

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Perancangan merupakan teknik, alat perancangan, langkah kerja dalam merancang alat. Metode perancangan menjelaskan berbagai aktivitas yang berkaitan dengan perancang alat sehingga perancang dapat mengkombinasikan proses secara keseluruhan (Cross, 1994).

Desain merupakan teknik proses yang sistematis para *engineer* menghasilkan, mengevaluasi, dan menentukan solusi untuk perangkat, sistem, atau proses yang bentuk dan fungsinya mencapai tujuan dan kebutuhan pengguna sekaligus memuaskan serangkaian kendala yang ditentukan. Desain adalah teknik proses yang bijaksana untuk menghasilkan rencana atau proses yang mencapai tujuan yang diberikan sambil mematuhi batasan yang ditentukan. Berikut ini akan dijelaskan referensi yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Hip joint merupakan sambungan tulang yang terletak diantara pinggul dan pangka tulang paha atas. *Hip joint* terdiri dari tiga komponen yang utama, yaitu: *femur*, *acetabular*, dan *femoral head*. Di dalam *hip joint* terdapat jaringan lembut yang dan tipis yang sering disebut dengan selaput *synovial*. Jaringan ini membuat cairan yang akan melumasi dan hampir menghilangkan efek gesekan. Permukaan tulang manusia juga memiliki suatu lapisan tulang rawan yang merupakan bantalan lembut dan memungkinkan tulang untuk bergerak bebas dengan mudah. Lapisan tersebut mengeluarkan cairan yang akan melumasi dan mengurangi efek gesek karena dapat berpengaruh ke tulang rawan sehingga dapat memperlemah dan menyebabkan pengelupasan lapisan terluar dari tulang rawan. Selain menimbulkan sakit dapat juga mempersulit gerak *hip joint*, terkadang berbunyi dan bahkan dapat menimbulkan pergeseran dari posisi awal (Mattei, dkk (2011)).

Acetabular cup merupakan bagian utama dari *hip joint* karena bagian ini yang bakal menopang *femur* atau tulang rawan manusia sehingga dapat bergerak secara normal dan tidak terjadi pergeseran dari posisi awal *femur* (Mattei, dkk (2011)). *Acetabular cup* ini berbahan material dari UHMWPE yang memungkinkan konstruksi total dari *hip joint* lebih ringan dibandingkan dengan konstruksi total yang berbahan metal. Kombinasi ini telah teruji memiliki ketahanan terhadap kausan

yang sebanding dengan kombinasi material metal dengan metal (Affatato, dkk (2015))

Penelitian yang muncul baru-baru ini menunjukkan bahwa operasi milling CNC dapat digunakan untuk dapat digunakan untuk memproses material selain logam agar mendapatkan bentuk dan dimensi yang diinginkan sesuai dengan desain produk yang akan dicapai seperti rubber untuk membuat insole, dan penggunaan material UHMWPE untuk pembuatan acetabular cup yang dilakukan dalam penelitian (Lestari, 2018)

Penelitian sebelumnya yang lebih menjelaskan bahwa mesin CNC milling dapat melakukan proses permesinan terhadap material UHMWPE. Pada penelitian ini membahas tentang proses acetabular cup yang diproses oleh mesin CNC. Desain produk yang sudah ada di proses dan menghasilkan hasil yang memuaskan bahkan mendapatkan hasil produk dengan kualitas yang baik dengan nilai surface roughness mencapai standar yang diterapkan (Ninggar, 2019)

Material ini tepat untuk digunakan bahan dari *acetabular cup* yang akan diproses dengan mesin injeksi dengan menggunakan rancangan konstruksi *moldbase*. Harapan dari penggunaan mesin injeksi ini dapat memperkecil waktu yang dibutuhkan dalam pemrosesan satu *acetabular cup*. Karena pada mesin injeksi dapat mengeluarkan produk lebih dari satu karena tergantung dari desain *moldbase* yang dibuat dapat menghasilkan yang sesuai dengan kemampuan mesin injeksi yang digunakan. *UHMWPE* merupakan material yang memiliki elastisitas yang tinggi dan memiliki kekerasan yang tinggi. (Kurtz, 2009).

Penelitian yang dilakukan oleh Hiroakhi (2015) membuktikan bahwa perancangan *moldbase* menggunakan metode *weighted objective* dapat digunakan untuk menganalisis alternatif yang diperoleh. Sehingga mendapatkan desain konstruksi *moldbase* yang optimal menurut evaluasi nilai yang didapatkan. Maka didapatkan juga desain *moldbase* yang terbaik dengan menggunakan metode pembobotan.

Berdasarkan penelitian sebelumnya, metode *weighted objective* akan digunakan untuk mendapatkan desain optimal yang sesuai dengan evaluasi nilai bobot dari beberapa alternative. Setelah mendapatkan nilai yang terbaik dari alternative maka desain yang memiliki nilai bobot yang tertinggi maka digunakan sebagai konstruksi *moldbase acetabular cup*.

2.1.2 Penelitian Sekarang

Melihat penelitian yang sudah ada, penelitian yang dilakukan oleh Lestari (2018); Ninggar (2019) memiliki kesamaan yaitu menggunakan mesin CNC *milling* bermaterial UHMWPE. Metode dan cara mengolah data yang digunakan sama, hanya berbeda dalam strategi *toolpath* yang digunakan. Hasil dari produk *acetabular cup* yang didapat juga berbeda, hasil yang paling optimal yang dilakukan oleh Ninggar (2019). Melihat dari penelitian tersebut, maka dapat disimpulkan bahwa kedua penelitian tersebut hanya dapat menghasilkan produk secara satuan dan membutuhkan waktu yang lama.

Kesimpulan dari penelusuran diatas dapat ditemukan celah baru yaitu perancangan desain *moldbase* yang dipasang di mesin injeksi. *Moldbase* memiliki beberapa tipe misalnya *moldbase* dua plate, tiga plate (*stripper plate*), slider *moldbase*. (Hiroakhi, 2015). Perancangan konstruksi *mold base* ini menggunakan tipe berbeda karena adanya sistem *slider* yang diganti dengan sistem *ejecting* yang mendorong bagian dari *core cavity*. Aspek yang diperlu diperhatikan yaitu jumlah plate, terdapat *undercut*, dimensi produk. Maka dilakukan perancangan konstruksi *moldbase* agar dapat diperoleh hasil yang massal dalam proses produksi, tetapi hasil produk tetap memiliki kualitas yang baik dengan *surface roughness* yang sesuai dengan standar yang diterapkan.

Moldbase yang akan dirancang yaitu dengan menghilangkan *slider* tetapi mengganti dengan sistem *ejector* yang berfungsi sebagai *ejecting* produk sekaligus merangkap untuk mendorong part *internal undercut* yang bertujuan untuk membentuk *undercut* pada *acetabular*. Penemuan celah ini didapat dari berbagai sumber diatas, sehingga dilakukan perancangan yang sesuai dengan produk yang diproses dengan mesin injeksi. Pada hasil proses sebelumnya menggunakan proses kompresi *molding* membutuhkan waktu yang lama. Apabila menggunakan mesin injeksi dapat menghasilkan produk lebih banyak dan memerlukan waktu yang singkat.

Agar mendapatkan desain *moldbase* yang sesuai dengan mesin injeksi LS LGE 280 II. Maka dilakukan perancangan konstruksi *moldbase* dengan menggunakan pembobotan perancangan dengan beberapa alternatif yang tersedia. Metode ini dilakukan agar mendapatkan nilai yang terbaik dari beberapa alternatif. Setelah itu, maka didapatkan hasil alternatif yang terbaik maka hasil tersebut digunakan

dalam perancangan *moldbase*. Pembobotan yang dihitung yaitu *core plate* dan *cavity plate*.

2.2. Dasar Teori

Pengerjaan penelitian tentang perancangan *moldbase hip joint* ini dilakukan peneliti untuk merancang *hip joint* yang sesuai dengan tingkat kehalusan. Penelitian ini menggunakan dasar teori yang terkait dan mendukung dengan penelitian yang akan dilakukan agar dapat membantu dalam penulisan serta dapat membantu pembaca agar dapat memahami maksud dari penelitian ini secara tepat dan benar.

