

## **BAB II**

### **DASAR TEORI**

#### **2.1. Kajian Pustaka**

Sistem konstruksi *slider mold* digunakan untuk memproduksi sebuah produk yang memiliki bentuk *undercut* dan bentuk yang tidak dapat diproduksi dengan hanya menggunakan *core* dan *cavity*.

Sistem konstruksi *slider mold* sudah banyak digunakan dalam berbagai produk yang berbeda-beda dengan berbagai pertimbangan dan perhitungan pembuatan desain *mold* yang baik. Perancangan tentang *slider mold* telah dilakukan pada *mold bottom cover* untuk produk *box kwh meter* dengan menggunakan mekanisme sistem *angular pin* dengan memanfaatkan gerakan bukaan dari cetakan. Dalam penelitian yang dilakukan, perhitungan analisis berupa perhitungan dimensi *core* dan *cavity*, dimensi *runner*, *gate*, pegas, return pin, pegas dorong *internal slider* sebagai pertimbangan dalam membuat konstruksi *slider mold* (Indrian & Chandra, 2012).

Modifikasi cetakan *moldbase* yang digunakan pada cetakan safety glasses, dimana pada perancangan ini membahas perhitungan konstruksi cetakan meliputi *cavity layout*, *undercut mechanics*, *ejection sistem*, *sistem cooling*, *runner* dan *gate sistem* serta simulasi menggunakan *moldflow* untuk mengetahui potensi cacat yang terjadi. Hasil dari pemilihan *layout* serta pemilihan *gate* dan *runner* sesuai perhitungan yang dilakukan didapatkan hasil 1,904 detik/produk (Wibowo, dkk., 2015).

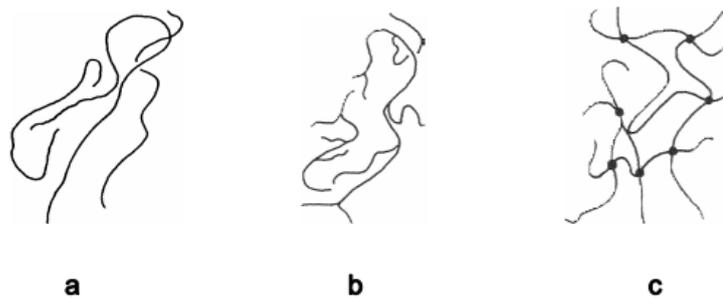
Perancangan cetakan injeksi plastik dengan konstruksi *family mold* dengan sistem *slider* pada produk kotak jam tangan, pada perancangan *mold* kotak jam tangaini untuk menentukan estimasi *clamping force* menggunakan dua metode yaitu metode *demag* dan metode *tatming*. (Krismawanto, 2016).

Mengamati kinerja simulasi siklus injeksi yang dirancang pada produk dudukan lampu LED dengan tiga analisis, yaitu *flow analysis*, *cool analysis* dan *warp analysis*, masing-masing menggunakan 2 jenis *runner*, dengan 6 tipe

*layout runner* yang dirancang. Dari perbandingan yang dilakukan, dipilih runner jenis *circular* dengan menggunakan *conventional cooling system* (Pind'ák, 2012).

## 2.2. Polimer

Polimer merupakan molekul yang tersusun oleh banyak partikel sejenis (identik) atau monomer. Proses bereaksinya molekul monomer bersama dalam reaksi kimia untuk membentuk tiga dimensi jaringan atau rantai polimer yang disebut sebagai proses polimerisasi. Struktur jenis pembentukkan polimer, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1. (a) Polimer struktur linier, (b) polimer bercabang, (c) polimer *cross link*. (Bobčik, 1999)

## 2.3. Thermoplastik

*Thermoplastik* merupakan polimer dengan berat molekul yang tinggi dan tidak terikat secara *cross link*, melainkan berstruktur linier yang panjang atau bercabang, diikat dengan gaya van der waals yang relative lemah. Gaya van der waals adalah gaya tarik atau gaya lontar antar molekul, gaya ini memang tidak begitu kuat dibanding ikatan kimia normal, tapi cukup berperan penting karena memberi definisi karakter kimiawi dan bahan organik. Bahan *thermoplastik* ketika di panaskan dengan kekentalan yang tinggi akan menjadi cair karena gaya intermolekulnya semakin diperlemah sehingga mudah untuk dibentuk dalam cetakan. Bila material *thermoplastik* didinginkan akan terjadi

penggumpalan atau solidifikasi kembali. Hal ini menjadi salah satu keunggulan dan dasar pemikiran terpakainya bahan *thermoplastik* dalam jumlah besar.

*Thermoplastik* memiliki dua jenis polimer struktur yang berbeda diantaranya, sebagai berikut.

### 1. *Amorphous*

*Amorphous* merupakan jenis polimer non kristal yang memiliki kandungan kristal yang rendah. Hal ini mempengaruhi bentuk struktur *amorphous* yang tidak beraturan. Polimer *amorphous* ketika dipanaskan berbentuk tak beraturan. Namun saat kembali didinginkan akan kembali ke bentuk semula, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Struktur *amorphous* (Budiyantoro, 2009)

### 2. Semi kristal

Semi kristal merupakan jenis polimer yang memiliki kandungan kristal yang cukup tinggi di banding polimer *amorphous*, hal ini mempengaruhi struktur semi kristal yang mempunyai bentuk teratur, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.3. Polimer semi kristal ketika dipanaskan berbentuk tak beraturan. Namun saat kembali didinginkan, bagian kristal akan terlipat dan teratur kembali. Oleh karena itu jika dilihat dari besarnya penyusutan, polimer semi kristal akan menyusut lebih besar dibanding polimer *amorphous*. Dalam proses polimerisasi *thermoplastik* struktur kristal ini secara langsung bertanggung jawab atas sifat mekanik, sifat resistan terhadap tegangan atau beban dan sifat ketahanan suhu material termoplastik.



Gambar 2.3. Struktur semi kristal (Budiyantoro, 2009).

#### 2.4. *Thermoset*

Polimer *thermoset* terdiri atas ikatan silang antar rantai (*crosslinked*) sehingga terbentuk bahan yang keras dan lebih kaku. Jenis polymer ini mengalami perubahan kimiawi dan struktural selama proses perlakuan thermal yaitu membentuk struktur tiga dimensi atau suatu struktur jaringan dan bisa juga dikatakan struktur hubung-silang. Dalam proses produksi, suatu campuran yang terpolimerisasi parsial dicetak pada suhu tinggi, dimana reaksinya selesai dan menghasilkan suatu jaringan tiga dimensi yang kaku. Jadi pemanasan tersebut menghasilkan suatu "set" (kumpulan) dalam material tersebut, sehingga pemanasan kembali tidak akan banyak melunakkan jaringan tiga dimensionalnya. Mula-mula panas yang diberikan digunakan untuk melunakkan bahan polymernya, akan tetapi panas tambahan atau bahan kimia khusus akan menimbulkan perubahan kimiawi yang disebut polimerisasi dan sesudah itu polymer tidak dapat dilunakkan lagi. Polimerisasi merupakan suatu proses kimia yang menghasilkan susunan baru dengan berat molekul yang lebih besar dari bahan semula (Amri, 2009).

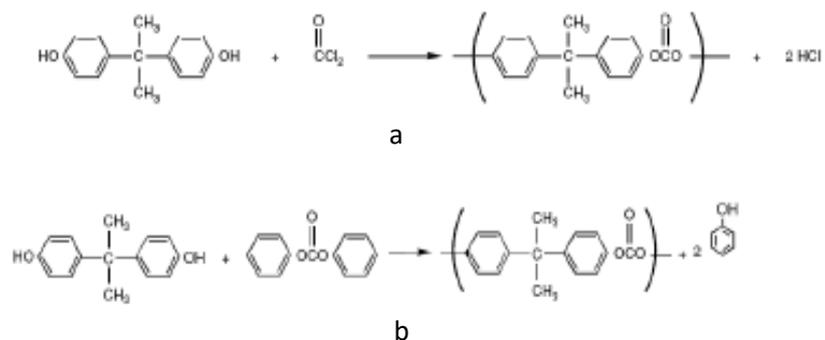
#### 2.5. *Elastomer*

*Elastomer* adalah material yang dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya yang diberikan terhadap polimer dilepaskan. Polimer ini dapat dan tidak

dapat larut, hanya dapat mengembangkan jika dilarutkan dalam pelarut seperti bensena dan metil etil keton, dan terurai jika dipanaskan hingga di atas suhu maksimumnya. Sifat – sifat unik ini disebabkan oleh adanya ikatan silang dalam struktur molekulnya. Ikatan silang mencegah molekul – molekul rantai panjang untuk saling menyelinap akibat pelelehan ketika dipanaskan atau akibat pelarutan. Jumlah ikatan silang dapat ditingkatkan hingga terbentuk struktur yang kaku seperti karet kuat (Watoni, 2015).

## 2.6. Polycarbonate

Jenis material *amorphous* ini termasuk dalam kelompok engineering thermoplastic, dengan keunggulan pada keuletan, kekuatan, transparansi, dan ketahanan terhadap temperatur. Karena keunggulan ini, PC digunakan sebagai bahan alternative pengganti gelas, kaca lampu *otomotive*, *housing* dan pelindung mesin, kaca pelindung polisi anti huru-hara, *compact disc*, pelindung kepala (helm), hiusing dari accu mobil, bahkan dengan ketebalan tertentu digunakan sebagai kaca anti peluru. Struktur PC tersusun dari dua komponen yaitu *bisphenol A* dan *carbonate* melalui dua cara proses yaitu metode *interface* dan *transesterifikasi*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4. Material PC secara alami terbentuk sebagai polimer *amorphous* yang memiliki rantai panjang terikat satu dengan lainnya secara kuat sehingga memberikan kontribusi pada keuletan (Budiyantoro, 2009).



Gambar 2.4. Sintesa PC: a. Proses interface b. Proses transesterifikasi (Budiyantoro, 2009).

