

## **TUGAS AKHIR**

### **PERANCANGAN GATE PADA PRODUK ACTUATOR A06 PADA PT. X UNTUK MENGATASI SHORT PRODUK YANG TERJADI**

Diajukan Guna Melengkapi Sebagian Syarat  
Dalam Mencapai Gelar Sarjana Strata Satu ( S1 )

Disusun Oleh :

Nama : April Setiadi  
NIM : 0130211-006  
Program Studi : Teknik Mesin



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA  
2007**

## **LEMBAR PENGESAHAN**

### **PERANCANGAN GATE PADA PRODUK ACTUATOR A06 PADA PT. X UNTUK MENGATASI SHORT PRODUK YANG TERJADI**

Disusun Oleh :

Nama : April Setiadi  
NIM : 0130211-006  
Program Studi : Teknik Mesin



Pembimbing

( Ir. Ruli Nutranta, M.Eng )

Mengetahui  
Koordinator TA

( Nanang Ruhiyat, ST. MT )



## ABSTRAK

Salah satu bentuk pemborosan yang terjadi adalah tingkat *reject* produksi yang masih tinggi. Salah satu problem yang menarik perhatian penulis adalah *reject* yang terjadi pada produk Actuator 06. Dari data yang diperoleh menunjukkan cacat produk yang terjadi lebih banyak disebabkan oleh *short mould*. Permasalahan seperti *Whitish*, *bubble* atau *black dot* diabaikan dengan pertimbangan kontribusi problem – problem tersebut terhadap angka cacat sangat kecil.

Di dalam Tugas Akhir ini, analisa yang dilakukan oleh penulis adalah pada bagian *gate*, dimana ingin dicapai target *balancing shot* injeksi yang baik sehingga proses pengisian material plastik kedalam cavity bisa seimbang. Perhitungan dilakukan untuk menentukan ukuran diameter *gate* yang tepat dan menentukan disain *gate* dengan model *submarine*. Dimana dari hasil analisa perhitungan besar luas penampang *gate* yang semakin jauh dari jarak sprue akan semakin membesar supaya bisa seimbang. Hal ini terbukti dari hasil perhitungan  $f1 = 0.774 \text{ mm}^2$  lebih besar daripada  $f13 = 0,40 \text{ mm}^2$  .

Pembuatan *cavity block* dilakukan dengan menggunakan material K110 yang dikeraskan dengan kekerasan 60 – 63 HRC. Dimana proses pembuatannya menggunakan proses *machining* dan *bank work* untuk *finishing*.

## DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman judul .....	i.
Halaman Pernyataan .....	ii.
Halaman Pengesahan .....	iii.
Abstrak .....	iv.
Kata Pengantar .....	v.
Daftar Isi .....	vii.
Daftar Tabel .....	x.
Daftar Gambar.....	xi.
Daftar Notasi.....	xiv.
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan masalah .....	2
1.3 Tujuan Penulisan .....	3
1.4 Pembatasan Masalah .....	3
1.5 Sumber Data .....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
 <b>BAB II LANDASAN TEORI</b>	
2.1 Umum.....	7
2.2 Struktur Polimer .....	9
2.3 Thermoplastik.....	13

2.4	Thermosetting.....	21
2.5	Additives .....	23
2.6	Proses Manufaktur Plastik.....	24
2.6.1	Pembentukan dengan proses injeksi .....	24
2.6.1.1	Gas Assisted Injection Moulding .....	29
2.6.1.2	Struktur Foam Moulding .....	30
2.6.1.3	CO-Injection Moulding.....	32
2.6.1.4	Injection Compression Moulding .....	34
2.6.2	Blow Moulding.....	36
2.6.3	Rotational Moulding.....	37
2.6.4	Thermoforming.....	38
2.6.5	Transfer Moulding .....	39
2.6.6	Casting .....	39
2.7	Cetakan Plastik .....	40
2.7.1	Cavity dan core .....	41
2.7.2	Runner.....	43
2.7.3	Gate .....	43
2.7.3.1	Sprue Gate.....	46
2.7.3.2	Edge Gate .....	47
2.7.3.3	Pin Point Gate .....	47
2.7.3.4	Diaphragm Gate .....	48
2.7.3.5	Ring Gate .....	49
2.7.3.6	Flash Gate .....	50

2.7.3.7 Submarine gate .....	51
2.8 Parting Line .....	52
<b>BAB III PROSES PEMBUATAN GATE</b>	
3.1 Drawing .....	55
3.2 Persiapan Material .....	56
3.3 Proses Milling dan Tap .....	57
3.4 Proses Bubut .....	61
3.5 Proses Hardening .....	63
3.6 Proses EDM .....	65
3.7 Proses Surface Grinding .....	66
3.8 Proses Finishing dan Polishing .....	66
3.9 Assembling .....	68
<b>BAB IV PERMASALAHAN DAN PERHITUGAN</b>	
4.1 Proses produksi .....	69
4.3 Permasalahan dan Alternatif Solusi .....	70
4.3 Desain Gate .....	74
<b>BAB V PENUTUP</b>	
4.3 Kesimpulan .....	83
4.3 Saran .....	84
Daftar Pustaka .....	85
Lampiran	





## DAFTAR TABEL

		Halaman
Tabel 2.1	Rekomendasi penggunaan plastik.....	20
Tabel 4.1	Pareto cacat .....	71
Tabel 4.2	Tren cacat produksi.....	72
Tabel 4.3	Kontribusi produk cacat.....	73

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Struktur Dasar Molekul Polimer .....	11
Gambar 2.2 Rantai Molekul Amorphous .....	14
Gambar 2.3 Rantai Molekul Crystalline .....	14
Gambar 2.4 Perbedaan Property Amorphous dan Crystalline .....	15
Gambar 2.5 Contoh Material berdasarkan struktur Molekul .....	15
Gambar 2.6 Injection Molding Machine .....	25
Gambar 2.7 Charging Process .....	26
Gambar 2.8 Mold Closing .....	26
Gambar 2.9 Barrel Forward .....	27
Gambar 2.10 Cavity Filling Process .....	27
Gambar 2.11 Cooling Process .....	28
Gambar 2.12 Mold Open .....	28
Gambar 2.13 Ejection Process .....	29
Gambar 2.14 Cairan Plastik masuk sebagian dan diteruskan dengan gas .....	30
Gambar 2.15 Gas menahan cairan plastik hingga padat dan dingin .....	30
Gambar 2.16 Material untuk kulit komponen diinjeksikan kedalam cetakan .....	33
Gambar 2.17 Material untuk inti komponen diinjeksikan kedalam cetakan .....	33

Gambar 2.18	Material inti komponen diinjeksikan sampai pengisian selesai .....	34
Gambar 2.19	Pengisian material inti selesai, siap untuk siklus berikutnya.....	34
Gambar 2.20	Fase injeksi cairan kedalam cetakan .....	36
Gambar 2.21	Fase kompresi dengan clamping.....	36
Gambar 2.22a	Proses Casting .....	40
Gambar 2.22b	Proses Potting.....	40
Gambar 2.22c	Proses Encapsulation.....	40
Gambar 2.23	Cavity and Core.....	42
Gambar 2.24	Mold dengan Sprue Gate.....	46
Gambar 2.25	Gate dan Runner.....	47
Gambar 2.26	Mold dengan Pin Point Gate .....	48
Gambar 2.27	Diaprahgm Gate .....	49
Gambar 2.28	Ring Gate .....	50
Gambar 2.29	Flash Gate.....	50
Gambar 2.30	Submarine Gate.....	51
Gambar 2.31	Two Plate Mold.....	52
Gambar 2.32	Three Plate Mold.....	53
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Pembuatan Gate.....	54
Gambar 3.2	Benda Kerja ( cavity block ) dan elektrode.....	55
Gambar 3.3	Dimensi material yang akan dipotong.....	56
Gambar 3.4	Cavity block .....	59

Gambar 3.5	Benda kerja dan alat Tap.....	60
Gambar 3.6	Elektrode ( Tembaga ).....	62
Gambar 3.7	Elektrode dan bentuk Gate .....	66
Gambar 3.8	Macam – macam alat polish.....	68
Gambar 4.1	Diagram alir proses produksi Actuator A06 .....	71
Gambar 4.2	5 Cacat terbesar bulan Juli 2006 .....	72
Gambar 4.3	Tren cacat produksi .....	73
Gambar 4.4	Kontribusi cacat produk .....	74
Gambar 4.5	Spesifikasi produk.....	75
Gambar 4.6	Lay uot runner dan gate.....	76
Gambar 4.7	Desain gate .....	82

## **DAFTAR LAMPIRAN**

- o) Spesifikasi mesin KM 65 / 85
- o) Spesifikasi Dimensional Platen KM 65 / 80
- o) Spesifikasi Dimensional Table KM 40C – KM 150C
- o) Plastik Material Properties and Tolerance Group
- o) Assembling drawing Mold Actuator A06

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Sejalan dengan kemajuan ilmu teknologi dan seiring pula dengan kemajuan industri plastik, maka dituntut adanya efisiensi produksi disemua lini produksi. Hal ini diperlukan agar setiap industri dapat bersaing dengan industri yang lain dalam kondisi perekonomian yang semakin sulit. Setiap industri berusaha menekan segala bentuk pemborosan proses produksi yang terjadi untuk mendapatkan harga produk yang murah dan bisa bersaing dipasaran dimana tidak mengabaikan standart mutu yang ada.

Menekan jumlah cacat produk yang terjadi merupakan salah satu tindakan efisiensi proses produksi yang dilakukan. Tuntutan pelanggan akan pemenuhan kualitas dan kuantitas produk serta pengiriman tepat waktu adalah suatu hal yang harus diantisipasi oleh pemasok barang. Permasalahan – permasalahan yang timbul selama proses produksi berlangsung segera diselesaikan agar perencanaan yang telah disepakati dapat berjalan lancar. Hal ini sangat perlu dilakukan untuk mencapai kepuasan pelanggan.

Permasalahan yang terjadi pada produk Actuator A06, salah satu produk yang dihasilkan pada PT “ X “ , adalah cacat produk dimana prosentase cacat tersebut melebihi kebijakan mutu yang telah ditetapkan yaitu maksimal sebesar 2

%. Permasalahan yang terjadi selama proses produksi berlangsung menimbulkan akibat yang sifatnya berantai yaitu : perubahan parameter proses yang terus menurun, waktu terbang karena perubahan tersebut, banyak raw material terbang, jumlah output yang tidak sesuai yang diharapkan, pengiriman yang tersendat – sendat dan angka *down time* yang tinggi.

Masih banyak industri plastik khususnya yang bergerak dalam bidang injeksi belum menyadari akan pentingnya detail fungsi dari masing – masing bagian cetakan itu sendiri.

## 1.2 Perumusan masalah

Pada tugas akhir ini dibahas pembuatan *gate* pada mould multi cavity dengan *lay out* tertentu sehingga diperoleh keseimbangan shot untuk menghindari terjadinya produk cacat produk ( *reject* ) karena masalah short dan pecah produk.

Proses yang digunakan adalah dengan proses injeksi. Cetakan plastik dioperasikan dengan mesin injeksi dengan kapasitas *Clamping Force 80 ton* dan dijalankan secara otomatis. Material plastik yang digunakan adalah jenis PP RI 10 HC. Sistem pendingin pada cetakan yang digunakan adalah dengan *cooling tower* dengan suhu  $\pm 28^{\circ}\text{C}$ . Ukuran lubang *gate* yang tepat diharapkan membuat seimbang aliran pengisian material plastik kedalam *cavity* sehingga diperoleh kepadatan material yang sama untuk menghindari terjadinya *short* yang mengakibatkan pecah pada produk.

Pembuatan *gate* tersebut dilakukan di bagian Mould Shop dengan menggunakan material K110 dengan kekerasan material 60 HRC sebagai bahan dasar *cavity block* yang mana terdapat lubang *gate*. Proses permesinan yang digunakan adalah dengan menggunakan mesin EDM dimana modeling *gate* digambar terlebih dahulu..

### **1.3 Tujuan Penulisan**

Sasaran yang akan dicapai dalam pembuatan Tugas Akhir ini adalah sebagai penerapan dari disiplin ilmu yang diperoleh dari media pendidikan yaitu Universitas Mercubuana Program Studi Teknik Mesin dan kegiatan yang sebenarnya sebagai tidak lanjut dari analisa penulis terhadap survai dilapangan.

Adapun tujuan penulisan Tugas Akhir ini adalah :

1. Menentukan lubang *gate* yang tepat untuk membuat seimbang aliran pengisian material ke dalam *cavity*.
2. Mendesain bentuk *gate* tersebut.
3. Menurunkan angka cacat produk yang terjadi.

### **1.4 Pembatasan Masalah**

Agar penulisan ini tidak melenceng dari tujuan, maka perlu adanya batasan-batasan masalah yang akan dibahas, sehingga hasil penulisan Tugas Akhir ini lebih terarah dan sesuai dengan tujuan yang direncanakan.

Untuk itu penulis membatasi masalah pada desain dan manufaktur *gate* untuk



komponen cetakan Actuator A06 yang terbuat dari material K110.

## 1.5 Sumber Data

Dalam penyusunan Tugas Akhir ini tidak lepas dari sumber data yang diperlukan, sehingga hasil penulisan karya ilmiah dapat dipertanggung jawabkan. Adapun data yang diperoleh dalam penulisan Tugas Akhir ini dibedakan menjadi dua, yaitu:

### 1.5.1 Metode Observasi

Pengamatan langsung dapat dilakukan dengan cara:

- a. Pengamatan dilapangan untuk memperoleh informasi mengenai data- data yang terkait langsung dengan proses produksi.
- b. Pengamatan langsung pada Mould shop untuk melihat proses pembuatan mould terutama *cavity* dan *gate*.

### 1.5.2 Metode Pustaka

- a. Mata kuliah yang menunjang pelaksanaan pembuatan Tugas Akhir
- b. Bahan pustaka yang menunjang dalam pembuatan Tugas Akhir.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, penulis menggunakan sistematika sebagai berikut :

### **BAB I PENDAHULUAN**

Dalam pendahuluan ini penulis menguraikan tentang latar belakang, alasan penulisan judul, tujuan penulisan, pembatasan masalah, sumber data dan sistematika penulisan.

### **BAB II LANDASAN TEORI**

Dalam bab ini diuraikan tentang dasar – dasar teori yang mendukung dalam penyusunan Tugas Akhir, yang meliputi landasan teori mengenai plastik, cetakan, proses manufakturnya dilengkapi dengan gambar dan tabel. Prinsip dasar proses injeksi dan perhitungan dasar pembuatan dasar pembuatan *cavity* dan *gate* dijelaskan sebagai dasar perhitungan desain.

### **BAB III PROSES PEMBUATAN GATE**

Dalam bab ini akan dibahas mengenai pabrikan *gate*, urutan pembuatan serta keterangan pada tahap – tahap pengerjaan.

## **BAB IV PERMASALAHAN DAN PERHITUNGAN**

Dalam bab ini diuraikan mengenai permasalahan yang terjadi, data – data pendukung dari pareto diagram, gambar produk dan desain *cavity* serta alternatif solusi beserta perhitungan dan desain.

## **BAB V PENUTUP**

Dalam bab ini berisi tentang kesimpulan dan saran.

## **BAB II**

### **TEORI DASAR PLASTIK dan PERENCANAAN CETAKAN**

#### **2.1 Umum**

Plastik merupakan material organik yang terbentuk dari makromolekul dan diolah melalui proses kimia ataupun melalui proses sintesa dari material-material lain. Kata plastik itu sendiri berasal dari plastikos (Yunani) yang berarti dapat dibentuk. Plastik dapat dibentuk, dituang atau digabungkan dengan yang lain dengan relatif mudah. Plastik sendiri dikomersilkan dalam berbagai bentuk yaitu lembaran, pelat, film, gulungan, granulat dan tube dengan berbagai bentuk penampang. Kata Polymer digunakan pertama kali tahun 1866. Polimer-polimer terdahulu dibuat dari material organik alami binatang dan tumbuhan. Dengan bermacam reaksi kimia selulosa dimodifikasi ke dalam asetat selulosa, ini digunakan untuk untuk pembuatan film fotografi, lembar pengemasan, dan fiber tekstil. Selulosa juga diubah ke dalam nitrat selulosa untuk plastik-plastik, bahan peledak, rayon dan varnished. Polimer sintetik pertama yang dibuat manusia adalah phenol-formaldehide, sejenis termoset yang dikembangkan tahun 1906 dan disebut bakelit (adalah nama komersilnya, L.H. Backeland, 1863-1944)

Perkembangan teknologi plastik modern dimulai tahun 1920, ketika bahan mentah diperlukan untuk pembuatan polimer maka bahan tersebut diekstrak dari timah dan minyak bumi. Etilen adalah contoh pertama dari bahan mentah tersebut, dan yang menjadi pembentuk polyethylene block. Etilen adalah produk hasil

reaksi antara acetylen dengan hydrogen, sedangkan acetylen adalah hasil reaksi antara kokas dan metan. Demikian pula dengan Polypropylene, Polyvinylchloride, Polymethyl methacrylate, Polycarbonate dan yang lainnya dibuat dengan cara yang sama. Material-material ini dikenal dengan nama Synthetic organic polymer. Meskipun dalam Polyethylene hanya atom Karbon dan Hidrogen yang terlibat, polimer lainnya dapat dipadukan dengan Klorin, Fluorin, Sulfur, Silikon, Nitrogen dan oksigen. Hasilnya adalah membuat kelebihan-kelebihan lain dari masing-masing Polimer.

Alasan orang menggunakan material plastik sebagai suatu bahan dasar barang / alat adalah :

- mudah dikerjakan atau dibentuk
- tidak menghantarkan listrik
- mampu tarik yang cukup tinggi
- berat jenis rendah
- dll.

