

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Metode perancangan merupakan teknik-teknik, alat perancangan, langkah kerja dalam merancang alat. Metode perancangan menjelaskan berbagai aktifitas yang berkaitan dengan perancang alat sehingga perancang dapat mengkombinasikan proses secara keseluruhan (Cross, 1994). Berikut ini akan dijelaskan referensi yang berkaitan dengan topik penelitian yang dilakukan.

2.1.1. Penelitian Terdahulu

Argya, Tri (2011) dalam skripsinya berjudul “Perancangan Runner pada *Mold Base* Produk PHR-11 Untuk Mengurangi Jumlah Material Terbuang (Studi Kasus di PT. Semyung Prima)” berhasil menemukan rancangan *runner* yang dapat mengurangi sisa material beserta hasil analisis biaya penekanan kerugian bagi perusahaan. Menggunakan *software AutoCAD, PowerShape, dan Moldflow insight* untuk merancang *runner*. Hasil akhir penelitian ini adalah rancangan *runner* yang baru, hasil perhitungan biaya pembuatan, perubahan *mold*, hasil keuntungan perusahaan.

Andrean, Yudhi (2012) dalam skripsinya berjudul “Perancangan 3D konstruksi *Mold Base* produk tutup toples PT. Yogyakarta Presisi Teknikatama Industri menggunakan *software Delcam PS Toolmaker 2012 dan Solidworks 2011*” berhasil menemukan rancangan tentang pembuatan *mold base* untuk produk tutup toples dengan meminimasi trial dan error. Menggunakan *software Powershape, Toolmaker dan Moldflow* untuk perancangan *mold basenya*. *Sinectics* digunakan dalam peneliti sebagai *tool* untuk mendapatkan hasil terbaik. Hasil akhir dari penelitian ini adalah sebuah konstruksi *mold base* untuk produk tutup toples.

Tan, Evan Anthony (2014) dalam skripsinya berjudul “Perancangan ulang desain *Mold Base* tutup filter oli seri X untuk mempermudah proses perakitan di PT hydraxile perkasa” berhasil membuat rancang ulang desain *mold base* untuk tutup filter oli seri X. Menggunakan *software PowerSHAPE dan AutoCAD* dalam melakukan perancangan ulang *mold base*. Menggunakan metode *DFM* untuk menentukan alternatif desain komponen yang akan rancang ulang. Hasil akhir

penelitian ini adalah rancangan *mold base* baru setelah beberapa komponennya dirancang ulang.

Fahrudin (2014) dalam skripsinya berjudul “Modul Desain *Mold* Sederhana” berhasil menemukan rancangan tentang pembuatan modul *mold*. Metode yang digunakan adalah metode kreatif. *Brainstorming* digunakan peneliti sebagai *tool* untuk mengumpulkan dan menganalisis data. *Synectics* dan *focus group discussion (FGD)*, *Quality Function Deployment (QFD)*, *Morphological Chart*, *Weighted Objective* digunakan peneliti sebagai *tool* untuk mendapatkan beberapa alternatif solusi, sehingga dapat diperoleh desain terbaik. Hasil akhir penelitian ini berupa modul desain konstruksi *mold* sederhana yang dapat digunakan untuk universitas maupun vokasi sebagai media belajar pembuatan konstruksi *mold*.

2.1.2. Penelitian Sekarang

Penelitian yang dilakukan penulis terfokus pada perancangan *yo-yo* yang sesuai dengan permintaan komunitas *yo-yo* “Yo – G – Jo” dan Perancangan *Mold Base Yo-yo* berdasarkan cara yang digunakan oleh PT. YPTI dalam merancang *mold base*. *Brainstorming* digunakan penulis untuk mendapatkan atribut desain *yo-yo* maupun *mold base* yang akan dirancang, sehingga diharapkan rancangan dapat sesuai dengan keinginan pengguna. *Morphology chart* digunakan untuk menentukan alternatif konstruksi *mold base* dan pemilihan alternatif dipilih menggunakan *weighted objective*. Menggunakan metode *DFM* untuk mendapatkan kualitas produk yang baik, mengurangi waktu pengerjaan permesinan, dan mengurangi biaya permesinan. Menghitung biaya yang akan dikeluarkan untuk membuat sebuah *mold base* dengan acuan harga mesin per jam dan menstandarisasikan komponen yang digunakan oleh PT.YPTI

Tabel 2.1 Perbandingan Penelitian Terdahulu dan Sekarang

Deskripsi	Argya Tri (2011)	Andrean, Yudhi (2012)	Tan, Evan Anthony (2014)	Fahrudin (2014)	Peneliti Sekarang (2015)
Masalah yang Dihadapi	Kurang optimalnya ukuran <i>runner</i> sehingga mengakibatkan kerugian karena terbuangnya material plastik oleh <i>runner</i>	Perlu adanya rancangan <i>mold base</i> untuk mencetak produk tutup Toples	Perlu adanya rancangan ulang agar mempermudah proses perakitan <i>mold base</i>	Kesulitan karyawan baru atau mahasiswa untuk mempelajari <i>mold base</i> , sehingga dilakukan perancangan modul desain <i>mold</i> sederhana	Masalah yo-yo plastik yang digunakan pada komunitas yo-yo (<i>Yo – G – Jo</i>), yaitu spintime yo-yo yang singkat dan perancangan <i>mold base</i> yang tepat untuk menyelesaikan masalah.
Objek Penelitian	Perancangan Runner pada <i>mold base</i> Produk PHR-11 Untuk Mengurangi Jumlah Material	Perancangan <i>mold base</i> tutup toples	Perancangan ulang konstruksi <i>mold base</i> untuk tutup filter oli	Perancangan modul desain <i>mold</i> sederhana	Perancangan yo-yo dan <i>mold base</i> yo-yo tipe 1A
Metode Penelitian	- Survei - Eksperimen - Simulasi	- Metode <i>Synetics</i> - CAD	- Eksperimen - CAD	- Metode <i>synetics</i>	- Metode kreatif - Simulasi - CAD dan CAM

Tabel 2.2 Lanjutan

Deskripsi	Argya Tri (2011)	Andrean, Yudhi (2012)	Tan, Evan Anthony (2014)	Fahrudin (2014)	Peneliti Sekarang (2015)
<i>Tool</i> Penelitian	- PowerSHAPE - Moldflow insight - AutoCAD	- PowerSHAPE - Toolmaker - Moldflow - wawancara	- CAD - PowerSHAPE - Morphology	- Brainstorming - FGD - QFD - Morphology - Weighted Objective	- Brainstorming - Molphology - Weighted Objective - DFM - PowerSHAPE - PowerMILL - AutoCAD - wawancara
<i>Output</i> Penelitian	Rancangan konstruksi <i>mold</i> baru yang mengurangi sisa material	Rancangan konstruksi <i>mold</i> untuk produk toples	Rancangan ulang konstruksi <i>Mold Base</i> untuk tutup filter oli	Modul pembelajaran <i>mold</i> sederhana	Rancangan <i>yo-yo</i> tipe 1A dan <i>Mold Base</i> untuk <i>yo-yo</i> tipe 1A
<i>Outcome</i> Penelitian	Hasil penelitian diharapkan dapat mengurangi terbuangnya material <i>runner</i> yang menyebabkan kerugian	Hasil penelitian selanjutnya diharapkan dapat menentukan jumlah <i>ejector</i> dan melakukan rancangan dengan menggunakan <i>system hot runner</i>	- Perbaikan pada beberapa komponen <i>mold base</i> - Membantu proses produksi	Hasil penelitian diharapkan membantu pembelajaran tentang <i>mold</i> sederhana	- Membantu komunitas <i>Yo-yo</i> untuk mengerti konstruksi <i>mold base</i> - Membantu perancangan <i>mold base</i> PT. YPTI - Publikasi ilmiah pada seminar nasional UNY 2015

2.2. Dasar Teori

Proses penelitian pembuatan skripsi tentang perancangan *mold base yo-yo* tipe 1A ini dilakukan peneliti untuk merancang *yo-yo* tipe 1A yang akan digunakan oleh komunitas *yo-yo* “Yo - G - Jo”. Penelitian ini menggunakan teori-teori yang terkait dengan penelitian yang akan dilakukan agar dapat membantu.