Kelebihan yang dimiliki oleh PC antara lain:

- a. Ketahanan terhadap beban kejut
- b. Transparansi tinggi, meneruskan cahaya sebaik gelas
- c. Tahan terhadap UV, tapi dalam waktu lama akan menguning
- d. Ketahanan terhadap udara luar sedang
- e. Hambatan listrik baik
- f. Tahan terhadap kikisan
- g. Mudah diwarnai
- h. Mampu didaur ulang

Sedangkan kelemahannya adalah:

- a. Ketahanan terhadap kikisan tidak sesuai untuk bantalan dan roda gigi
- b. Harga mahal
- c. Insulasi suara rendah
- d. Harus dikeringkan dalam waktu lama dan suhu tinggi
- e. Tidak tahan gores
- f. Ketahanan terhadap beberapa jenis bahan kimia rendah

Tabel 2.1 menunjukkan beberapa jenis larutan kimia yang merusak, yang memerlukan perhatian khusus, dan yang aman terhadap PC. Perhatian khusus yang dimaksud adalah PC tidak direkomendasikan berada pada lingkungan berkontaminasi bahan tersebut dalam waktu yang lama (Budiyantoro, 2009).

Tabel 2.1. Jenis bahan kimia dan pengaruhnya terhadap PC (Budiyantoro, 2009).

| material PC          | perlu perhatian | aman terhadap PC  |
|----------------------|-----------------|-------------------|
| Acetone              | Cyclohexone     | Acetic acid       |
| Ammonia              | Diesel oil      | Ammonium chloride |
| Amyl acetate         | Formic acid     | Butane            |
| Benzene              | Gasoline        | Calcium chloride  |
| Bromine              | Glycerine       | Carbon monoxide   |
| Butyl acetate        | Heating oil     | Copper sulphate   |
| Carbon tetrachloride | Jet fuel        | Methane           |
| Chloroform           | Perchloric acid | Oxygen            |
| Caustic soda         | Sulfur dioxide  | Ozone             |
| Methanol             | Turpentine      | Water             |

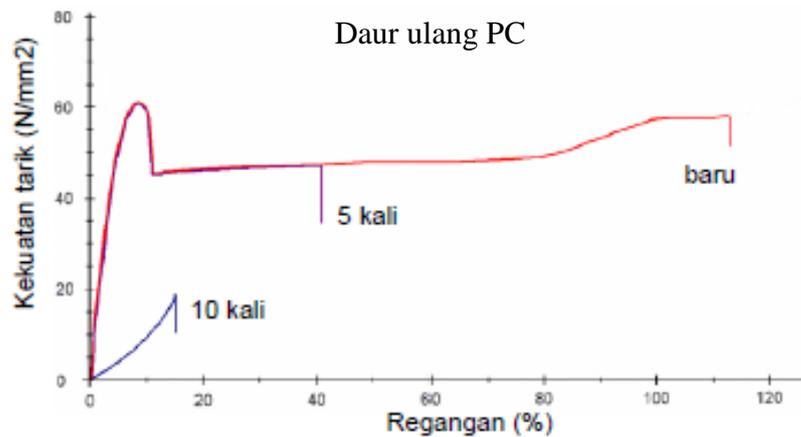
Tabel 2.2. Sifat-sifat PC Iupilon GS2010MPH  
(www.materialdatacenter.com).

| Rheological properties                      | Value | Unit                   | Test Standard   |
|---|-------|------------------------|-----------------|
| <b>ISO Data</b>                             |       |                        |                 |
| Melt volume-flow rate, MVR                  | 14    | cm <sup>3</sup> /10min | ISO 1133        |
| Temperature                                 | 300   | °C                     | -               |
| Load  | 1.2   | kg                     | -               |
| Molding shrinkage, parallel                 | 0.4   | %                      | ISO 294-4, 2577 |
| Molding shrinkage, normal                   | 0.4   | %                      | ISO 294-4, 2577 |
| Melt flow index, MFI                        | 15    | g/10min                | ISO 1133        |
| MFI temperature                             | 300   | °C                     | -               |
| MFI load                                    | 1.2   | kg                     | -               |
| <b>Mechanical properties</b>                |       |                        |                 |
| <b>ISO Data</b>                             |       |                        |                 |
| Tensile Modulus                             | 2900  | MPa                    | ISO 527-1/-2    |
| Yield stress                                | 52    | MPa                    | ISO 527-1/-2    |
| Yield strain                                | 4.8   | %                      | ISO 527-1/-2    |
| Nominal strain at break                     | 10    | %                      | ISO 527-1/-2    |
| Charpy impact strength, +23°C               | N     | kJ/m <sup>2</sup>      | ISO 179/1eU     |
| Charpy notched impact strength, +23°C       | 10    | kJ/m <sup>2</sup>      | ISO 179/1eA     |
| Flexural modulus, 23°C                      | 2500  | MPa                    | ISO 178         |
| <b>Thermal properties</b>                   |       |                        |                 |
| <b>ISO Data</b>                             |       |                        |                 |
| Temp. of deflection under load, 1.80 MPa    | 122   | °C                     | ISO 75-1/-2     |
| Temp. of deflection under load, 0.45 MPa    | 134   | °C                     | ISO 75-1/-2     |
| Coeff. of linear therm. expansion, parallel | 58    | E-6/K                  | ISO 11359-1/-2  |
| Coeff. of linear therm. expansion, normal   | 58    | E-6/K                  | ISO 11359-1/-2  |
| <b>Electrical properties</b>                |       |                        |                 |
| <b>ISO Data</b>                             |       |                        |                 |
| Comparative tracking index                  | 212   | -                      | IEC 60112       |
| <b>Other properties</b>                     |       |                        |                 |
| <b>ISO Data</b>                             |       |                        |                 |
| Water absorption                            | 0.14  | %                      | Sim. to ISO 62  |
| Density                                     | 1260  | kg/m <sup>3</sup>      | ISO 1183        |
| <b>Characteristics</b>                      |       |                        |                 |
| <b>Special Characteristics</b>              |       |                        |                 |
| High impact or impact modified              |       |                        |                 |
| <b>Regional Availability</b>                |       |                        |                 |
| North America, Europe, Asia Pacific         |       |                        |                 |

Dalam Tabel 2.2 menunjukkan sifat-sifat PC Iupilon GS2010MPH, material yang digunakan dalam perancangan produk. Material tersebut mempunyai keunggulan high impact dengan memiliki kandungan *glass fiber* 10%.

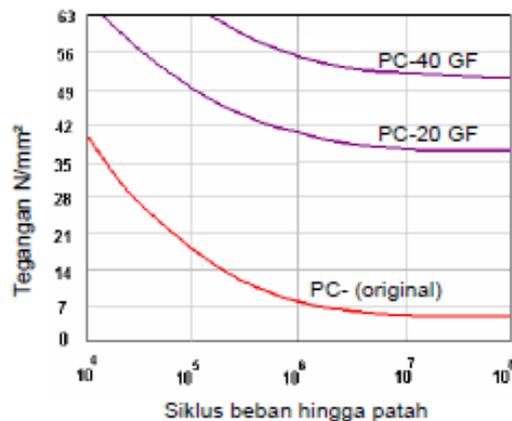
Material PC mampu didaur ulang seperti halnya bahan *thermoplastik* lainnya dan secara teoritis pengulangannya tak terbatas, namun jumlah daur ulang untuk semua *thermoplastik* secara praktis akan menurunkan kemampuan mekanisnya. Semakin banyak bahan didaur ulang semakin turun kemampuan mekanisnya, sehingga bahan daur ulang umumnya tidak dipakai dalam prosentase penuh untuk produksi produk yang sama. Material PC yang mengalami daur ulang 5 kali regangan patahnya akan berkurang, apalagi jika diulang hingga 10 kali, baik tegangan maupun regangannya akan turun secara drastis, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5. Memang dari segi pemrosesan,

bahan yang mengalami daur ulang akan lebih mudah dicairkan, tapi ada pertimbangan segi pemakaian untuk ketahanan dan umur pakai produk yang mengalami pembebanan (Budiyantoro, 2009).



Gambar 2.5. Jumlah daur ulang berpengaruh pada kemampuan mekanis PC (Budiyantoro, 2009)

Dengan tujuan mendapatkan perbaikan sifat tertentu, PC dapat ditambah dengan *additive* atau *filler*. Misalnya tambahan *glass fiber* pada PC akan meningkatkan kemampuan menahan tegangan dengan konsekuensi bahan akan menjadi semakin rapuh.



Gambar 2.6. Pengaruh bahan pengisi pada kemampuan mekanis PC (Budiyantoro, 2009)

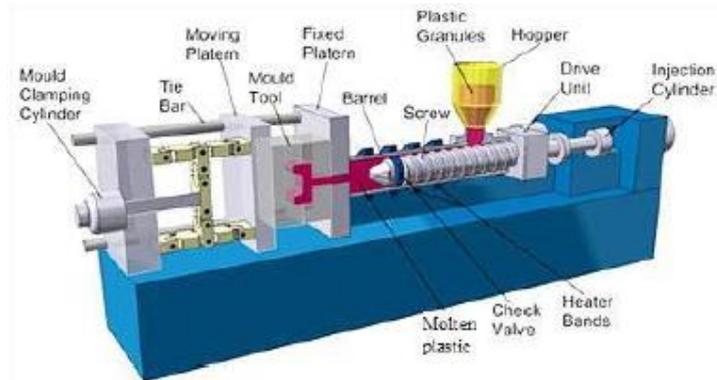
PC mampu diproses pada hampir semua mesin pemroses plastik seperti injeksi, ekstrusi, *rotational molding*, *thermoforming*, dan perekatan, namun tidak sesuai untuk proses tuang. Jika diproses dengan ekstrusi dan injeksi, PC

harus dikeringkan dengan suhu dan waktu tertentu hingga mencapai standard prosentase kandungan air yang diijinkan. Produsen plastik yang baik akan menyertakan informasi proses yang diperlukan termasuk perlakuan pengeringan material, suhu proses, tekanan, bahkan putaran ulir (Budiyantoro, 2009).