Apabila dibandingkan dengan metal, plastik mempunyai keuntungan dan kerugian sbb;

1. Keuntungan
  - a. Ringan
  - b. Ekonomis dalam pengerjaan
  - c. Tahan korosi
  - d. Meredam getaran

- e. Penghantar panas yang rendah
  - f. Permukaan / tampilan yang lebih baik. Dapat didaur ulang (Kecuali jenis termosett) . Bentuk rumit dapat dimanufaktur
2. Kerugian
- a. Kekuatan rendah
  - b. Tahan panas rendah
  - c. Dimensi yang tidak Stabil
  - d. Mudah terjadi perubahan sifat.
  - e. Sulit perbaikan.
  - f. Lebih cocok untuk produksi massal
  - g. Untuk beberapa jenis polimer masih mahal.

## **2.2 Struktur Polimer**

Kebanyakan kelebihan dan kekurangan polimer tergantung dari besarnya struktur dari molekul polimer secara individu, bentuk dan ukuran polimer dan bagaimana cara mereka terbentuk. Karakteristik dari molekul polimer ditentukan oleh ukuran, feature yang membedakannya dari komposisi kimia organik lainnya. Polimer adalah rantai molekul yang panjang, juga disebut macromolecules atau molekul raksasa, yang mana dibentuk oleh polimerisasi, dengan kata lain dengan saling berkait dan crosslinking dari monomer yang berbeda. Monomer adalah balok bangunan dasar dari sebuah polimer. Kata ini berasal dari Yunani meros artinya bagian, mengindikasikan unit terkecil.

Polimer berarti banyak mer atau unit-unit, umumnya adalah pengulangan dari ratusan atau ribuan kali struktur seperti rantai. Kebanyakan Monomer adalah material organik yang mana atom Karbon digabungkan dalam ikatan covalent dengan atom-atom lain, seperti Hidrogen, Oksigen, Nitrogen, Florin, Klorin, Silikon dan Sulfur.

Untuk membentuk ikatan makromolekul dari setiap molekul bahan Thermoplastik dilakukan dengan tiga cara, yaitu :

a. Polymerisasi:

Menyatukan beberapa molekul yang serupa membentuk molekul besar Polymerisate. Monomers dalam polimer dapat diikat dalam pengulangan unit-unit yang memperpanjang dan memperbesar molekul-molekul dengan sebuah reaksi kimia yang dikenal sebagai reaksi polimerisasi. Meskipun banyak variasi, dua proses dasarnya adalah Condensation polymer dan Polyaddition.

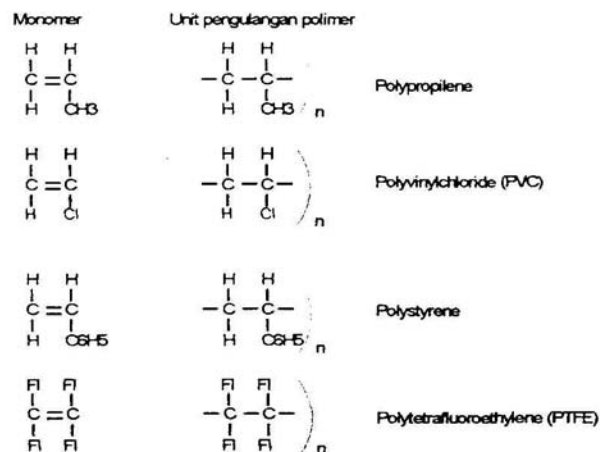
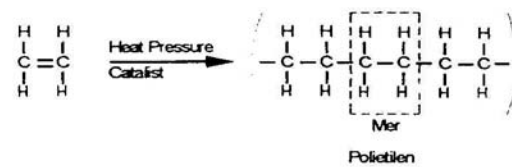
b. Polykondensasi;

Ikatan beberapa molekul untuk membentuk makromolekul yang besar melalui proses pemisahan salah satu atom untuk mengikat molekul kecil dari air. Dari proses tersebut terbentuk suatu bahan yang disebut Polykondensat

c. Polyaddition;

Yaitu penyatuan beberapa molekul dasar melalui penempatan beberapa molekul tanpa terjadi pemisahan dari bagian yang tidak tetap . Bahan yang terbentuk disebut "Polyadduct". Dalam reaksi ini inisiator ditambahkan

untuk membuka dua ikatan antara atom-atom karbon dan memulai proses ikatan dengan penambahan monomer lebih banyak untuk membangun rantai. Sebagai contoh monomer Etilen berikatan untuk menghasilkan polimer yang dikenal dengan Polietilen .



Gambar 2.1 Struktur dasar molekul polimer [3]

Jumlah berat molekul pada mer-mer dalam rantai polimer adalah berat molekuler dari polimer. Makin tinggi berat molekuler dalam sebuah polimer yang diberikan, makin besar panjang rantainya. Karena polimerisasi adalah sebuah peristiwa acak, rantai polimer yang dihasilkan tidak semuanya sama panjang, tapi panjang rantai yang dihasilkan terbentuk dalam sebuah kurva



distribusi tradisional. Kami tentukan dan mengekspresikan rata-rata berat molekuler sebuah polimer pada sebuah basis statistik dengan averaging. Penyebaran distribusi berat molekuler disebut sebagai distribusi berat molekuler ( MWD ). Berat molekuler dan MWD mempunyai pengaruh yang kuat pada properti polimer. Sebagai contoh, kekuatan patah dan tumbuk, ketahanan terhadap keretakan, dan viskositas dalam keadaan cair semua bertambah dengan pertambahan berat molekuler. Kebanyakan polimer yang diperdagangkan mempunyai berat molekuler antara 10.000 Dan 10.000.000.

Pada beberapa kasus, lebih mudah menjabarkan ukuran sebuah rantai polimer dalam Derajat Polimerisasi ( DP ), didefinisikan sebagai perbandingan berat molekuler polimer dengan berat molekuler unit pengulangan. Sebagai contoh, Polyvinyl chloride ( PVC) memiliki berat mer 62.5, maka DP PVC yang mempunyai sebuah berat molekuler 50.000 akan menjadi  $50.000 / 62.5 = 800$ . Pada proses polimerisasi, makin tinggi DP, makin besar viskositas polimer, atau tahanan alir, maka akhirnya mempermudah pembentukan dan keseluruhan biaya.

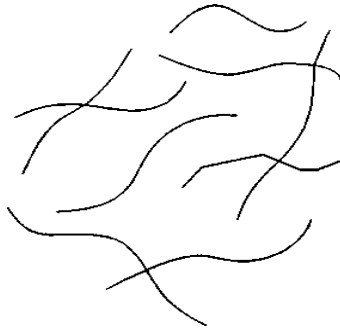
Selama polimerisasi monomer terikat bersama dalam sebuah ikatan kovalen, membentuk sebuah rantai polimer. Karena kekuatannya, ikatan kovalen disebut juga Primary Bonds. Selain itu rantai polimer berpegangan dengan ikatan sekunder seperti ikatan van der Waals, ikatan hydrogen dan ikatan ionic. Ikatan sekunder lebih lemah daripada ikatan primer. Dalam sebuah polimer, pertambahan kekuatan dan viskositas dengan berat molecular

menjadi bagian dari kenyataan bahwa semakin panjang rantai polimer, maka makin besar energi yang dibutuhkan sehingga ikatan sekunder diperlukan.

Jika unit-unit pengulangan rantai polimer adalah dalam tipe yang sama, kita sebut molekul homopolimer. Bagaimanapun dua atau tiga tipe monomer yang berat dapat dikombinasikan untuk mendapat keunggulan karakteristik khusus, seperti memperbaiki kekuatan dan ketahanan. Copolymer terdiri dari dua tipe polimer seperti Styrene-butadine, banyak digunakan untuk ban mobil. Terpolimer terdiri dari tiga tipe seperti ABS digunakan untuk helm, telepon.

### **2.3 Thermoplastik**

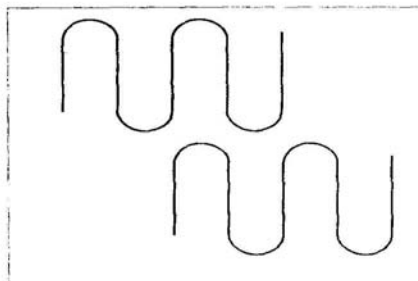
Dua katagori utama material Termoplastik adalah amorphous dan Crystalline. Sementara beberapa material tergolong dalam katagori lain dan beberapa material adalah kombinasi keduanya. Polimer-polimer seperti Polymethylmethacrylate, Polycarbonate dan Polystyrene adalah amorphous yaitu rantai-rantai polimer dengan struktur rantai molekul yang acak dan menjadi aktif bergerak dalam rentang temperatur yang lebar. Artinya bahwa material ini tidak disebut cair tetapi lebih tepat dikatakan melunak. Dan material ini mulai melunak begitu pemanasan dilakukan. Makin lama makin lunak seiring dengan panas yang diserapnya, sampai akhirnya menyerap panas yang banyak dan akhirnya disebut "mencair".



Gambar 2.2 Rantai Molekul Amorphous<sup>[3]</sup>

Polimer Amorphous tidak mempunyai titik leleh spesifik. Pada temperatur rendah mereka keras, padat, getas dan kilap, pada temperatur tinggi seperti karet atau kulit. Temperatur ketika transisi terjadi disebut Glass-Transition Temperature (  $T_g$ ), disebut juga Point glass atau Glass temperatur.

Dalam Crystalline material, struktur rantai molekulnya teratur dan menjadi aktif bergerak hanya setelah material tersebut dipanaskan sampai titik lelehnya. Artinya material-material ini tidak melewati fase melunak, tetapi tetap padat sampai dipanaskan pada suhu tertentu dan seketika itu juga material tersebut mencair.



Gambar 2.3 Rantai Molekul Cristaline<sup>[3]</sup>

Amorphous	Crystalline
* Bersih	* Buram
* Penyusutan rendah	* Penyusutan tinggi
* Melunak	* Meleleh
* Daya tumbuk tinggi	* Daya tumbuk rendah
* Kurang tahan bahan kimia	* Tahan bahan kimia

Gambar 2.4 Perbedaan *property* Amorphous dan Crystalline

Amorphous	Crystalline
* ABS	* Acetal
* Acrylic	* Nylon
* Polyamide	* Polyester (PBT)
* Polyacrylate	* Polyethylene
* Polycarbonate	* Polyethyleneterephthalate (PET)
* Polystyrene	* Polypropylene
* Polyurethane	* Polyvinylchloride (PVC)

Gambar 2.5 Contoh material berdasarkan struktur molekul <sup>[3]</sup>

Untuk memperbaiki sifat getas dari amorphous dibawah glass transition temperature nya kita dapat mencampurnya dengan sedikit elastomer. Elastomer ini dikenal sebagai polimer-polimer yang dimodifikasi menjadi karet. Beberapa contoh dari elastomer adalah *Acrylates*, *Butyls*, *Fluorosilicon*, *Fuorocarbons* *Polyurethane* *Polysulfids*.

Kemampuan plastik untuk kembali ke struktur asalnya setelah dipanaskan kemudian melunak atau meleleh dengan kata lain prosesnya *reversible* disebut *Thermoplastic*. Jika kita naikkan temperatur diatas Tg-nya pertama menjadi seperti kulit kemudian seperti karet seiring dengan penambahan temperatur. akhirnya pada temperatur diatas titik lelehnya pada *Crystalline* menjadi cairan viskos dengan viskositas makin berkurang seiring dengan naiknya temperatur. Pada tahap cairan menyerupai es krim plastik dapat dibentuk . Karena sifatnya yang dapat didaur ulang maka plastik dapat dibentuk hingga beberapa kali, tetapi pengulangan pemanasan dan pendinginan menyebabkan pengurangan kualitas dari plastik tersebut.

Ketika Termoplastik terdeformasi atau tertarik, proses ini disebut orientasi. Seperti halnya pada metal polimer menjadi anisotropik. Spesimen menjadi lebih kuat dan pejal dalam arah tarikan daripada arah melintang. Hal penting lainnya adalah kemampuan polimer menyerap air. Air membuat plastik menjadi lebih plastis. Dengan penambahan kelembapan, *Glasstransition Temperature*, tegangan dan modulus elastisitas menjadi lebih rendah. Perubahan dimensi juga terjadi akibat kelembapan lingkungan.

Contoh beberapa jenis termoplastik dengan karakteristiknya.

- Poly Vinyl Chlorid ( PVC )

Sifat material :

a. Hard PVC

Thermoplastik, keras, kaku, transparan, mampu pengelasan dan pengeleman. Tahan terhadap oli, asam, basa, alcohol, tetapi kurang tahan terhadap bahan pelarut seperti aseton, benzol, ester, tahan suhu sampai dengan 80°C.

b. Soft PVC

Sangat dipengaruhi oleh jumlah material pelunak yang diberikan yaitu kelunakan yang terjadi dari seperti karet menjadi seperti kulit. Liat, tahan retak, mampu digunakan sampai suhu 80°C, sedangkan ketahanan terhadap larutan kimia dibawah hard PVC.

- Poly Styrol ( PS )

Thermoplastik, seperti gelas, mudah diberi warna, pada suhu kamar relatif keras dan kaku. Tidak berbau dan mudah terbakar, tahan terhadap air, asam, basa, alcohol, oli tetapi larut dalam benzol, bensin, aseton, eter. Bisa dilem dan dilas.

- Poly Methyl Metha Crylat ( PMMA )

Thermoplastik, keras, rapuh, tahan goresan, tampak seperti gelas, tembus cahaya, tahan pakai, ringan, mudah diberi warna, tidak berbau, tahan terhadap asam ringan, basa, bensin dan oli tetapi tidak tahan terhadap zat pelarut.

- Poly Ethilen ( PE )

Thermoplastik, bahan lunak, liat, mampu kerja sampai  $-40^{\circ}\text{C}$ , daya serap air rendah, tahan terhadap asam, basa, bahan pelarut, alkohol, bensin, air, oli, tetapi tidak tahan HClO dan mudah terbakar.

- Polyamide ( PA )

Nama pasaran adalah Nylon, sifat Thermoplastik, ulet pada kelembapan 2% -3%, keras, rapuh dan kaku pada keadaan kering. Warna kekuningan, tidak tembus cahaya dan mudah diberi warna. Mampu dilas dan dilem juga mampu bekerja pada  $-40^{\circ}\text{C}$  -  $110^{\circ}\text{C}$ .

- Polycarbonate ( PC )

Thermoplastik, seperti gelas, mampu pukul, mampu permesinan tinggi, bentuk tidak berubah sampai dipanaskan pada suhu  $135^{\circ}\text{C}$ , tidak mudah terbakar, tahan terhadap asam lunak ( tidak pekat ), oli, bensin dan alkohol, tidak tahan terhadap alkali dan bahan pelarut.

- Silicone (Si)

Tahan panas, mempunyai sifat fisik dan kimia yang sangat baik, tahan air, mampu digunakan pada suhu  $-90^{\circ}\text{C}$  -  $250^{\circ}\text{C}$ , bahan isolasi, bahan pematat untuk pembebanan tinggi pada daerah lembab.

- Polyurethane ( PUR )

Merupakan Elastomere, elastis seperti karet, tahan gosok, tahan gores, bisa digunakan pada suhu  $-30^{\circ}\text{C}$  -  $80^{\circ}\text{C}$ , tahan terhadap oli, bahan bakar, tidak tahan asam, basa, bahan pelarut, air panas dan mudah terbakar.

- Epoxydeharze

Elastomere, warna terang sampai kuning emas, keras dan mudah dikerjakan dengan permesinan, tahan terhadap perubahan cuaca dan bisa dipergunakan sampai 110°C, pengisolir listrik yang tinggi, tahan asam lunak, basa alkohol, oli, bahan pelarut, larut dalam aseton dan mudah terbakar.



Berikut adalah rekomendasi penggunaan jenis-jenis plastik untuk berbagai aplikasi.

Tabel 2.1 Rekomendasi penggunaan Plastik <sup>[4]</sup>

<b>Design Requirement</b>	<b>Applications</b>	<b>Plastics</b>
Mechanical strenght	Gear, cams, rollers, valves fan blades, impellers, pistons.	Acetal, nylon, phenolic, polycarbonate.
Functional and decorative	Handles, Knobs, Camera and Battery case Pipa fittings.	ABS, Acrylics, Phenolic, PE, PP, PS, PVC.
Housing and hollows shapes	Power tools, pumps, housings, sport helmets, telephone case.	ABS, Phenolic, PC, PE, PP
Functional and transparant	Lenses, Gogles, safety glazing, signs food processing equipment, laboratory Hardware	PS, Acrylis, PC, PS
Wear resistance	Gears, wear strips and liners, bearings, bushings, roller skate wheels	Acetal, Nylon, Phenolic, PA, PUI.

## 2.4 Thermosetting

Ketika rantai panjang molekul dalam polimer berkaitan dengan berseberangan (*cross-linked*) dalam aturan 3 dimensi, struktur menjadi satu molekul besar dengan ikatan kovalen yang kuat. Dikarenakan selama polimerisasi jaringan dilengkapi dan bentukan struktur menjadi permanen dan tidak bisa kembali ke bentuk asal (*irreversible*) maka disebut Thermosetting.

Thermosetting polimer tidak mempunyai glass transition temperature yang spesifik. Proses polimerisasi thermosett umumnya dibagi menjadi dua tahap. Tahap pertama adalah molekul-molekul polimer terpisah kedalam rantai-rantai linier. Tahap kedua adalah terjadi cross linking dengan panas dan tekanan pada proses molding.

Karena sifat alami ikatannya, kekuatan dan kekerasan dari thermosett tidak seperti thermoplastic, yaitu tidak terpengaruh oleh temperatur dan deformasi. Salah satu tipe thermosett adalah *Phenolic*, yang mana adalah hasil dari reaksi antara Phenol dan Formaldehide. Karakteristik umum dari thermoset adalah sifat mekanik yang lebih baik, tahan panas, tahan bahan kimia, tahan elektrik dan kestabilan dimensi yang lebih baik. Tetapi bila temperatur naik tinggi, thermosetting polimer akan terbakar, dan hangus.