2.2.1. Metode Perancangan

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

Tujuan metode perancangan adalah membawa prosedur rasional ke dalam proses perancangan. Metode ini menggunakan pemikiran yang masuk akal sehingga perancang diharapkan mencari solusi terbaik dalam perancangan. Metode perancangan dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu metode kreatif dan metode rasional (Cross, 1994)

2.2.1.1 Metode Kreatif

Metode kreatif merupakan salah satu metode perancangan yang dapat memunculkan ide kreatif, metode ini mengajak perancang untuk mencari aliran ide dengan cara menghilangkan batas mental yang menghambat munculnya ide kreatif serta memperluas area pencarian solusi (Cross, 1994). Berikut merupakan langkah-langkah metode kreatif, yaitu:

a. *Brainstorming*

Brainstorming merupakan langkah metode kreatif yang dilakukan untuk mencari berbagai ide-ide dalam merancang. *Brainstorming* biasanya dilakukan oleh sekelompok orang yang berpengalaman dalam bidang yang dibahas. Tidak hanya memasukkan orang yang berpengalaman saja dalam bidang yang di permasalahan, tetapi sebaiknya memasukkan orang yang memiliki pengalaman lain yang terkait dengan masalah. Beberapa hal yang penting dalam *Brainstorming*, yaitu:

- i. Tidak boleh melakukan kritik saat diskusi
- ii. Mengumpulkan ide sebanyak-banyaknya
- iii. Ide singkat dan jelas
- iv. Ide gila atau unik bisa diterima
- v. Berusaha mengembangkan ide orang lain

Brainstorming sebaiknya dipandu oleh seseorang agar tujuan pencarian ide terarah. (Cross,1994)

a. *Synectic*

Synectics mirip seperti metode *brainstorming*. Perbedaannya, *synectic* lebih mencoba untuk mengeluarkan sifat kritis dari anggotanya. Kelompok diharapkan dapat menuju ke sebuah solusi untuk menyelesaikan masalah. Berbeda dengan *brainstorming*, anggota kelompok boleh mengkritik pendapat anggota lain. Tidak menampung banyak ide, tetapi lebih mengarah pada penyelesaian masalah.

b. Perluasan Daerah Penelitian

Suatu kondisi biasa dari batas mental untuk berpikir kreatif adalah untuk mengambil batas tipis sampai dimana satu pemecahan itu dicari. Beberapa teknik kreativitas merupakan bantuan untuk memperluas area penelitian, yang meliputi transformasi, masukan acak (*random input*), dan perancangan banding (Cross, 1994).

c. Proses Kreatif

Pemikiran kreatif dapat dipikirkan secara spontan, muncul dengan sendirinya. Para ilmuwan psikologis menemukan pola yang sering terpikir saat memikirkan ide-ide kreatif, polanya adalah sebagai berikut:

- i. *Recognition* adalah pengakuan bahwa masalah itu ada.
- ii. *Preparation* adalah usaha yang dilakukan untuk memahami masalah
- iii. *Incubation* adalah periode untuk meninggalkan pemikiran tersebut dalam pikiran, yang membuat alam bawah sadar seorang mulai bekerja.
- iv. *Illumination* adalah mulai memikirkan formulasi ide
- v. *Verification* adalah kerja keras untuk mengembangkan dan menguji ide tersebut.

2.2.2. Morphology Chart

Morphology chart adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat. Dalam bagan ini akan di buat kombinasi dari berbagai kemungkinan solusi untuk membentuk produk-produk yang berbeda atau bervariasi.

Kombinasi berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari bagan, sehingga memungkinkan untuk mencapai sebuah solusi baru yang belum teridentifikasi sebelumnya. *Morphology chart* berisi elemen, komponen, atau sub solusi yang lengkap sehingga dapat dikombinasikan (Cross, 1989).

Adapun langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

- a. Masalah yang akan dipecahkan harus dirumuskan seakurat mungkin.
- b. Identifikasi semua parameter yang mungkin ada.
- c. Buat diagram morfologi dengan parameter sebagai baris.
- d. Isi kolom dengan komponen yang berhubungan dengan parameter tertentu, komponen dapat ditentukan dengan menganalisis produk sejenis maupun dengan menggunakan prinsip baru.
- e. Gunakan strategi evaluasi (analisa baris dan pengelompokan parameter) sebagai batasan solusi utama.
- f. Ciptakan solusi dengan menggabungkan setidaknya satu komponen dari masing-masing parameter.
- g. Hati-hati dalam mengevaluasi dan menganalisis solusi yang berkaitan dengan persyaratan desain, dan pilihlah beberapa solusi utama (minimal 3 solusi).
- h. Solusi utama yang dipilih akan dikembangkan secara rinci dalam bagian yang tersisa dalam proses desain.

2.2.3. Weighted Objective

Metode *weighted objective* ini menyediakan cara untuk memperkirakan dan membandingkan alternatif perancangan yang menggunakan perbedaan pembobotan obyektif. Metode ini menetapkan pembobotan numerik untuk obyektif dan nilai numerik untuk melaksanakan alternatif perancangan yang diukur terhadap obyektif. Tujuan metode ini adalah untuk membandingkan nilai-nilai kegunaan usulan perancangan alternatif pada basis melaksanakan terhadap perbedaan pembobotan obyektif. Langkah-langkah dalam evaluasi alternatif menggunakan metode *weighted objective* adalah:

- a. Pilih kriteria berdasarkan persyaratan yang telah dilakukan dengan tim kreatif Pilihlah 3 sampai 5 konsep untuk diseleksi.
- b. Menetapkan bobot untuk tiap kriteria, masing-masing kriteria harus sesuai dengan kebutuhan dari tim kreatif, untuk menentukan faktor bobot kriteria disarankan membandingkan tiap kriteria (peringkat bobot dapat berupa skala 1 sampai 5 atau memutuskan seluruh jumlah bobot misal 100 atau 1).
- c. Buatlah matriks dengan kriteria sebagai baris dan solusi sebagai kolom.
- d. Tentukan nilai atribut bagaimana solusi dapat memenuhi kriteria.
- e. Hitung nilai keseluruhan setiap konsep dengan menjumlahkan skor pada setiap kriteria.

f. Solusi dengan skor tertinggi adalah solusi yang akan dipilih.

Proses penelitian pembuatan skripsi tentang perancangan *mold base* ini ditujukan untuk melakukan perancangan *mold base* sesuai dengan cara yang ada pada PT. YPTI . Penelitian ini menggunakan teori-teori yang sudah ada dan telah dikembangkan agar sesuai dengan proses perancangan.

2.2.4. Design For Manufacturing (DFM)

Ulrich (2001) menyatakan bahwa biaya manufaktur merupakan penentu utama dalam keberhasilan ekonomis dari produk. Secara ekonomis, rancangan yang berhasil tergantung dari jaminan kualitas produk yang tinggi, sambil meminimasi biaya manufaktur. *DFM* adalah suatu metode untuk mencapai tujuan ini. Pelaksanaan *DFM* yang efektif mengarahkan pada biaya manufaktur yang rendah tanpa mengorbankan kualitas produk.

Design For Manufacturing (DFM) membutuhkan suatu tim yang secara fungsional saling berhubungan. Perancangan untuk proses manufaktur merupakan salah satu dari pelaksanaan yang paling terintegrasi yang terlibat dalam pengembangan produk. *DFM* menggunakan informasi dari berbagai tipe, diantaranya:

- a. Sketsa, gambar, spesifikasi produk dan alternatif-alternatif rancangan
- b. Suatu pemahaman detail tentang proses produksi dan perakitan
- c. Perkiraan biaya dan volume produksi, serta waktu peluncuran produk

Oleh karenanya *Design For Manufacturing (DFM)* membutuhkan peran serta yang sangat baik dari anggota tim pengembang. Upaya-upaya *Design For Manufacturing* umumnya membutuhkan ahli-ahli:

- a. Insinyur manufaktur
- b. Akutansi biaya
- c. Personil produksi
- d. Perancang produk

DFM dimulai selama tahapan pengembangan konsep, sewaktu fungsi-fungsi dan spesifikasi produk ditentukan. Ketika melakukan pemilihan suatu konsep produk, biaya hampir selalu merupakan satu kriteria untuk pengambilan keputusan, walaupun perkiraan biaya pada tahap ini sangatlah subjektif dan merupakan pendekatan. Ketika spesifikasi produk sudah difinalisasi, tim akan menentukan pilihan (*trade-off*) diantara karakteristik kinerja yang diinginkan.

Metode *DFM* dimulai dengan perkiraan biaya manufaktur dari rancangan yang diusulkan. Hal ini membantu tim untuk menentukan suatu tingkatan umum dimana aspek-aspek perancangan meliputi komponen, rakitan, atau komponen pendukung penting lainnya. Tim kemudian menaruh perhatian pada area tertentu dalam tahapan yang berurutan. Proses ini merupakan proses yang berulang. Tidak umum untuk menghitung kembali perkiraan biaya manufaktur serta memperbaiki rancangan produk lusinan kali sebelum menyetujui bahwa rancangan tersebut cukup baik. Ketika rancangan produk diperbaiki, literasi *DFM* ini mungkin dilanjutkan hingga dimulainya proses produksi. Pada beberapa poin, hasil rancangan yang telah ditetapkan dan beberapa modifikasi lainnya dipergunakan sebagai perubahan secara teknis atau menjadi bagian dari pengembangan produk selanjutnya.

Metode *DFM* terdiri dari 5 langkah :

- a. Memperkirakan biaya manufaktur
- b. Mengurangi biaya komponen
- c. Mengurangi biaya perakitan
- d. Mengurangi biaya pendukung produksi
- e. Mempertimbangkan pengaruh keputusan *DFM* pada faktor-faktor lainnya.

2.2.4.1. Memperkirakan Biaya Manufaktur

Pada pembahasan ini, biaya manufaktur dari suatu produk yang terdiri dari biaya-biaya dalam tiga kategori:

- a. Biaya komponen: Komponen dari suatu produk termasuk komponen standar yang dibeli dari *supplier*. Contohnya adalah motor, *chip* elektronik, dan sekrup. Komponen *custom* adalah komponen yang dibuat berdasarkan pesanan sesuai rancangan pembuat dari material mentah.
- b. Biaya perakitan: Barang diskrit biasanya dirakit dari beberapa komponen. Biaya perakitan meliputi biaya tenaga kerja, biaya peralatan & perlengkapan.
- c. Biaya-biaya *overhead*: *overhead* merupakan kategori yang digunakan untuk mencakup biaya lain-lainya.