## **2.7. Injection Molding**

*Injection molding* merupakan salah satu teknik pengisian material biji plastik melalui *hopper* kemudian turun ke dalam *barrel injection* secara otomatis (karena gaya gravitasi) dimana biji plastik dilelehkan oleh pemanas yang terdapat di dinding *barrel* dan gesekan akibat perputaran sekrup (*screw*) injeksi. Biji plastik yang sudah meleleh didorong oleh mekanisme *screw* injeksi (yang berfungsi sebagai *plunger*) melalui *nozzle* ke dalam *cavity*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7. Setelah beberapa saat didinginkan  *mold* akan membuka kemudian produk dikeluarkan dari cetakan oleh pendorong hidrolik dengan *injector pin* yang tertanam dalam  *mold core*. Material yang digunakan pada mesin injeksi adalah *thermoplastic*, hal ini disebabkan pemanasan material ini dapat melunak dan sebaliknya akan mengeras apabila didinginkan. Perubahan yang terjadi hanya bersifat fisik dan bukan perubahan secara kimiawi sehingga memungkinkan mendaur ulang material sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan.

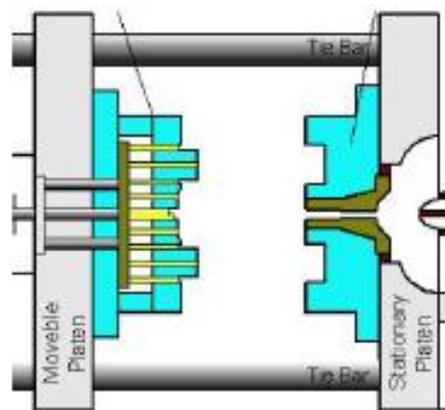
Material plastik yang dipindahkan dari silinder pemanas temperature suhunya berkisar antara 175 °C hingga 290 °C (setiap material suhunya berbeda). Semakin panas suhunya, plastik material akan semakin cair (rendah viskositasnya) sehingga semakin mudah diinjeksikan ke dalam *cavity*. Setiap material memiliki karakteristik suhu *molding*. Semakin lunak formulasinya, yang berarti kandungan plastis tinggi, membutuhkan temperature rendah, sebaliknya yang memiliki formulasi lebih keras butuh temperature tinggi.



Gambar 2.7. Mesin *injection molding* (Pindak, 2012).

## 2.8. *Mold Unit*

*Mold* merupakan cetakan yang mempunyai rongga dengan fungsi sebagai tempat material leleh (plastik atau logam), membentuk sesuai bentuk profil rongga cetakan. *Mold* terdiri dari dua bagian pelat, yaitu pelat bergerak (*moveable plate*) dan pelat diam (*sationary plate*). Pelat bagian *mold* yang bergerak dipasang pada *moveable platen* dan pelat bagian *mold* yang diam dipasang di *stationary platen*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.

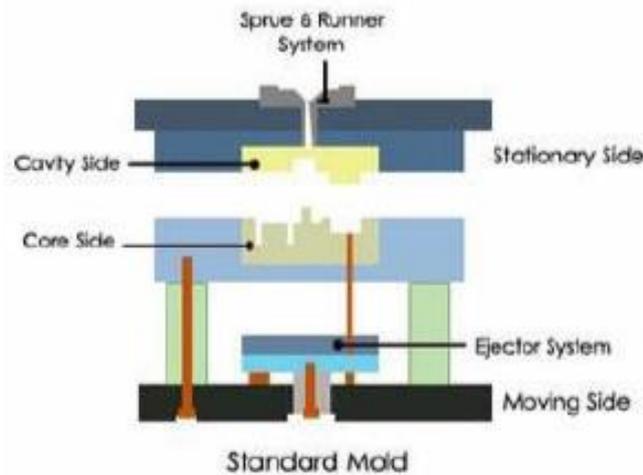


Gambar 2.8. Posisi *mold* pada mesin injeksi (Sunaryo, 2015).

*Mold* yang digunakan di mesin *injection molding*, mempunyai beberapa klasifikasi konstruksi *mold*. Penentuan jenis konstruksi *mold* tergantung pada bentuk produk yang akan dibuat, karena pada setiap produk yang akan diproduksi mempunyai karakteristik tersendiri, seperti *appearance*, dimensi, toleransi, letak *undercut*, bentuk geometri secara umum dan fungsi dari *mold* yang akan digunakan. Berikut adalah jenis konstuksi dasar dari *mold* injeksi :

### 2.8.1. *Standard Mold*

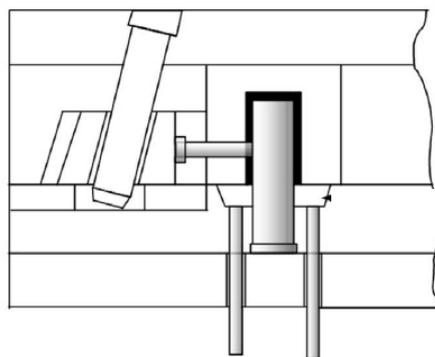
*Standard mold* adalah tipe *mold* dasar, dalam tipe *mold* dasar ini merupakan jenis minimum untuk membuat *mold* injeksi untuk plastik, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9. *Standard mold* (www.megamould.com).

### 2.8.2. *Slider Mold*

*Slider mold* adalah konstruksi *mold* ketika produk yang dibuat mempunyai *undercut* dan bentuk profil yang tidak bisa dibentuk dengan *core* atau *cavity*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10. *Slider mold* (Jones, 2008).

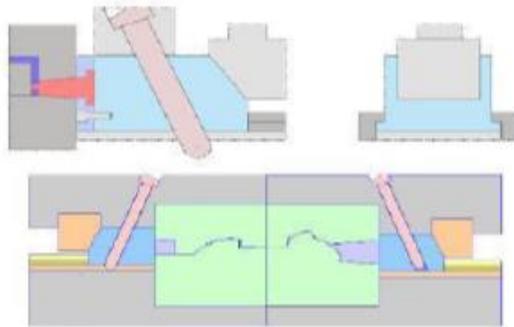
*Slider* akan bergerak karena ada batang *pin* yang dibuat menyudut, bagian ini akan memindah arah gaya bukaan menjadi 90 derajat, misalnya bukaan *core cavity* adalah secara vertikal, maka dengan adanya

*pin* yang membentuk sudut, *slider* dapat bergerak secara horizontal, sehingga bagian *undercut* bisa dibentuk.

Pada *slider mold*, terdapat dua jenis konstruksi *external undercut* dan *internal undercut*.

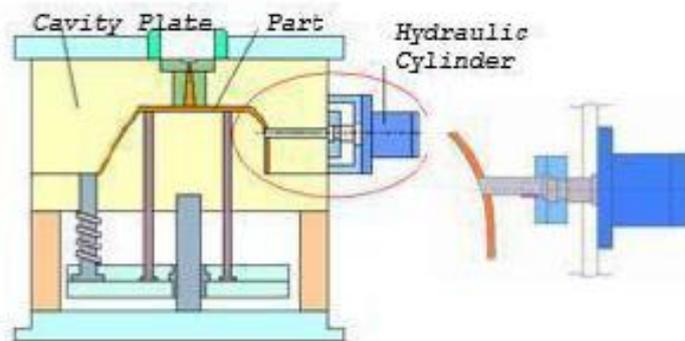
### 3. *External undercut*

Merupakan *undercut* yang dapat dibentuk dengan meletakkan *slide core* dengan mekanisme gerakan menggunakan panduan angular pin, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11. Konstruksi *modal* dengan *external undercut* (Sunaryo, 2015).

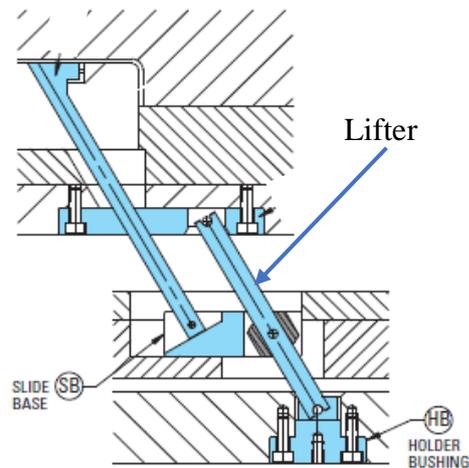
*External undercut* selain dapat dibentuk dengan *slide core* dapat juga dibentuk dengan bantuan *Hydraulic actuator*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.12. *Hydraulic* akan bekerja menarik *slider* dari samping sehingga dapat melepas produk yang memiliki *undercut* samping.



Gambar 2.12. Pembentukan *undercut* dengan *hydraulic actuator* (Sunaryo, 2015).

## 2. *Internal undercut*

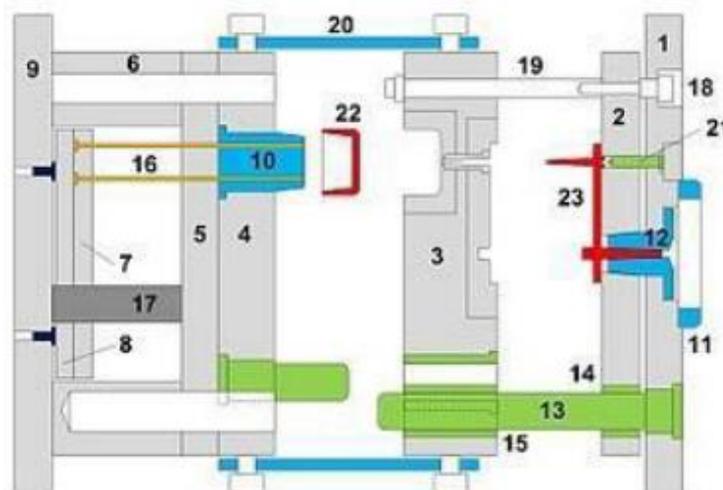
Pembentukan bagian internal undercut, dapat dibentuk dengan menggunakan *lifter sistem*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.13. mekanisme gerakan pada *lifter sistem* sama dengan *ejector*, karena *lifter angle* tertanam di *ejector plate/ejector retainer plate*.



Gambar 2.13. *Internal undercut* (DME).