Beberapa contoh polimer thermosett adalah sebagai berikut:

- a. Alkyds

Merupakan campuran dari alkohol dan Acid, mempunyai kelebihan isolator listrik yang sangat baik, tahan tumbuk dan kestabilan dimensi serta daya serap air yang rendah.

b. Aminos

Merupakan urea dan melamin yang mempunyai kelebihan tergantung pada komposisinya. Umumnya amino keras dan padat, tahan terhadap abrasi dan tahan gores. Digunakan biasanya pada perabot rumah, toilet duduk, pegangan dan box-box makan.

c. Epoxy

Mempunyai sifat mekanis dan elektrik yang sangat baik, kestabilan dimensi, perekat yang kuat dan tahan panas dan bahan kimia. Aplikasinya adalah untuk komponen elektronik yang memerlukan kekuatan mekanik dan insulator yang baik..

d. Phenolics

Meskipun rapuh dan getas kelebihan lainnya adalah dimensi yang stabil, ketahanan terhadap panas yang tinggi, air, elektrik dan bahan kimia. Biasa dipakai untuk pegangan, panel-panel, telepon, bahan lem untuk batu gerinda, komponen elektronik, konektor.

e. Polyester

Mempunyai sifat mekanis yang baik, tahan panas dan tahan bahan kimia. Biasa dipakai untuk perahu boat, kursi-kursi, bodi automotif.

f. Polyamides

Sifat mekanis yang baik, tahan gores, friksi yang rendah, sifat elektrik

yang sangat baik. Biasa dipakai untuk seal, katup-katup, piston ring, part-part aerospace, konektor tegangan tinggi dan peralatan safety.

g. Silicones

Sifat umumnya adalah sifat elektrik yang baik, tahan panas dan bahan kimia. Biasa dipakai untuk gasket, seal, material-material tahan air.

## **2.5 Additives**

Untuk meningkatkan salah satu sifat dari suatu polimer, biasanya polimer akan dicampurkan dengan suatu bahan yang disebut additives. Fungsi additive ini adalah untuk memodifikasi atau memperbaiki sifat tertentu sesuai dengan keinginan si pengguna, seperti kekuatannya, warna, tahan air, tahan panas, tahan listrik dan lain-lain.

Fillers adalah salah satu additive untuk memperbaiki kekuatan, kekerasan, tahan abrasi, kestabilan dimensi. Plastisizers adalah additive untuk menambah fleksibilitas dan tingkat lunaknya polimer dengan menurunkan glass transition temperaturnya. Additive ini mempunyai *molekuler Weight* yang rendah dengan daya campur tinggi. Kekuatan ikatan sekunder dikurangi sehingga membuat polimer lunak dan fleksibel. Biasa digunakan pada PVC, lembaran tipis, film, silinder-silinder.

Kebanyakan polimer dipengaruhi oleh sinar ultraviolet (sinar matahari) dan oksigen dimana pengaruh ini akan melemahkan ikatan utama polimer. Additive yang dipakai adalah Carbon Black ( soot ). Additive ini

menyerap prosentase radiasi ultraviolet yang tinggi. Caranya adalah dengan menambah antioxidant polimer.

Banyaknya variasi warna yang dibutuhkan dalam plastik dibutuhkan additive Colorant ( pewarna ). Material ini adalah organik ( Dyes ) dan anorganik ( pigments ). Pemilihan colorant tergantung dari temperatur dan cahaya dimana Pigmen-pigmen tersebar pada polimer.

Additive lain adalah untuk tahan panas yaitu flame retardants. Additive ini mengurangi *Flammability* dari polimer tersebut. Ketika temperatur tinggi kebanyakan polimer mulai terbakar, kemampuan terbakar ini tergantung dari komposisi masing-masing polimer. Contoh additive ini adalah *Chlorine Compound*, *Bromine* dan *Phosphorus*.

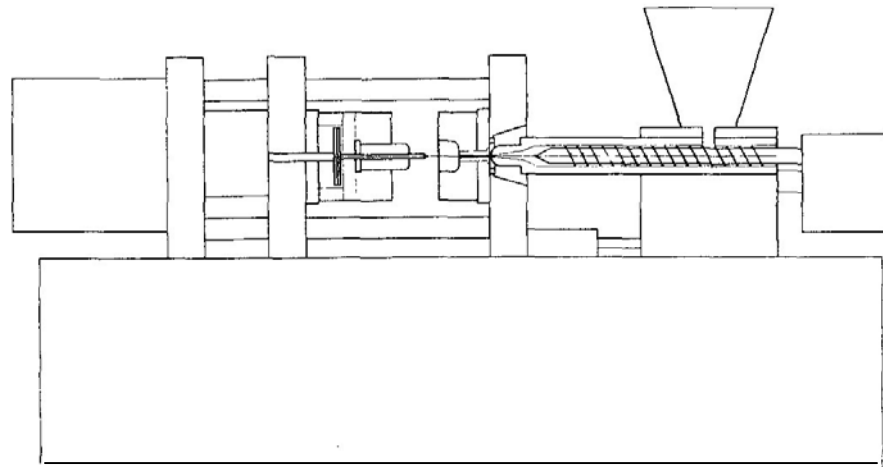
*Lubricants* dapat ditambahkan pada polimer untuk mengurangi gesekan selama proses manufaktur. Kegunaan lain adalah menghindari produk menempel pada cetakannya. Dapat juga sebagai pencegah saling menempelnya polimer pada polimer-polimer tipis seperti lapisan film.

## 2.6 Proses Manufaktur Plastik

### 2.6.1 Pembentukan dengan proses Injeksi

Proses ini adalah proses dengan cara yaitu mencairkan biji plastik dengan panas dan mengalirkan cairan tersebut ke dalam cetakan tertutup. Kemudian

material didinginkan dan memadat membentuk produk sesuai dengan cetaknya. Kemudian plastik yang telah terbentuk tersebut dikeluarkan dari cavitynya dengan proses *ejection*.

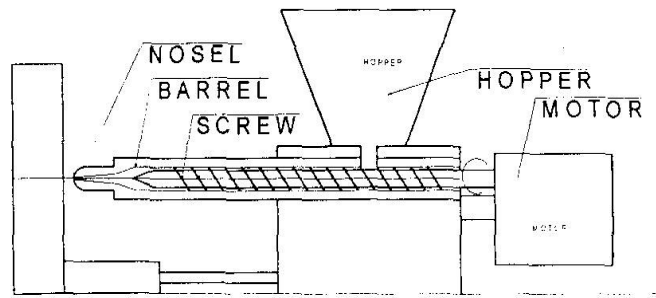


Gambar 2.6 Injection Molding machine <sup>[6]</sup>

Urutan proses detailnya adalah sbb:

*a. Charging*

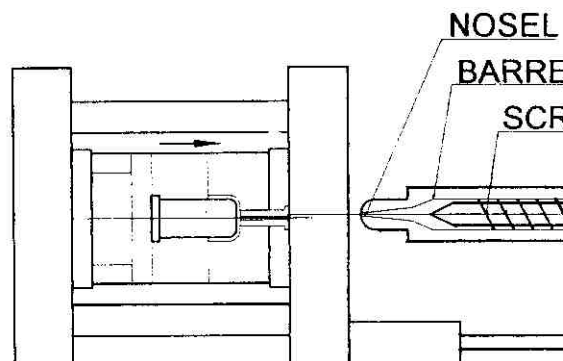
Butiran bahan plastik yang ditampung dalam hopper karena gravitasi akan jatuh dan turun menuju silinder injeksi. Didalam silinder inilah butiran plastik tersebut dipanaskan baik melalui heater pemanas ataupun karena proses screw yang berputar. Dengan terisinya nosel oleh bahan plastik maka spindle ulir akan terdorong kebelakang sambil berputar hingga suatu posisi yang telah kita set sesuai dengan volume produk yang akan di cetak.



Gambar 2.7 *Charging Process* <sup>[6]</sup>

b. Mould Closing

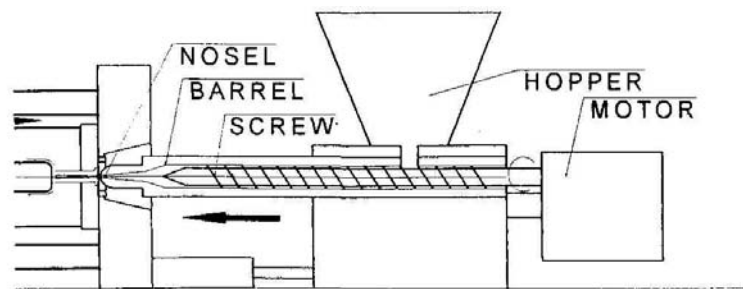
Langkah ini adalah menutupnya cetakan plastik dengan bergeraknya plat bergerak ke arah plat tetap. Tekanan yang terjadi antara belahan cetakan plastik adalah tekanan maksimum plat bergerak menutup cetakan hingga posisi mengunci. Proses tersebut disebut *Clamping Force*. Kapasitas sebuah mesin injeksi diidentifikasi dengan kemampuan tekanan maksimum (*Clamping Force*).



Gambar 2.8 *Mould Closing* <sup>[6]</sup>

c. Barrel Forward [3]

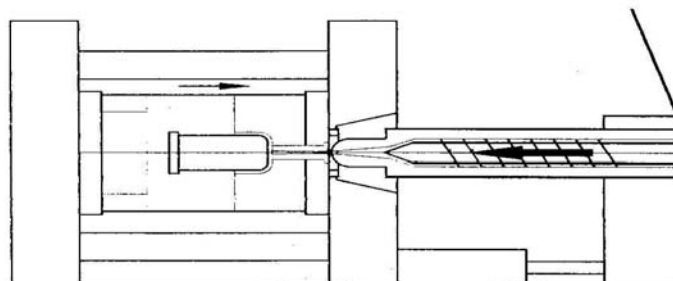
Adalah langkah Bergeraknya silinder injeksi ke arah cetakan plastik hingga mulut nozel menyentuh sprue dengan tekanan tertentu. Gerakan ini berlangsung setelah langkah *clamping* dan umumnya secara hidrolis.



Gambar 2.9 Barrel Forward [6]

d. Cavity filling

Langkah berikutnya adalah pengisian cavity. Cairan plastik yang siap dibentuk didorong oleh screw (poros berulir khusus) ke dalam cetakan. Dalam tahap ini plastik mengalami beberapa fase, yaitu *filling*, *packing*, dan *holding*.

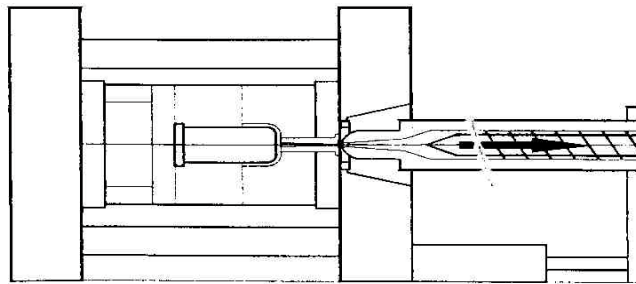


Gambar 2.10 Cavity filling process[6]



e. Cooling

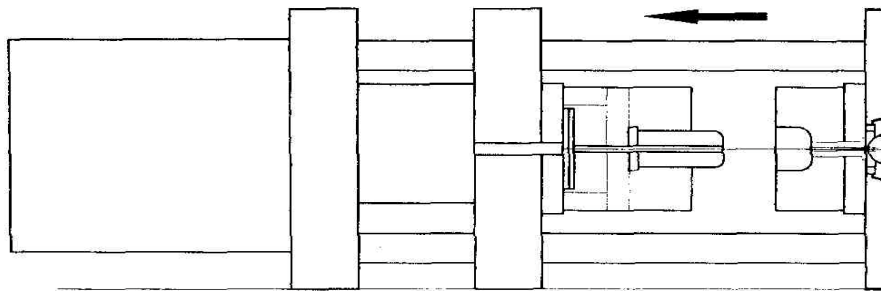
Setelah rongga-rongga cetakan terisi penuh tahap selanjutnya adalah mendinginkan cairan plastik tersebut sampai padat. Proses ini diikuti oleh kembalinya screw tsb ke posisi semula.



Gambar 2.11 Cooling Process [6]

f. Mould open

Langkah selanjutnya adalah membukanya cetakan.

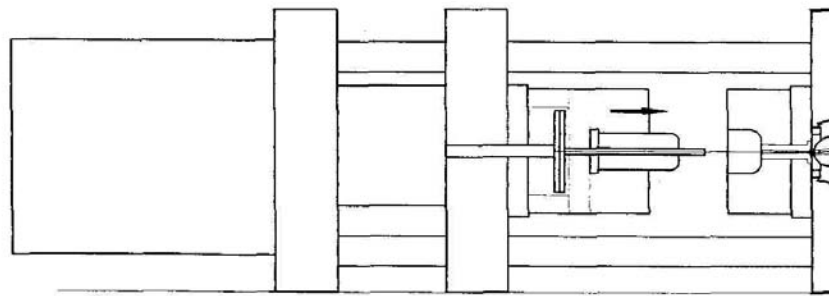


Gambar 2.12 Mold Open[3] gr. Ejection

g. Ejection

Langkah ini adalah Bergeraknya pendorong yang pada umumnya berada di

tengah pelat bergerak dan mendorong sistem ejector pada cetakan plastik. Ini merupakan langkah terakhir dari siklus proses injeksi.



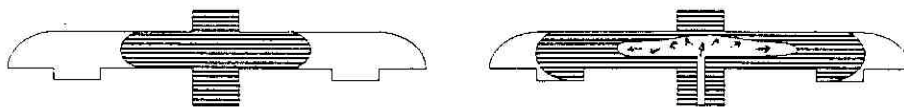
Gambar 2.13 Ejection Process [6]

#### 2.6.1.1 Gas Assisted Injection Moulding

Proses ini tergolong baru dimana proses ini membuat desain dan manufaktur dari produk lebih *fleksibel*. Proses ini merupakan modifikasi dari proses injeksi molding konvensional. Proses ini juga dapat mengurangi surface finishing, berat produk dan *cycle time* yang relatif lebih cepat. Gas yang diaplikasikan pada proses ini dapat menghasilkan produk yang kuat, hampir bebas tegangan dan relatif permukaan produk baik. Tuntutan *clamping force* juga tidak sebesar pada Injection Moulding. Aplikasi produk yang digunakan adalah otomotif, mesin bisnis, produk konsumen. Tetapi proses ini lebih sulit dalam pengontrolan proses, khususnya dalam *multicavity tools*.

Urutan prosesnya adalah proses dimulai sama dengan proses injeksi konvensional dimana cairan plastik panas diinjeksi masuk kedalam cetakan.

Saluran gas berlaku sebagai runner internal untuk mengisi cavity dengan udara. Tetapi volume cairan plastik yang diinjeksikan tersebut hanya sedikit saja (lebih kecil dari volume produk yang akan dibuat ), kemudian gas akan dikompres masuk ke dalam inti cairan plastik di dalam cavity.



Gambar 2.14 Cairan plastik masuk sebagian dan diteruskan dengan gas<sup>[7]</sup>

Kompresi gas tersebut akan meneruskan plastik mengisi seluruh ruang cavity. Kemudian setelah fase filling selesai dilanjutkan dengan fase holding dengan cara menahan gas tersebut beberapa saat. Setelah produk dingin maka gas dikeluarkan melalui vent ataupun dengan pelepasan sprue. Proses dilanjutkan dengan proses injeksi.



Gambar 2.15 Gas menahan cairan plastik hingga padat dan dingin [7]

### 2.6.1.2 Struktural Foam Moulding

Structural foam molding adalah versi modifikasi injecion molding

konvensional di mana produk plastik terdiri dari permukaan kulit luar yang padat yang mengelilingi bagian dalam ( foam ). Proses ini cocok untuk produksi dalam skala besar, produknya relatif tebal. Foam core yang dihasilkan dari proses ini cocok untuk aplikasi-aplikasi bending. Jika bagian kulit mempunyai kekuatan tarik yang paling tinggi dan tegangan yang kompresif, maka aksis netral bekerja pada bagian yang lebih lemah pada inner foam. Proses ini menawarkan sejumlah keuntungan dari proses manufaktur karena mampu memproduksi produk-produk yang kompleks dan mempunyai tegangan dalam yang rendah sehingga kecenderungan untuk bending atau terdistorsi berkurang. Kemudian *clamping force* yang dituntut dari proses ini lebih rendah dari proses injection molding konvensional. Proses ini banyak digunakan untuk produksi plastik berukuran besar seperti *housing* mesin, *chasis*, *housing* computer, bin-bin penyimpanan, palet dan lain -lain.

Polimer-polimer yang sering digunakan untuk proses ini adalah HOPE, PP, ABS dan PC. Resin yang digunakan pada *Low Pressure* yang diaplikasikan pada proses ini terdiri dari sejumlah kecil blowing atau foaming agent, jenis ini Chemical Blowing Agent ( CBA ) temperatur dekomposisi yang mendekati temperatur proses resin. Selama proses CBA ini terdekomposisi dalam volume gas yang besar sebagai awal proses foaming. Kemudian short shot diinjeksikan kedalam cavity. Kulit terbentuk ketika gas yang dekat permukaan collaps karena tekanan dengan permukaan mold. Selanjutnya gas yang menyebar menekan short shot untuk melengkapi pengisian cavity. Setelah mengisi gas terus menekan dengan seragam ke segala arah, menekan kulit padat pada permukaan mold,

dengan efektif juga menghilangkan sink mark. Dibandingkan dengan proses injeksi konvensional, tegangan penyusutan dan pelentingan banyak berkurang karena tekanan pada cavity relatif seragam. Sebelum proses ejection dimulai produk harus dipastikan dingin dan padat.

Selain keuntungan-keuntungan yang disebutkan diatas ada sejumlah kerugian jika dibandingkan dengan proses injeksi molding konvensional, yaitu karena ketebalan dinding yang dibuat maka *cycle time* yang dicapai semakin lama, konsumsi material juga menjadi semakin banyak. Untuk jenis proses ini lebih baik menempatkan posisi *gate* pada bagian yang paling tipis, ini untuk mempermudah pengisian bagian yang tebal pada cavity. Tidak seperti pada proses injeksi molding konvensional pematatan premature pada bagian yang tipis antara bagian yang lebih tebal dan *gate* tidak terjadi.