Perkiraan biaya manufaktur, yang merupakan dasar untuk *DFM*, digunakan untuk menyimpan informasi ini secara teratur. *BOM* adalah suatu daftar tiap komponen produk, yang terdiri dari suatu daftar material (*Bill Of Material / BOM*) dan dilengkapi dengan informasi biaya. *BOM* juga dibuat dengan menggunakan

format tertentu dimana rakitan struktur pohon digambarkan dengan dilengkapi nama komponen dan sub-rakitannya.

Kolom pada *BOM* menunjukkan perkiraan biaya yang terdiri dari biaya tetap dan biaya variabel. Biaya variabel mencakup biaya material, penggunaan mesin, dan upah. Biaya tetap terdiri dari peralatan dan biaya yang tidak berulang seperti peralatan khusus dan biaya *set up*. Umur pakai peralatan digunakan untuk menghitung biaya tetap per unit (jika umur pakai peralatan yang diharapkan tidak melampaui volume umur pakai produk, dimana digunakan kasus volume produk yang lebih rendah). Untuk menghitung biaya total, *overhead* ditambahkan sesuai dengan gambaran perhitungan biaya yang diharapkan.

2.2.4.2. Mengurangi Biaya Komponen

Untuk produk diskrit yang sangat bersifat teknik, biaya komponen yang dibeli akan menjadi elemen penting biaya manufaktur. Bagian ini menginformasikan beberapa strategi untuk meminimalkan biaya tersebut.

2.2.4.2.1. Memahami Batasan Proses dan Dasar Biaya

Beberapa komponen mungkin dapat ditentukan harganya secara sederhana, karena desainer tidak memahami kebutuhan biaya dasar, dan batasan-batasan proses produksi. Seorang desainer mungkin juga menetapkan dimensi dengan toleransi yang terlalu ketat, tanpa mempertimbangkan kesulitan untuk memperoleh akurasi tersebut dalam proses produksinya. Perancangan ulang komponen diharapkan bisa mendapatkan kinerja yang sama sambil menghindari langkah manufaktur yang menimbulkan biaya lebih. Desainer harus mengetahui operasi apa yang sulit dilakukan dalam kegiatan produksi, dan berapa biaya dasarnya.

Strategi terbaik untuk proses yang tidak mudah dikerjakan adalah dengan bekerja langsung dengan personil yang benar-benar memahami proses produksi yang dimaksud. Ahli-ahli manufaktur cenderung memiliki banyak ide tentang perancangan ulang komponen untuk mengurangi biaya produksi.

2.2.4.2.2. Merancang Ulang Komponen untuk Mengurangi Langkah Proses

Kecermatan rancangan yang diusulkan akan menghasilkan usulan rancangan baru yang dapat menghasilkan penyederhanaan proses produksi. Pengurangan jumlah langkah dalam proses manufaktur dapat menghasilkan pengurangan biaya. Mungkin ada berapa tahapan proses yang tidak diperlukan. Sebagai contoh, komponen aluminium mungkin tidak harus dicat, khususnya jika tidak

dapat dilihat secara langsung oleh konsumen. Pada beberapa kasus, beberapa tahap mungkin dapat dikurangi dengan substitusi oleh tahapan proses alternatif.

2.2.4.2.3. Pemilihan Skala Ekonomi yang Sesuai untuk Proses Komponen

Biaya manufaktur untuk suatu produk biasanya turun bila volume produksi meningkat. Gejala ini dinamakan skala ekonomi. Skala ekonomi untuk suatu komponen yang dibuat terjadi alasan berikut:

- a. Biaya tetap dibagi oleh jumlah unit yang lebih banyak
- b. Biaya variabel menjadi lebih rendah karena perusahaan dapat mempertimbangkan penggunaan proses dan peralatan yang lebih luas dan efisien.

2.2.4.2.4. Menstandarisasi Komponen dan Proses

Prinsip skala ekonomis juga digunakan dalam pemilihan komponen dan proses. Jika volume produksi di tambah, biaya per unit komponen akan berkurang.

2.2.4.3. Mengurangi Biaya Perakitan

Perancangan untuk perakitan (*Design For Assembly / DFA*) juga dianggap sebagai bagian dari *DFM* yang berisi tentang minimasi biaya perakitan. Pada bagian ini, akan dijelaskan mengenai beberapa prinsip yang berguna untuk mengarahkan keputusan *DFM*:

- a. Menyimpan angka

Boothroyd dan *Dewhurst* (1989) menganjurkan untuk memelihara perkiraan biaya yang sedang berjalan. Sebagai tambahan untuk angka mutlak ini, mereka mengusulkan konsep efisiensi perakitan. Indeks *DFA* ditunjukkan dengan rumus berikut:

$$\text{Indeks } DFA = \frac{\text{Jumlah komponen minimum teoritis} \times 3 \text{ detik}}{\text{Perkiraan waktu total perakitan}} \quad (2.1)$$

- b. Mengintegrasikan komponen

Jika suatu komponen tidak memiliki kualitas yang diperlukan secara teoritis, maka akan terdapat kandidat pengganti untuk menggabungkan satu atau lebih lebih komponen.

- c. Memaksimalkan kemudahan perakitan

Karakteristik ideal komponen dari suatu rakitan adalah:

- i. Komponen dimasukkan dari bagian atas perakitan

- ii. Komponen lurus dengan sendirinya
- iii. Komponen tidak harus diorientasikan
- iv. Komponen hanya butuh satu tangan untuk merakit
- v. Komponen tidak membutuhkan peralatan
- vi. Komponen dirakit dengan gerakan linear dan tunggal
- vii. Komponen terkunci dengan segera setelah penggabungan

2.2.4.4. Mengurangi Biaya Overhead

Dalam upaya untuk mengurangi biaya komponen dan biaya perakitan, tim juga akan mencapai pengurangan dalam permintaan fungsi pendukung produksi. Sebagai contoh, suatu pengurangan jumlah komponen mengurangi permintaan untuk manajemen persediaan. Suatu pengurangan dalam isi rakitan mengurangi jumlah pekerja yang dibutuhkan untuk produksi sehingga mengurangi biaya pengawasan dan manajemen sumber daya manusia. Komponen standar mengurangi permintaan dukungan teknik dan pengendalian kualitas. Terdapat tambahan beberapa tindakan langsung oleh tim untuk mengurangi biaya pendukung produksi.

2.2.4.5. Mempertimbangkan Pengaruh Keputusan *DFM* pada Faktor Lainnya

Mengurangi biaya manufaktur bukan satu-satunya sasaran dari proses pengembangan produk. Keberhasilan pengembangan produk juga tergantung dari terjaganya kualitas produk, serta berkurangnya waktu pengerjaan dan biaya pengembangan produk.

2.2.4.5.1. Pengaruh *DFM* Terhadap Waktu Pengembangan

Waktu pengembangan dapat menjadi sangat penting. Keputusan *DFM* harus dievaluasi untuk melihat pengaruhnya pada waktu pengembangan, seperti pengaruh juga terhadap biaya manufaktur.

2.2.4.5.2. Pengaruh *DFM* Terhadap Biaya Pengembangan

Biaya pengembangan berbanding lurus dengan waktu pengembangan. Maka, harus diperhatikan keterkaitan dan kerumitan hubungan keduanya serta waktu pengembangan dibutuhkan untuk biaya pengembangan tertentu.

2.2.4.5.3. Pengaruh *DFM* Terhadap Kualitas Produk

Sebelum melakukan keputusan *DFM*, tim seharusnya mengevaluasi pengaruh keputusan pada kualitas produk. Tindakan dari hasil keputusan *DFM*

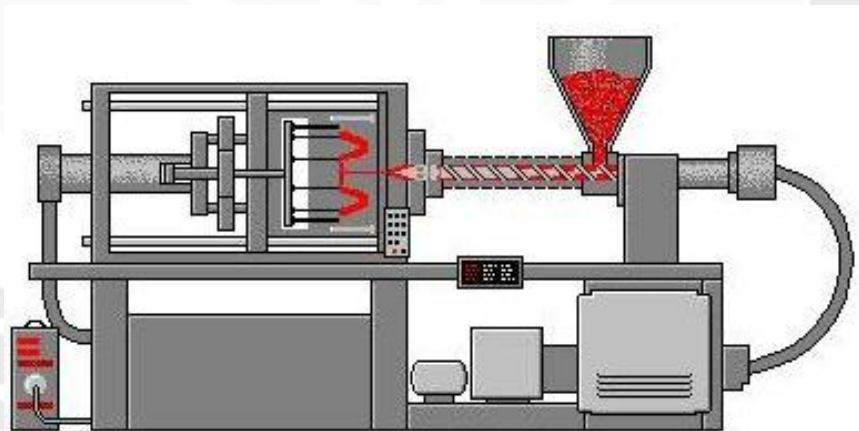
seharusnya mampu untuk mengurangi biaya manufaktur juga akan memperbaiki kualitas produk.