2.2.1. Metode Perancangan

Perancangan adalah teknik, alat perancangan, langkah kerja dalam merancang alat. Metode perancangan menjelaskan berbagai aktivitas yang berkaitan dengan perancang alat sehingga perancang dapat menggabungkan proses secara keseluruhan (Cross, 1994).

Desain merupakan teknik proses yang sistematis para engineer menghasilkan, mengevaluasi, dan menentukan solusi untuk perangkat, sistem, atau proses yang bentuk dan fungsinya mencapai tujuan dan kebutuhan pengguna sekaligus memuaskan serangkaian kendala yang ditentukan. Desain adalah teknik proses yang bijaksana untuk menghasilkan rencana atau proses yang mencapai tujuan yang diberikan sambil mematuhi batasan yang ditentukan. Berikut ini akan dijelaskan referensi yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan.

Metode perancangan memiliki tujuan untuk mempertimbangkan langkah rasional ke dalam proses pembuatan rancangan. Metode ini menuntut perancang menggunakan pikirannya agar hal yang dirancang masuk akal dan logis sehingga menghasilkan solusi yang optimal dalam pembuatan rancangan (Cross, 1994).

Metode kreatif merupakan metode yang mengajak perancang untuk merancang dengan konsep memunculkan ide kreatif dan mencari ide dengan menghilangkan hambatan mental yang muncul dan memperluas daerah solusi (Cross, 1994).

Berikut merupakan langkah-langkah metode kreatif, yaitu:

A. Brainstorming

Brainstorming adalah prosedur yang digunakan untuk menemukan gagasan-gagasan dalam merancang sebuah solusi yang optimal. *Brainstorming* dilaksanakan oleh orang yang sudah mempunyai pengalaman dalam bidang yang

akan dibahas dan ditemukan hasil yang optimal. Bukan melibatkan orang yang memiliki pengalaman pada bidang yang menjadi permasalahan. Tetapi harus memasukkan juga orang yang memiliki pengalaman pada bidang lainnya tetapi harus terkait dalam permasalahan utama. Hal yang terpenting melakukan brainstorming, yaitu:

- a. Dilarang melakukan kritik dalam diskusi.
- b. Menemukan ide sebanyak mungkin.
- c. Ide yang muncul harus singkat, jelas, dan padat
- d. Gagasan yang unik bisa masuk dalam diskusi.
- e. Berusaha mengembangkan ide orang lain.

Brainstorming akan mendapatkan hasil atau ide yang terarah jika pada proses pencarian terdapat seseorang yang ahli dalam *brainstorming*. (Cross, 1994)

B. Synectic

Synectics hampir mirip dengan brainstorming tetapi tahap dalam *synectic* ini peserta dianjurkan menyampaikan ide yang menyelesaikan masalah. Kelompok diskusi disarankan untuk mengeluarkan sifat kritis dari pesertanya. *Synectic* ini sifatnya tidak seperti brainstorming yang hanya dapat menyampaikan ide sendiri tetapi dapat melakukan kritik ke ide peserta lainnya. Tetapi tujuan dari diskusi tersebut tetap fokus pada penyelesaian masalah yang dihadapi, tidak untuk memperbanyak ide dari peserta.

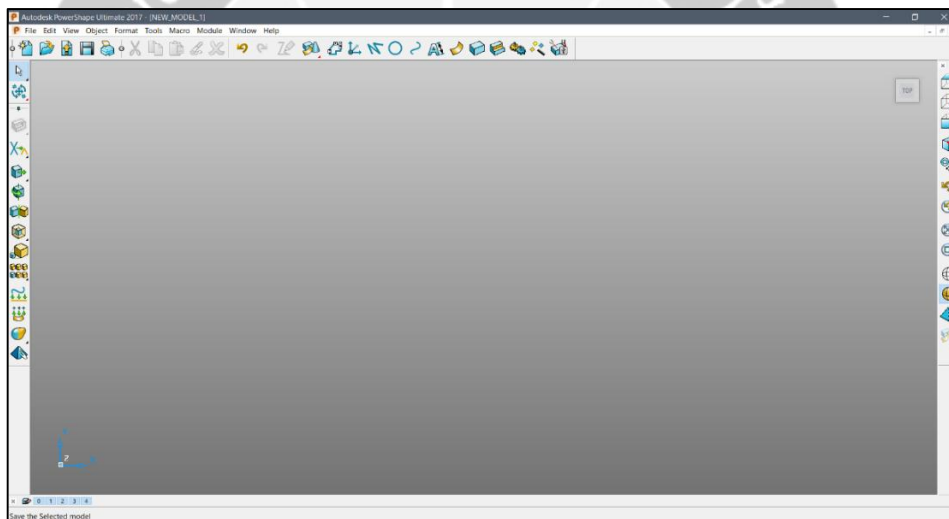
2.2.2. PowerSHAPE dan Toolmaker

A. PowerSHAPE

Powershape merupakan software yang berbasis CAD yang dibuat dan dikembangkan oleh PT. Delcam dan sekarang sudah diakuisisi oleh Autodesk. Powershape merupakan software pemodelan berbasis CAD yang powerfull dan mempunyai fasilitas yang kompleks untuk kebutuhan permesinan dan manufaktur. Powershape juga memiliki system yang memungkinkan bekerja dengan data yang software dapatkan dan data yang diperlukan oleh software

Tool yang terdapat di *PowerSHAPE* memungkinkan pengguna untuk melakukan triangulasi awal, sehingga beberapa lubang pengisian dan alat penghalus otomatis dapat digunakan untuk lebih meningkatkan proses pemindaian. Area lain yang sudah dikerjakan ulang adalah kemampuan untuk menyelaraskan data pemindaian dalam ruang 3D. dalam beberapa rilis terakhir Delcam memperkenalkan beberapa fitur terbaru yang dihadirkan di *Powershape*, hal ini

dilakukan untuk menyesuaikan harapan dari pengguna diantaranya adalah fitur pengenalan dimana fitur ini mampu mengenali *fillet*, *champer*, *hole*, dll. Sehingga pengguna dapat memanipulasi permukaan dan geometri sesuai dengan kebutuhan dan terdapat pula fitur *solid hint* dimana akan memberikan panduan atau arahan tentang apa yang terjadi yaitu menemukan kesalahan serta dengan memberikan cara memperbaikinya. *Powershape* selain mempunyai banyak fitur canggih, software tersebut juga merupakan perangkat yang didesain dengan untuk pengguna yang membutuhkan fitur desain ataupun pembuatan cetakan sederhana sampai cetakan yang kompleks yang sering disebut konstruksi moldbase. Software ini tidak hanya mencakup *surface modelling* dan *solid modelling* saja tetapi juga menyediakan pembentukan suatu objek dari kumpulan titik atau *node* dan *polygon*. Powershape juga membedakan visual dari *surface*, *solid*, dan *mesh*. Dibawah merupakan tampilan awal dari software PowerSHAPE:

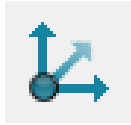


**Gambar 2.1. Tampilan Awal PowerSHAPE 14
(Sumber: Dokumentasi PowerSHAPE 14)**

Delcam tidak hanya memperhatikan industry yang berbasis 3D CAD saat ini berkembang tetapi juga mampu melakukan tugas-tugas yang lebih sulit yang dihindari oleh software atau vendor lain. *Powershape* merupakan software yang menyediakan seperangkat alat yang lengkap untuk memperbaiki dan merekonstruksi ulang geometri sehingga pemakai dapat menyelesaikan pekerjaan tanpa harus membuat model dari awal dan dapat hanya dengan merekonstruksi model yang sudah dibuat. Fasilitas yang disediakan juga beragam antara lain *drafting*, *assembly*, *electrode*, *estimator*, *shoemaker*, dan *moldmaker/toolmaker*.