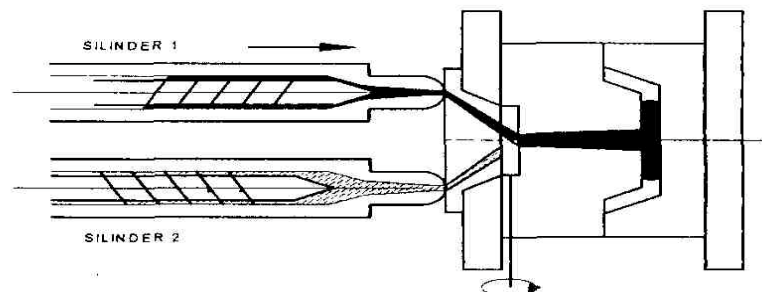
### **2.6.1.3 Co-Injection Molding**

Teknologi ini sangat khusus dan memerlukan mesin injeksi molding yang khusus. Disamping kelebihanannya mesin ini juga mempunyai keterbatasan-keterbatasan penggunaan. Semua proses co-injection dilengkapi dengan dua atau lebih unit screw injection, masing-masing screw menginjeksikan material yang berbeda ( warna, *grade*, dll ). Sebagai contoh produksi untuk multiwarna lensa otomotif, tombol komputer.

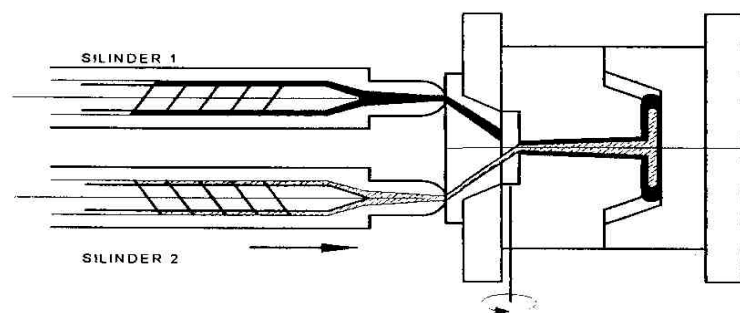
Proses dimulai dengan injeksi untuk kulit komponen. Beberapa saat setelah itu cairan lain sebagai inti komponen diinjeksikan. Ini adalah permulaan

periode injeksi yang simultan. Selama pengisian ada beberapa tahap yaitu, Injeksi kulit selesai dan inti injeksi berlanjut sampai fase pengisian selesai. Struktur inti lapisan kulit dipertahankan selama pengisian karena pada kenyataannya aliran yang melalui *system feed* dan *cavity* adalah laminar . Ini untuk menghindari saling campur antara lapisan satu dengan yang lain, dan hasilnya adalah pemisahan satu material dengan yang lain.

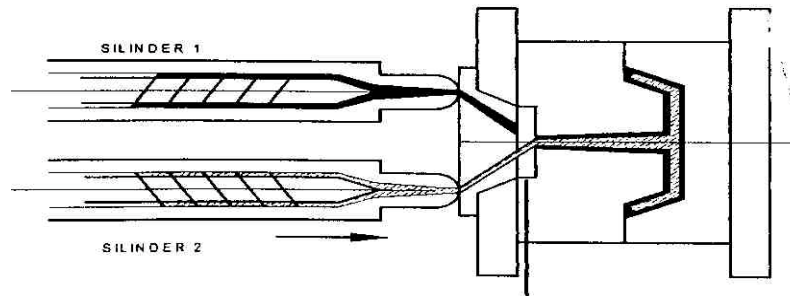
Material lapisan kulit dipilih berdasarkan pertimbangan warna, kualitas permukaan, tahan abrasi, tahan bahan kimia, karakteristik gesekan. Sementara itu untuk bagian inti biasanya dipakai bahan kimia *blown foam* atau yang dapat padat, biasanya kestabilan dimensi atau material *reinforced*.



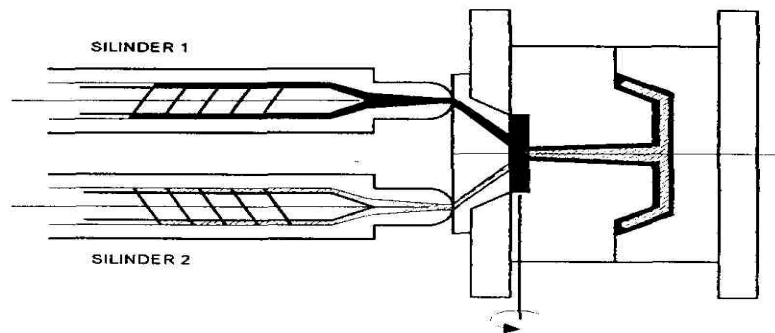
Gambar 2.16 Material untuk kulit komponen diinjeksikan ke dalam cetakan[5]



Gambar 2.17 material untuk inti komponen diinjeksikan kedalam cetakan [5]



Gambar 2.18 material inti komponen diinjeksikan sampai pengisian selesai <sup>[5]</sup>



Gambar 2.19 Pengisian material inti selesai, siap untuk siklus berikutnya <sup>[5]</sup>

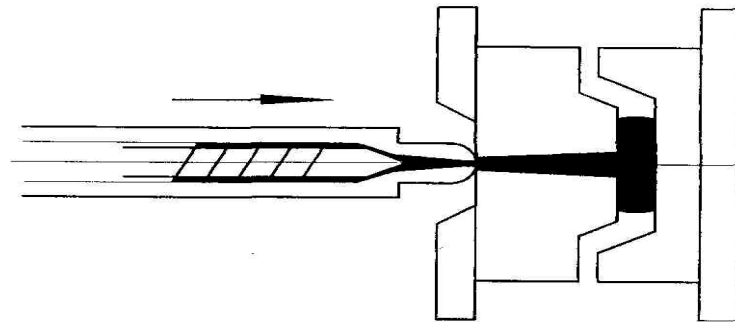
#### 2.6.1.4 Injection Compression Moulding

Keuntungan jenis proses ini adalah kemampuannya untuk memproduksi barang dengan kestabilan dimensi yang baik, tegangan pada mold relatif kecil pada tonase clamping yang kecil. Proses ini sangat berguna untuk produk-produk tipis dimana secara signifikan panjang aliran dapat dicapai serta tegangan dalam bisa dikurangi sehingga mengurangi problem lenting. Pengurangan tegangan ini sangat ideal untuk memproduksi barang-barang optik dan lensa.

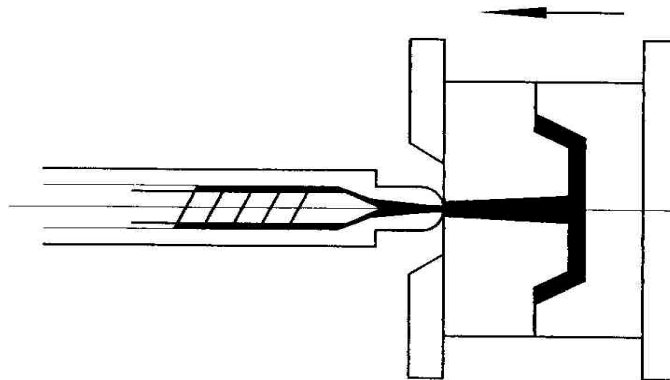
Dasar proses ini adalah perpanjangan dari proses injeksi moulding konvensional, dan dalam konsep hampir mirip dengan transfer moulding proses dimana volume cairan plastik dimasukkan kedalam cavity yang sedikit terbuka kemudian dikompres. Proses dimulai dengan penentuan awal volume cairan plastik yang akan dimasukkan kedalam mould cavity yang terbuka. Celah antara cavity dan Core biasanya adalah dua kali dari ketebalan dinding produk. Tebalnya celah meminimasi drop pada tekanan pengisian mold dan injection rate yang lebih cepat dapat digunakan. Setelah injeksi *clamping* diaktifkan dan mold ditutup. Aksi ini membuat cairan terdorong kearah bagian cavity yang belum terisi cairan. Sisi dari tooling harus baik untuk mencegah cairan yang dikompresi keluar dari cavity. Urutan proses Injeksi-Kompresi adalah sama, kecuali pada fase kompresi dipicu lebih cepat dalam siklus injeksi jadi porsi fase Injeksi-kompresi terjadi berurutan. Kedua langkah tersebut selesai ketika screw mencapai titik *cushion* yang diinginkan.

Proses ini diaplikasikan pada manufaktur disk media optik dan penutup roda otomotif.





Gambar 2.20 Fase injeksi cairan ke dalam cetakan <sup>[5]</sup>



Gambar 2.21 Fase kompresi dengan claming <sup>[5]</sup>

## 2.6.2 Blow Moulding

Proses ini adalah modifikasi dari proses ekstrusi dan Injeksi moulding. Dalam Extrusion blow moulding, Sebuah tube dihasilkan dari ekstruder kemudian dijepit ke dalam cetakan ( mould) dengan cavity yang lebih besar daripada tube diameter. Kemudian angin ditiupkan untuk mengisi cavity. Proses peniupan biasanya dengan air blast dengan tekanan 50-100 psi. Dalam operasinya proses

extrusi berkelanjutan dengan mould tertutup mengelilingi tube, kedua sisi atas dan bawah tertutup. Kemudian setelah produk dingin dilakukan proses pengeluaran produk dengan cara ejection. Pipa dan tube-tube dibuat dengan *continuous blow moulding*, dimana pipa atau tube diulur dan ditiupkan didalam mold.

Dalam Injection Blow Moulding, Sebuah tube pendek ( parison ) dihasilkan. Dies kemudian terbuka dan parison tersebut ditransfer kedalam blow moulding die. Udara panas diinjeksikan kedalam parison, dengan menyebar dan mengisi cavity. Jenis-jenis produk ini adalah botol-botol dan kontainer-kontainer.

Dalam multilayer blow molding digunakan coextruder tube atau parison-parison untuk membentuk struktur multi-lapisan. Contoh jenis struktur multi lapisan ini adalah plastik kemasan makanan dan minuman.

### **2.6.3 Rotational Moulding**

Kebanyakan termoplastik dan termoset dapat dibentuk kedalam produk dengan rongga besar dengan proses Rotational moulding. Mould dengan dinding metal tipis dibuat dalam dua buah dan diranrang untuk berputar dalam dua aksis yang saling tegak lurus. Bubuk plastik yang sudah diukur sebelumnya ditempatkan didalam mould yang hangat. Mould kemudian dipanaskan biasanya dalam oven besar, sementara itu mould diputar dalam dua aksis. Proses ini membuat bubuk tertekan ke permukaan mould yang mana mold akan memanaskan *powder* tersebut tanpa mencairkannya. Jenis-jenis produk yang dibuat dengan proses ini adalah tanki-tanki dengan bermacam ukuran, tempat

sampah, baket, housing, bola.

Cairan polimer disebut plastisol ( biasa dipakai Vinyl plastisol ) juga dapat dipakai pada proses slush moulding. Mold secara simultan dipanaskan dan diputar. Setelah kontak dengan dinding dalam mold material mencair dan membungkus dinding mould. Produk menjadi dingin ketika masih berputar dan dikeluarkan dengan membuka mould.

#### **2.6.4 Thermoforming**

Thermoforming adalah serangkaian proses untuk membentuk lembaran termoplastik atau film disekeliling mold dengan mengaplikasikan panas dan tekanan. Pada proses ini, lembaran dipanaskan dalam oven sampai melunak tetapi tidak sampai pada titik lelehnya. Lembaran kemudian dikeluarkan dari oven, dibentangkan di sekeliling cetakan kemudian lembaran tersebut dihisap dengan proses vakum. Karena mold pada suhu kamar, maka bentukan dari plastik itu akan sesuai dengan cetakan pada saat lembaran yang dihisap kontak dengan mouldnya.

Jenis-jenis produk yang dihasilkan dengan proses ini adalah papan reklame, kemasan, aplikasi rumah tangga. Produk-produk terbuka atau berlubang tidak dapat dibentuk karena tekanan tidak dapat dijaga selama pembentukan. Karena thermoforming adalah proses penarikan dan pengencangan, seperti halnya pembentukan sheet metal, material harus mempunyai keseragaman keregangan yang tinggi, jika tidak maka akan terjadi kegagalan.

Mould-mould untuk *thermoforming* biasanya dibuat dari aluminium karena kekuatan patah yang tinggi tidak diperlukan. Tooling tidak terlalu mahal dan pertimbangan kualitas termasuk aus, ketidakseragaman ketebalan tidak terlalu signifikan.

### **2.6.5 Transfer Moulding**

Transfer molding adalah pengembangan lebih lanjut dari *Compression Molding*. Material termoset yang belum dingin ditempatkan pada chamber yang panas. Setelah material panas kemudian diinjeksikan kedalam mold tertutup yang dipanaskan. Tergantung dari tipe mesin yang digunakan, ram, *plunger* atau *screw feeder* yang berfungsi untuk menekan material mengalir ke dalam cavity mold.

Jenis-jenis produk yang dibuat dengan proses ini adalah komponen elektronik, produk-produk karet dan silicon. Mold relatif mahal dan material akan terbuang pada saluran mold selama pengisian.

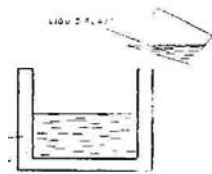
### **2.6.6 Casting**

Beberapa plastik seperti nylon dan acrylics dan plastik termoset seperti epoxy, phenolics, PUR dapat dituang dalam mold fleksibel atau rigid membentuk variasi bentukan. Produk-produk yang dilakukan proses penuangan diantaranya Roda gigi besar, Bearing, lembaran tebal dan roda-roda.

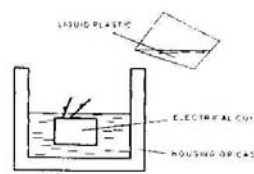
Dalam termoplastik tuang, campuran monomer, katalis dan bermacam

aditif dipanaskan didalam mold. Produk terbentuk setelah polimerisasi pada temperatur ambient.

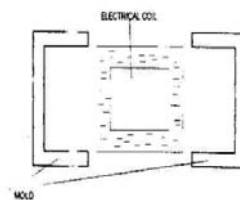
Variasi dari *casting* yang penting bagi industri listrik dan elektronik adalah *Potting* dan *encapsulation*. Proses ini adalah penuangan plastik yang membungkus komponen elektronik. *Potting* dilakukan didalam kotak atau wadah, sedangkan *encapsulation* komponen ditutup dengan lapisan padat plastik. Kedua aplikasi ini plastik berfungsi sebagai dielektrik ( non konduktor).



Gambar 2.22a. Proses *Casting* <sup>[4]</sup>



Gambar 2.22b. Proses *Potting* <sup>[4]</sup>



Gambar 2.22c. Proses *Encapsulation* <sup>[4]</sup>

## 2.7 Cetakan Plastik

Cetakan plastik yang akan dibahas disini adalah cetakan plastik untuk

proses injeksi. Bagian yang terpenting dari cetakan plastik secara umum adalah sbb:

1. Cavity dan core
2. Runner
3. *Gate*
4. Parting line

### **2.7.1 Cavity dan core**

Dalam cetakan plastik ( mould ) Cavity adalah ruang kosong ( bagian "perempuan" ) untuk mengakomodasi cairan plastik yang disuntikkan ke dalamnya oleh screw mesin injeksi. *Cavity* menentukan bentuk luar dari komponen yang akan dihasilkan dan ditempatkan pada Pelat tetap ( bagian injeksi ). Untuk menentukan ukuran besaran *cavity* tertentu dari komponen yang akan dibuat harus juga dipertimbangkan factor penyusutan dari plastik tersebut setelah pengerasan (*cooling*). Pertimbangan lain dalam menentukan apakah *cavity* ditempatkan pada pelat tetap atau pelat bergerak adalah meyakinkan bahwa pada proses mold opening setelah proses injeksi selesai komponen yang telah terbentuk adalah dapat terbawa ke arah pelat bergerak, agar proses *ejection* (pengeluaran) komponen dapat dilakukan. Pada bentuk komponen sederhana misalkan pada sebuah bentuk diameter dengan ada lubang kecil ditengah maka pembuat lubang tersebut disebut *core cavity*. Atau dengan kata lain core adalah penentu ukuran diameter lubang kecil tersebut. Untuk

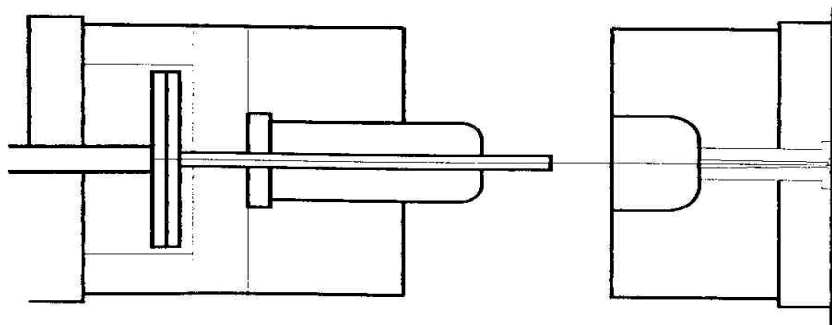
mempermudah proses pengeluaran produk dari *cavity* biasanya diberikan kemiringan tertentu dari core yang besarnya  $1^{\circ}$  -  $3^{\circ}$ . Persamaan umum yang dipakai sebagai faktor penyusutan pada pembuatan *cavity* dan *Core cavity* adalah :

$$SL = 1 - (1 - Sv)^{1/3} \quad (2.1)^{[2]}$$

Dimana :  $SL$  = Penyusutan linier

$Sv$  = Nilai penyusutan material

Atau :  $SL = [100\% / (100\% - Sv\%)]^{1/3} \quad (2.2)^{[2]}$



Gambar 2.23 Cavity and core <sup>[6]</sup>

Untuk menentukan dimensi cavity adalah dengan rumus berikut :

$$\text{Cavity Dimension} = \text{Part Dimension} / (1 - \text{Mold shrinkage}) \quad (2.3)^{[1]}$$

Dimana ukuran dalam satuan mm.

