi kontrol ini memiliki keunggulan tertentu, dimana aksi kontrol proposional mempunyai keunggulan risetme yang cepat, aksi kontrol integral mempunyai keunggulan untuk memperkecil eror, sedangkan aksi kontrol derevatif mempunyai keunggulan untuk memperkecil eror atau meredam *overshot/undershot* [17].



Gambar 2. 16 Kontrol PID loop tertutup [17]

Fungsi alih $H(s)$ pada sistem kontrol PID merupakan besaran yang nilainya tergantung pada nilai konstanta dari sistem P, I, dan D. Dengan menggunakan ketiga komponen tersebut pengendali PID akan menghitung error sebagai perbedaan antara variable proses suhu yang keluar dengan suhu set point yang

diinginkan. Pengendali PID mencoba untuk meminimalkan kesalahan dengan menyesuaikan input an pada saat mengatur suhu *set point*. Sistem model kendali pada PID berikut dapat ditunjukkan dengan diagram blok sebagai berikut [18].



Gambar 2. 17 Blok diagram kontroler PID

Perhitungan pengendali PID melibatkan tiga parameter tersebut, dengan tuning tiga parameter dalam algoritma pengendali PID, *Controller* dapat memberikan aksi control yang dirancang untuk kebutuhan proses tertentu.

2.11 Pemilihan Material Pada Kerangka dan *Molding*

Pada rancang bangun *Injection Moulding* menggunakan baja besi *Hollow* A500, karena selain kekuatannya yang tinggi, harga dari material tersebut lebih murah dibandingkan aluminium dan galvanis. Selain itu besi *Hollow* lebih mudah ditemukan dipasaran. Berikut ini properti material dari besi *Hollow* A500:

Tabel 2. 3 *Material Properrties* Besi Hollow A500

<i>Material Properrties</i> Besi Hollow A500	
<i>Density</i>	7800 Kg/m ²
<i>Tensile Strength</i>	309 Mpa
<i>Yield Strength</i>	270 Mpa
<i>Thermal Conductivity</i>	0,2556 W / (m.K)
<i>Specific Heat</i>	1386 J/ (Kg.K)
<i>Maximum Deflection</i>	0,10668 mm

Pemilihan material untuk cetakan (*Moulding*) menggunakan material baja SS400. Baja SS400 merupakan material baja karbon rendah dengan kadar karbon kurang dari 0,30 % dan terdapat sedikit kandungan silikon. Pada penelitian terdahulu, kandungan *silicon* yang dihasilkan adalah antara 0,06% dan 0,037%. Selain itu baja karbon rendah ini dapat dilas menggunakan semua cara pengelasan dengan menghasilkan hasil lasan yang baik jika persyaratannya terpenuhi[19]. Berikut ini adalah *material properties* dari baja karbon rendah SS400:

Tabel 2. 4 *Material Properties* Baja Karbon Rendah SS400[19]

<i>Density</i>	2,68 g/cc
<i>Tensile Strength</i>	228 Mpa
<i>Yield Strength</i>	193 Mpa
<i>Modulus Young</i>	70,3 Gpa
<i>Possien Ratio</i>	0,33

ITERA