Pada powershape terdapat icon dasar yang sering digunakan dan mungkin bisa menjadi fungsi yang pasti digunakan pada saat proses pengerjaan 3D CAD model berikut merupakan icon dasar yang perlu diketahui antara lain:

1. Workplane



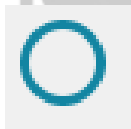
Workplane merupakan suatu icon dijadikan titik atau tola ukur untuk menentukan koordinat atau jarak dalam membuat objek yang berupa model sederhana.

2. Line



Line adalah icon yang digunakan untuk membuat garis dari satu titik ke titik yang lain dan menghasilkan garis lurus

3. Arc



Arc yaitu icon yang berfungsi untuk membuat lingkaran sempurna hingga oval yang dapat diatur dimensi.

4. Trim



Trim merupakan icon yang berfungsi untuk memotong garis, *surface*, *solid* dengan menggunakan yang dinamakan seperti guntingnya. Membutuhkan objek pemotong dan objek yang dipotong. Misalnya objek pemotong line bisa memotong *surface* dan *solid*. Tetapi tidak dengan *solid* memotong line ataupun *surface*.

5. Move



Merupakan tool yang berfungsi sebagai memindahkan objek yang sudah ada dengan bertolak ukur dengan *workplane*. Memindahkan objek bisa sedekat mungkin dan sejauh yang diperlukan.

6. Rotate



Rotate merupakan tool yang berfungsi untuk memutar sebuah objek dengan beracuan dengan *workplane*. Fungsi ini umumnya digunakan untuk membuat gears yang butuh membuat satu bagian kemudian menggunakan *tool rotate*.

7. Mirror



Mirror adalah tool yang mempunyai fungsi seperti cermin jadi sebuah objek kemudian ingin dibuat berhadapan dengan dimensi yang sudah diatur. Sebuah objek yang sudah ada kemudian terdapat line yang dijadikan seperti cermin. Maka hasil akhirnya bisa berhadapan dengan tepat dan presisi.

8. Solid



Solid merupakan sebuah objek pejal atau tak berongga. *Solid* ini memiliki berbagai bentuk dan feature untuk memodifikasi dari solid tersebut dengan menggunakan *solid feature*

9. Cylinder



Cylinder merupakan solid yang berbentuk silindris yang tak berongga atau pejal.

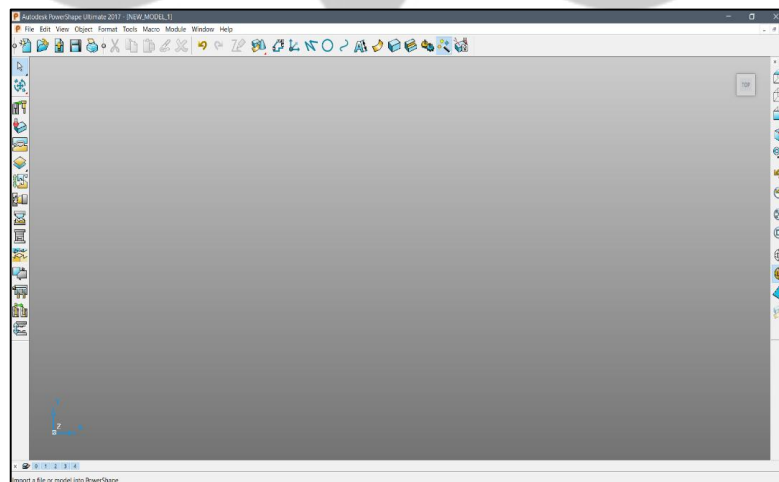
10. Sphere



Sphere adalah solid yang berbentuk bola.

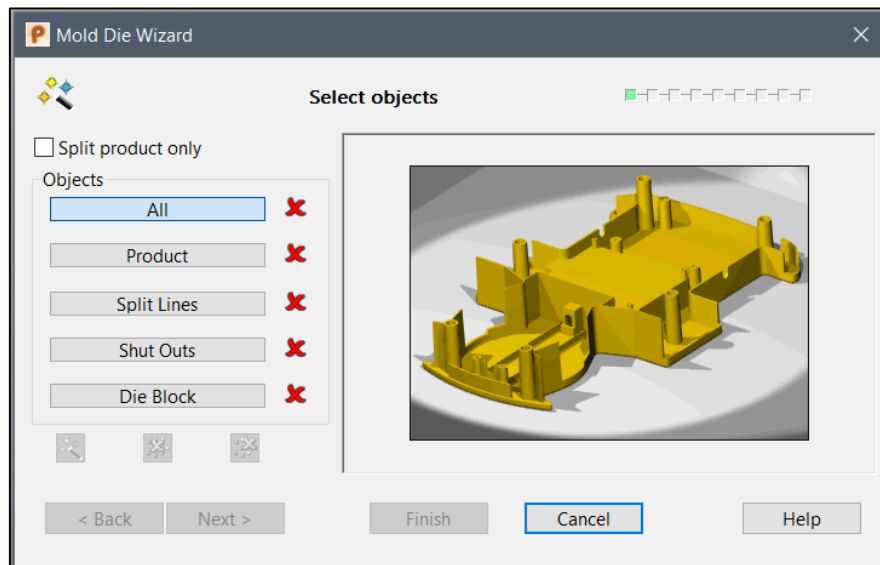
B. Toolmaker

Merupakan software yang terdapat di *PowerSHAPE* yang berbentuk modul dan bisa digunakan untuk membuat simulasi konstruksi mold base dengan standard iso. Modul *Toolmaker* ini terdapat banyak tool yang sangat penting atau umumnya digunakan untuk membuat simulasi konstruksi mold base. Langkah pertama yaitu mendesain dari awal atau memakai 3D CAD Model yang sudah tersedia. Menempatkan *parting line* yang sesuai supaya mendapatkan *die mold* yang presisi dan mempertimbangkan material yang terbuang, umumnya *parting line* ditempatkan di siku-siku desain 3D CAD model. Hal tersebut dilakukan karena agar meminimalisasi material yang terbuang. Kelebihan dari *Toolmaker* yaitu sudah disediakan katalog yang akan digunakan, semua komponen *moldbase* sudah tersedia sehingga memudahkan dalam pembuatan simulasi konstruksi moldbase. Semua dimensi yang diperlukan tinggal memasukkan tanpa harus membuat manual, akan tetapi penempatan komponen harus disetting oleh pembuat konstruksi *moldbase*. Kekurangan dari *Toolmaker* yaitu desain yang menjadi simulasi sangat kaku, sehingga sangatlah sulit untuk mendesain konstruksi moldbase yang kompleks dan detail.



**Gambar 2.2. Tampilan Awal Toolmaker
(Sumber: Dokumentasi Toolmaker 14)**

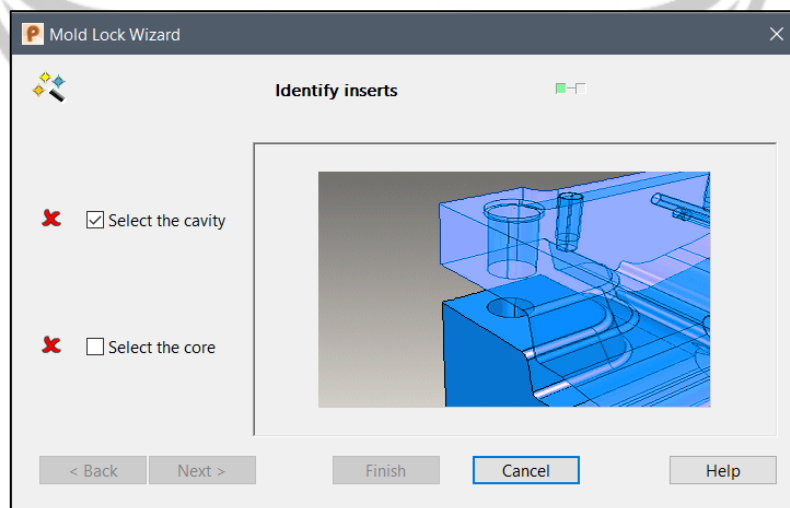
1. Start Mold Die Wizard



Gambar 2.3. Die Wizard
(Sumber: Dokumentasi Toolmaker 14)

Tool ini digunakan untuk menentukan *parting line* yang pas dan presisi. *Parting line* bisa mendesain manual dan bisa mendapatkan rekomendasi dari software. Tetapi umumnya mendesain manual karena terkadang rekomendasi dari software tidak pas dan tidak sejajar.