### 2.7.2 Runner

Adalah saluran penghubung dari *Sprue* sampai *cavity*. Penentuan *layout runner* dan bentuk dan ukuran penampang sangat menentukan hasil proses injeksi. Bentuk penampang yang paling ideal adalah bentuk lingkaran karena bentuk ini adalah bentuk yang paling ideal untuk memindahkan cairan panas plastik secara cepat dan efisien ke dalam *cavity*. Dimensi bervariasi menurut volume plastik yang diharuskan. Jika penampang terlalu sempit dibandingkan dengan aliran volume material, plastik akan menjadi dingin terlalu dini sebelum mengisi penuh *cavity* atau kualitas yang belum diharapkan. Tetapi bila terlalu besar maka *cycle time* akan bertambah karena dibutuhkan waktu pendinginan yang lebih lama. Direkomendasikan untuk tidak memoles permukaan runner dengan maksud agar bagian luar dari cairan plastik yang mengalir akan dingin terlebih dahulu untuk kemudian bagian dalam dari cairan plastik tetap cair dan secara lancar mengalir ke dalam *cavity*. Untuk menentukan volume runner umumnya dilakukan pendekatan :

$$V_{\text{runner}} = 0.5 * V_{\text{produk}} \quad (2.4)^{[6]}$$

### 2.7.3 Gate

*Gate* adalah suatu titik lubang (pintu) pada sebuah komponen ( produk ) tempat masuknya cairan plastik ke dalam *cavity*. *Gate* dapat ditempatkan pada satu tempat atau lebih bergantung pada besar dan bentuk



produk. Lokasi penempatan sangat mempengaruhi produk yang dihasilkan. Skema penempatan dan besar *gate* akan mempengaruhi tahap *filling*, *packing* dan *holding* pada fase proses injeksi dan akan berpengaruh besar terhadap dimensi akhir dan tampilan produk. Untuk menentukan ukuran, direkorfiendasikan mulai dari ukuran terkecil. Ini bervariasi menurut ukuran volume dan juga bentuk dari komponen. Sedangkan ukuran akhir dari *gate* lebih ditentukan oleh hasil test pada mesin injeksi. Dalam penempatannya kita harus mempertimbangkan hal yang paling utama adalah tidak boleh membiarkan injeksi berlangsung pada area yang besar tetapi dimana memungkinkan injeksi tertahan dulu oleh *core cavity*. Hal ini akan memperbaiki kualitas ( keseragaman ) dari produk. Dua hal lain yang harus disebutkan dalam hubungan dengan ukuran *gate* adalah jika membuat *gate* terlalu kecil resikoanya *cavity* tidak akan terisi penuh atau plastik akan terbakar dikarenakan gesekan yang besar ketika cairan melalui *gate*. Bila terlalu besar maka waktu fase *packing* akan semakin lama yang berakibat *cycle time* semakin lama dan profil penampang *gate* akan terlihat sangat mengganggu penampilan akhir produk. Perhitungan dasar untuk penentuan besar penampang *gate* adalah :

$$f = G / \rho.t.w \quad (2.5)^{[6]}$$

dimana :  $f$  = Penampang *gate* (cm<sup>2</sup>)

$G$  = Berat produk (gr)

$\rho$  = Berat jenis bahan plastik ( $\text{gr/cm}^3$ )

$t$  = Waktu pengisian (s)

$w$  = Kecepatan alir ( $\text{cm/s}$ )

Untuk harga  $t$  didapat dari

$$t = V/Ca \quad (2.6)^{[6]}$$

dimana  $V$  = Volume isian  $\text{cm}^3$  ( Vol produk+Vol runner+vol Sprue )

$Ca$  = Kapasitas alir mesin ( $\text{cm}^3/\text{s}$ )

Untuk harga  $w$  didapat dari

$$w = Ca / A_n \quad (2.7)^{[6]}$$

dimana  $A_n$  = Penampang nozel ( $\text{cm}^2$ )

Menghitung ukuran *gate* dari layout cavity pendekatannya adalah :

$$k = f / I \cdot \sqrt{L} \quad (2.8)^{[6]}$$

dimana  $k$  = Konstanta penentuan awal

$f$  = Penampang *Gate* ( $\text{mm}^2$ )

$I$  = panjang *gate* (mm)

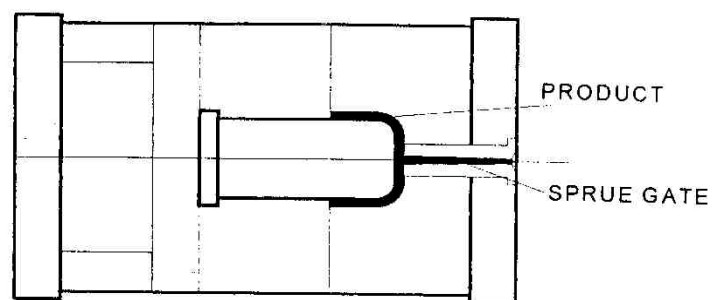
L = Panjang runner

Untuk gate awal dipilih  $f = 0.07 F$  (2.9)<sup>[6]</sup>

Dimana  $f$  = Penampang Runner ( $\text{mm}^2$ )

### 2.7.3.1 Sprue Gate

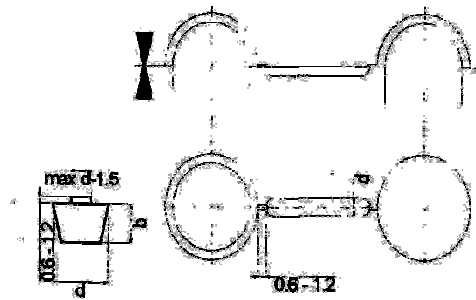
*Gate* ini merupakan tipe *gate* yang sederhana dan merupakan metode yang paling tua; Suplai material dipusatkan ditengah cavity melalui sprue bush. Tipe gate ini dipakai umumnya pada produk yang berdinding tebal dan akurasi ukuran yang baik. Kelebihannya adalah *pressure loss* minimal dikarenakan injeksi dilakukan secara langsung, serta keseragaman tebal dinding dapat dijaga. Sedangkan kerugiannya adalah penambahan biaya pekerja untuk menghilangkan Sprue dari produknya dan juga tanda dari sprue tersebut akan membekas pada produk, tidak cocok untuk *multicavity tools*.



Gb. 2.24 Mold dengan Sprue Gate<sup>[6]</sup>

### 2.7.3.2 Edge Gate

*Gate* ini adalah tipe yang populer dan banyak digunakan pada *multicavity tools*. Posisinya selalu ditempatkan sepanjang parting line dan berakhir pada cavity. Keuntungan dari tipe *gate* ini adalah relatif mudah untuk memisahkan produk dari runner dan juga *gate mark* lebih kecil. Sedangkan kerugiannya adalah tekanan injeksi pada proses injeksi dituntut lebih tinggi, udara terjebak lebih mudah terjadi dan kadang-kadang *weld line* juga terjadi. Ukuran ideal lebih ditentukan oleh hasil uji coba pertama dan diatur kembali sesuai masalah yang terjadi pada uji coba tersebut. Penentuan rumus pendekatan dari ukuran penampang *gate* tersebut adalah :



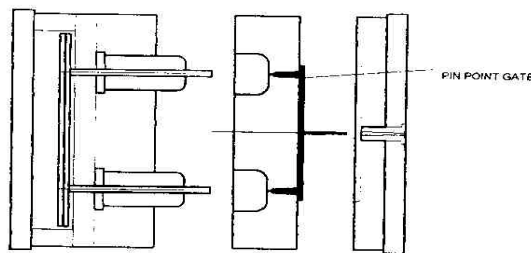
Gambar 2.25 *Gate* dan Runner <sup>[6]</sup>

### 2.7.3.3 Pin Point Gate

*Gate* jenis ini hanya digunakan pada mold dengan *parting line* lebih dari satu. Patahan bekas *gate* terlihat merupakan titik kecil dan biasanya terpusat

ditengah produk. *Gate* ini sangat baik untuk otomatis degating mould dalam *insulated runner* ataupun *hot runner*. Untuk produk-produk yang besar dapat digunakan multi *pin point gate*.

Keuntungan dari *gate* tipe ini adalah pemisahan *gate* dari produk secara otomatis dan tidak adanya penambahan tenaga kerja. Sedangkan kerugiannya adalah mould yang kompleks dan mesin mould yang relatif perlu pengembangan ( *utility develop* ) jadi lebih banyak memakan biaya.



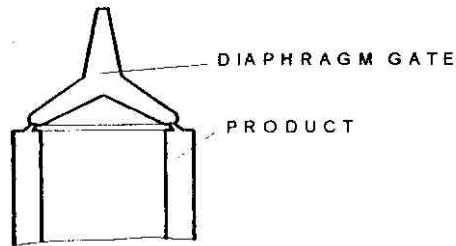
Gambar 2.26 Mould dengan *Pin Point Gate* <sup>[6]</sup>

#### 2.7.3.4 Diaphragm Gate

*Gate* jenis ini direkomendasikan untuk pembuatan moulding gear dan silinder -silinder berongga. Pemasukan material dipusatkan ditengah dan digunakan pada single cavity mold. *Gate* jenis ini menjamin keseragaman pengisian material kedalam cavity .

Keuntungan jenis *gate* ini adalah kepastian keseragaman kekuatan di seluruh permukaan produk, tidak ada problem weld line terlihat dan keakurasian

ukuran dapat terjamin. Sedangkan kerugiannya adalah penambahan tenaga kerja untuk proses lanjutan menghilangkan atau memisahkan runner dan produk, core hanya dapat ditempatkan pada satu bagian saja.

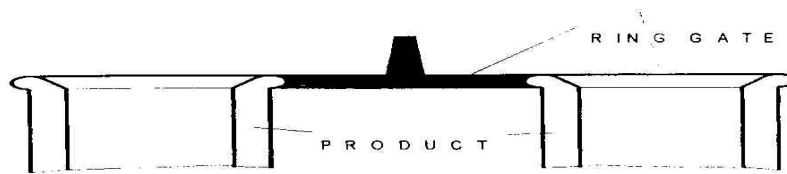


Gambar 2.27 *Diapraghm gate* <sup>[6]</sup>

### 2.7.3.5 Ring Gate

Gate jenis ini banyak digunakan pada pembuatan produk-produk silinder berongga panjang bahkan pada multicavity mold. Cavity dipasang dengan sprue *gate* yang akan mensuplai material lewat runner utama ke ring runner. Ukuran antara Ring runner dan actual cavity dikurangi, oleh karena itu ring runner terisi pertama oleh material baru kemudian cavity akan diinjeksi seragam.

Keuntungan jenis *gate* ini adalah keseragaman ukuran dapat dicapai, penempatan core yang dapat di dua tempat atau lebih. Sedangkan kerugiannya adalah penambahan tenaga kerja untuk proses lanjutan memisahkan runner dan produk.

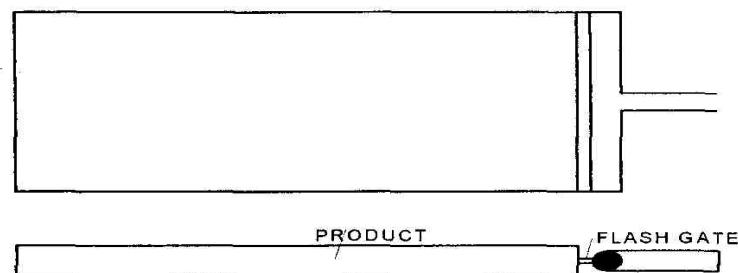


Gambar 2.28 *Ring Gate* [6]

### 2.7.3.6 Flash Gate

Karakteristik dari *gate* tipe ini adalah sama dengan *Ring gate*. Bentangan runner akan terisi lebih dahulu karena penampang dari actual *gate* lebih kecil. *Gate* jenis ini digunakan untuk produk-produk berbentuk pelat atau panjang. Disarankan dibuat dalam multicavity mold.

Keuntungan dari tipe *gate* ini adalah tidak adanya *weld line* terlihat karena aliran material satu arah dan struktur homogen dan kekuatan mekanis dapat dicapai. Kerugiannya adalah penambahan tenaga kerja untuk memisahkan produk dari runner. Dalam kasus *single cavity* mold tidak seimbangya *clamping force* tidak dapat dihindarkan.

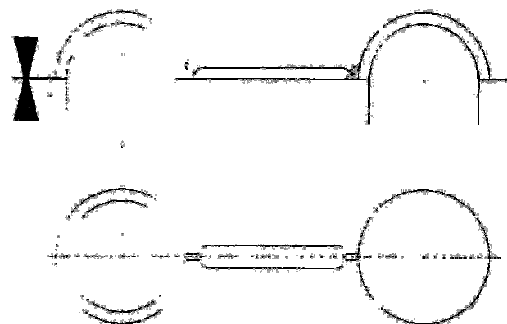


Gambar 2.29 *Flash Gate* [6]

### 2.7.3.7 Submarine Gate

Sangat populer dalam *multicavity tools*, actual *gate* tidak ditempatkan di area *parting line* tetapi hanya terlihat sebagai titik didalam cavity. Selain daripada itu *gate* ini akan terpotong langsung ketika proses bukaan mold dan proses ejskasi dilakukan. *Gate* jenis ini diaplikasikan untuk material elastis karena selama proses pemotongan *gate* dari produk tsb, bagian konus itu sendiri tidak bisa mematahkan sendiri melainkan melalui proses penarikan bersamaan dengan runner dan sprue. Pada saat proses tersebut untuk menghindari gagalnya proses pelepasan *gate* dari produk material diharapkan masih cukup panas dan masih cukup elastis.

Keuntungan dari *gate* ini adalah produksi secara otomatis dimungkinkan dan tidak adanya penambahan tenaga kerja. Sedangkan kerugiannya adalah dituntut *injection pressure* yang tinggi karena *flow* material yang relatif kurang baik dikarenakan kecilnya lubang masuknya material ke *cavity*.



Gambar 2.30 Submarine gate <sup>[6]</sup>



## 2.8 Parting line

*Parting line* adalah daerah *gads* bukaan cetakan atau garis yang memisahkan antara bagian tetap dengan bagian yang bergerak pada cetakan plastik. Biasanya pada produk terlihat garis tipis yang memanjang mengelilingi produk tersebut.

Besarnya Kekuatan Injeksi ditentukan dengan rumus :

$$F (N) = A (m^2) \cdot P(N/m^2) \quad (2.10)^{[6]}$$

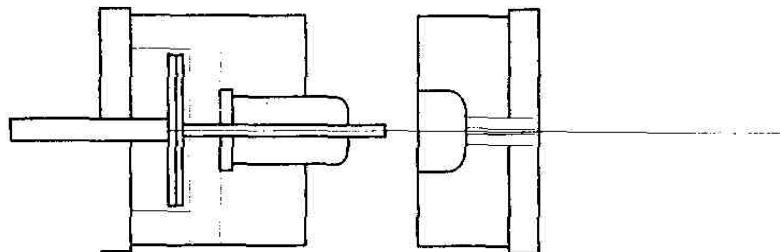
Dimana :  $F$  = Gaya Tekan

$A$  = Luas Proyeksi Cavity + Sprue

$P$  = Tekanan Spesifik masa pembentukan cavity

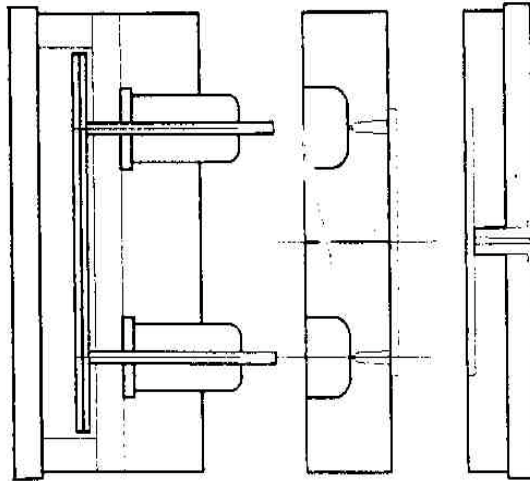
Klasifikasi cetakan plastik berdasarkan *parting line* atau bukaan adalah:

1. 1 Bukaan (*Two plate mold*)



Gambar 2.31 *Two Plate Mold*<sup>[10]</sup>

2. 2 bukaan (*Three plate mold*)



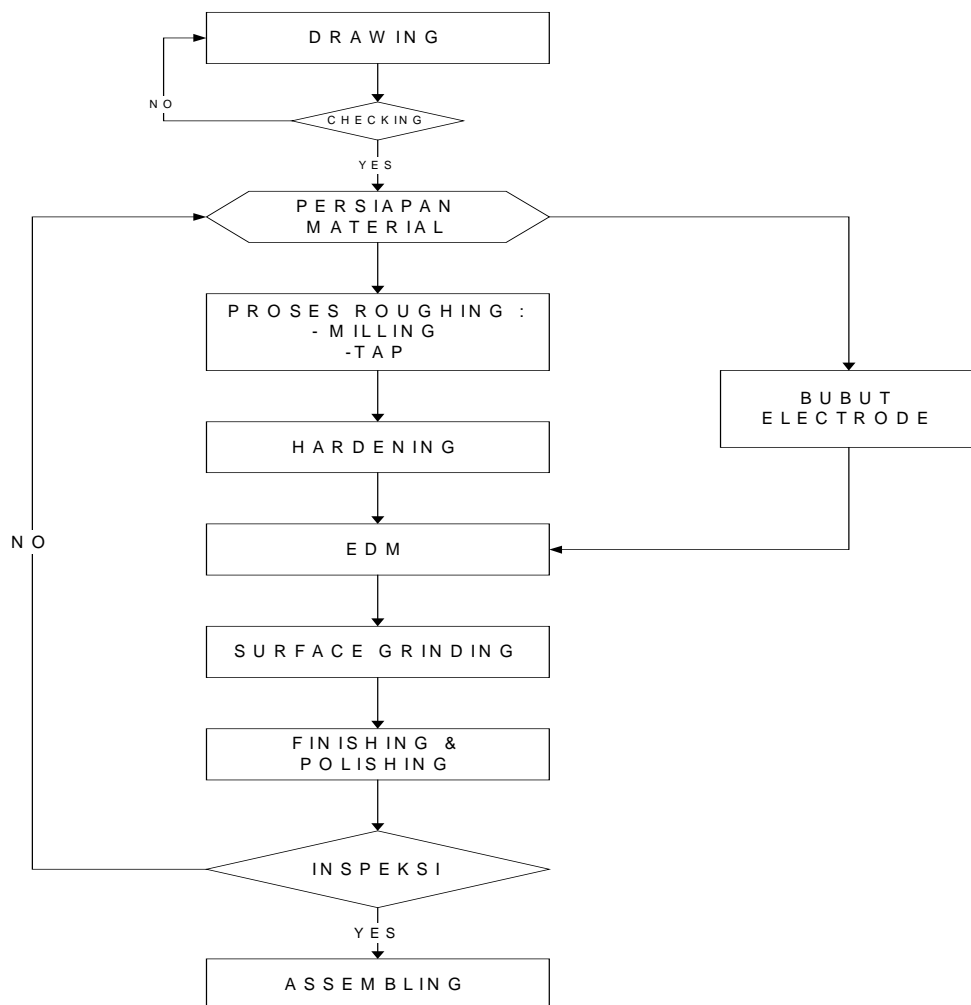
Gambar 2.32 *Three Plate Mold*<sup>[6]</sup>

### BAB III

#### PROSES PEMBUATAN GATE

Proses manufaktur pembuatan *gate* dilakukan dengan proses antara lain : proses drawing, proses pemotongan material, proses milling ( manual / CNC ), proses bubut ( turning ), proses hardening, proses EDM, proses Surface grinding, proses polishing – finishing dan assembling.