### 2.8.3. *Three Plate Mold*

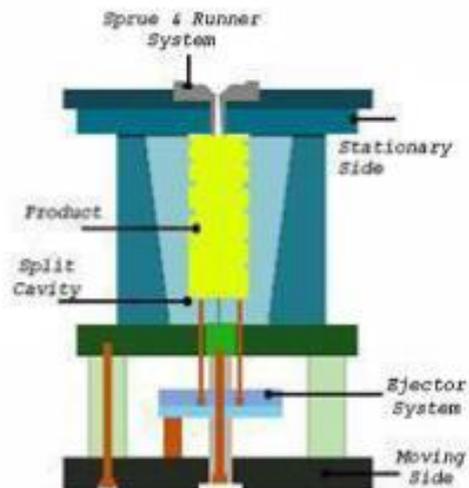
*Three plate mold* merupakan *mold* yang dapat memutuskan *runner* dengan *gate* secara langsung, sehingga setelah proses injeksi produk, tidak adanya proses pemotongan. Bentuk konstruksi *three plate mold*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. *Three plate mold* (www.megamould.com).

#### 2.8.4. Split Cavity Mold

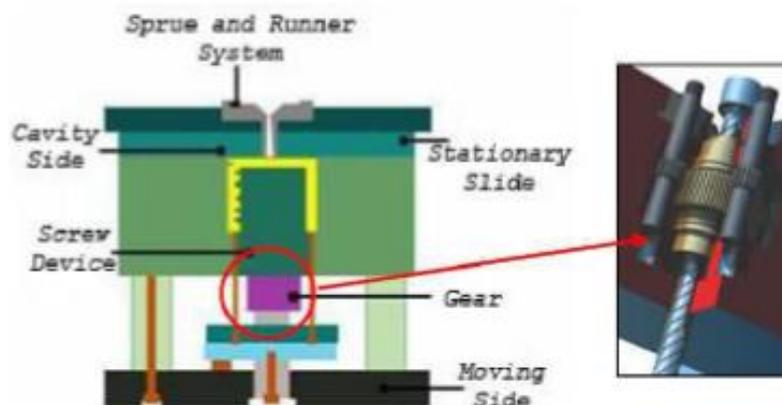
Konstruksi *split cavity*, merupakan *mold* dengan bagian *cavity* bergerak membuka ke arah samping, ketika mendorong produk keluar (setelah injeksi), gerakan *cavity* tersebut menggunakan mekanisme *pneumatic*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Gambar 2.15. *Split cavity mold* (www.megamould.com).

#### 2.8.5. Screw Mold

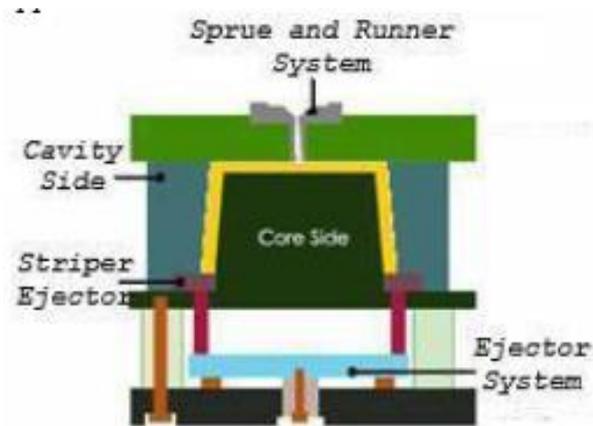
*Mold* dengan konstruksi *screw mold* banyak diaplikasikan untuk membuat *worm gear* dan *helical gear plastic* pada produk. Konstruksi khusus pada jenis *mold* ini adalah terdapat *screw device* yaitu bagian yang berputar ketika *mold* dibuka, bagian ini dihubungkan khusus dengan motor, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.16.



Gambar 2.16. *Screw mold* (www.megamould.com) .

### 2.8.6. Ejector Stripper Mold

Konstruksi *ejector stripper mold*, memiliki bentuk *ejector* melingkar sepanjang sisi dari produk. *Mold* ini digunakan untuk membentuk produk plastik dengan dimensi lingkaran, seperti bak dan timba. Bentuk konstruksi *ejector stripper mold*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.17.

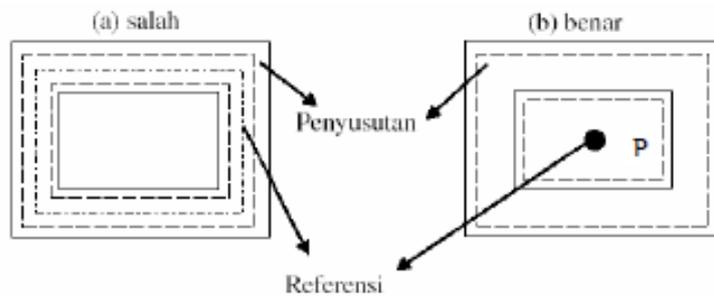


Gambar 2.17. *Ejector stripper mold* (www.megamould.com).

## 2.9. Shrinkage

*Shrinkage* merupakan suatu kondisi penyimpangan (*deviation*) pada pembentukan plastik, perencana harus selalu memperhitungkan adanya penyusutan material setelah material atau (benda kerja) terbentuk. Hal ini disebabkan karena adanya perlakuan panas disertai dengan penekanan. Sehingga akan mengalami perubahan dimensi jika dibandingkan dengan ukuran pada *mold*, maka ukuran produknya akan berbeda, yaitu ukuran luar benda kerja akan lebih kecil dibanding *cavity* (Amri, 2009).

Arah penyusutan material yang menuju ke sebuah titik referensi di dalam benda kerja, artinya tidak boleh mengambil bidang atau garis yang ada di dalam produk. Untuk mengamati arah penyusutan ini lebih jelas, kita perhatikan dua gambar ilustrasi pada Gambar 2.8 dibawah ini:



Gambar 2.18. Arah penyusutan (Amri, 2009).

Gambar A. Menunjukkan tafsiran arah penyusutan yang salah, karena pada kenyataannya hasil lubang pada produk bukannya bertambah besar seperti gambar, tetapi justru menjadi lebih kecil. Jadi referensi pengamatan bukannya merupakan sebuah garis atau bidang didalam produk tersebut.

Gambar B. Menunjukkan tafsiran arah penyusutan yang benar, yaitu bahwa semua titik yang ada pada produk akan menyusut menuju ke titik referensi P. Jadi hasil lubang pada produk juga akan menyusut lebih kecil kearah titik P, berikut ini merupakan rumus untuk menghitung penyusutan yang terjadi pada produk seperti yang ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$L_{molding} = (1 - s) \cdot L_{cavity} \dots \dots \dots (2.1)$$

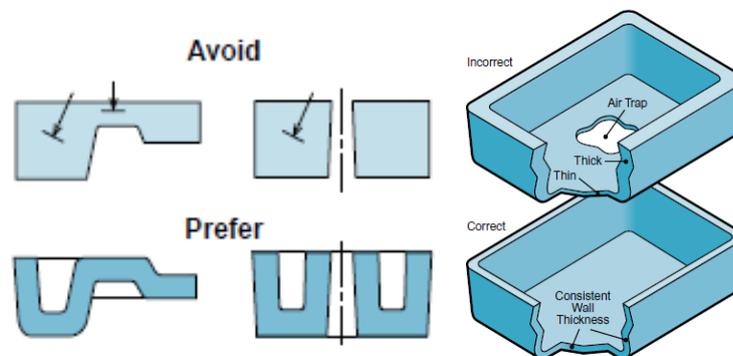
- dimana,  $L_{molding}$  = panjang *molding* (mm)
- $s$  = nilai shrinkge (%)
- $L_{cavity}$  = panjang *cavity* (mm)

### 2.10. Desain Produk

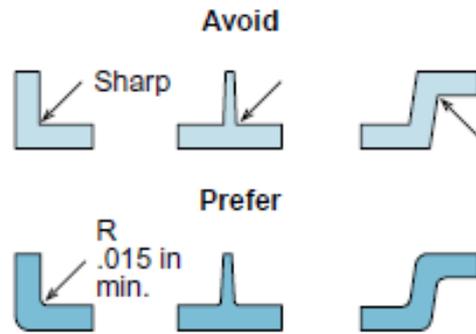
Dalam proses perancangan *mold*, langkah awal yang dilakukan oleh seorang desain adalah mempelajari produk berupa sample barang jadi, gambar produk (gambar teknik) dan ide. Data produk yang masuk berupa sample barang jadi, bisa mendapatkan informasi tentang bentuk benda berupa *parting line*, letak *ejector*, besar benda, informasi material (namun masih perlu dipelajari lebih lanjut). Kemudian data produk masuk berupa gambar produk, mendapatkan informasi berupa bentuk produk, besaran/ukuran, penjelasan fungsi dan materialnya.

Dalam desain cetakan, ada beberapa aturan yang harus diperhatikan. Aturan tersebut antara lain:

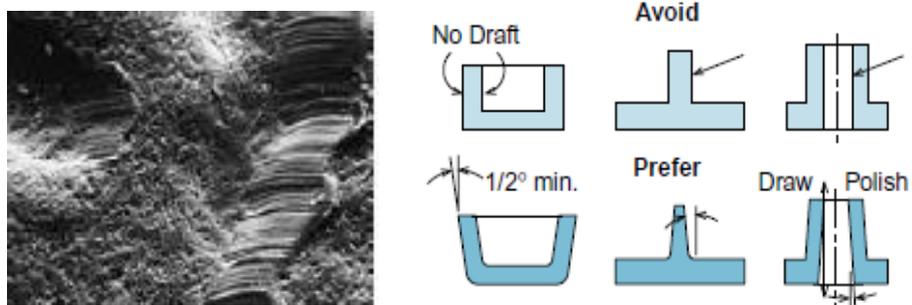
1. Gunakan ketebalan dinding seragam di seluruh bagian, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.19. Tebal dinding yang seragam akan meminimalkan penyusutan, bengkok, tegangan sisa, air trap dan meningkatkan efisiensi proses pengisian cetakan dan waktu siklus.
2. Gunakan *profil* radius pada semua ujung produk, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.20. Dimensi radius sudut di dalam minimal satu kali ketebalan material.
3. Gunakan draft angle pada produk, agar ketika proses pelepasan produk lebih mudah dan mengurangi bekas yang ada pada dinding produk, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.21.
4. Gunakan penguat berupa *rib* untuk meningkatkan kekakuan pada bagian lentur, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.22. Hal ini untuk menghindari penggunaan ketebalan berlebih pada bagian produk, sehingga dapat menghemat berat total, biaya material, dan biaya waktu siklus.