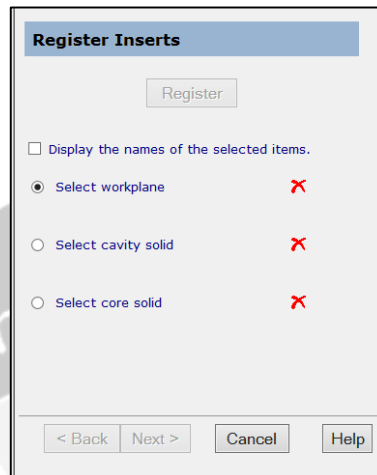
2. Start Mold Lock Wizard



Gambar 2.4. Lock Wizard
(Sumber: Dokumentasi Toolmaker 14)

Alat ini digunakan untuk membuat kunci antara mold yang sudah didesain di langkah sebelumnya. Bentuk kunci tidak persis siku-siku melainkan sedikit miring yang berfungsi untuk memudahkan proses pelepasan mold dalam proses injeksi.

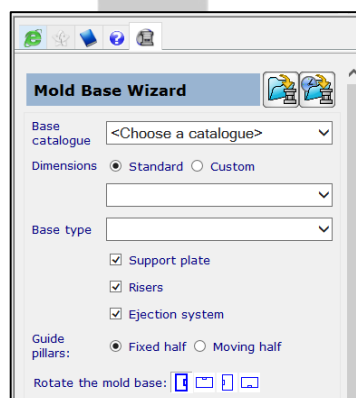
3. Start Cavity/Core Wizard



Gambar 2.5. Core Cavity Wizard
(Sumber: Dokumentasi Toolmaker 14)

Tool ini yaitu untuk membuat *core* dan *cavity* yang bakal dipasang ke konstruksi moldbase. Proses desain dilakukan dengan menempatkan *workplane* ditengah objek, tidak pas pada *parting line* karena dapat menghasilkan *core cavity* dengan dimensi berbeda. Selanjutnya menentukan *core* dan *cavity* dengan benar hingga ditemukan *workplane*, *core*, dan *cavity* yang akan digunakan pada konstruksi *moldbase*.

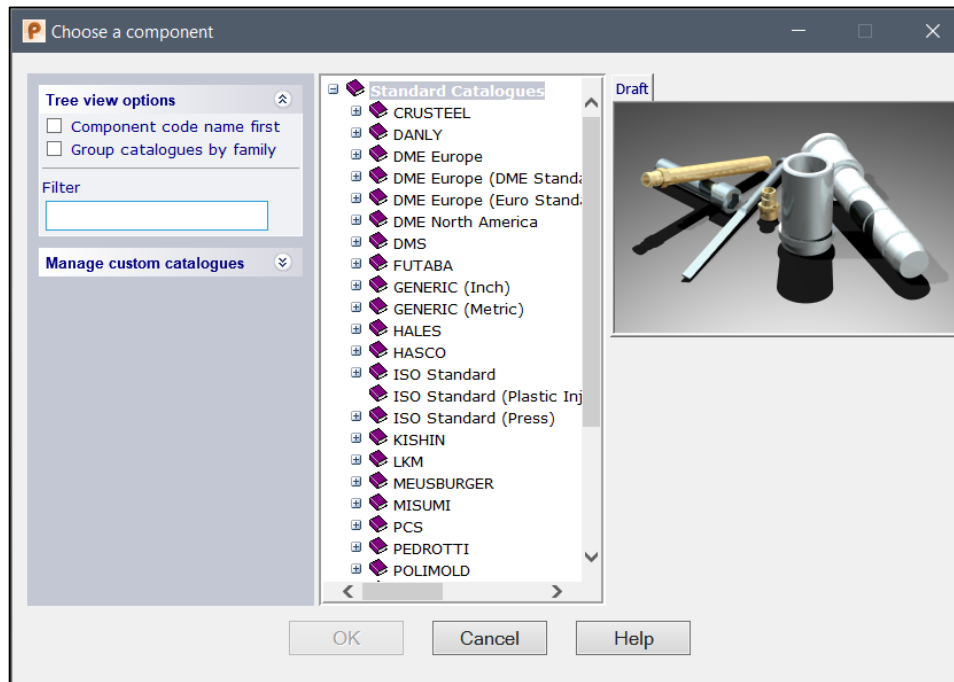
4. Start Moldbase Wizard



Gambar 2.6. Moldbase Wizard
(Sumber: Dokumentasi Toolmaker 14)

Tool ini merupakan lanjutan dari langkah sebelumnya karena berhubungan dan harus membuat katalog yang digunakan dipastikan sama dengan *core cavity* dan konstruksi *molbase*.

5. Component Wizard

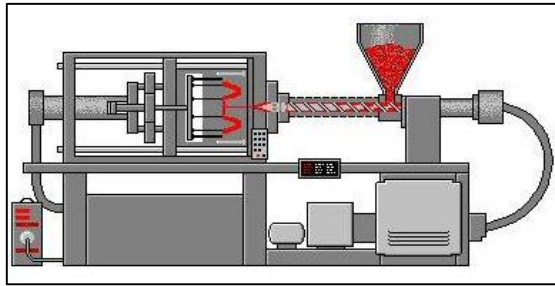


**Gambar 2.7. Component Wizard
(Sumber: Dokumentasi Toolmaker 14)**

Tool ini merupakan tool yang berfungsi untuk menambahkan seperti *ejector*, *sprue bush* dan *cooling*. Semua katalog tersedia tetapi komponen yang digunakan dapat berbeda dengan katalog *core cavity* dan *molbase*.

2.2.3. Injection Molding

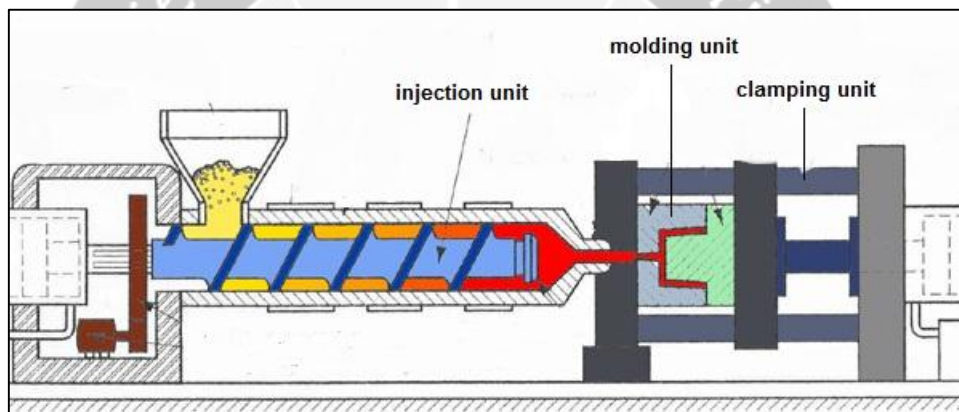
Injection molding yaitu proses produksi untuk menghasilkan produk dengan material plastik dengan proses injection. Proses injection dilakukan dengan cara memanaskan bahan plastik sehingga bahan plastik mencair, plastik cair tersebut kemudian didorong sehingga masuk kedalam cetakan, yaitu *core* dan *cavity* yang merupakan pembentuk produk plastik. Pada proses injeksi, bagian *mold* sangat berpengaruh karena *mold* yaitu rongga atau cetakan dari bentuk benda/produk yang akan diproduksi.



Gambar 2.8. Mesin *Injection Molding*
(Sumber: www.google.com)

2.2.4. Mesin Injeksi

Mesin injeksi pada umumnya dibagi menjadi tiga bagian utama. Bagian utama tersebut memiliki fungsi masing-masing yang berhubungan dengan proses pencetakan produk. Gambar 2.9. menunjukkan bagian utama mesin injeksi.