2.2.4.5.4. Pengaruh *DFM* Terhadap Faktor-faktor Eksternal

Keputusan perancangan mungkin memiliki dampak yang melebihi tanggung jawab satu tim pengembangan. Dari sisi ekonomis, dampak ini mungkin dianggap sebagai masalah eksternal. Dua masalah eksternal yang sering ditemui adalah komponen yang digunakan kembali dan biaya umur pakai.

2.2.5 Injection Molding

Merupakan proses manufaktur untuk membuat produk dengan bahan dasar 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 yang sangat berpengaruh pada hasil produk adalah bagian *mold*. Hal ini karena *mold* merupakan rongga dari bentuk benda yang akan diproduksi.



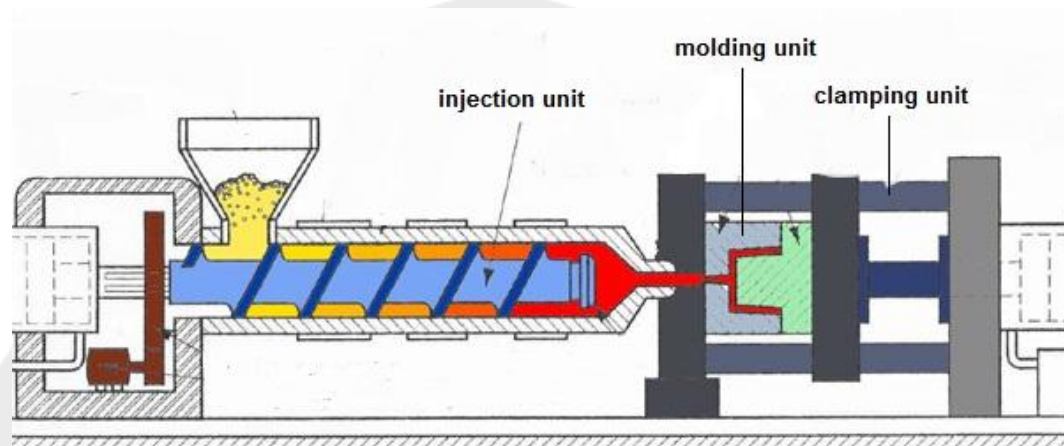
Gambar 2.1 Injection Molding

2.2.6. Sejarah Injeksi Plastik

Pada sekitar tahun 1800-an teknologi plastik mulai dikembangkan, pada tahun 1968 *John Wesley Hyatt* membuat *ball billyard* dengan menginjeksikan *selluloid* ke dalam *mold*, pada tahun 1872, *John* dan *Isaiah Hyatt* mematenkan mesin *injection molding* untuk pertama kalinya, selanjutnya perkumpulan industri plastik dibentuk pada tahun 1937, yang dilanjutkan pembentukan perkumpulan plastik engineer pada tahun 1941 (*Takahashi* 2008)

2.2.7. Bagian Mesin Injeksi

Mesin injeksi pada umumnya dibagi menjadi 3 bagian utama. Bagian utama tersebut memiliki fungsi masing-masing yang berhubungan dengan proses pencetakan produk. Gambar 2.2 menunjukkan bagian utama mesin injeksi.



Gambar 2.2 Bagian Utama Mesin Injeksi

Mesin injeksi terdiri dari 3 bagian utama, yaitu:

a. *Clamping Unit*

Clamping unit berfungsi untuk memegang atau mengatur gerakan dari *mold* unit, serta gerakan *ejector* saat melakukan proses pelepasan produk dari *mold*. Pada *clamping unit*, kita dapat mengatur berapa panjang langkah gerakan *molding* saat membuka, mengatur tekanan *clamping force*, yaitu tekanan untuk menutup *mold* agar dapat menahan material plastik yang diinjeksikan, dan berapa panjang *ejector* harus bergerak untuk melepas produk.

b. *Mold 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*.

c. *Injection Unit*

Injection unit terdiri dari beberapa bagian tetapi fungsi utamanya adalah menyediakan dan mengalirkan material plastik proses injeksi ke dalam *mold*. Di dalam *injection unit*, terjadi perubahan material plastik yang awalnya padat menjadi cair. Hal ini dilakukan agar material plastik dapat diinjeksikan kedalam

mold sehingga plastik dapat dibentuk sesuai produk yang akan dibuat. *Injection unit* terdiri dari beberapa bagian , yaitu:

ii. *Motor dan Transmission Gear Unit*

Bagian ini berfungsi untuk menghasilkan daya yang digunakan untuk memutar *screw* pada *barrel*, sedangkan *transmission unit* berfungsi untuk memindahkan daya dari putaran motor ke dalam *screw*, selain itu *transmission unit* juga berfungsi untuk mengatur tenaga yang disalurkan sehingga tidak terjadi pembebanan yang terlalu besar.

ii. *Cylinder Screw Ram*

Bagian ini berfungsi untuk mempermudah gerakan *screw* dengan menggunakan momen inersia sekaligus menjaga perputaran *screw* tetap konstan, sehingga dapat dihasilkan kecepatan dan tekanan yang konstan saat proses injeksi plastik dilakukan.

ii. *Hopper*

Merupakan tempat meletakkan material plastik 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, kandungan air yang terlalu besar dapat menyebabkan proses injeksi yang kurang sempurna. Gambar 2.3 menunjukkan bagian *hopper*.

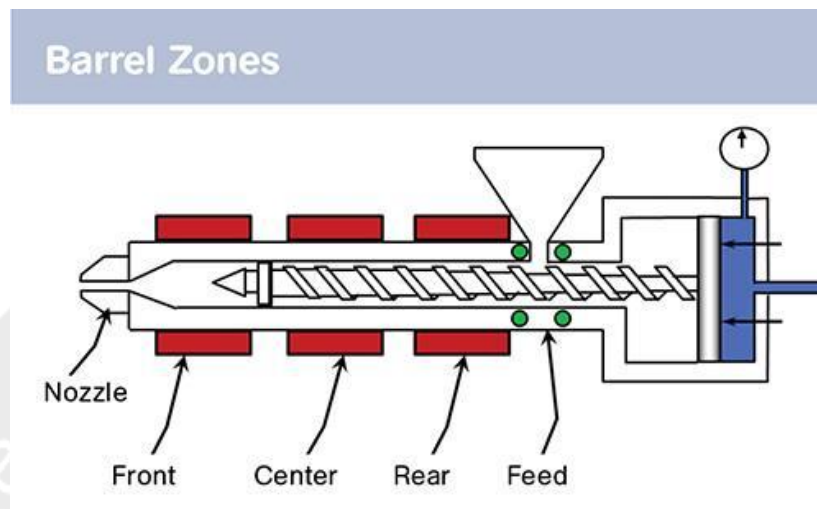


Gambar 2.3 Hopper

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 2.4 menunjukkan gambar barrel.



Gambar 2.4 Barrel

ii. *Reciprocaing Screw*

Reciprocating screw berfungsi untuk mengalirkan plastik dari *hopper* ke *nozzle*, ketika *screw* berputar material dari *hopper* akan tertarik mengisi *screw* yang selanjutnya dipanasi lalu didorong ke arah *nozzle*. Gambar 2.5 menunjukkan gambar *reciprocating screw*.

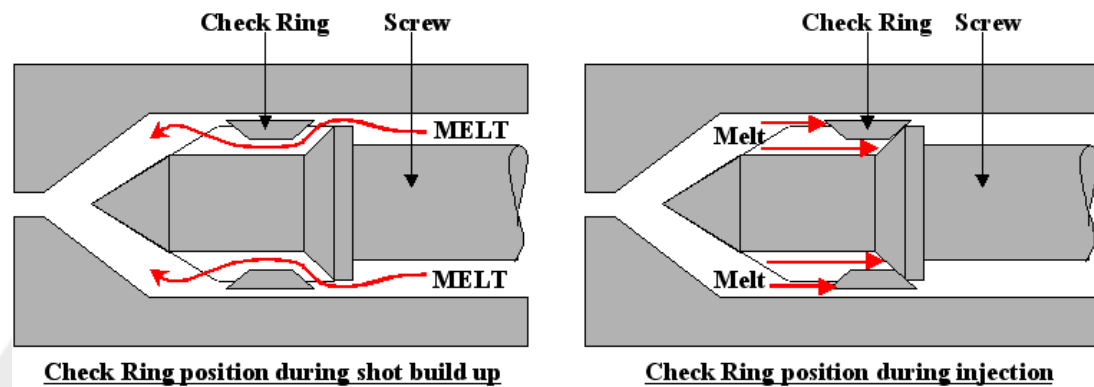


Gambar 2.5 Reciprocating Screw

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 plastic dari *nozzle*. Saat *screw* bergerak mundur, *check ring* akan membuka katup sehingga material plastic dapat keluar ke arah *nozzle*. Sedangkan saat *screw* bergerak maju, katup akan tertutup. Gambar 2.6 menunjukkan cara kerja *non return valve*.



Gambar 2.6 Cara kerja *Non Return Valve*

2.2.8 Molding Unit

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* adalah bagian yang terhubung dengan *nozzle* pada mesin injeksi. Selain bagian utama tersebut, masih banyak juga bagian-bagian yang saling berhubungan dengan *cavity* dan *core*, sehingga terbentuklah *mold* yang kompleks.