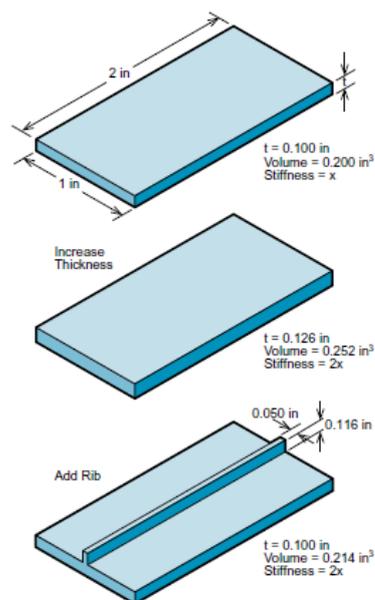
Gambar 2.19. Desain ketebalan dinding produk kurang baik dan lebih baik (Bayer material science, 2000).



Gambar 2.20. Desain produk kurang baik dan lebih baik (Bayer material science, 2000).



Gambar 2.21. Perbandingan sudut desain produk kurang baik dan lebih baik (Bayer material science, 2000).



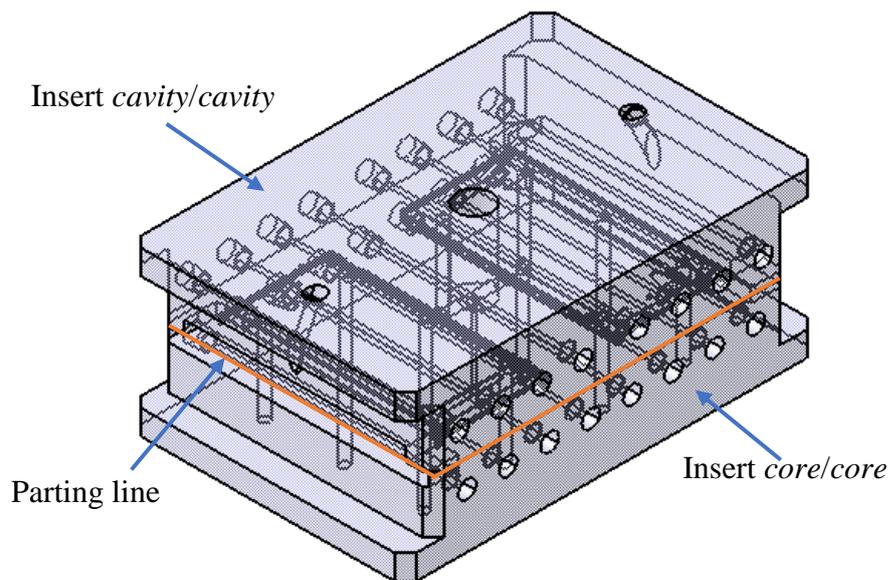
Gambar 2.22. Penambahan ketebalan pada desain produk dan pemberian rib (Bayer material science, 2000).

## 2.11. Perancangan Cetakan

### 2.11.1. Parting line

Secara garis besar *parting line* merupakan suatu bidang singgung yang memecahkan/memisahkan/membagi suatu *cavity* cetakan menjadi setidaknya dua bagian yang satu sama lain bisa dilepas dan dipasang bila diperlukan (antara bagian *molding* tetap dengan *molding* yang bergerak/antara *cavity plate* dengan *core plate* atau *slider* atau *insert*), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.23.

*Parting line* berfungsi untuk merapatkan atau menutup bagian *molding* bergerak dengan bagian *molding* diam agar ketika proses injeksi berjalan, material plastik mengisi rongga cetakan dengan baik.



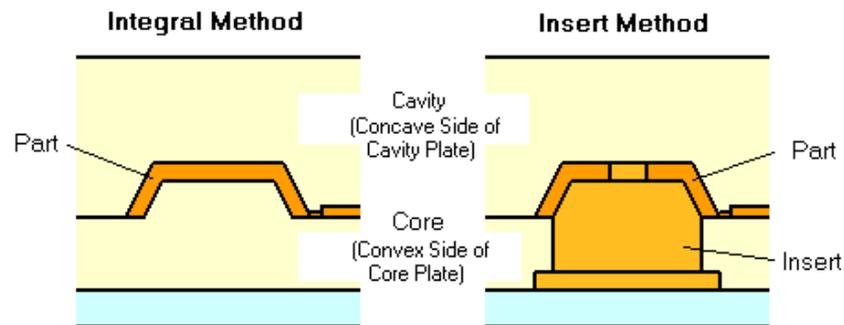
Gambar 2.23. Bagian cetakan *core* and *cavity*.

### 2.11.2. Core Dan Cavity

*Core* merupakan bagian dari injeksi *molding* yang membentuk sebuah produk bagian bawah, sedangkan *cavity* bagian cetakan yang membentuk sebuah produk bagian atas, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.23.

Dalam perancangan *core* dan *cavity*, terdapat model solid (bagian cetakan produk dibuat secara langsung dalam  *mold*) dan model *insert*

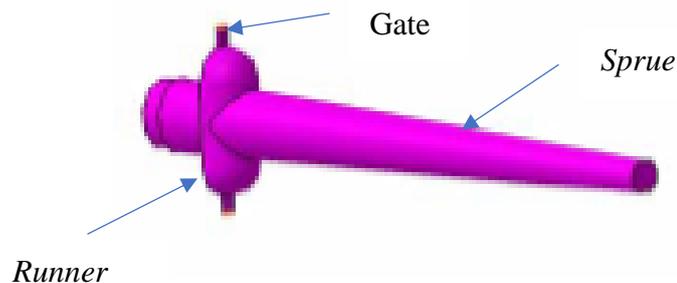
(bagian cetakan produk *molding* dibuat sebagai part tersendiri), seperti ditunjukkan pada gambar 2.24. Penentuan penggunaan *insert* pada *cavity* maupun *core* tergantung dari bentuk produk. Model *insert* ditentukan berdasarkan bentuk *profil* produk pencetakan atau membuat multi *cavity* dan mempertimbangkan letak sistem pendinginan.



Gambar 2.24. *Insert block*  
<http://www.apiwat.ie.engr.tu.ac.th/molddesain/step3/index30.htm>.

### 2.11.3. Sistem *Runner*

Sistem *runner* terdiri dari *sprue*, *runner* dan *gate* yang berfungsi mendistribusikan cairan plastik dari nozzle bagian injeksi ke *cavity*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.25.



Gambar 2.25. Sistem *runner* (Djunarso, 2011).

Bagian sistem *runner* akan dijelaskan sebagai berikut:

#### 1. *Gate*

*Gate* merupakan pintu masuk untuk leburan material yang mengalir dari *runner* ke dalam rongga *cavity*. Fungsi *gate* pada sistem *runner*, untuk mengontrol aliran cairan material plastik. Penempatan

*gate* yang benar adalah mendekati dinding produk yang tebal atau paling tebal (Riyanto, 2017).

Pemilihan *Gate location* pada produk, merupakan hal yang perlu dipertimbangkan karena sangat menentukan hasil akhir dari produk yang dihasilkan . Berikut ini, aspek yang perlu diperhatikan dalam pemilihan *gate location* (Djunarso, 2011):

- a. Posisikan *gate* pada bagian yang tebal dari produk.
- b. Letakkan *gate* pada bagian yang tersembunyi.
- c. Hindarkan terjadinya weld line pada daerah pembebanan.
- d. Pelepasan *gate* semudah mungkin.
- e. Hindari *jetting*.

*Gate* memiliki beberapa jenis, yang mempunyai fungsi masing-masing.

Berikut ini jenis *gate* yang digunakan dalam pendistribusikan plastik dari *runner* ke produk.

i. *Sprue Gate* (*Gate* Langsung)

Merupakan tipe *gate* langsung yang hanya memerlukan sedikit tekanan injeksi dan waktu yang cepat dalam pengisian produk ke dalam cetakan, biasanya digunakan pada cetakan *single cavity*, kerugian tipe *sprue gate* adalah meninggalkan bekas *Gate* yang cukup besar pada produk yang sulit dihilangkan, biasanya tipe *sprue gate* banyak digunakan pada peralatan rumah tangga seperti contoh ember, tempat sampah, dll (Jones, 2008), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.26.



Gambar 2.26. *Sprue gate* (Jones, 2008).

ii. *Tab Gate*

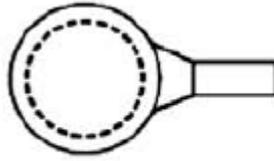
Tipe *tab Gate* digunakan pada produk yang memiliki bentuk pipih datar panjang, kemudian terletak disisi yang sempit, tipe *tab gate* dibuat untuk mengurangi tegangan geser yang ada di sekitar *gate*. (Jones, 2008), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.27.



Gambar 2.27. *Tab Gate* (Jones, 2008).

iii. *Fan Gate*

Memiliki bentuk seperti kipas, tipe *fan Gate* dibuat untuk membuat aliran yang stabil kebagian produk, memiliki keuntungan untuk menghindari deformasi dan mempertahankan bentuk produk (Jones, 2008), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.28.



Gambar 2.28. *Fan Gate* (Jones, 2008).

iv. *Pin Gate*

Merupakan tipe *Gate* yang hanya digunakan pada konstruksi *three-plate mold*. Tipe *pin Gate* dibuat untuk memudahkan produk lepas dengan *Gate* dan *runner*, sehingga diameter *Gate* dibuat sekecil mungkin. (Jones, 2008), seperti ditunjukkan pada Gambar 2.29.