Gambar 2.9. Bagian Utama Mesin Injeksi
(Sumber: www.google.com)

Mesin injeksi terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

A. Clamping Force

Clamping unit bertujuan untuk mengatur gerak konstruksi mold base dan arah ejector plate, selain itu menyesuaikan jarak saat mold terbuka. Sedangkan clamping force digunakan untuk sebagai penutup mold sehingga material yang sedang didorong masuk ke dalam mold dapat ditahan dan dimensi ejector yang dibutuhkan untuk mengeluarkan produk.

B. Molding Unit

Mold unit adalah bagian lain dari mesin injeksi, *molding* unit adalah bagian yang membentuk benda yang akan dibuat. Secara garis besar, *molding* unit memiliki 2 bagian utama yaitu *core* dan *cavity*. Bagian *cavity* merupakan bagian cetakan yang

berhubungan dengan *nozzle* pada mesin, sedangkan *core* merupakan bagian yang berhubungan dengan *ejector*.

Molding adalah bagian lain dari mesin plastik injection, *molding unit* adalah bagian yang berbentuk benda yang dibuat, *molding unit* secara garis besar terdiri dari 2 bagian, yaitu *core* dan *cavity*. Bagian *core* merupakan bagian yang terhubung dengan *ejector* dan bagian ini biasanya membentuk bagian dalam produk, sedangkan *cavity* yaitu part yang terhubung dengan *nozzle* pada mesin injeksi.

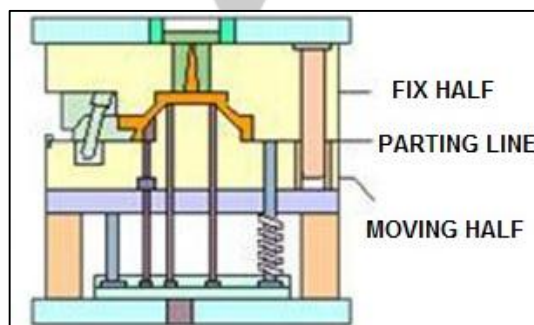
Berikut merupakan tipe dan jenis rancangan mold, yaitu:

a. *Mold Standart*

Mold Standart adalah tipe yang paling dasar yang merupakan jenis sederhana untuk membuat *mold* atau cetakan injeksi dengan material plastik.

Mold standard memiliki ciri-ciri antara lain:

- i. *Fix half*, yaitu bagian mold base yang disebut dengan *cavity side*, bagian ini merupakan part mold yang diam dan menempel di mesin injeksi pada saat proses molding bergerak, karena pada part ini ada bagian *sprue* yang merupakan bagian pertemuan antara bibir saluran atau yang sering disebut dengan *nozzle*. Bagian ini merupakan komponen yang akan dialiri material yang didorong oleh mesin hidrolik masuk kedalam mold untuk dicetak menjadi produk yang sesuai dengan desain yang dibuat.
- ii. *Moving half*, adalah sebuah part yang akan bergerak maju mundur untuk membuka mold dan memisahkan produk dari cetakan mold. Part tersebut memiliki *core* yang dapat mencetak sisi luar produk dan terdapat *ejector* yang fungsi untuk mengeluarkan produk dari mold. Selain itu *ejector* juga berfungsi sebagai pendorong part pengganti *slider* yang akan mendorong kesamping sehingga produk dapat keluar secara lepas. Gambar 2.10. merupakan gambar *standart mold*.



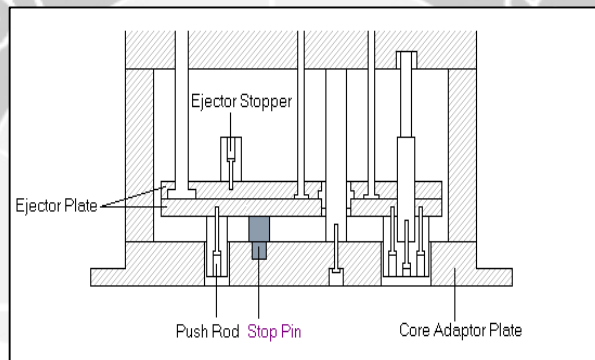
Gambar 2.10. *Mold Standard*
(Sumber: www.google.com)

b. *Split Line*

Split line yaitu bagian potongan antara *fix half* dan *moving half* yang disebut juga dengan *sl*. Permukaan *split line* harus rata, harus sejajar antara bagian kanan kiri. Pemotongan atau *split line* harus diperhatikan karena bisa menyebabkan bekas pada produk. Cara menghindari adanya bekas dari *split line*, maka *split line* diletakkan dibagian bawah atau yang rata atau di siku” produk

c. *Ejector Plate*

Ejector plate adalah alat bantu pada proses mendorong/melepaskan produk. Selain itu piringan *ejector* juga mempunyai fungsi untuk mengembalikan ke posisi awal dengan mendorong *return pin* dengan arah sebaliknya dari *ejector* agar *ejector* kembali ke posisi awal dan bisa dilakukan proses *mold* kembali. Gambar 2.11. adalah tampilan *ejector plate*.



Gambar 2.11. Ejector Plate
(Sumber: www.google.com)

d. *Return Pin*

Saat *mold* menutup, *return pin* akan menyentuh sisi dari *split line* sehingga piringan *ejector* akan bergerak mundur dan pin *ejector* bergerak ke lokasi awal. *Return pin* digunakan agar timbul goresan saat *mold* bersentuhan dengan *ejector* yang belum bergerak ke belakang. Part ini sebaiknya menggunakan material yang strukturnya telah dikeraskan melalui proses *hardening* dengan tingkat kekerasan diatas 50hrc. Gambar 2.12. tampilan *return pin*.



Gambar 2.12. Return Pin
(Sumber: www.google.com)

e. *Ejector Guide Pin / Ejector Guide Bush*

Ejector guide pin adalah sebuah piringan yang digunakan untuk mendorong *guide pin*, maka material yang digunakan terbuat dari bahan yang baku dan keras. Memiliki bentuk cylinder yang menempel dengan *ejector guide bush* yang berfungsi sebagai penentu letak dari *ejector guide pin*.

f. *Ejector Pin*

Ejector pin berfungsi untuk mendorong produk agar bisa keluar atau lepas dari core insert. *Ejector pin* harus terbuat dari bahan baku yang keras dan memiliki ketahanan aus yang tinggi, karena *ejector pin* akan sering bergesekan. Kekerasan yang dibutuhkan *ejector pin* yaitu lebih dari 55Hrc. Menghindari deformasi pada produk, semampu mungkin area pendorong dirancang selebar mungkin tetapi tetap memperhatikan luas dari konstruksi *mold base*, *ejector pin* harus lebih dari 1 pin karena agar area produk yang didorong merata sehingga menghasilkan produk yang baik. Selain untuk mengeluarkan produk, *ejector pin* untuk mengeluarkan gas, udara, angin yang ada di dalam mold agar tidak terjadi burning pada saat proses injeksi berjalan. Gambar 2.13. yaitu gambar *ejector pin*.



Gambar 2.13. Gambar *Ejector Pin*
(Sumber: www.google.com)

g. *Guide Pin dan Guide Bush*

Guide pin dan guide bush ini berfungsi untuk mengarahkan *fix half* dan *moving half* pada posisi yang pas saat mold tertutup. Posisi *fix* dan *moving half* harus tepat sehingga produk dapat dicetak atau dibentuk dengan kualitas yang maksimal. Umumnya terdapat 4 buah *guide pin*. *Guide bush* dapat meminimalkan gesekan dengan menggerakkan *guide pin* saat proses injeksi berjela. Bahan dasar dari part ini memiliki tingkat kekerasan 55HRc ke atas dan tahan aus. Gambar 2.14. yaitu gambar *guide bush* dan *guide pin*.