Alur kerja pembuatan *gate* adalah sbb:



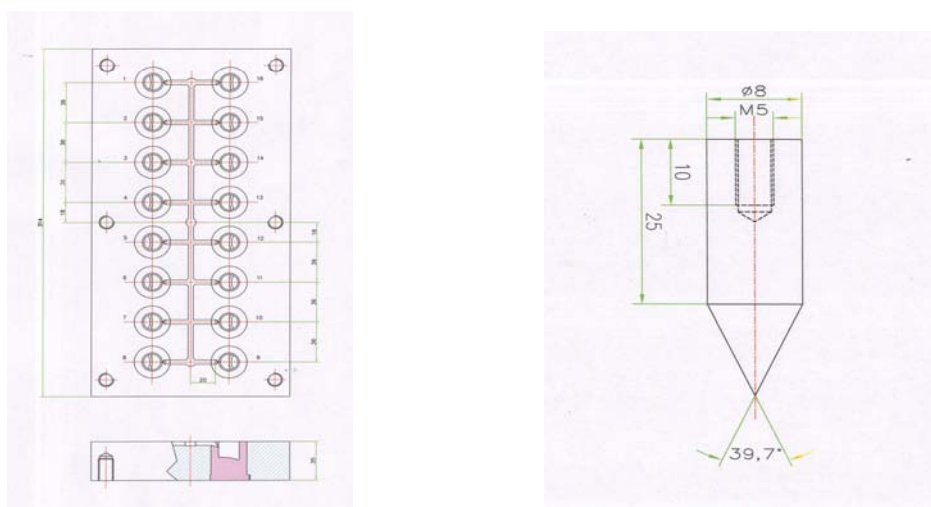
Gambar 3.1 Diagram alir proses pembuatan *gate*

### 3.1 Drawing

Proses drawing salah satu proses yang sangat berperan terhadap keberhasilan suatu benda kerja, part atau desain yang akan dibuat. Untuk proses pembuatan mold membutuhkan kepresisian ukuran yang tinggi. Oleh karena itu seorang drafter atau desainer harus memahami secara baik fungsi dan kemampuan part atau barang yang akan dibuat. Hal ini akan sangat berpengaruh terhadap efisiensi kerja yang dihasilkan.

Untuk membuat *cavity block* dan *gate*, seorang drafter atau desainer juga harus memahami urutan proses pengerjaan yang akan dilakukan sehingga kebutuhan tool untuk proses pengerjaan juga dapat dipersiapkan. Misalnya : bila membutuhkan proses bubut atau milling harus mempersiapkan kebutuhan pahat, cutter, bor, reamer dsb. Untuk proses EDM juga harus dipersiapkan elektrode. Sehingga proses kerja tidak terhambat dan dapat berjalan cepat.

Drawing *cavity block* yang akan dibuat adalah sbb :

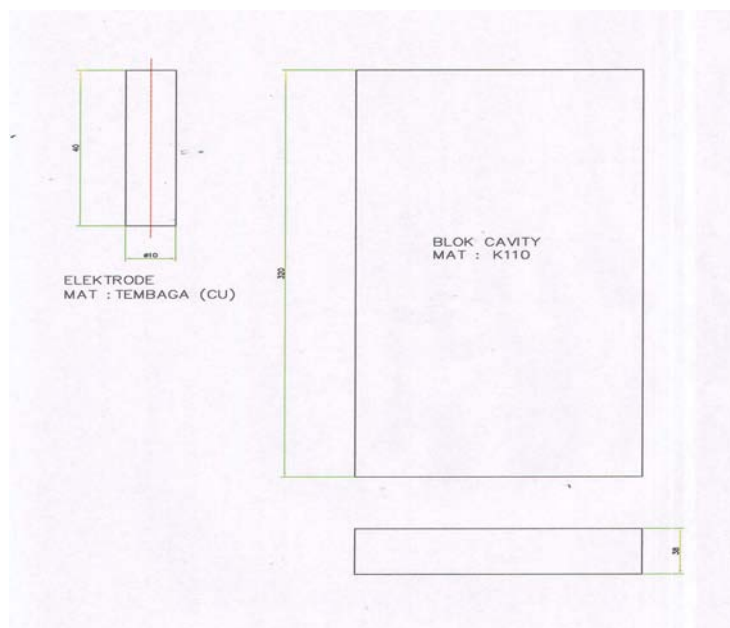


Gambar 3.2 Benda kerja ( *cavity block* ) dan elektrode

### 3.2 Persiapan Material

Untuk material *cavity block* dipilih material K110 ( X155CrVMo 12 1 ) dengan pertimbangan material tersebut mempunyai kandungan Cr cukup tinggi yaitu berkisar 11.8 % dan bisa dikeraskan sampai dengan 63 – 65 Hrc. Kadar Cr yang tinggi sangat bagus untuk mencegah terjadinya korosif pada material, karena biasanya *cavity block* dialiri dengan *water cooling* untuk mempercepat *cycle time*. Sedangkan kekerasan material yang tinggi bisa memperpanjang life time dari mold. Ukuran awal *cavity block* adalah balok 320 mm x 165 mm x 38 mm. Untuk pembuatan elektrode menggunakan material Tembaga ( CU ) dengan ukuran awal diameter 10 mm x 40 mm.

Material yang akan disiapkan dipotong dengan mesin gergaji potong sesuai ukuran yang diinginkan. Biasanya disisakan 2 – 5 mm untuk proses *raughing*.



Gambar 3.3 Dimensi material yang akan dipotong

### 3.3 Proses Milling dan Tap

Proses milling adalah proses pengerjaan benda kerja dimana mata pahat ( cutter ) berputar dan benda kerja bergerak menuju mata potong cutter untuk dilakukan proses penyayatan. Untuk masa sekarang ini untuk pengerjaan yang presisi sudah banyak digunakan teknologi CNC ( Computerised Numerical Control ). Tapi tidak menutup kemungkinan teknologi konvensional masih digunakan untuk membuat part – part yang berbentuk sederhana. Cutter yang digunakan biasanya terbuat dari bahan HSS untuk material yang tidak diharden dan bahan Carbide untuk material yang sudah diharden. Proses milling kebanyakan digunakan untuk membuat bentuk benda kerja berbentuk balok dan proses pelubangan ( boring ). Tapi tidak menutup kemungkinan bisa digunakan untuk membuat benda – benda berbentuk silindris.

Menentukan kecepatan sayat dalam proses Milling :

$$CS = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \text{ mm/menit} \quad (3.1)^{[8]}$$

CS = Kecepatan potong dalam mm / menit

d = diameter cutter dalam mm

n = bilangan putaran dalam putaran / menit ( rpm )

Diketahui :

Cs untuk material K110 = 100 mm/menit

Diameter cutter roghing = 12 mm

Cutter yang digunakan adalah cutter ballnous carbide

sehingga:

$$1000 \cdot 100$$

$$n = \frac{\text{putaran / menit}}{n \cdot 12}$$

$$n \cdot 12$$

$$n = 2654 \text{ rpm}$$

Jadi putaran mesin untuk proses *roughing* kurang lebih 2654 rpm

Untuk proses *finishing* menggunakan cutter ballnous carbide

Diameter cutter = 4 mm

sehingga :

$$1000 \cdot 100$$

$$n = \frac{\text{putaran / menit}}{n \cdot 4}$$

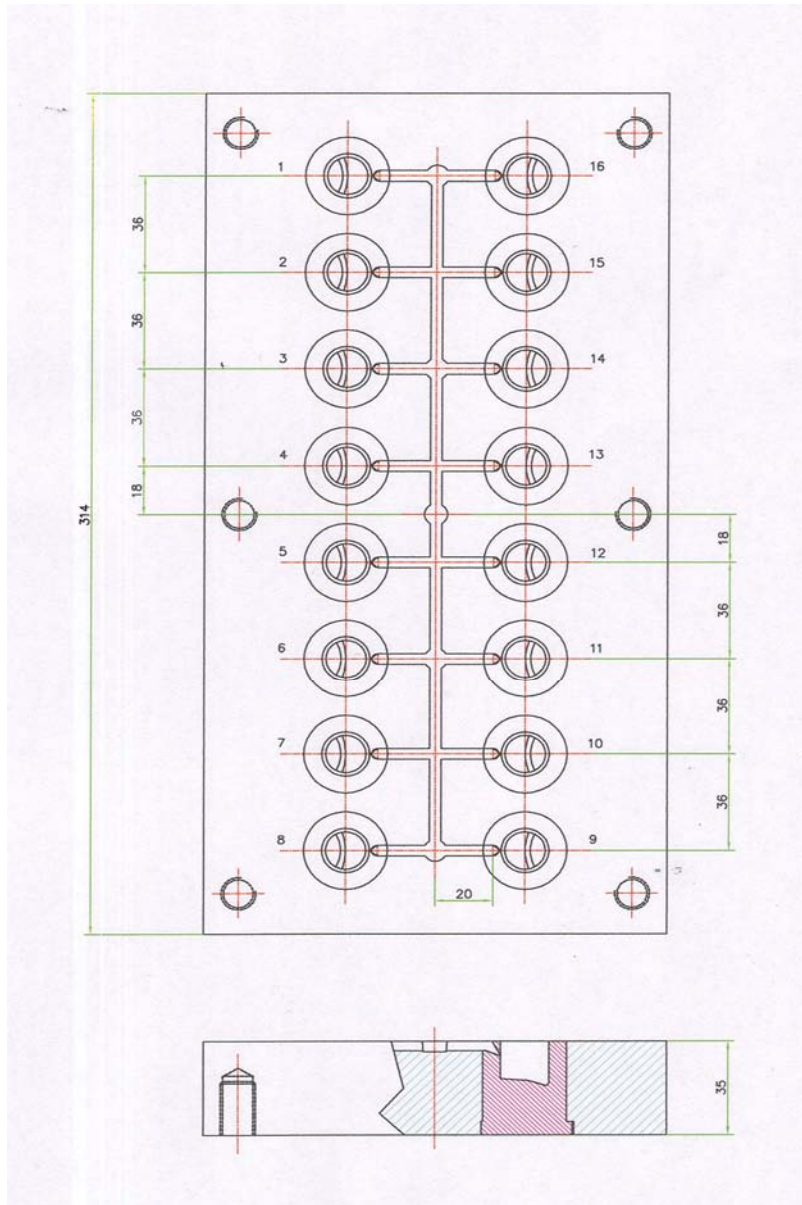
$$n \cdot 4$$

$$n = 7962 \text{ rpm}$$

Jadi putaran mesin untuk proses *finishing* kurang lebih 7962 rpm

Dalam proses pembuatan *cavity block* kita akan bentuk dengan proses CNC bubut supaya permukaan cavity produk tingkat kepresisiannya bagus.

Benda kerja yang akan dilakukan proses hardening diberikan sisa  $0,3 - 0,5$  mm. Karena profil *cavity block* ini cukup rumit dan perlu kepresisian tinggi maka dilakukan pengerjaan dengan proses CNC Milling.

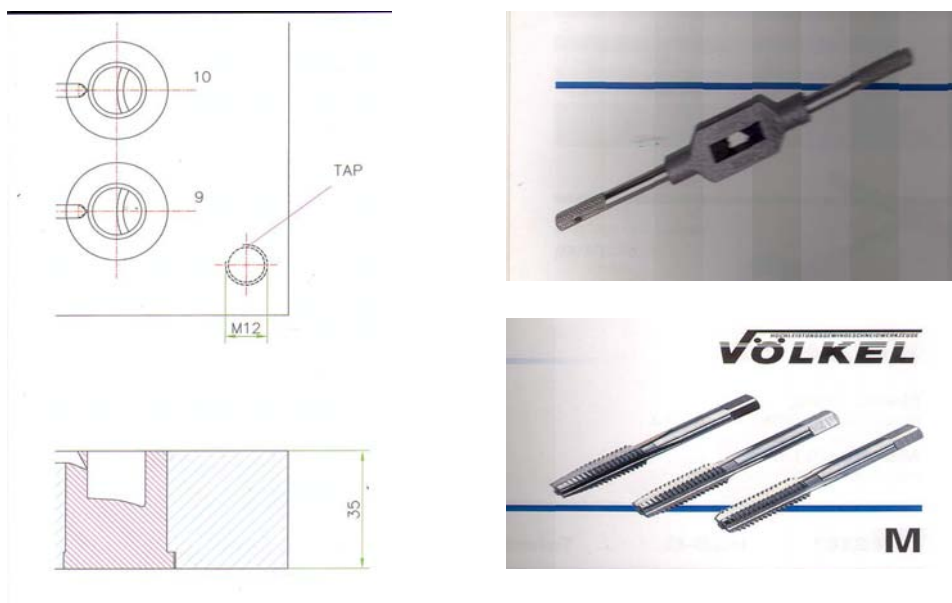


Gambar 3.4 *cavity block*



## Proses Tap

Proses Tap adalah proses pembuatan ulir dalam. Alat ini berupa mata potong yang berbentuk ulir yang terbuat dari bahan HSS atau carbide. Bila yang digunakan Tap manual maka harus digunakan holder. Biasanya pengetapan secara manual dilakukan dengan 3 kali proses dari sisi potong yang kurang tajam sampai ke yang paling tajam. Selain pengetapan secara manual, proses Tap juga bisa dilakukan pada mesin bubut atau milling. Bentuk Tap mesin berbeda dengan Tap manual. Untuk Tap mesin biasanya cuma satu kali proses. Ulir yang dihasilkan bisa berupa ulir metris ( sudut ulir  $60^\circ$  ) ataupun ulir whitworth yang bersudut  $55^\circ$ . Dalam pembuatan *cavity block* ini kita menggunakan ulir metris. Pekerjaan Tap dilakukan sebelum proses hardening.



Gambar 3.5 Benda kerja dan alat Tap

### 3.4 Proses Bubut

Proses bubut adalah proses pengerjaan benda kerja dimana benda kerja berputar pada spindle dan pahat bergerak memotong sesuai bentuk yang diinginkan. Pahat yang digunakan biasanya terbuat dari HSS, Widia atau carbide. Proses bubut biasanya digunakan untuk menghasilkan benda – benda yang berbentuk silindris. Tapi dalam hal – hal tertentu bisa juga digunakan untuk membuat benda berbentuk persegi atau balok.

Menentukan kecepatan putar :

$$n = \frac{1000 \text{ CS}}{\pi \cdot d} \text{ putaran / menit} \quad (3.2)^{[8]}$$

CS = Kecepatan potong dalam mm / menit

d = diameter benda kerja dalam mm

n = bilangan putaran dalam putaran / menit ( rpm )

Untuk pembuatan elektrode *gate*, pahat yang digunakan untuk melakukan proses bubut terbuat dari bahan HSS dengan CS = 25 mm/menit.

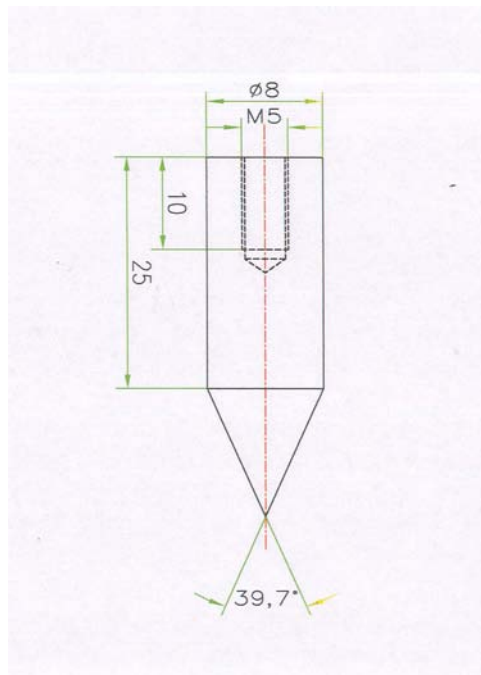
Diameter awal benda kerja = 10 mm

sehingga :

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 10} \\ = 796 \text{ rpm}$$

Jadi putaran mesin bubut yang digunakan kurang lebih 796 rpm.

Dalam proses pembuatan *cavity block* kita menggunakan proses bubut untuk membuat electrode untuk proses EDM. Material untuk pembuatan elektrode terbuat dari tembaga.