Gambar 2.29. *Pin Gate* (Jones, 2008).

v. *Edge Gate*

Lokasi dari *edge Gate* ada pada *parting line* dari cetakan dan biasanya *Gate* ini akan mengisi material dari samping, atas atau bawah part, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.30.



Gambar 2.30. Edge Gate (Jones, 2008).

## 2. Runner

*Runner* merupakan bagian dari *sistem runner* , sebagai saluran tempat mengalirnya material dari sprue menuju ke *Gate* atau *core* dan *cavity* (tergantung jenis *sistem runner* ). Desain *runner* yang baik tidak hanya meliputi geometri yang benar, ukuran, serta posisi atau tata letak *runner*, tetapi perlu di perhatikan juga pada sistem *eject* (mengeluarkanya).

*Runner* yang seimbang menjadi acuan pada saat awal perancangan cetakan seimbang, yang dimaksud adalah kesimbangan jarak *runner* ataupun *gate* dari titik center *sprue* (awal masuknya material plastik ke *runner*) dan diameter *runner* ataupun *Gate* yang sama pada saat merancang *sistem runner*.

Adapun Berikut ini merupakan rumus untuk mengitung diameter *runner*, dan *Gate*.

Perhitungan diameter *runner*

$$D = \frac{w^{0.5} \cdot L^{0.25}}{3.7} \dots\dots\dots (2.2)$$

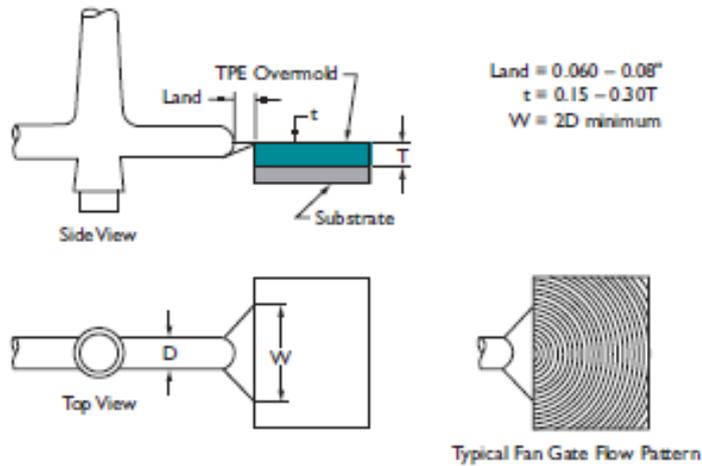
- dimana, D = Diameter *runner* (mm)
- w = Berat produk (gram)
- L = Panjang *runner* (mm)

Perhitungan circular *Gate*.

$$r = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot \gamma}} \dots\dots\dots (2.3)$$

- dimana, r = *Gate* diameter (cm)
- Q = *Shot volume/injection time* (cm/s)
- $\gamma$  = *Shear rate* (s)

Perhitungan *fan Gate*, berdasarkan pada Gambar 2.31.



Gambar 2.31. *Dimension fan Gate (Overmolding Guide)*

Perhitungan jarak produk terhadap *sprue* dapat dihitung pada persamaan (2.4), dengan menggunakan *ratio flow path* sebagai acuan. Seperti ditunjukkan pada Tabel 2.3.

$$L_p = \frac{L_1 + L_2}{2} \dots\dots\dots (2.4)$$

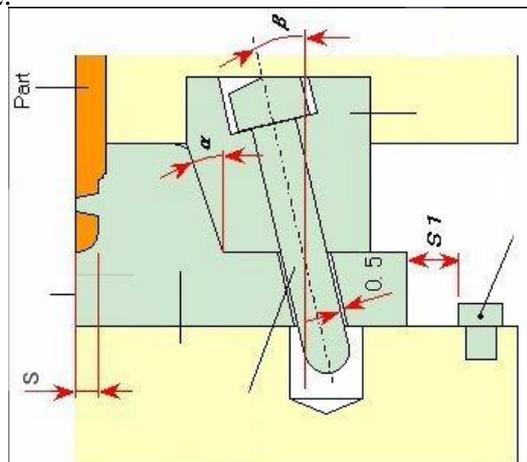
- dimana,  $L_p$  = *Flow length* (mm)
- $L_1$  = Jarak centering *sprue* dengan *runner* (mm)
- $L_2$  = Jarak *Gate* dengan ujung produk (mm)

Tabel 2.3. *Ratio flow path* terhadap *wall thickness* dari beberapa jenis bahan (Polybridge).

| Bahan   | Ratio       |
|---------|-------------|
| ABS     | 175:1       |
| Acetal  | 140:1       |
| Acrylic | (130-150):1 |
| Nylon   | 150:1       |
| PC      | 100:1       |
| LDPE    | (275-300):1 |
| HDPE    | (225-250):1 |
| PP      | (250-275):1 |
| PS      | (200-250):1 |
| U PVC   | 100:1       |

#### 2.11.4. Sistem *Slider Angular Pin*

Bagian sistem *slider* dengan menggunakan mekanisme angular pin, merupakan sistem mekanik untuk melepas bagian undercut pada produk. Berikut akan dijelaskan bagian sistem *slider*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.32.



Gambar 2.32. Sistem *slider* dengan mekanisme *angular pin* (IMDIA).

##### 1. *Slide core*

Bagian yang berfungsi untuk membentuk/menangani area undercut pada produk dan bekerja bersamaan dengan gerakan  *mold open*, seperti ditunjukkan pada 2.32.

## 2. Angular pin

Bagian yang berfungsi menggerakkan *slide core* dan membatasi gerakan *slide core*, sudut kemiringan *angular pin* adalah 13 - 25° (IMDIA), seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.32.

Untuk menentukan panjang *angular pin* dan *mold open stroke*, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.5) dan (2.6).

Panjang *angular pin*

$$L = \frac{s}{\sin \alpha} \dots\dots\dots (2.5)$$

dimana, L = panjang (mm)

s = jarak *slider block* bebas (mm)

sin  $\alpha$  = sudut kemiringan *angular pin* (mm)

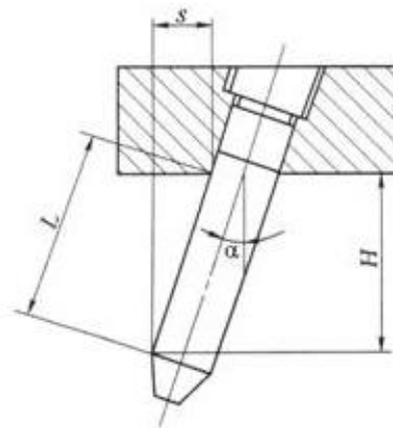
Panjang *mold open stroke*

$$H = S \cdot \cos \alpha \dots\dots\dots (2.6)$$

dimana, H = panjang *mold open stroke* (mm)

S = jarak *slider block* bebas (mm)

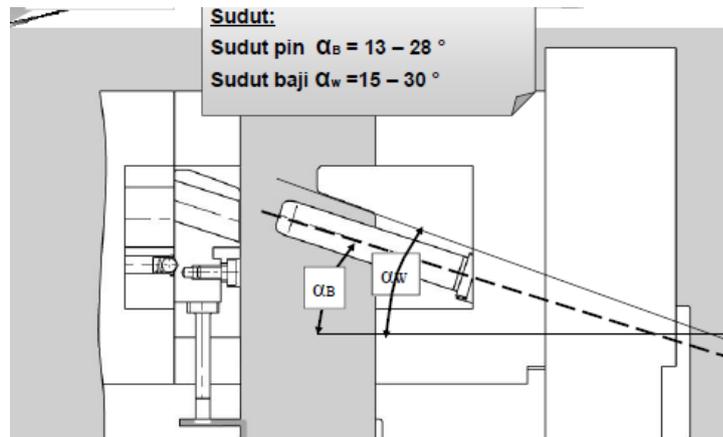
cos  $\alpha$  = sudut kemiringan *angular pin* (°)



Gambar 2.33. Panjang *angular pin* (www.myplasticmold.com).

## 3. Locking block

Bagian yang berfungsi menahan *slide core* dari tekanan injeksi supaya tidak mundur. Besar sudut pada *locking block* 15-30°, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.34.



Gambar 2.34. Sudut kemiringan *locking block* dan *angular pin*.  
(Hasco, 2016)

*Locking block* harus kuat menahan *slide core* ketika saat proses injeksi berlangsung, perhitungan defleksi dan tegangan maksimal yang terjadi pada *locking block* dapat dihitung dengan persamaan (2.7) dan (2.8).

$$Y_{max} = -\left(\frac{w \cdot L^4}{8 \cdot E \cdot I}\right) \dots\dots\dots(2.7)$$

- dimana, w = beban terdistribusi (N/mm<sup>2</sup>)  
 L = panjang (mm)  
 E = modulus elastisitas (N/mm<sup>2</sup>)  
 I = momen inerti  
 Y<sub>max</sub> = deformasi maksimal (mm)

$$\sigma_{max} = \frac{w \cdot L^2 \cdot c}{2 \cdot I} \dots\dots\dots(2.8)$$

- dimana, w = beban terdistribusi (N/mm<sup>2</sup>)  
 L = panjang (mm)  
 c = jarak center dari penampang  
 I = momen inerti  
 σ<sub>max</sub> = tegangan maksimal (N/mm<sup>2</sup>)

#### 4. Core stop block

Bagian yang berfungsi menahan/batas *slide core* agar tidak mundur berlebih ketika opening  *mold*.