Berikut merupakan bagian-bagian dari suatu sistem *mold* injeksi.

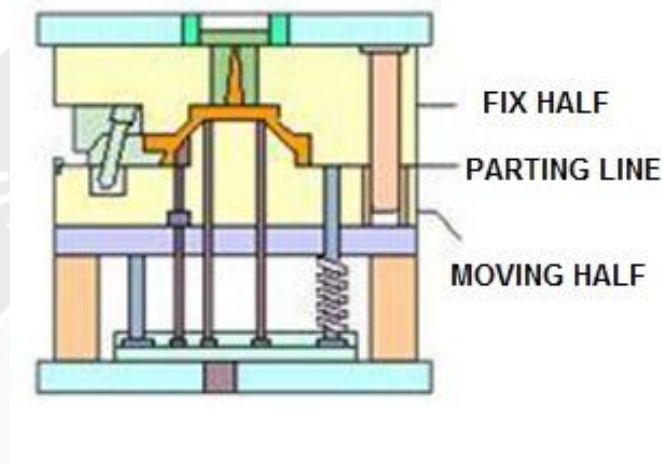
a. Standart Mold

Standart mold merupakan tipe *mold* dasar yang merupakan jenis minimum untuk membuat *mold* injeksi untuk plastik.

Karakteristik dari standart *mold* antara lain adalah:

- i. *Fix half*, (minimal satu plat) biasa disebut *cavity side*, bagian ini adalah bagian yang diam ketika proses injeksi dilakukan. Bagian ini terdapat *sprue*, yaitu bagian bertemu dengan *nozzle* mesin. Bagian ini merupakan bagian yang mengalirkan bahan material plastik cair kedalam *mold* untuk dicetak menjadi produk.
- ii. *Moving half*, bagian ini merupakan bagian yang bergerak saat *mold* membuka untuk melepaskan produk yang dicetak. Pada bagian ini terdapat

core yang membentuk bagian dalam produk, kebalikan dari *cavity side*. Terdapat *ejector* yang berfungsi sebagai pelepas benda saat produk akan dilepaskan. *Ejector* menekan produk agar produk terlepas dari bagian *core*. Gambar 2.7 merupakan gambar *standart mold*.



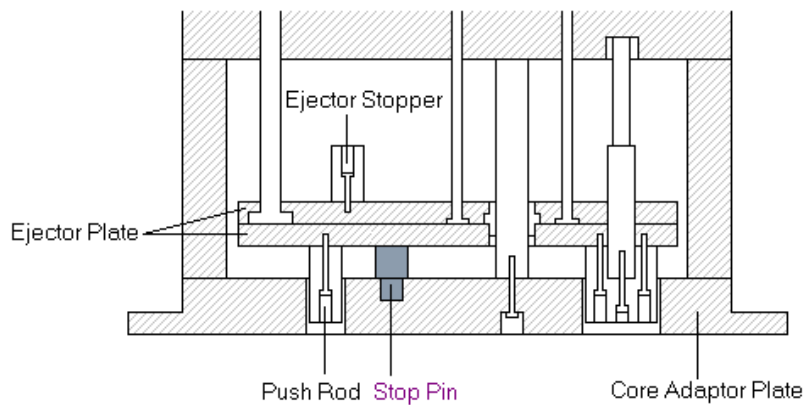
Gambar 2.7 Gambar Standart Mold

b. Parting Line

Parting line merupakan bagian pemisah antara *core* dan *cavity*. Biasanya disingkat *pl*. Permukaan *parting line* dibuat rata agar produk tidak *flash*. Peletakan *parting line* harus diperhatikan karena biasanya permukaan yang ada *parting linenya* akan membekas pada produk, sebaiknya *parting line* diberikan pada bagian permukaan produk bagian bawah atau yang rata.

c. Ejector Plate

Ejector plate merupakan bagian yang membantu menggerakkan *ejector* maupun *return pin* saat mengeluarkan produk dari *mold*. Dengan adanya *ejector plate*, *ejector* dapat bergerak secara bersamaan untuk mengeluarkan produk. Saat *ejector plate* bergerak maju, produk dilepaskan dari *core*. Saat proses menutup *mold*, *return pin* akan mendorong *ejector plate* kembali ke posisi semula sehingga *ejector pin* akan mundur ke posisi semula. Gambar 2.8 menunjukkan bagian *ejector plate*.



Gambar 2.8 Bagian Ejector Plate

d. *Return Pin*

Pada waktu *closing mold*, return pin mengenai permukaan *parting line*, ejector plat terdorong mundur, dan ejector pin kembali ke posisi semula. Fungsi *return pin* adalah untuk menghindari goresan atau luka pada *mold* akibat terkena ejector yang belum mundur. Karena digunakan siding, maka sebaiknya menggunakan material yang telah *dihardening* dengan kekerasan diatas 50hrc. Gambar 2.9 menunjukkan bagian *return pin*.



Gambar 2.9 Gambar Return Pin

e. *Ejector Guide Pin / Ejector Guide Bush*

Ejector guide pin disebut juga dengan papan pendorong *guide pin*, yang berperan sebagai guide (pemandu) slide *ejector plate*. *Ejector guide bush* berfungsi sebagai alat pendorong, maka materialnya dibuat dari bahan baku yang keras. *Ejector guide bush* disebut juga papan pendorong *guide bush*, bentuknya *cylinder* yang menempel pada *ejector guide bush* dan berfungsi untuk menentukan posisi *ejector guide pin*.

f. *Ejector Pin*

Ejector pin berfungsi sebagai pendorong produk agar dapat dilepaskan dari bagian *core*. *Ejector pin* harus menggunakan material yang kuat dan tahan aus

karena bagian ini sering bergesekan. Kekerasan yang dibutuhkan biasanya lebih dari 55 hrc. Untuk mengantisipasi timbulnya deformasi pada produk, sebisa mungkin daerah pendorong dibuat seluas mungkin. *Ejector pin* sebaiknya diberikan lebih dari 1 *pin*, agar daerah dorongnya merata sehingga dapat menghasilkan permukaan produk yang baik. *Ejector pin* berguna juga untuk mengeluarkan sisa gas maupun udara yang tersimpan dalam *mold* agar tidak terjadi burning. Gambar 2.10 merupakan gambar *ejector pin*.



Gambar 2.10 Gambar *Ejector Pin*

g. Guide Pin dan Guide Bush

Merupakan komponen pada *molding unit* yang mengarahkan *core* dan *cavity* posisi yang tepat saat menutup. Posisi *core* dan *cavity* harus tepat agar produk yang dicetak memiliki kualitas yang baik, atau tidak bergeser saat proses injeksi dilakukan. Biasanya *guide pin* berjumlah 4 buah. *Guide bush* merupakan bagian yang akan meluncurkan *guide pin* agar mengurangi gesekan pada saat *mold* membuka atau menutup. Material yang diperlukan harus tahan aus dan memiliki kekerasan yang memadai dengan minimal kekerasan 55HRc ke atas. Gambar 2.11 merupakan gambar *guide bush* dan *guide pin*.



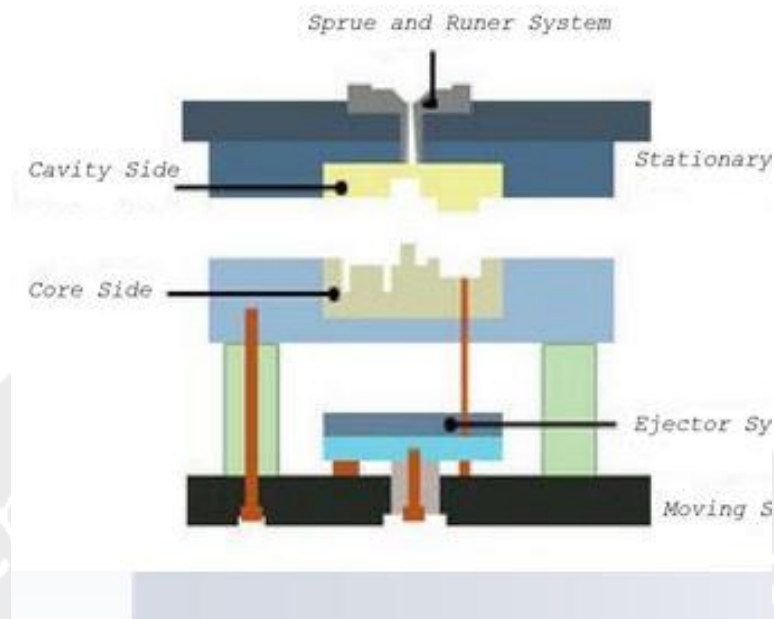
Gambar 2.11 Gambar Guide Bush dan Guide Pin

2.2.9 Jenis Pelepasan Produk Injeksi

Pelepasan produk dalam injeksi *molding* dapat dilakukan dengan berbagai cara. Pelepasan produk tergantung dari bentuk maupun fungsi produk yang akan dicetak menggunakan *mold base*. Berikut merupakan jenis pelepasan produk injeksi molding.

a. Standard Mold Base

Pelepasan produk dilakukan oleh *ejector pin*. Produk akan didorong keluar oleh *ejector pin* disaat mold membuka. Pendorongan *ejector pin* kearah pelepasan produk mendorong produk keluar sehingga pproduk terlepas dari bagian *core*. Pelepasaan ini dilakukan oleh beberapa *ejector pin*. Peletakan *ejector pin* berpengaruh terhadap produk yang akan dicetak. Jenis pelepasan ini cenderung meninggalkan bekas dorongan *ejector pin* sehingga pendorongan harus dilakukan pada bagian produk yang tidak terlihat, agar estetika produk tetap terjaga. Gambar 2.12 merupakan jenis *mold* dengan *ejector pin*.