Gambar 2.14. Guide Bush dan Guide Pin
(Sumber: www.google.com)

C. Injection Unit

Injection unit memiliki fungsi menyediakan dan mengalirkan material yang sudah dicairkan melalui proses injeksi ke dalam *mold*. Perubahan bentuk material yang awalnya berupa butiran plastik padat menjadi plastik cair. Langkah tersebut bertujuan supaya material yang didorong dengan mesin hidrolik dapat masuk ke dalam rongga atau cetakan yang sudah dirancang dan akhirnya terbentuk sesuai dengan produk yang dirancang. Bagian dari *Injection unit*, yaitu:

ii. *Motor dan Transmission Gear Unit*

Motor menghasilkan daya dan disalurkan melalui *transmission gear* unit sehingga *screw* pada *barrel* dapat berputar dan jumlah tenaga yang disalurkan dapat diatur.

ii. *Cylinder Screw Ram*

Part ini digunakan agar *screw* dapat bergerak dengan mudah dengan memanfaatkan momen inersia sehingga *screw* dapat bergerak dengan stabil pada saat mesin berjalan.

ii. *Hopper*

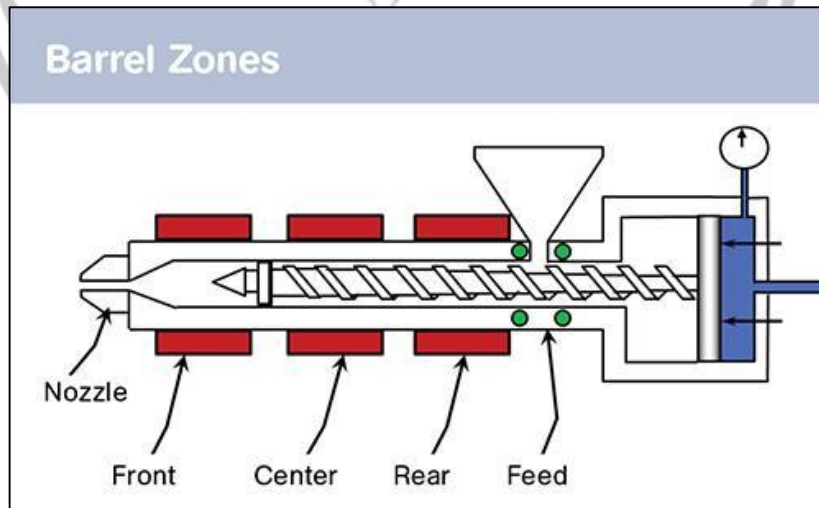
Hopper merupakan wadah untuk meletakkan material padat pertama kali. *Hopper* berfungsi juga sebagai pengatur kelembapan material plastik, di dalam *hopper* terdapat pengering yang berfungsi mengeringkan material plastik. Material plastik harus dikeringkan agar material bebas dari kandungan air karena proses injeksi menjadi kurang sempurna jika terlalu banyak kandungan air. Gambar 2.15. tampilan *hopper*.



Gambar 2.15. Hopper
(Sumber: www.google.com)

ii. *Barrel*

Merupakan tempat *screw*, dan bagian tempat material plastik cair. *Barrel* dikelilingi pemanas yang berfungsi untuk mencairkan material plastik. Pemanas pada barrel memiliki suhu yang berbeda beda. Material plastik akan di injeksikan menuju *nozzle*. Gambar 2.16. tampilan gambar *barrel*.



Gambar 2.16. Barrel
(Sumber: www.google.com)

ii. *Reciprocating Screw*

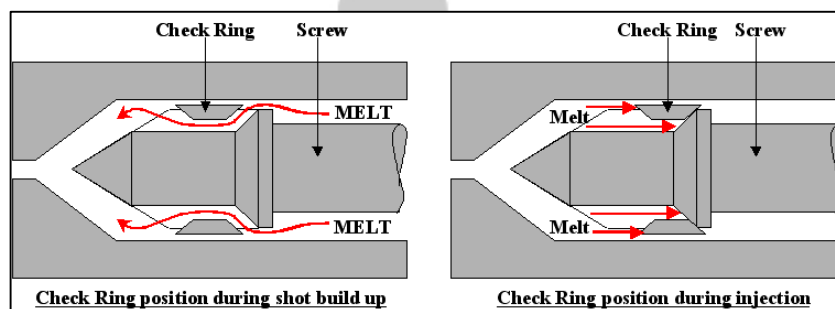
Reciprocating screw untuk mengalirkan material yang sudah dicairkan dari *hopper* ke *nozzle*. Ketika *screw* bergerak, material dari *hopper* akan langsung mengisi *screw* yang selanjutnya dan kemudian dipanasi lalu didorong ke arah *nozzle*. Gambar 2.17. menunjukkan gambar *reciprocating screw*.



Gambar 2.17. *Reciprocating Screw*
(Sumber: www.google.com)

ii. *Non-Return Valve*

Valve ini berfungsi untuk menjaga aliran plastik yang telah meleleh agar tidak kembali saat *screw* berhenti berputar. Bagian ini dapat membuka maupun menutup katup keluarnya material plastik dari *nozzle*. Saat *screw* bergerak mundur, *check ring* akan membuka katup sehingga material plastik dapat keluar ke arah *nozzle*. Sedangkan saat *screw* bergerak maju, katup akan tertutup. Gambar 2.18. menunjukkan cara kerja *non return valve*.



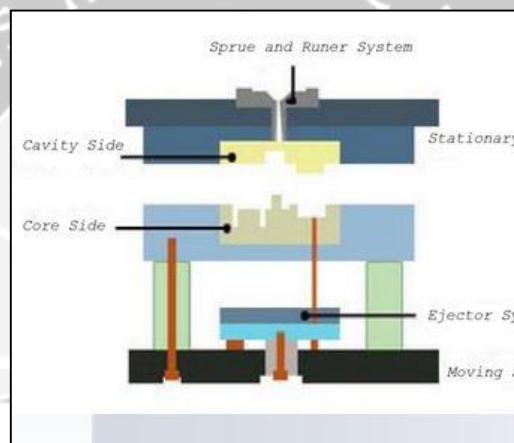
Gambar 2.18. Cara kerja *Non-Return Valve*
(Sumber: www.google.com)

2.2.5. Jenis Produk Injeksi

Pelepasan produk dalam injeksi *molding* dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pelepasan produk dipengaruhi dari bentuk produk dan fungsi produk yang dicetak menggunakan *mold base*. Pelepasan produk injeksi *molding* terdapat berbagai macam yaitu:

a. *Mold Base Standart*

Ejector digunakan untuk melepas produk dari *core insert* saat *mold* terbuka. Jenis pelepasan ini sering menghasilkan bekas pada produk. Sehingga letak *ejector pin* ini harus ditempatkan agar bekas tidak terlihat, sehingga produk dalam kondisi yang baik dan tidak merusak estetika dari produk itu sendiri. Gambar 2.19. merupakan *mold* yang memiliki *ejector pin*.



Gambar 2.19. Standard Mold Base

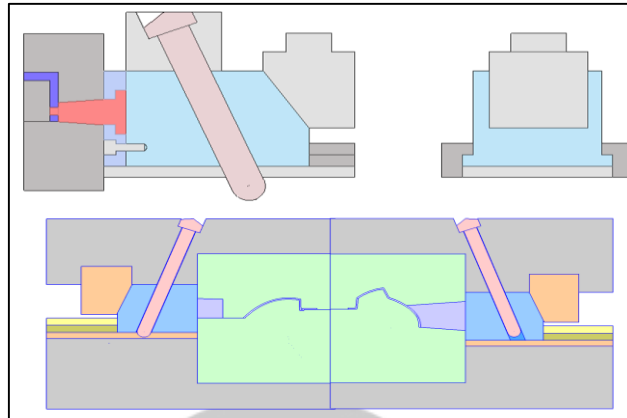
(Sumber: www.google.com)

b. *Slider Mold*

Saat produk memiliki *undercut* dan pelepasan melalui *core cavity* tidak dapat dilakukan maka dapat menggunakan *slider mold*. *Slider mold* memiliki beberapa jenis berdasarkan penggerak *slide core*nya diantaranya:

1. *Angular Pin*

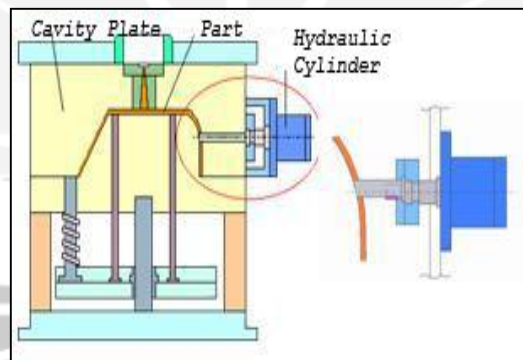
Part ini adalah pin memiliki posisi miring yang berfungsi menggerak *slide core*. Maksimal tingkat kemiringannya adalah 20° . *Slider* akan bergerak ke arah *horizontal* karena adanya sudut dari *angular pin*. Bagian yang miring akan memindahkan gaya ke arah *horizontal*, sehingga *angular pin* dapat menggerakkan *slider* ke sisi luar pada saat *mold* terbuka. Gambar 2.20. *angular pin*.