### 2.11.5. Sistem Ejector Mold

*Ejector* merupakan komponen *mold* berfungsi untuk membantu mengeluarkan produk dari cetakan, akan tetapi ketika proses *injection* berlangsung *ejector* juga berfungsi sebagai bagian dari *cavity* yang menahan tekanan dari material plastik ketika memasuki rongga cetakan. Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung beban kritis yang dapat diterima oleh *ejector* pin seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.9).

$$F = \frac{m \cdot \pi^2 \cdot E \cdot I}{L^2} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana, F = beban *ejector* (N)

m = konstanta tergantung dari ujung ikatan *ejector*

E = E modulus baja (Gpa)

I = momen inertia

L = panjang *ejector* (mm)

Gaya yang diperlukan *ejector* untuk mendorong produk keluar, dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.10).

$$p = \frac{S_1 \cdot E \cdot A \cdot \mu}{\left(\frac{d}{2t} - \frac{d}{4t} \cdot \gamma\right)} \dots\dots\dots(2.10)$$

dimana, p = gaya *ejector* yang diperlukan (N)

A = luas kontak permukaan produk dengan permukaan *mold* (mm<sup>2</sup>)

E = E modulus plastik (Gpa)

μ = koefisien gesek plastik dengan baja (N)

t = tebal produk (mm)

d = keliling dari *cavity* (mm)

γ = *poisson ratio* plastik

Dalam perancangan sistem *ejector*, faktor yang perlu diperhatikan diantaranya :

1. Bagian geometri produk

Pada bagian produk seringkali membatasi tempat *ejector*.

Bagian produk tersebut mungkin memiliki lubang, atau rib. Hal

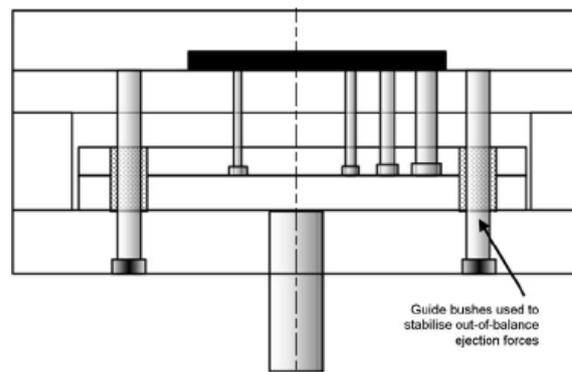
ini perlu diperhatikan agar proses pengeluaran produk, bagian atas *ejector* pin menyentuh bagian yang aman di produk.

## 2. Jenis material

Jenis bahan yang digunakan akan mempengaruhi pilihan dan jumlah *ejector* yang dibutuhkan misalnya, material plastik seperti polystyrene harus ditambah bahan yang tangguh seperti nylon karena bahan tersebut mudah rapuh dan rawan retak atau bahkan pecah pada saat dikeluarkan kecuali seorang desain memberikan alternatif lain untuk penempatan *ejector*.

## 3. Keseimbangan *ejection*

Penempatan *ejector* yang seimbang dan tepat dapat mendorong produk dengan mudah, serta menjaga kondisi produk tetap solid. Ketidak seimbangan *ejector* bisa menimbulkan permukaan produk melengkung karena mendapat tekanan yang tidak seimbang. Pada kasus geometri produk yang tidak symetry, pemilihan tempat untuk *ejector* yang baik perlu diperhatikan agar tidak berdampak pada perubahan kondisi produk, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.35.



Gambar 2.35. Sistem *ejector* yang seimbang (Jones, 2008).

## 4. Spesifikasi mesin

Pemilihan spesifikasi mesin yang tepat dapat berpengaruh pada kekuatan dan jarak maksimal yang dapat ditempuh *ejector* pin untuk mengeluarkan produk. Berikut beberapa faktor dalam pemilihan spesifikasi mesin (Jones, 2008) :

- *Opening stroke*
- *Machine ejection features*
- *Movement control features*

#### 5. Letak sistem *cooling*

Sistem pendinginan yang terletak dicetakan menjadi pertimbangan untuk menentukan posisi *ejector* yang sesuai dengan geometri produk. Agar sistem pendinginan dan sistem *ejector* bekerja dengan maksimal.

#### 2.11.6. *Clamping Force*

*Clamping force* merupakan gaya yang dibutuhkan mesin untuk menahan kedua bagian cetakan agar tidak membuka pada saat proses mesin injeksi berlangsung. Besarnya gaya pembentukan yang terjadi sangat dipengaruhi oleh tekanan spesifik material, tebal dinding produk dan proyeksi isi (produk, *runner*, *sprue* dan *Gate*) dan posisi *Gate* terhadap sisi terjauh aliran yang dicapai dalam pembentukan produk. Besar *clamping force* yang dibutuhkan untuk menahan cetakan, seperti persamaan (2.11).

Perhitungan luas proyeksi :

$$A_{pl} = P \cdot l \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana,  $A_{pl}$  = luas proyeksi (cm<sup>2</sup>)

$P$  = panjang (cm)

$l$  = lebar (cm)

Perhitungan *clamping force*

$$F_c = P_{spec} \cdot A_{p \text{ tot}} \dots\dots\dots (2.12)$$

dimana,  $P_{spec}$  = *specific internal pressure* (kg/cm<sup>2</sup>)

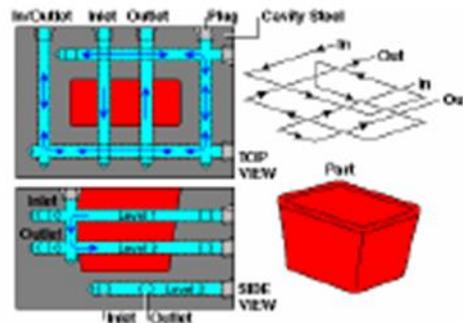
$A_{p \text{ tot}}$  = total luas proyeksi (cm<sup>2</sup>)

$F_c$  = *Clamping force* (kg)

#### 2.11.7. *Sistem Cooling*

*Sistem cooling* bertujuan menurunkan temperatur produk yang berada dalam rongga cetak setelah proses *fill time* dan menjaga

temperatur *core* dan *cavity*. *Sistem cooling* dibuat pada bagian pencetak yaitu *insert cavity*, *insert core* dan *slider* (tergantung dari konstruksi  *mold*). Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.36, merupakan *sistem cooling* pada  *mold*.

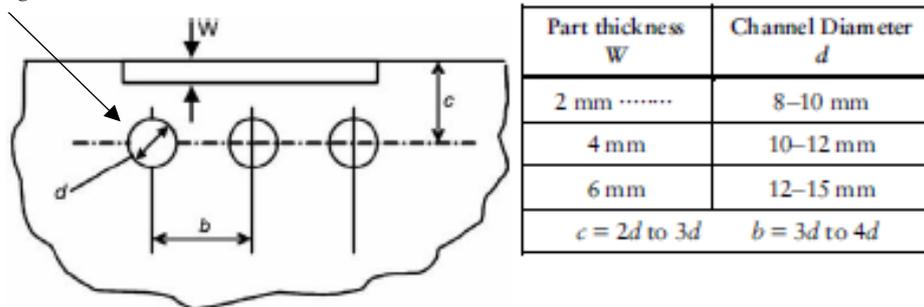


Gambar 2.36. *Sistem cooling* pada  *mold* (Amri, 2009).

### 1. Jarak Antara *Mold Cavity* dan *Sistem cooling*

Semakin besar jarak antara *cooling channel* dan *cavity*, maka akan menghasilkan suhu pada *cavity* dari  *mold* yang lebih merata, dan kenaikan suhu pada permukaan *cavity* juga lebih besar selama proses injeksi. Semakin kecil jarak antara *cooling channel* dan *cavity*, maka panas akan dibuang lebih cepat sehingga *cycle time* dari proses *molding* juga lebih pendek (Amri, 2009).

*Cooling channel*



Gambar 2.37. Posisi *cooling channel* (Jones, 2008).

### 2. Jarak Antara *Channel – Channel Cooling*

Semakin dekat jarak antara *channel – channel cooling*, maka akan semakin seragam pula temperatur dari  *mold*-nya. Apabila dari

desain dituntut jarak kanal yang lebih besar, maka jarak antara rongga *cavity* dan diameter kanal pendingin juga harus lebih besar. Apabila tebal dinding produk diperbesar, berarti panas yang harus dibuang juga lebih banyak, maka diameter lubang *cooling* juga harus dibesarkan (Amri, 2009).

### 2.12. *Moldbase*

*Moldbase* adalah bagian utama dari *injection molding plastic* yang terdiri dari sekumpulan plat yang diproses *milling*, khusus bagian permukaan diproses dengan gerinda dengan keparalelan yang sangat baik, dan mempunyai toleransi ketebalan yang tinggi (Djunarso, 2011).

Plat-plat ini dipandu dengan empat pasang pemandu yaitu guide bush atau guide pin. Plat-plat tersebut menjadi dua bagian besar yaitu *half mold* diam dan *half mold* bergerak, kemudian di *assembly* secara bersama dalam satu kesatuan *mold*., seperti ditunjukkan pada Gambar 2.38.



Gambar 2.38. *Moldbase* (DME Company).

Penggunaan material pada *moldbase* perlu menganalisa terlebih dahulu sifat bahan. Sifat-sifat bahan yang umumnya dibutuhkan dalam pembuatan *mold* antara lain, *heat konduktive* (penghantar panas), *ductile* (liat), *corrosion resist* (tahan terhadap karat), *mechineability* (dapat dikerjakan dengan proses

mesin), *polishable* (dapat dipolish), *toughness* (tahan terhadap kelelahan), *fatigue* (retak), *wear resist* (tahan terhadap keausan) dan disesuaikan dengan sifat material plastik yang akan digunakan pada waktu produksi (Januar, 2013).

Setiap bagian  *mold*  tidak mesti memiliki sifat-sifat yang disebutkan diatas, cukup dengan beberapa sifat yang disebutkan diatas saja, asalkan sesuai dengan fungsi dan perlakuan yang akan dialami dan kemudahan dalam pengerjaannya. Mengingat akibat yang ditimbulkan maka pemilihan bahan harus dilakukan dengan seksama, adapun maksud dalam pemilihan bahan disini tidak berarti bahan yang mesti dipilih harus dari jenis yang paling mahal atau super, melainkan lebih menekankan pada segi tepat guna, dengan itu perlu pengetahuan yang baik mengenai jenis bahan dan sifatnya tentang perlakuan beban dan kondisi yang akan dialami oleh bagian-bagian  *mold*  pada waktu pengoperasiannya kemudian mempelajari sifat bahan dari segi  *mechanical*  dan  *physical properties* , untuk mendukung beban maupun kondisi yang akan dialami selanjutnya, sifat  *mechineability*  termasuk kemungkinan treatmen yang diperlukan, guna mencapai performace yang optimal. Berikut Tabel 2.4. menjelaskan fungsi bagian  *moldbase*  yang digunakan pada perancangan ini.