Gambar 2.12 Standard Mold Base

b. Slider Mold

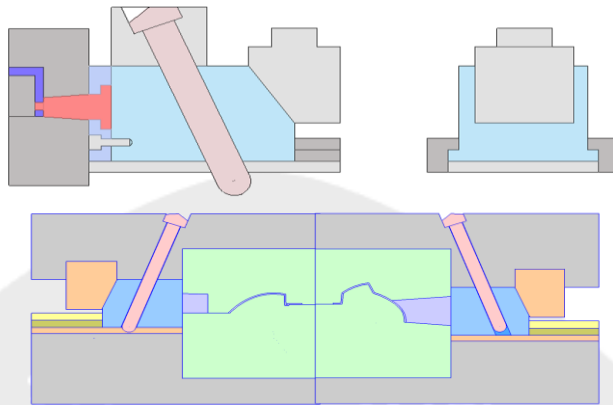
Slider mold merupakan konstruksi *mold* yang digunakan ketika produk tidak dapat dilepas dengan menggunakan *cavity* dan *core* biasa. Produk yang memiliki *undercut* biasanya menggunakan konstruksi ini. *Undercut* dibedakan menjadi 2 yaitu *undercut* luar yang berbentuk lubang pada sisi samping sedangkan untuk *undercut* dalam, produk memiliki kontur pengunci pada bagian dalam.

i. External Undercut

Merupakan *undercut* yang dapat dibentuk dengan meletakkan *slider mold* pada sisi *core* atau *cavity*. *Slider mold* memiliki beberapa jenis berdasarkan penggerak *slide* corenya. diantaranya:

1. Angular Pin

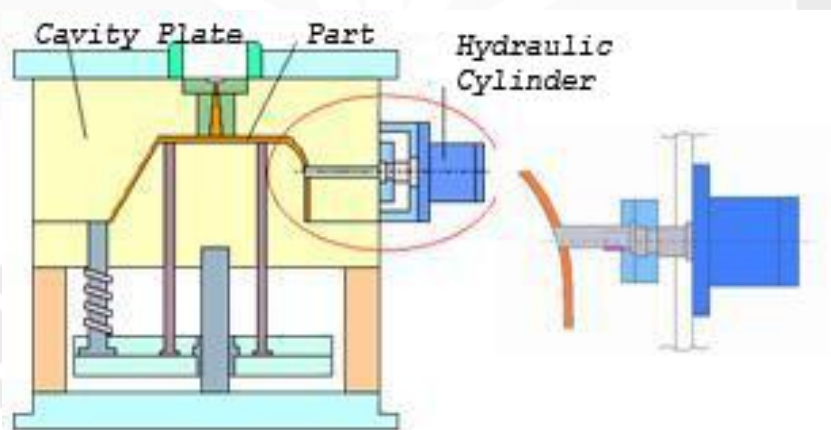
Istilah ini dipakai untuk menyebut pin miring yang digunakan untuk menggerakkan *slide* core. Maksimal sudut kemiringannya adalah 20° . *Slider* akan bergerak ke arah *horizontal* karena adanya sudut dari *angular pin*. Bagian yang miring akan memindahkan gaya ke arah *horizontal*, sehingga saat *mold* membuka, *angular pin* akan menggeser *slider* sehingga produk yang memiliki *undercut* dapat terlepas. Gambar 2.13 merupakan konstruksi *mold base* dengan *angular pin*.



Gambar 2.13 Gambar Konstruksi Angular Pin

2. Hydraulic Slider

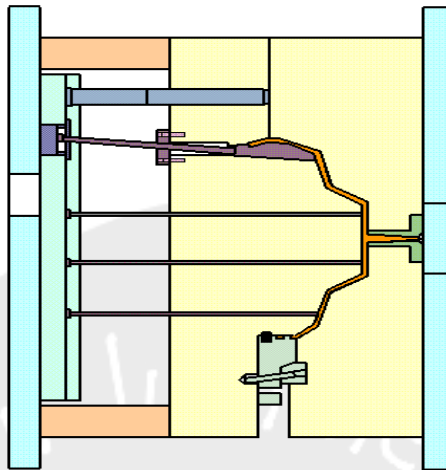
External undercut bisa juga dibentuk menggunakan dengan bantuan *hydraulic actuator*. *Hydraulic* akan bekerja saat dan menarik slider dari samping sehingga dapat melepas produk yang memiliki *undercut* samping. Gambar 2.14 merupakan gambar konstruksi dengan *hydraulic slider*.



Gambar 2.14 Gambar Konstruksi Hydraulic Slider

ii. Internal Undercut

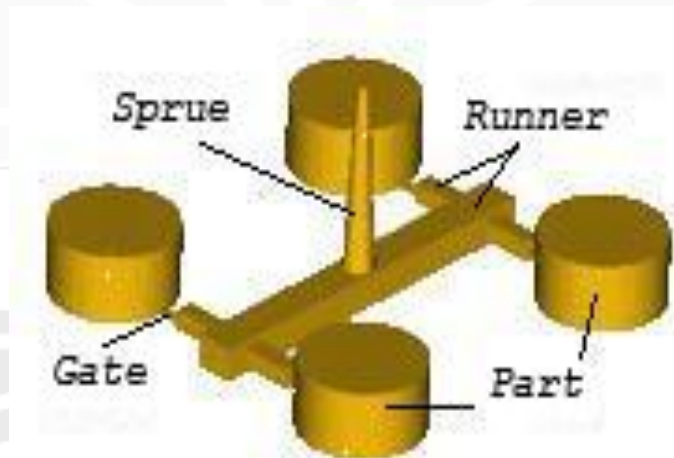
Pada dasarnya terdapat *slide unit* yang berada pada *ejector set* yang memungkinkan *core pin* untuk bergerak bebas ke arah *ejector*. Gambar 2.15 merupakan gambar konstruksi *ejector set*.



Gambar 2.15 Konstruksi *Ejector Set*

2.2.10 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 2.16 merupakan gambar *runner system*.



Gambar 2.16 Gambar *Runner System*

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. Runners

Runner berfungsi sebagai saluran tempat mengalirnya material plastik cair menuju *core* dan *cavity*. Permukaan yang lebih besar akan menyebabkan pelepasan panas yang semakin besar. Cairan material mengalir dari *sprue bush* dan masuk kedalam *core* dan *cavity*, besar *runner* tergantung juga dari jenis material plastiknya. Perlu diperhatikan juga bahwa semakin besar ukuran *runner*, material yang di buang akan semakin banyak. *Runner* tidak boleh lebih besar dari ketebalan 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

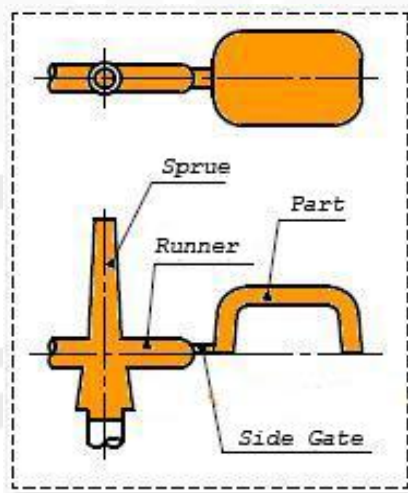
Runner tipe ini memiliki fungsi yang mirip dengan *hot runner*. Tetapi menggunakan temperatur yang berbeda. *Cold runner* digunakan pada temperatur 80⁰-120⁰ c. *Runner* jenis ini biasanya menggunakan material yang reaktif seperti karet dan *thermoset*.

c. *Gate*

Gate merupakan pintu masuk cairan plastik kedalam produk. Material dari *runner* dialirkan menuju *gate* sehingga mengisi bagian cetakan produk yang akan dibuat. Berfungsi untuk mengontrol aliran cairan material maupun kondisinya. Penempatan *gate* biasanya diberikan pada dinding produk yang paling tebal. Selain itu, fungsinya adalah untuk memudahkan dalam melakukan pemotongan bagian *runner* yang tidak dipakai. *Gate* yang kecil menyebabkan *sink mark* pada produk, sedangkan jika terlalu besar menyebabkan mudahnya terjadi penumpukan gas. *Gate* memegang peranan penting dalam proses *injection molding* karena dapat menentukan jadi atau tidaknya produk yang dibuat.

i. *Side Gate*

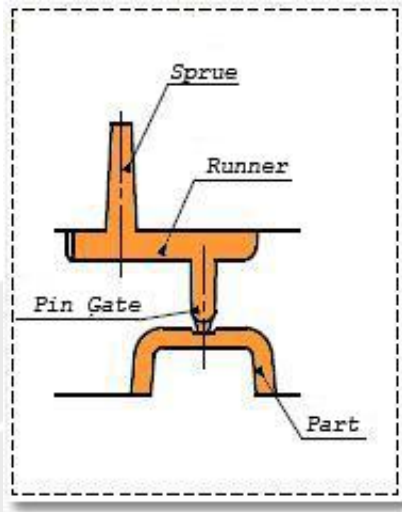
Merupakan bentuk yang paling sering dipakai dalam konstruksi *mold*. Pembuatan *side gate* lebih mudah dibandingkan dengan pembuatan *gate* lainnya. Produk yang dibentuk dengan *gate* ini harus dipotong secara manual menggunakan *cutter*. Gambar 2.17 merupakan gambar *side gate*.