Gambar 2.20. Angular Pin
(Sumber: www.google.com)

2. Hydraulic Slider

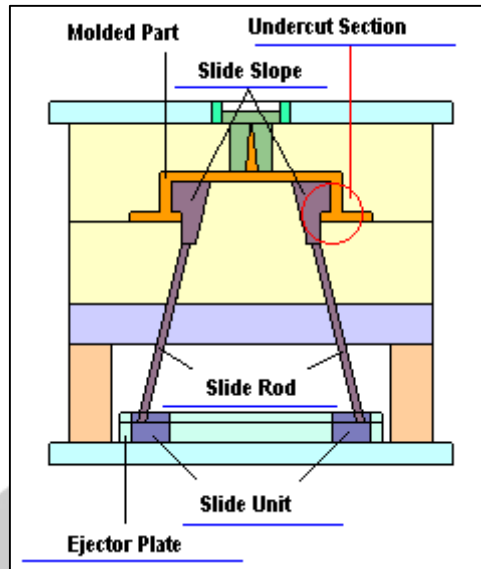
External undercut bisa juga dibentuk menggunakan dengan bantuan *hydraulic actuator*. Slider ditarik kearah sisi luar menggunakan *hydraulic* agar produk dapat terlepas. Gambar 2.21. merupakan gambar konstruksi dengan *hydraulic slider*.



Gambar 2.21. Konstruksi Hydraulic Slider
(Sumber: www.google.com)

ii. Internal Undercut

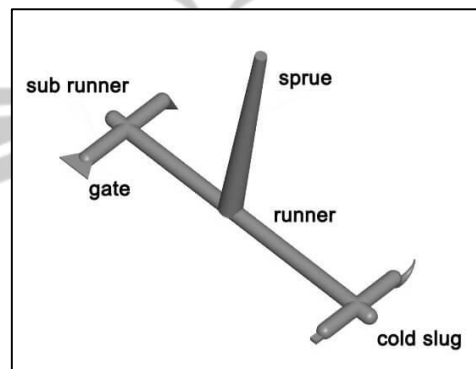
Konstruksi ini memiliki *ejector set* yang terdapat slide unit di dalamnya sehingga *core pin* dapat bergerak secara bebas kearah *ejector*. Konstruksi ini ditampilkan pada Gambar 2.22.



Gambar 2.22. Ejector Set
(Sumber: www.google.com)

2.2.6. Runner System

Runner system merupakan bagian yang mengalirkan material plastic ke produk. Bagian ini merupakan hal yang harus diperhatikan karena keberhasilan pencetakan produk tergantung dari bentuk *layout* ukuran maupun kehalusan *runner*. Gambar 2.23. merupakan gambar *runner system*.



Gambar 2.23. Gambar Runner System
(Sumber: www.google.com)

Runner system terdiri dari beberapa bagian, yaitu:

a. *Sprue*

Sprue merupakan bagian awal masuknya material plastik dari *nozzle*. Bagian ini mengalirkan berbentuk tirus dengan tujuan mempermudah pelepasan *runner system*

b. Runner

Runner digunakan untuk menyalurkan material plastic cair ke arah rongga core cavity. Semakin luas permukaan akan semakin besar pelepasan panas. Aliran material cair dari *sprue bush* mengalir ke dalam *core insert* dan *cavity insert*, besar *runner* tergantung juga dari jenis material plastiknya. Perlu diperhatikan juga bahwa semakin besar ukuran *runner*, material yang di buang akan semakin banyak. Ukuran *runner* harus lebih kecil daripada tebal ukuran produk.

Jenis *runner* dapat digolongkan menjadi 3 yaitu:

i. Standart runner system

System standart runner system pada konstruksi *mold*:

1. *Runner* biasanya langsung dibuat pada *mold plate* atau dibuat pada suatu *plate* tersendiri yang disebut *runner plate*.
2. *Runner plate* ini biasanya digunakan pada konstruksi tipe *three plate mold* dan dipasang pada *plate* ketiga

ii. Hot runner

System ini sebagai perpanjangan *nozzle* yang berbentuk suatu blok. *Runner* ini terdiri dari *sprue bush*, *runner*, *gate* dan *extended nozzle*. *Hot runner* populer digunakan dalam produksi massal atau dengan kapasitas besar, terutama yang menggunakan banyak *cavity*.

Keuntungan:

1. System ini dapat meminimasi pembuangan *runner* karena tidak ada *runner* yang terbuang.
2. Tidak ada lelehan yang terbuang sehingga pengerjaan membutuhkan energi yang lebih sedikit.
3. Kualitas yang dihasilkan sangat baik.

Kerugian:

1. Biaya pembuatan tinggi
2. Karena panas, part terkadang sulit mendingin atau hasil cetakan meleleh

ii. Cold Runner System

Fungsi *runner* ini sama dengan dengan hot runner namun perbedaannya terdapat pada temperatur yang digunakan (80^0-120^0c). *Runner* jenis ini biasanya menggunakan material yang reaktif seperti karet dan *thermoset*.

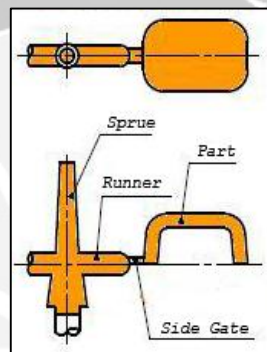
c. Gate

Gate merupakan pintu masuk cairan plastic kedalam produk. Material dari *runner* dialirkan menuju *gate* sehingga mengisi bagian cetakan produk yang akan dibuat.

Berfungsi untuk mengontrol aliran material cair. Peletakan *gate* biasanya diberikan pada dinding produk yang ketebalannya maksimal. Fungsi lain dari *gate* yaitu mempermudah proses pemotongan yang tidak terpakai. Ukuran *gate* yang kecil dapat menimbulkan *sink mark* pada produk, sedangkan jika terlalu besar menyebabkan mudahnya adanya gas yang terkumpul. Keberhasilan proses injeksi mold ditentukan dari dimensi *gate*.

i. *Side Gate*

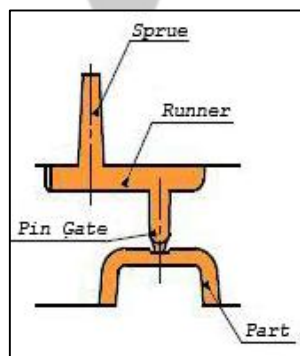
Merupakan bentuk yang paling sering dipakai dalam konstruksi *mold*. Pembuatan *side gate* lebih mudah dibandingkan dengan pembuatan *gate* lainnya. Produk yang dibentuk dengan *gate* ini harus dipotong secara manual menggunakan *cutter*. Gambar 2.24. merupakan gambar *side gate*.



Gambar 2.24. Side Gate
(Sumber: www.google.com)

i. *Pin Gate*

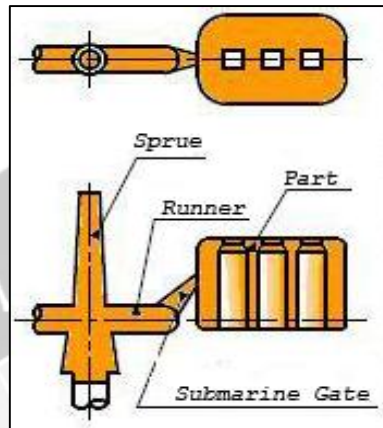
Posisi *gate* relatif fleksibel, karena posisi *gate* berada pada sisi atas produk, dapat digunakan pada *molding* yang memiliki beberapa *cavity*. Menggunakan *mold base* jenis *three plate mold*. Gambar 2.25. merupakan gambar *pin gate*.