Gambar 3.6 Elektrode ( Tembaga )

### 3.5 Proses Hardening

Proses hardening dilakukan untuk mendapatkan kekerasan material sesuai dengan yang diinginkan. Dalam pembuatan *cavity block* ini kekerasan yang kita inginkan adalah 60 Hrc.

Material blok cavity yang sudah *diroughing* dimasukan pada tungku hardening sampai pada suhu 1050° C. Kemudian di quenching dengan oli atau udara. Pada saat dimasukkan kedalam tungku benda kerja diletakan pada box besi yang diisi arang batok kelapa supaya pada saat dikeluarkan dari tungku untuk di *quenching* panas yang diperoleh tidak banyak terbuang.

Supaya logam tidak mudah retak dan untuk memperbaiki sifatnya maka dilakukan proses tempering pada suhu rendah ( 200 ° - 300° C ).

Untuk mengukur kekerasan material bisa dilakukan dengan beberapa pengujian :

#### 1. Pengujian Brinell

Pengujian Brinell menggunakan bola baja berdiameter 10 mm.

Beban uji yang digunakan : 29.420 N ( 3000 kg ).

Angka kekerasan Brinnell ( HB ) adalah hasil bagi ( kwosien ) dari beban uji ( F ) dalam N yang dikalikan dengan factor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan bola baja A dalam mm<sup>2</sup>.

Bola baja memiliki garis tengah D dalam mm, sedangkan bekas luka tekan memiliki garis tengah d dalam mm.

## 1. Pengujian Vickers

Pengujian Vickers menggunakan piramida intan ( bersudut  $136^\circ$  ) yang ditekankan pada material uji.

Angka kekerasan Vickers ( HV ) adalah hasil bagi ( kwosien ) dari beban uji F dalam N yang dikalikan dengan factor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan piramida intan A dalam  $\text{mm}^2$

## 2. Pengujian Rockwell

Pengujian Rockwell ada 2 macam :

### a. Rockwell C

Pengujian ini menggunakan kerucut intan bersudut  $120^\circ$

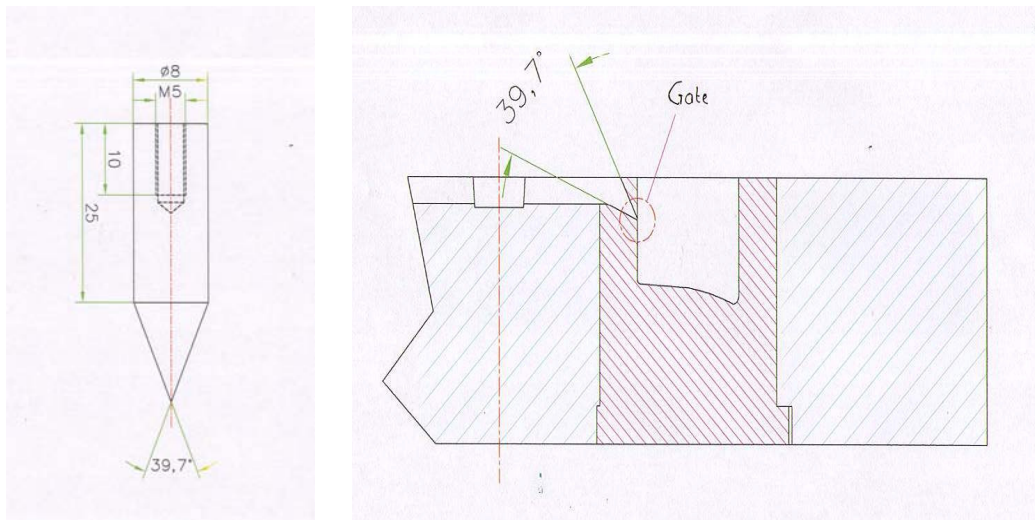
### b. Rockwell B

Pengujian ini menggunakan bola baja berdiameter  $1/16''$

Untuk pengujian kekerasan *cavity block* yang dibuat menggunakan pengujian Rockwell C.

### 3.6 Proses EDM

Proses EDM ( *Electric Discharge Machine* ) adalah proses pemakanan benda kerja dengan cara pengikisan yang dihasilkan dari tenaga listrik melalui electrode. Biasanya electrode yang digunakan terbuat dari tembaga ( Cu ) atau graphite. Bentuk electrode dibuat sesuai profil benda kerja yang ingin dihasilkan. Kelebihan dari proses ini bisa digunakan untuk pengerjaan benda kerja yang keras atau profil yang rumit. Dalam proses pembuatan *cavity block* yang akan dibuat proses ini digunakan untuk pembuatan *gate*. Elektrode dibuat tirus sesuai dengan *gate* yang akan dibuat. Untuk mempercepat proses pemakanan benda kerja maka *gate* dibor dahulu dengan ukuran lebih kecil dari ukuran yang ingin dihasilkan. Ini dilakukan karena proses pemakanan benda kerja yang pejal akan lebih lama.



Gambar 3.7 Elektrode dan bentuk *gate*

### 3.7 Proses Surface Grinding

Proses surface grinding digunakan untuk meratakan permukaan blok cavity. Tools yang digunakan untuk menyayat benda kerja adalah dengan menggunakan batu gerinda. Putaran yang digunakan untuk memutar batu gerinda diatas 1000 rpm. Kelebihan dari proses ini adalah bisa digunakan untuk penyayatan benda kerja yang lunak atau keras, kepresisian tinggi ( bisa sampai 0,005 mm atau lebih ), tingkat kerataan yang bagus dan tingkat kehalusan benda kerja yang tinggi.

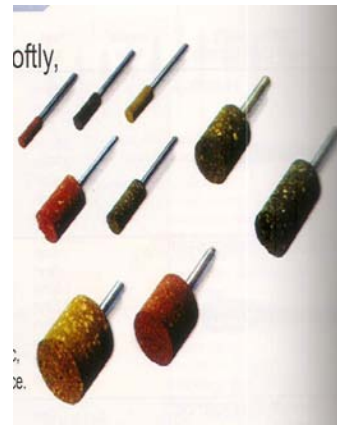
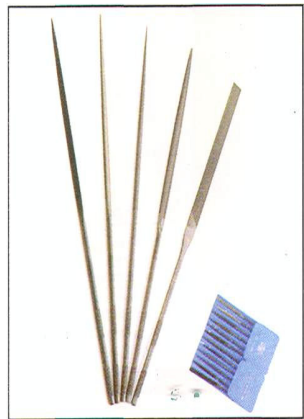
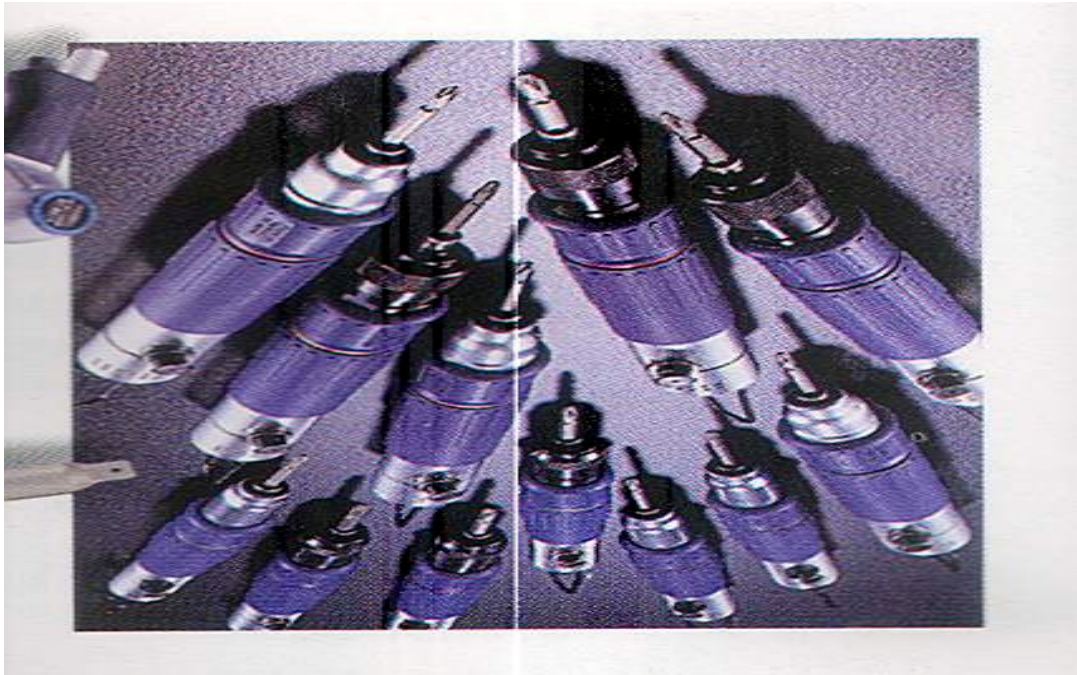
### 3.8 Proses Finishing dan Polishing

Proses ini merupakan proses akhir dari proses permesinan. Proses ini biasa disebut juga proses BW ( *Banch work* / kerja bangku ). Semua kekurangan dari proses *machining* diselesaikan dalam proses ini misalnya: menghilangkan chip / tatal yang masih tersisa atau menghaluskan benda kerja sesuai tingkat kehalusan yang diinginkan.

Dalam pembuatan *cavity block* ini permukaan cavity ( produk ) harus sehalus mungkin ( *gloss* ). Runner dan *gate* juga harus halus supaya *flow* material plastik bisa lancar.

Untuk proses penghalusan ( *polishing* ) menggunakan batu gosok atau amplas untuk merapikan alur serat bekas sayatan dan coumpound untuk membuat mengkilap ( *gloss* ). Batu gosok atau amplas terdiri dari beberapa tingkatan dari yang paling kasar sampai yang paling halus.

Berikut ini adalah gambar macam – macam alat polish :



Gambar 3.8 Macam – macam alat polish



### 3.9 Assembling

Assembling adalah proses terakhir dalam pembuatan mould. Sebelum dilakukan proses assembling, dilakukan proses inspeksi untuk memastikan dimensi dan kualitas *cavity block* seperti yang diharapkan. Pada proses assembling juga bisa digunakan sebagai cara *cross check* untuk memastikan target kualitas tercapai.

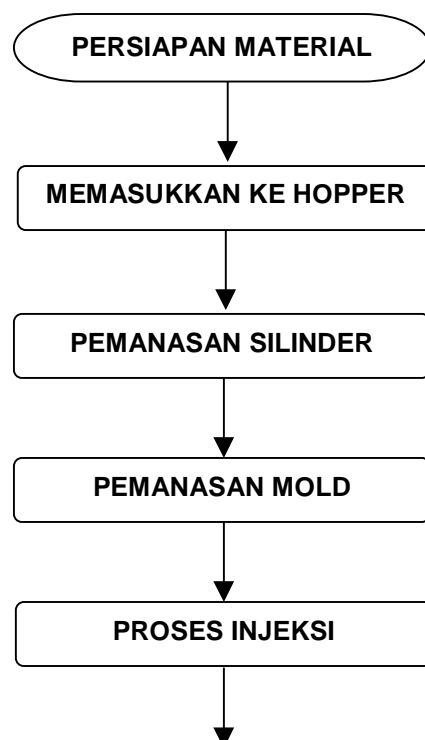
## BAB IV

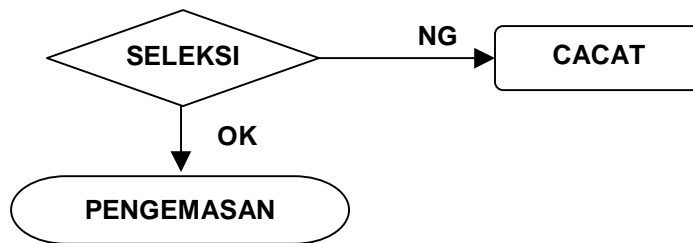
### PERMASALAHAN DAN PERHITUNGAN

Produk Actuator A06 adalah salah satu dari sekian banyak produk yang dihasilkan oleh Pabrik injeksi plastik produk elektronik perusahaan penanam modal asing di Indonesia. Untuk produk ini, dihasilkan rata-rata 500.000 pcs setiap bulannya dengan tingkat kepresisian yang cukup tinggi. Tuntutan pengiriman tepat waktupun adalah salah satu yang ditargetkan. Cetakan plastik yang dibutuhkan adalah cetakan plastik yang dapat memenuhi tuntutan konsumen dengan daya tahan yang cukup tinggi.

#### 4.1 Proses Produksi

Produk Actuator A06 adalah produk *thermosetting* dengan menggunakan mesin injeksi kapasitas 80 ton. Proses manufakturnya adalah sbb:





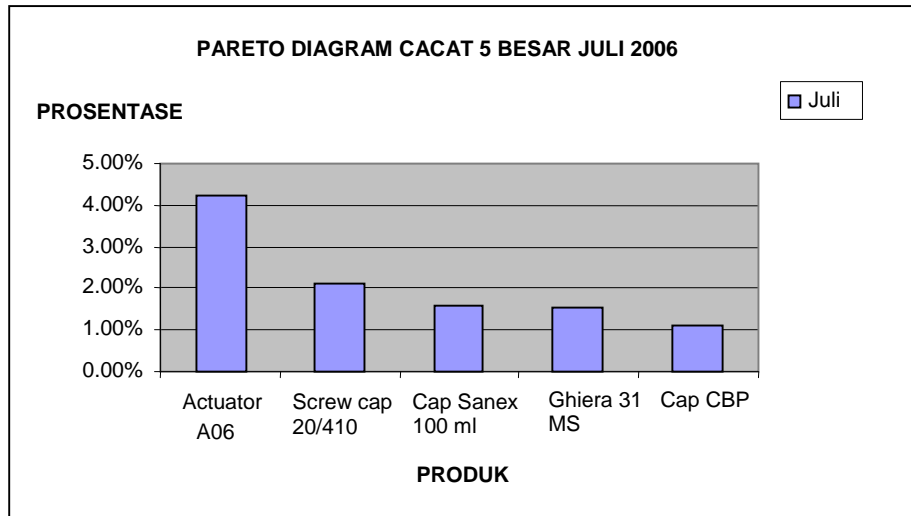
Gambar 4.1 Diagram alir proses produksi Actuator A06

## 4.2 Permasalahan dan Alternatif Solusi

Pada tahap seleksi akan dipisahkan produk yang berkualitas baik dengan produk yang bermasalah. Produk bermasalah tersebut akan didata untuk diurut berdasarkan prosentase masalah. Data pareto diambil pada bulan Juli 2006 dengan Pareto sbb :

Tabel 4.1 Pareto cacat

NAMA PRODUK	TOTAL PRODUKSI	JUMLAH CACAT	%
Actuator A06	207550	9236	4.45%
Screw cap 20/410	125200	2629	2.10%
Cap sanex 100 ml	130000	2080	1.60%
Ghiera 31 MS	55230	840	1.52%
Cap CBP	144250	1587	1.10%

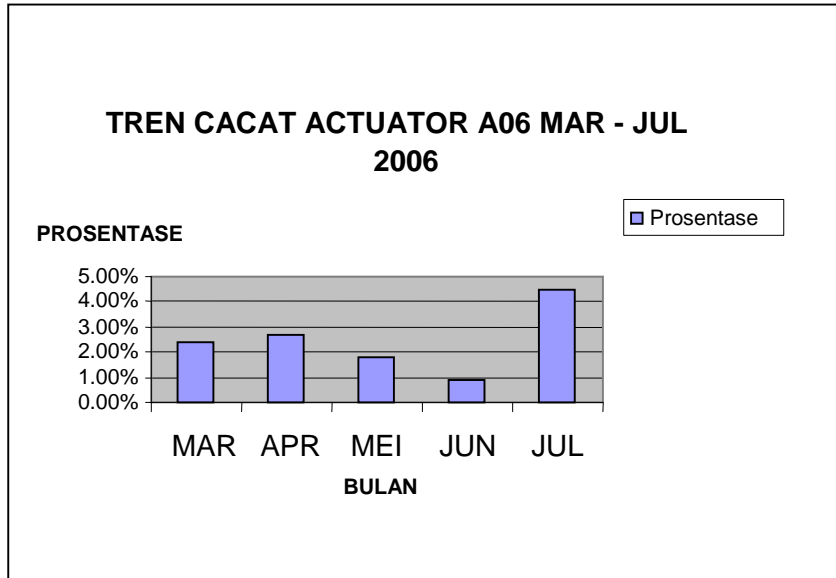


Gambar 4.2 5 Cacat terbesar bulan Juli 2006

Dari tabel 3.1 tersebut terlihat bahwa Actuator A06 menempati urutan pertama untuk cacat produk. Kemudian dari pareto tersebut dievaluasi bulan-bulan sebelumnya. Didapat data sbb:

Tabel 4.2 Tren cacat produksi 2006

	MAR	APRIL	MEI	JUNI	JULI
TOTAL RIJEK	19,001	18,430	18,275	1,056	9,236
TOTAL PRODUKSI	796,968	685,393	1,022,207	100,719	207,550
PROSENTASE	<b>2.38%</b>	<b>2.69%</b>	<b>1.79%</b>	<b>1.05%</b>	<b>4.45%</b>

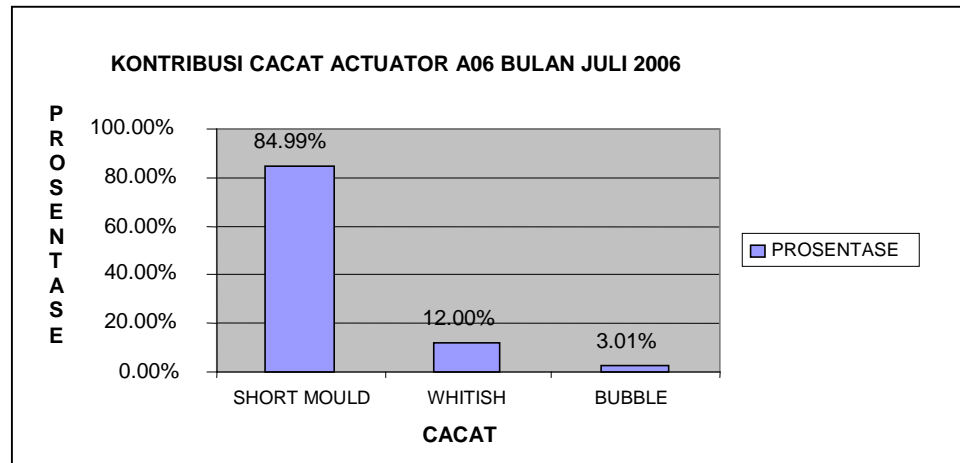


Gambar 4.3 Tren cacat produksi

Kemudian cacat yang terjadi pada produk tersebut didetail dan diranking sbb:

Tabel 4.3 Kontribusi produk cacat

CACAT	TOTAL CACAT (PCS)	JUMLAH	PROSENTASE
SHORT MOULD	9236	7850	84.99%
WHITISH		1108	12.00%
BUBBLE		278	3.01%



Gambar 4.4 Kontribusi cacat produk

Dari data diatas, penyebab cacat tertinggi pada produk Actutor A06 adalah short mould. Dimana kemungkinan terjadinya short mould bisa disebabkan beberapa faktor antara lain:

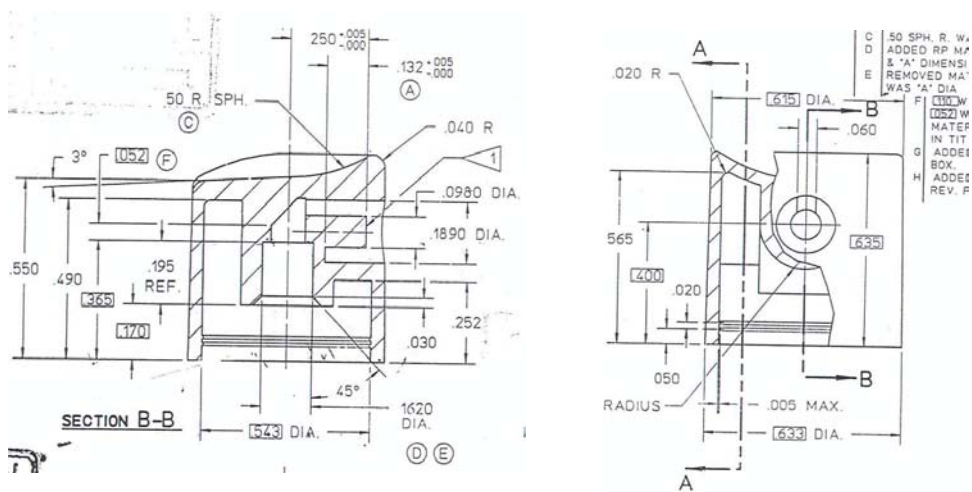
- a. Saluran ventilasi ( *venting* ) kurang . Hal ini menyebabkan udara dalam cavity susah keluar saat material plastik masuk cavity
- b. Shot injeksi tidak *balance*. Ini bisa disebabkan dimensi lubang *gate* atau dimensi lubang runner yang tidak sama
- c. Pendinginan Mold yang tidak merata atau seimbang
- d. Pemanasan *hot runner* yang tidak merata atau seimbang. Ini bisa terjadi pada Mold – mould yang menggunakan *hot runner system*.
- e. Kualitas material plastik yang kurang baik. Biasa terjadi pada material plastik yang tidak murni atau daur ulang. Masalah yang biasa terjadi proses pelelehan material tidak merata ( homogen ).

Dari data yang diperoleh, penyebab terjadinya short pada produk Actuator A06 adalah dimensi lubang *gate* yang kurang tepat.

### 4.3 Desain Gate

Untuk langkah awal desain adalah menentukan ukuran minimum penampang *gate*.

Spesifikasi Produk :



Gambar 4.5 Gambar produk Actuator A06

Nama produk : Actuator A06

Jumlah cavity : 16 cav

Material : PP RI 10 HC

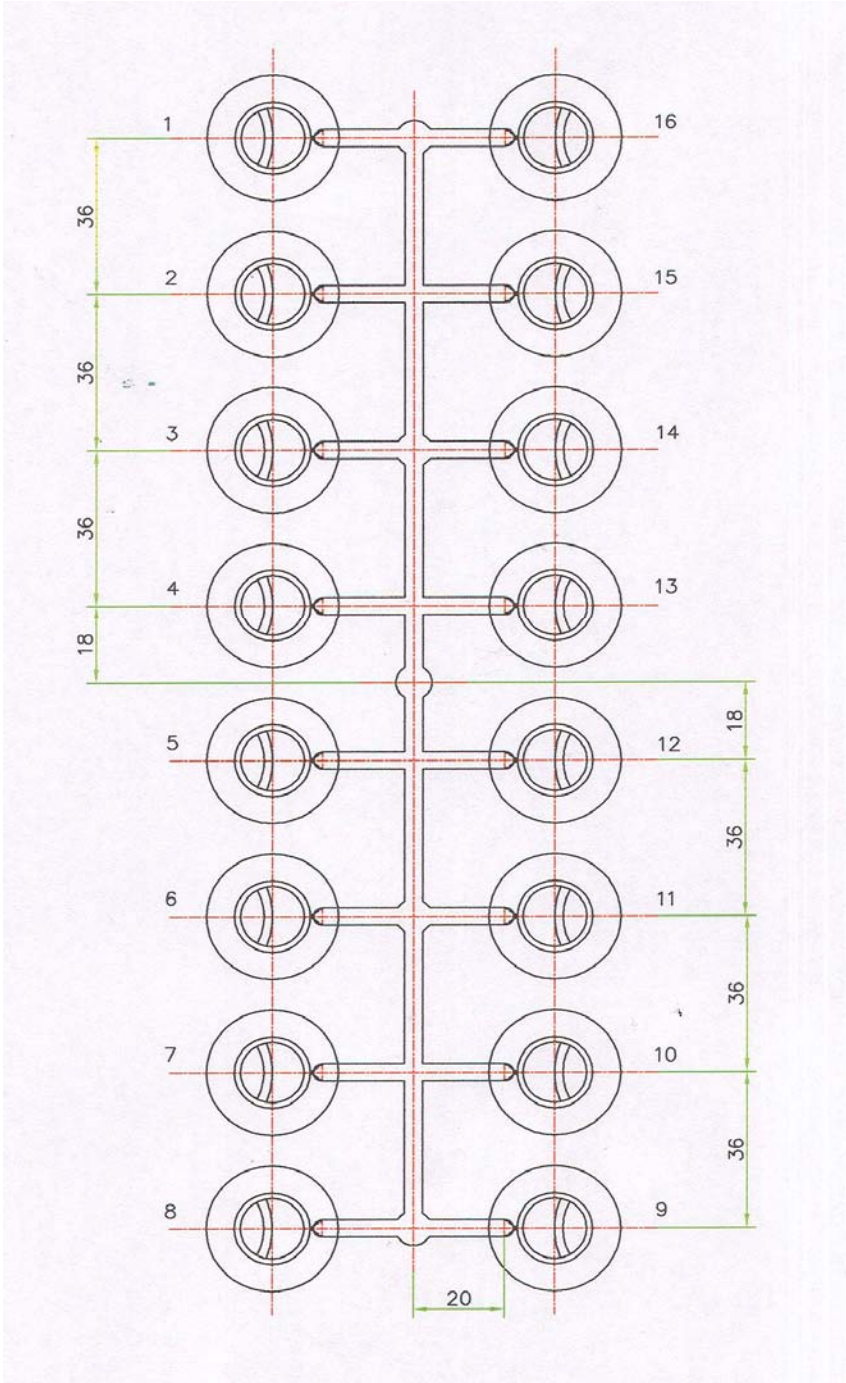
Berat produk : 1.3 gr

Berat runner : 11.05 gr

Vol. Produk : 1.428 cm<sup>3</sup>

Vol. Runner : 12.143 cm<sup>3</sup>

Lay out runner dan gate yang akan di buat adalah sbb :



Gambar 4.6 Lay out runner dan gate



Berdasarkan rumus (2.5) dari data yang diperoleh untuk penampang *gate* adalah :

$$f = G / \rho \cdot t \cdot w$$

dimana :  $f$  = Penampang gate ( $\text{cm}^2$ )

$$G = 1.3 (\text{gr})$$

$$\rho = 0.91 (\text{gr}/\text{cm}^3)$$

$t$  = Waktu pengisian (s)

$w$  = Kecepatan alir ( $\text{cm}/\text{s}$ )

Untuk harga  $t$  didapat dari persamaan rumus (2.6)

$$t = V/Ca$$

dimana  $V = 34.99 \text{ cm}^3$  ( Vol produk+Vol runner+vol Sprue )

$$Ca = 131 (\text{cm}^3/\text{s})$$

Maka

$$t = 34.99/125$$

$$= 0.27 \text{ s}$$

Untuk harga  $w$  didapat dari persamaan rumus (2.7)

$$w = Ca/An$$

Diketahui : diameter lubang nozzle = 2.5 mm

$$\begin{aligned}A_n &= 3.14 \times 1.25 \text{ mm} \times 1.25 \text{ mm} \\ &= 4.9 \text{ mm}^2 \\ &= 0.049 \text{ (cm}^2\text{)}\end{aligned}$$

dimana  $A_n = 0.049 \text{ (cm}^2\text{)}$

$$C_a = 131 \text{ (cm}^3\text{/s) Maka}$$

$$\begin{aligned}w &= 131 / 0.049 \\ &= 2673 \text{ (cm/s)}\end{aligned}$$

### **Menentukan luas penampang gate minimum**

Menurut persamaan (2.5) didapat

$$\begin{aligned}f &= G / \rho.t.w \\ &= 1.3 / 0.91 \times 0.27 \times 2673 \\ &= 0.002 \text{ cm}^2 \\ &= 0.2 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

Bila penampang *gate* berbentuk lingkaran, maka :

$$\begin{aligned}f &= 0.25 \times 3.14 \times d^2 \\ 0.2 &= 0.25 \times 3.14 \times d^2 \\ d^2 &= 0.25 \text{ mm}^2 \\ d &= 0.5 \text{ mm}\end{aligned}$$

Panjang *gate* yang akan dibuat : 0.8 mm

Diketahui  $f = 0.2 \text{ mm}^2$

$$L = 38 \text{ mm}$$

$$I = 0.8 \text{ mm}$$

Maka  $k = 0.2/0.8\sqrt{38}$

$$= 0.04$$

Untuk menentukan besar penampang *gate* minimum tiap cavity adalah :

$$f_4 = f_5 = f_{12} = f_{13} = 0.2 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.5 \text{ mm}$$

**Perhitungan  $f_3 = f_6 = f_{11} = f_{14}$**

Diketahui  $k = 0.04$

$$I = 0.8 \text{ mm}$$

$$L = 74 \text{ mm}$$

Sehingga  $f_3 = k * I \sqrt{L}$

$$f_3 = 0.04 * 0.8\sqrt{74}$$

$$= 0.275 \text{ mm}^2$$

$$f_3 = 0.25 \times 3.14 \times d^2$$

$$0.275 = 0.25 \times 3.14 \times d^2$$

$$d^2 = 0.35 \text{ mm}^2$$

$$d = 0.59 \text{ mm}$$

**Perhitungan  $f_2 = f_7 = f_{10} = f_{15}$**

diketahui  $k = 0.04$

$$I = 0.8 \text{ mm}$$

$$L = 110 \text{ mm}$$

Sehingga  $f_2 = k \cdot I \sqrt{L}$

$$f_2 = 0.04 \cdot 0.8 \sqrt{110}$$

$$= 0.336 \text{ mm}^2$$

$$f_2 = 0.25 \times 3.14 \times d^2$$

$$0.336 = 0.25 \times 3.14 \times d^2$$

$$d^2 = 0.43 \text{ mm}^2$$

$$d = 0.66 \text{ mm}$$

**Perhitungan  $f_1 = f_8 = f_9 = f_{16}$**

diketahui  $k = 0.04$

$$I = 0.8 \text{ mm}$$

$$L = 146 \text{ mm}$$

Sehingga  $f_1 = k * I \sqrt{L}$

$$\begin{aligned} f_1 &= 0.04 * 0.8 \sqrt{146} \\ &= 0.387 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$f_1 = 0.25 \times 3.14 \times d^2$$

$$0.387 = 0.25 \times 3.14 \times d^2$$

$$d^2 = 0.493 \text{ mm}^2$$

$$d = 0.7 \text{ mm}$$

Jadi besar penampang *gate* minimum masing-masing cavity adalah:

$$f_4=f_5=f_{12}=f_{13} = 0.20 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.5 \text{ mm}$$

$$f_3=f_6=f_{11}=f_{14} = 0.275 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.59 \text{ mm}$$

$$f_2=f_7=f_{10}=f_{15} = 0.336 \text{ mm}^2$$

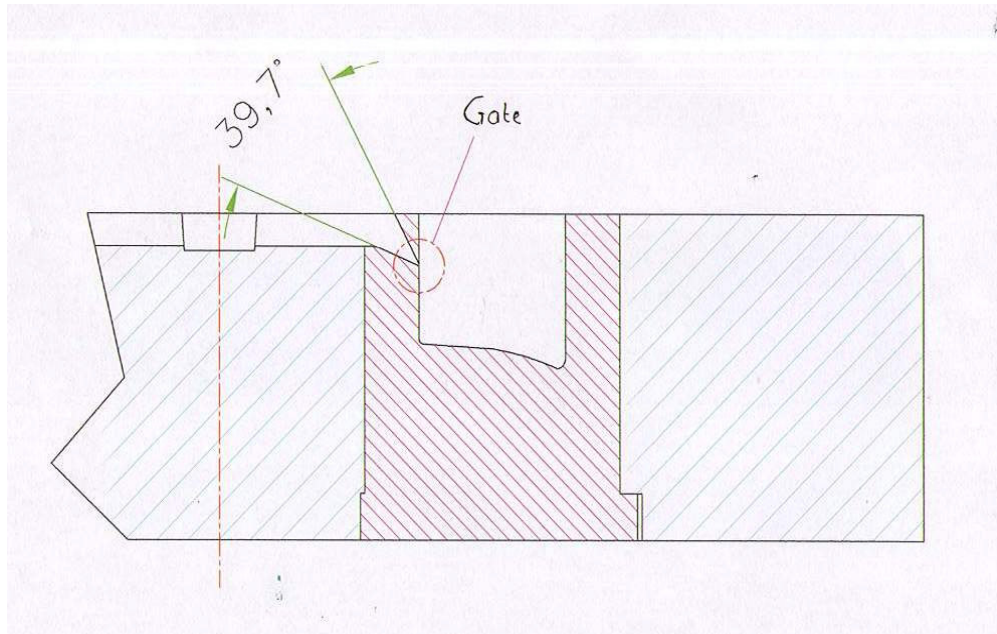
$$\text{atau } d = 0.66 \text{ mm}$$

$$f_1=f_8= f_9 =f_{18} = 0.387 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.7 \text{ mm}$$

*Gate* yang akan dibuat berbentuk submarine gate. Tujuannya adalah supaya tampilan produk lebih rapi, terutama pada bagian *gate*.

Adapun disain *gate* tersebut adalah sbb :



Gambar 4.7 Disain *gate*

Agar pembuatan *gate* lebih aman maka *safety factor* harus diperhitungkan. Dalam pembuatan *gate* ini *safety factor* yang digunakan adalah 2

x.

Jadi ukuran *gate* yang akan dibuat adalah :

$$f_4=f_5=f_{12}=f_{13} = 0.40 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.71 \text{ mm}$$

$$f_3=f_6=f_{11}=f_{14} = 0.55 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.84 \text{ mm}$$

$$f_2=f_7=f_{10}=f_{15} = 0.672 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.93 \text{ mm}$$

$$f_1=f_8= f_9 =f_{18} = 0.774 \text{ mm}^2$$

$$\text{atau } d = 0.99 \text{ mm}$$

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Proses pembuatan *gate* terdiri dari beberapa tahap proses yaitu :

- Proses disain atau *drawing*
- Proses pemilihan material
- Proses machining diantaranya proses milling, proses bubut, proses EDM, proses hardening dan lain – lain.
- Proses *finishing*
- Proses assembling

*Balancing shot* sangat mempengaruhi setting proses produksi. Semakin *balance* aliran material yang masuk kedalam cavity semakin kecil kemungkinan short produk yang terjadi dan tentunya memudahkan setting proses. Semakin jauh jarak lubang *gate* terhadap lubang sprue maka luas Penampang *gate* akan semakin besar. Hal ini terbukti dari hasil perhitungan :  
 $f1 = 0,774 \text{ mm}^2$  lebih besar daripada  $f13 = 0,40 \text{ mm}^2$  .



## 5.2 Saran

Peran disainer sangat penting dalam penting dalam proses drawing Karena ukuran , mekanisme mould , pemilihan material logam yang dipakai berpengaruh terhadap *life time* mould dan efisiensi produksi.

Selain itu kepresisian dalam proses machining sangat penting untuk menghasilkan kualitas mould yang baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- [ 1 ] ASTM D955. *Standart Test Method for Measuring Shrinkage from Mold Dimensions of Molded Plastics*, Annual Book of ASTM Standart. 1991
- [ 2 ] Austin C. *Warpage design Principles*, Moldflow Pty. Ltd., Kilsyth, Victoria Australia. 1991
- [ 3 ] Douglas M. Bryce. *Plastic Injection Molding Manufacturing startup and management*. Michigan : Society of Manufacturing Engineers Dearbon. 1999
- [ 4 ] Kalpakjian. *Manufacturing Engineering and Technology*, Addison Wesley. 1995
- [ 5 ] L. Budi Prastawa , dan HF. Gultom, Soedihono . *Pengetahuan Bahan 2*. Bandung : Politeknik Mekanik Swiss. 1982
- [ 6 ] Luchsinger H.R. *Tool Design 3*. Bandung : Politeknik Mekanik Swiss. 1982
- [ 7 ] Rusch, K. *Plastic Engineering*. Plastic Institute, London. 1976
- [ 8 ] Victoria, and Keysborough. *Metal and Engineering Industri*. ACTRAC Products Ltd. 1994