Gambar 2.17 Gambar Side Gate

i. *Pin Gate*

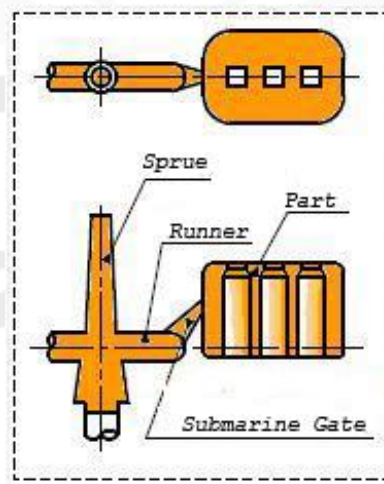
Posisi *gate* relatif fleksibel, karena posisi *gate* berada pada sisi atas produk, dapat digunakan pada *molding* yang memiliki beberapa *cavity*. Menggunakan *mold base* jenis *three plate mold*. Gambar 2.18 merupakan gambar *pin gate*.



Gambar 2.18 Gambar Pin Gate

iii. *Submarine Gate (Tunnel Gate)*

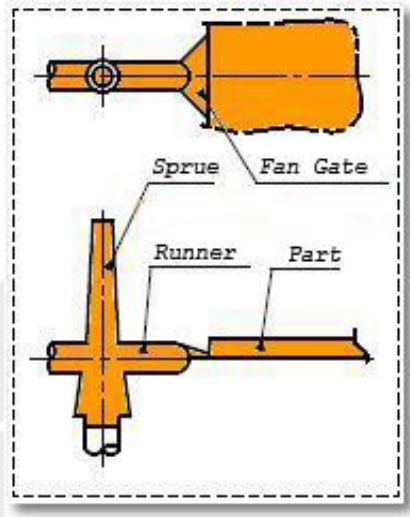
Gate terpotong secara otomatis pada waktu pembukaan *mold*. Posisi permukaan, samping dan belakang produk bebas, diperlukan upaya supaya *gate* tidak tersisa di dalam *cavity*. Pembuatan *gate* ini cenderung mahal dibandingkan dengan *gate* lainnya. Gambar 2.19 merupakan gambar *submarine gate*.



Gambar 2.19 Gambar Submarine Gate

iv *Fan Gate*

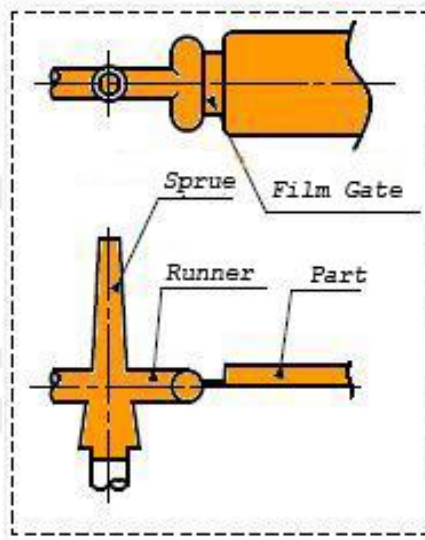
Gate jenis ini biasanya digunakan untuk produk yang besar dan datar. Diletakkan pada sisi produk seperti pada *submarine gate*. Produk hasil harus dipotong secara manual menggunakan *cutter*. Gambar 2.20 merupakan gambar *fan gate*.



Gambar 2.20 Gambar *Fan Gate*

v *Film Gate*

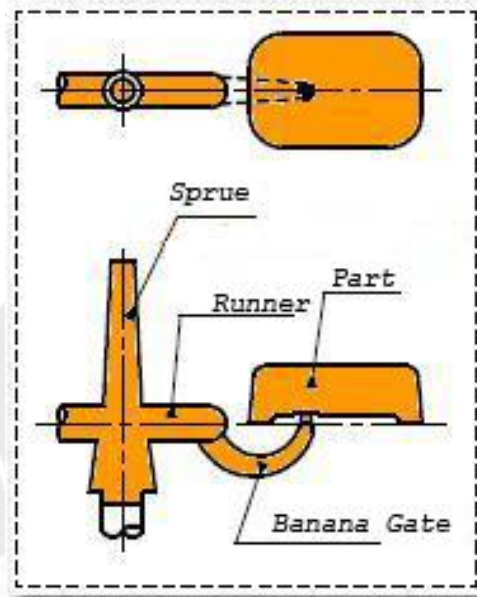
Bentuknya mirip seperti *fan gate*, tetapi digunakan pada produk yang tipis dan datar. Gambar 2.21 merupakan gambar *film gate*.



Gambar 2.21 Gambar *Film Gate*

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 2.22 merupakan gambar *banana gate*.



Gambar 2.22 Gambar *Banana Gate*

2.2.11 Perhitungan *Tonnase (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 cara yang digunakan PT. YPTI. perhitungan *clamping force* dilakukan dengan mencari area proyeksi.

$$\text{Area proyeksi} = \text{panjang (Inch)} \times \text{lebar (Inch)} \quad (2.2)$$

Setelah didapatkan area proyeksi, maka dikalikan dengan angka 1,5 – 3 sebagai angka keamanan. Hal ini dilakukan untuk mempermudah perhitungan *clamping force*.

$$\text{Clamping force benda sederhana} = \text{area proyeksi} \times 1.5 \quad (2.3)$$

$$\text{Clamping force benda rumit} = \text{area proyeksi} \times 3 \quad (2.4)$$

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

2.2.12 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.

$$\text{Berat produk (W)} = \text{volume produk (V)} \times \text{Berat jenis material} \quad (2.5)$$

2.2.13 Penentuan Ukuran Runner

Penentuan ukuran *runner* (D) mm membutuhkan data berat produk (W) gr , panjang runner (L) mm. Berikut merupakan perhitungan penentuan ukuran runner.

$$D = \sqrt{\frac{W^{\frac{1}{2}} \times L^{\frac{1}{4}}}{3.7}} \quad (2.6)$$

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

2.2.14 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*.

$$\text{Luas Runner Full Round} = \frac{1}{4} \times \pi \times d^2 \quad (2.7)$$

$$\text{Diameter Half Round} = \sqrt{\frac{\text{Luas Full Round} \times 8}{\pi}} \quad (2.8)$$

2.2.15 Perhitungan Langkah Ejector

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:

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

2.2.16 *Mold Base*

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.

2.2.17 *Yo-yo*

Yo-yo merupakan mainan berbentuk 2 buah piringan yang dihubungkan oleh sebuah poros yang diikat oleh tali, dimainkan dengan cara dilempar, dan dapat dikombinasikan dengan trik lainnya, bahan *yo-yo* pada umumnya menggunakan, kayu, plastik maupun logam. Pada dahulu kala, *yo-yo* digunakan sebagai senjata yang digunakan dengan cara dilempar dan ditar kembali. Namun seiring berkembangnya zaman, *yo-yo* mulai berkembang dan menjadi sebuah permainan yang membutuhkan kemampuan dan kreatifitas dalam melakukan berbagai macam triknya. Gambar 2.23 merupakan gambar *yo-yo*.



Gambar 2.23 Gambar Yo-yo

2.2.18 *Bentuk Yo-yo*

Bentuk *yo-yo* sangat berpengaruh terhadap trik yang akan dilakukan. Pemilihan penggunaan *yo-yo* harus disesuaikan dengan trik yang digunakan. Berikut merupakan jenis *yo-yo* dari segi bentuknya.

a. *Classic Shape*

Classic shape merupakan bentuk *yo-yo* pipih dan rata yang memiliki jarak antar poros (*Gap*) yang berdekatan, sehingga respon *yo-yo* menjadi lebih *responsive*.

Yo-yo tipe ini digunakan untuk trik *loop*, yaitu permainan yo-yo yang dilakukan dengan cara dilempar. Gambar 2.24 merupakan gambar bentuk yo-yo *classic shape*.



Gambar 2.24 Classic Shape

b. Modified Shape

Modified shape merupakan bentuk yo-yo yang berbentuk hampir sama dengan *classic shape*. Perbedaannya terletak pada bentuk ujung yo-yo (*Rim*), pada *modified shape*, *rim* berbentuk bulat sehingga memberikan kenyamanan dalam penggunaan. Gambar 2.25 merupakan gambar yo-yo *modified shape*.