Gambar 2.25. Pin Gate
(Sumber: www.google.com)

iii. *Submarine Gate (Tunnel Gate)*

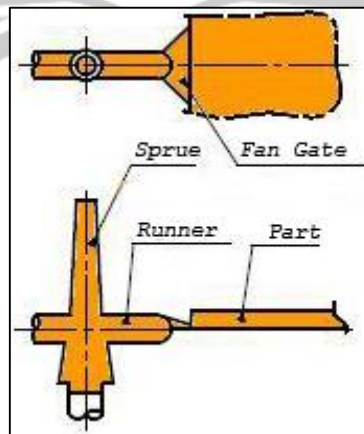
Gate terpotong secara otomatis pada waktu pembukaan *mold*. Posisi permukaan, samping dan belakang produk bebas, diperlukan upaya supaya *gate* tidak tersisa di dalam *cavity*. Pembuatan *gate* ini cenderung mahal dibandingkan dengan *gate* lainnya. Gambar 2.26. merupakan gambar *submarine gate*.



Gambar 2.26. Submarine Gate
(Sumber: www.google.com)

iv *Fan Gate*

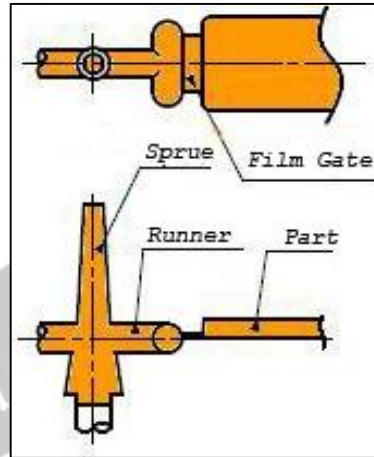
Gate jenis ini biasanya digunakan untuk produk yang besar dan datar. Diletakkan pada sisi produk seperti pada submarine *gate*. Produk hasil harus dipotong secara manual menggunakan *cutter*. Gambar 2.27. merupakan gambar *fan gate*.



Gambar 2.27. Fan Gate
(Sumber: www.google.com)

v *Film Gate*

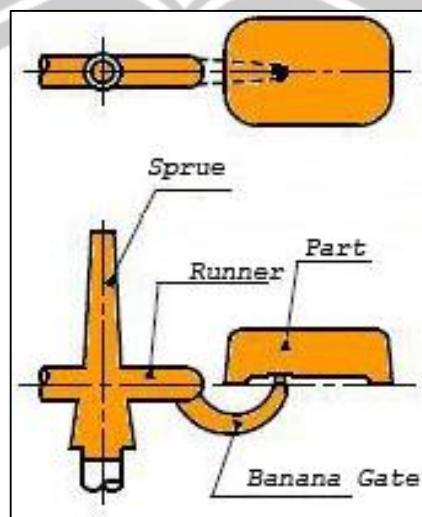
Bentuknya mirip seperti *fan gate*, tetapi digunakan pada produk yang tipis dan datar. Gambar 2.28. merupakan gambar *film gate*.



Gambar 2.28. Gambar *Film Gate*
(Sumber: www.google.com)

vi *Banana Gate*

Gate jenis ini jarang digunakan karena bentuknya yang relatif lebih susah dibuat. *Gate* jenis ini hanya digunakan jika pada permukaan part hasil injeksi tidak diinginkan adanya bekas *gate*. Peletakan *gate* diletakkan dibawah produk atau bagian produk yang tidak terlihat. *Gate* ini akan terpotong dengan sendirinya saat *mold* terbuka. Gambar 2.29. merupakan gambar *banana gate*.



Gambar 2.29. Gambar *Banana Gate*
(Sumber: www.google.com)

2.2.10. Perhitungan Clamping Force

Clamping force merupakan tenaga yang dibutuhkan untuk menutup *cavity* dan *core*. *clamping force* harus diperhatikan agar pada saat proses injeksi terjadi, *cavity* dan *core* tidak terbuka. terbukanya *cavity* dan *core* pada saat proses injeksi membuat produk tidak tercetak sempurna. besarnya *clamping force* harus dapat ditahan oleh mesin injeksi yang akan digunakan berikut merupakan perhitungan *clamping force* berdasarkan persamaan yang digunakan ATMI Surakarta perhitungan *clamping force* dilakukan dengan mencari area proyeksi. Rumus dibawah ini didapat dari (Jones, 2008)

$$\text{Area proyeksi} = \text{panjang (Inch)} \times \text{lebar (Inch)} \quad (2.1)$$

Setelah didapatkan area proyeksi, maka dikalikan dengan angka 1,5 – 3 sebagai angka keamanan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan *clamping force*. Rumus dibawah ini didapat dari (Jones, 2008)

$$\text{Clamping force benda sederhana} = \text{area proyeksi} \times 1.5 \quad (2.2)$$

$$\text{Clamping force benda rumit} = \text{area proyeksi} \times 3 \quad (2.3)$$

Setelah didapatkan *clamping force*, kemudian perancangan *mold base* disesuaikan dengan ukuran maksimal mesin yang akan digunakan.

2.2.11. Perhitungan Berat produk

Perhitungan berat produk dilakukan dengan mengalikan volume produk (*V*) dan berat jenis material yang digunakan (*m*). Berikut merupakan rumus perhitungan berat produk. Persamaan dibawah ini didapat dari (Lai, 2007)

$$\text{Berat produk (W)} = \text{volume produk (V)} \times \text{Berat jenis material} \quad (2.4)$$

2.2.12. Penentuan Layout Runner

Penentuan ukuran *runner* (*D*) *mm* membutuhkan data berat produk (*W*) *gr*, panjang runner (*L*) *mm*. Berikut merupakan perhitungan penentuan ukuran runner. Persamaan dibawah ini didapat dari (Lai, 2007)

$$D = \sqrt{\frac{W^{\frac{1}{2}} \times L^{\frac{1}{4}}}{3.7}} \quad (2.5)$$

dimensi *runner* harus lebih besar dibandingkan dengan tebal maksimal produk

2.2.13. Konversi Ukuran Runner

Bentuk *runner* dapat dikonversi menjadi bentuk lain. Konversi *runner* dilakukan bila produk tidak menggunakan *runner* berbentuk *full round*. Berikut merupakan cara mengkonversi bentuk *runner full round* menjadi bentuk *half round*. Persamaan dibawah ini diapat dari (Lai, 2007)

$$\text{Luas Runner Full Round} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad (2.6)$$

$$\text{Diameter Half Round} = \sqrt{\frac{\text{Luas Full Round} \times 8}{\pi}} \quad (2.7)$$

2.2.14. Perhitungan Langkah Ejection

Penentuan langkah *ejector* dilakukan dengan cara menentukan bagian produk mana yang paling banyak bersentuhan dengan bidang *core*. Penentuan ini dilakukan agar perancang dapat menentukan ukuran *support block* yang akan digunakan, karena penentuan ukuran *support block* mempengaruhi langkah *ejector*. Hal yang harus diperhatikan adalah sebagai berikut:

- a. Jarak kontak benda dengan *core*. Jarak kontak diambil dari kontak terpanjang.
- b. Harus menentukan spesifikasi *spring coil* yang akan digunakan.
- c. Tebal *spacer block* mempengaruhi langkah *ejector*.

2.2.15. MoldBase

Mold base merupakan bagian utama yang berfungsi sebagai pencetak produk. Perubahan teknologi membuat industri injeksi semakin berkembang dan bersaing, sehingga dalam pembuatan *mold base*, dibutuhkan waktu dan harga yang dapat diterima oleh pengguna. *Mold base* dapat dibeli satu set sehingga dapat menghemat waktu dan menghemat biaya pembuatan. Terdapat berbagai merk *mold base* seperti *Hasco*, *Futaba* dan sebagainya. Penggunaan komponen standar mempermudah pemasangan dan dapat menghemat biaya.