Tabel 2.4. Fungsi bagian  *plate moldbase* .

| <i> Mold </i>                            |  |
|--|--|
| Elemen                                   | Fungsi   |
| <i> Top clamping plate </i>              | Mengikatkan (menempel) <i> mold </i> dengan <i> machine stationary plate </i>  |
| <i> Cavity plate </i>                    | Membuat produk pada sisi <i> cavity </i> atau tempat menaruh <i> cavity insert </i> .                                  |
| <i> Core plate </i>                      | Membuat produk dari sisi <i> core </i> atau menaruh <i> core insert </i> .   |
| <i> Insert cavity &amp; Insert core </i> | Bagian mencetak produk   |
| <i> Support plate </i>                   | Menahan <i> pressure </i> yang terjadi saat proses injeksi atau menahan <i> insert core </i> dan <i> core plate </i> . |

|                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <i>Spacer block</i>               | Memberikan jarak pada saat <i>ejector</i> bergerak maju dan mundur, atau <i>stroke</i> untuk mengeluarkan produk dari <i>molding</i> .   |
| <i>Bottom Plate</i>               | Mengikat (menempelkan) <i>mold</i> dengan <i>machine moveable plate</i> .  |
| <i>Ejector plate</i>              | Menggerakkan <i>ejector</i> pin dalam mengeluarkan produk.   |
| <i>Ejector back plate</i>         | Menahan / mengikat <i>ejector</i> agar tidak lepas, dan plat ini yang akan didorong oleh <i>ejector rod</i> pada <i>machine injection</i> dengan perantara <i>ejector plate</i> .  |
| <i>Locating Ring</i>              | Meluruskan antara <i>mold</i> dengan nozzle dari mesin <i>injection</i> .  |
| <i>Sprue Bush</i>                 | Menyalurkan cairan plastik dari ujung mesin injeksi kedalam inti cetakan ( <i>cavity</i> ) yang berada didalam <i>molding</i> , sebagai penghubung pelengkap untuk menyalurkan material pendingin kedalam cetakan plastik. Saluran yang dirancang miring/taper dengan kualitas permukaan yang halus, dimaksudkan agar cairan plastik dapat dengan mudah masuk cetakan dan setelah dingin dapat dengan mudah dilepas. |
| <i>Guide Pin &amp; Guide Bush</i> | Pemandu <i>core plate</i> dan <i>cavity plate</i> agar posisi tidak berubah.   |
| <i>Return Pin</i>                 | Mengembalikan posisi <i>Ejector plate</i> ke posisi semula. Pada <i>mold standard return pins</i> di pasang empat buah,  |
| <i>Stop Pin</i>                   | Menjaga <i>Ejector plate</i> tetap dalam posisi datar, selain itu untuk menjaga <i>bottom clamp plate</i> dari kerusakan (kalau <i>Ejector plate</i> mundur berlebihan maka akan mengenai <i>bottom clamp plate</i> ).   |
| <i>Core Stop Block</i>            | Menentukan posisi batas mundur <i>slide core</i> pada waktu pembukaan <i>mold</i> .  |
| <i>Angular pin</i>                | Membatasi gerakan <i>slide core</i>  |
| <i>Slide Core</i>                 | Membentuk bagian <i>undercut</i> dan berhubungan langsung dengan pergerakan opening serta <i>closing mold</i> .  |
| <i>Ejector Pin</i>                | Mengeluarkan produk dari cetakan   |
| <i>Locking block</i>              | Menahan <i>slide core</i> ketika sedang berlangsung tekanan injeksi  |
| <i>Plunger Spring</i>             | Menahan <i>slide core</i> mundur   |
| <i>Locking Screw</i>              | Pengikat <i>plunger screw</i> pada <i>plate</i>  |
| <i>Slide Rail</i>                 | Menahan posisi <i>slide core</i> agar stabil ketika mundur   |

|                       |   |
|-----------------------|---|
| <i>Spring</i>         | Mengembalikan posisi return pin, <i>ejector plate</i> , dan <i>ejector retainer plate</i> dengan mudah. |
| <i>Eye Bolt</i>       | pengikat <i> mold</i> , agar dapat dipasang pada mesin injeksi dengan mudah                             |
| <i>Connector Plug</i> | Saluran pendinginan   |
| <i>Knock Out</i>      | Menggerakkan ejektor pin untuk mengeluarkan produk  |

### 2.13. *Mold Material*

*Mold* material merupakan material yang digunakan pada *block/plat mold* dengan disesuaikan dari penggunaan *block/plat* tersebut. Berikut beberapa persyaratan yang digunakan untuk menentukan standar *mold* material (IMDIA).

1. Sifat tahan aus

Pertimbangannya adalah sejauh mana mampu mempertahankan usia penggunaan *mold (lifetime)* dan ukuran produk berdasarkan jumlah maupun kepresisian produk.

2. Sifat *polishing*

Sejauh mana *polishing mold* yang perlu dilakukan untuk finishing bagian luar produk.

3. Sifat *cutting process*

Menggunakan material keras untuk mempermudah proses *machining mold* maupun *mold part*.

4. Sifat *heat treatment*

Material yang digunakan harus memiliki sifat keseragaman kontur waktu dilakukannya *heat treatment*.

5. Kekuatan

Waktu dilakukan produksi, material *mold* memiliki ketahanan terhadap *tensile stress*, *compression stress* dan *bend stress*.

6. *Thermal conductivity*

Waktu pendinginan, menggunakan material *mold* yang mudah dalam pengontrolan temperatur.

7. *Delivery*, harga

Menggunakan material murah di pasaran dan mendapatkan kepastian kecepatan dalam pengiriman.

Kemudian penjelasan spesifikasi material yang digunakan pada *mold hardcase handphone*, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.5.

Tabel 2.5. Spesifikasi mold material perancangan *hardcase handphone*.

| <b>MOLD MATERIAL HARDACSE<br/>HANDPHONE</b> |                |          |  |  |                            |                  |                  |
|---|----------------|----------|--|--|----------------------------|------------------|------------------|
| No  | Jenis Material | Standard | Kategori                                     | Penggunaan   | Harga Kekerasan            | $\sigma_y$ (Mpa) | $\sigma_t$ (Mpa) |
| 1   | SKD11          | JAPAN    | <i>Alloy tool steel</i>                      | <i>Insert cavity, insert core, slide core</i>  | HRC 55-60                  | 1010             | 1255             |
| 2   | JIS SCM 430    | JAPAN    | <i>Medium alloy steel</i>                    | <i>Cavity plate, core plate, ejector retainer plate, ejector plate, spacer plate, bottom clamping plate,</i> | HRC 28-34                  | 980              | 460              |
| 3   | SCM 435        | JAPAN    | <i>Chrome molybdenum steel</i>               | <i>Bolt</i>  | -                          | 550              | 880              |
| 4   | SKD61          | JAPAN    | <i>Alloy tool steel</i>                      | <i>Support plate, knock out</i>  | HRC 55-60                  | 7698             | 9610             |
| 5   | SKS3           | JAPAN    | <i>Alloy tool steels</i>                     | <i>Locking block, stop pin, slide rail</i>   | HRC 53-56                  | -                | 880              |
| 6   | SUJ2           | JAPAN    | <i>High carbon chrome bearing steel</i>      | <i>Angular pin, leader pin, bushing, return pin, ejector pin</i>   | HRC 58-Induction Hardening | 11532            | 15857            |
| 7   | S45C           | JAPAN    | <i>Carbon steel for machinery structures</i> | <i>Core stop block</i>   | HRC 38-38                  | 343              | 569              |
| 8   | SS400          | JAPAN    | <i>Rolled steel for general structures</i>   | <i>Eye bolt</i>  | -                          | -                | -                |
| 9   | SUS304         | JAPAN    | <i>Stainless steel</i>                       | <i>Plunger spring</i>  | -                          | -                | -                |

Nb, Sumber:

- : DME Corporation
- : MISUMI
- : TAI Special Steel
- : Jung Feng Special Steel
- : Beyond Steel

## 2.14. Matrik Perbedaan *Mold*

| 2 <i>Mold Plate</i>  | 3 <i>Mold Plate</i>   | <i>Slider Mold</i>  |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terdiri 2 plat atau kelompok plat yang terpisah, satu bagian memiliki <i>core</i>, bagian lain memiliki <i>cavity</i>.</li> <li>- PL (<i>Parting line mold</i>) hanya ada satu.</li> <li>- Menggunakan sistem <i>cold runner</i> dan <i>hot runner</i>.</li> <li>- Konstruksi sederhana dan biaya pembuatannya murah.</li> <li>- Kelemahannya penggunaan <i>side Gate</i> dan <i>direct Gate</i> memerlukan penanganan lanjutan untuk <i>runner</i>.</li> <li>- Produk dan <i>runner</i> tidak dapat lepas secara otomatis</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terdiri atas 3 plat: <i>stationary (runner plate)</i>, <i>middle (cavity plate)</i>, dan <i>movable (core)</i>.</li> <li>- PL (<i>Parting line mold</i>) ada dua.</li> <li>- Produk dan <i>runner</i> akan terpisah dalam bukaan plat.</li> <li>- Menggunakan sistem <i>cold runner</i>.</li> <li>- Konstruksi rumit dan biaya pembuatan mahal.</li> <li>- Kelemahan buka tutup <i>mold</i> bising.</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Terdiri 2 plat kelompok plat yang terpisah, satu bagian memiliki <i>core</i>, bagian lain memiliki <i>cavity</i>.</li> <li>- PL (<i>Parting line mold</i>) hanya ada satu.</li> <li>- Konstruksi yang memerlukan komponen tambahan yaitu <i>slider</i>.</li> <li>- Menggunakan sistem <i>cold runner</i> dan <i>hot runner</i>.</li> <li>- Khusus produk yang dihasilkan mempunyai undercut, tonjolan, dan lubang.</li> <li>- Konstruksi rumit dan biaya pembuatan mahal.</li> </ul> |