Gambar 2.25 Modified Shape

c. Butterfly Shape

Butterfly shape merupakan bentuk yo-yo yang memiliki *gap* lebar dan memiliki kemiringan pada bagian sisi *gap*-nya. Bentuk yo-yo ini sangat cocok digunakan untuk trik yang menggunakan tali yo-yo untuk melakukan berbagai macam trik,

dan *yo-yo* ini tidak dianjurkan untuk melakukan trik *loop* atau pelemparan. Gambar 2.26 merupakan gambar *yo-yo* tipe *butterfly*.



Gambar 2.26 Butterfly Shape

Pemilihan bentuk *yo-yo* sangatlah penting dilakukan agar trik yang digunakan menjadi lebih mudah dilakukan.

2.2.19 Bagian Yo-yo

Yo-yo terdiri dari berbagai macam komponen yang saling berhubungan satu dengan lainnya. Berikut merupakan bagian utama *yo-yo*:

a. *Halves*

Halve merupakan bagian piringan *yo-yo* yang dihubungkan dengan poros. Bentuk *halve* dapat menentukan tipe permainan *yo-yo* yang akan dilakukan. *Halves* harus memiliki bentuk yang sentris terhadap porosnya. Berat *yo-yo* ditentukan dari *halves* dan komponen lainnya. Gambar 2.27 merupakan bentuk *halves*.



Gambar 2.27 Halves

b. *Axle*

Axle merupakan poros penghubung *halves* dan tempat untuk mengaitkan tali *yo-yo*. *Axle* harus sentris dengan *halves* agar putaran *yo-yo* seimbang. Gambar 2.28 merupakan bentuk *axle*.



Gambar 2.28 Axle

c. *Ball Bearing*

Ball bearing merupakan komponen yang diletakkan pada poros *yo-yo*. Penggunaan *ball bearing* memberikan *yo-yo* dapat berputar lebih lama karena gesekan putaran *yo-yo* dikurangi oleh komponen *ball* pada *ball bearing*. Ukuran lebar *ball bearing* mempengaruhi respon *yo-yo*. Gambar 2.29 merupakan gambar *ball bearing*.



Gambar 2.29 Ball Bearing

d. *String*

String merupakan tali penghubung *yo-yo* dengan pengguna *yo-yo*. Pemilihan tali *yo-yo* berpengaruh terhadap trik yang akan digunakan oleh pengguna. Terdapat berbagai macam bahan tali *yo-yo*, seperti *nylon*, *cotton*, *slick* maupun *synthetic*.

string. Panjang tali mempengaruhi trik yang digunakan maupun kecepatan putaran yo-yo. Gambar 2.30 merupakan gambar *string*.



Gambar 2.30 String

e. *Weight Ring*

Weight ring merupakan pemberat yo-yo. *Weight ring* sangat berpengaruh terhadap kecepatan putaran yo-yo maupun kestabilan berputar yo-yo. Pada umumnya weight ring diberikan pada bagian dalam yo-yo. Pemberian weight ring pada sisi luar dapat menambahkan kecepatan berputar, sedangkan pemberian pada bagian dalam yo-yo akan berpengaruh pada keseimbangan yo-yo. Gambar 2.31 merupakan gambar *weight ring*.



Gambar 2.31 Weight Ring

2.2.20 Jenis Permainan Yo-yo

Permainan yo-yo dilakukan dengan berbagai macam trik. Jenis permainan yo-yo ditentukan berdasarkan trik permainan maupun jenis yo-yo yang digunakan. Berikut merupakan jenis permainan yo-yo

a. 1A

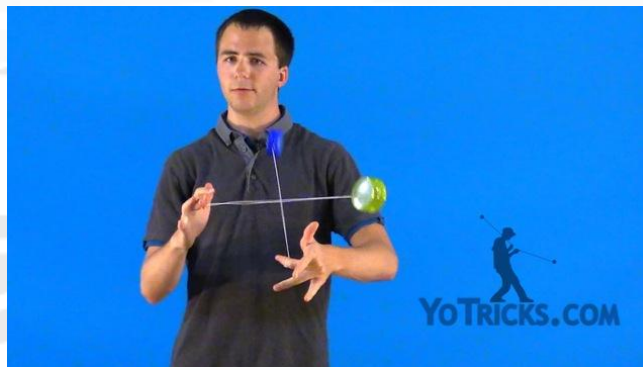
Permainan 1a dilakukan dengan cara memainkan yo-yo dan tali yo-yo. Tipe yo-yo yang digunakan biasanya berbentuk *butterfly* dan memiliki putaran yo-yo yang panjang. Gambar 2.32 merupakan permainan tipe 1a.



Gambar 2.32 Trik 1A

b. 2A

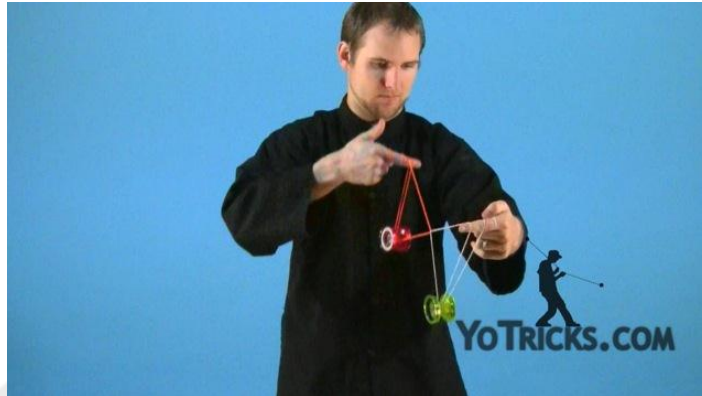
Permainan 2a merupakan permainan yo-yo dengan menggunakan dua buah yo-yo yang dilempar atau *loop*. Yo-yo yang digunakan bertipe *classic* atau *modified*. Gambar 2.33 merupakan permainan tipe 2a.



Gambar 2.33 Trik 2A

c. 3A

Permainan 3a merupakan permainan yo-yo 1a yang dilakukan menggunakan dua buah yo-yo. Dibutuhkan kemampuan tinggi untuk melakukan permainan ini. Gambar 2.34 merupakan permainan tipe 3a.



Gambar 2.34 Trik 3A

d. 4A

Permainan 4a merupakan permainan yo-yo yang unik, karena yo-yo tidak terikat pada tali. Yo-yo yang digunakan berukuran besar dan berbentuk *butterfly*. Material yang digunakan biasanya terbuat dari bahan yang tahan benturan. Gambar 2.35 merupakan permainan tipe 4a.



Gambar 2.35 Trik 4A

e. 5A

Permainan 5a merupakan permainan yo-yo yang unik karena tali tidak diikatkan pada jari. Tali diikatkan pada *counter weight* atau bandul, sehingga permainan dapat dilakukan pada yo-yo maupun bandul. Gambar 2.36 merupakan permainan tipe 5a.



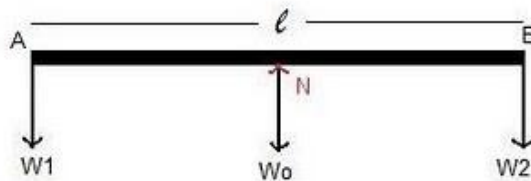
Gambar 2.36 Trik 5A

2.2.21 Teori Yo-yo

Yo-yo memiliki beberapa teori seperti keseimbangan, bentuk maupun momen inersia yang berpengaruh pada perputaran yo-yo. Berikut merupakan teori yang terkait dengan yo-yo:

a. Teori Keseimbangan

Teori keseimbangan dapat diterapkan dalam perancangan yo-yo. Teori keseimbangan mengatakan bahwa keseimbangan berpengaruh pada jarak dan gaya pada titik tengah tumpuan. Dari teori tersebut dapat disimpulkan bahwa berat *halve* dan jarak antara *halve* harus sama terhadap titik sumbu putarnya. Teori keseimbangan dibutuhkan agar yo-yo dapat berputar secara stabil dan tegak *vertical* dengan tujuan memperpanjang *spin time*. Gambar 2.37 menunjukkan keseimbangan benda



Gambar 2.37 Teori Keseimbangan

b. Bentuk Yo-yo

Bentuk yo-yo harus diperhatikan karena bentuk yo-yo akan mempengaruhi *spin time* maupun keseimbangan yo-yo. Dimensi diameter yang besar membuat kecepatan putar yo-yo semakin cepat, tetapi sulit untuk menjaga kestabilan jika terjadi kemiringan. Yo-yo harus berputar pada satu sumbu agar didapatkan keseimbangan berputar. Komponen yang tidak sentris membuat putaran menjadi bergetar sehingga mengurangi *spin time*. Maka perlu diperhatikan kesentrisan dalam perancangan yo-yo.

c. Momen Inersia

Momen inersia mengatakan bahwa semakin besar massa (m) dan jarak sumbu putar (r), semakin besar momen inersia yang didapat. Momen inersia yang besar membuat benda yang berputar lebih sulit untuk dihentikan. Hal ini mengakibatkan *spin time* yo-yo dapat bertambah jika berat ditambahkan. Penambahan *spin time* dapat dilakukan dengan cara memberikan pemberat pada sisi luar yo-yo (*rim*). Sedangkan untuk menjaga kestabilan berputar, penambahan berat dilakukan pada bagian dalam yo-yo. Berikut merupakan rumus momen inersia silinder pejal

$$\text{Momen inersia} = \frac{1}{2} M \times R^2 \quad (2.9)$$