

Penerapan Standarisasi Desain untuk Meningkatkan Kualitas dan Masa Pakai *Mold* Di PT. Takagi Sari Multi Utama

Andi Widodo, Atep Afiaa

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik

Universitas Mercu Buana – Jakarta

Email: andiwidodo28@gmail.com

Abstrak -- PT. Takagi Sari Multi Utama adalah perusahaan manufaktur yang bergerak di bidang injeksi plastik untuk produk otomotif terutama pada kendaraan bermotor. Karena begitu banyaknya pelanggan yang mempercayakan produk plastik injectionnya, maka PT. Takagi Sari Multi Utama harus memperhatikan mold yang digunakan sebagai sarana atau alat produksi memiliki kualitas yang tinggi. Karena begitu pentingnya suatu kualitas mold dan daya tahan mold terhadap penjaminan kualitas produksi, maka penulis mencari masalah utama yang terjadi PT. Takagi Sari Multi Utama dengan menggunakan diagram pareto. Berdasarkan diagram tersebut diperoleh data penyebab kerusakan mold paling tinggi adalah Design and Mold Structur dengan 154 Kejadian. Masalah Design and Mold Structur dipetakan dalam fishbone diagram untuk mengetahui permasalahan apa saja yang menyebabkan. Permasalahan yang ditemukan dilakukan analisa menggunakan FMEA (Failure Mode and Effect Analisis) sebagai landasan melakukan perbaikan. Dengan metoda FMEA (Failure Mode and Effect Analisis) diperoleh kesimpulan bahwa buruknya desain dan konstruksi mold dikarenakan tidak adanya standar desain yang digunakan sebagai acuan proses desain dan pemeriksaan mold saat proses manufacturing dengan nilai RPN 567. Oleh karena itu proses perbaikan dilakukan dengan membuat standar desain mold di PT. Takagi Sari Multi Utama kemudian mencoba menerapkannya pada desain mold Cover Side 3/4.

Kata kunci: Standar Desain Mold, Pareto, Fishbone, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

Abstract -- PT. Takagi Sari Multi Utama is a manufacturing company engaged in Plastic Injection for automotive products, especially in motor vehicles. Because so many customers who entrust injection plastic products, PT. Takagi Sari Multi Utama must more attention and make sure the mold is tool of production with a high quality. Because importance for a mold have high quality and mold durability to guarantee production quality, therefore the authors try find major problems that occur at PT. Takagi Sari Multi Utama using Pareto diagram. From this diagram obtained main cause mold damage become from Design and Structure with 154 problems. Based on the problems Mold Design and Structure author spell out this problem with fishbone diagram to figure out which causes. Of the problems author found using FMEA analysis (Failure Mode and effect analysis) for a cause improvements. With FMEA method (Failure Mode and Effect analysis) get result: poor design and construction mold caused haven't absence of a standard design used as reference for inspection design mold and manufacturing process with value of RPN 567. Due to the absence of standard mold design and construction is a major problem's, the repair process is done by making a mold design standards in Takagi Sari Multi Utama.PT and then try to apply it in the design mold Cover Side 3/4.

Keywords: Mold Design Standard, Pareto, Fishbone, Failure Mode and Effect Analysis (FMEA).

1. PENDAHULUAN

Pertumbuhan ekonomi dan teknologi yang pesat sekarang ini, khususnya di dalam bidang otomotif membuat banyak perusahaan besar yang melakukan inovasi secara besar-besaran baik dalam segi kualitas produksi dan kuantitas produksi. Hal ini dikarenakan tingkat permintaan masyarakat akan barang-barang otomotif cukup tinggi. Oleh karena itu semua industri otomotif berlomba-lomba untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dengan jumlah yang besar. Oleh karena

rencana produksi yang cukup tinggi, perbaikan sistem manajemen harus dilakukan baik oleh *Main company* maupun perusahaan-perusahaan pendukungnya.

PT. Takagi Sari Multi Utama adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang injection plastik, yang merupakan salah satu perusahaan fendor dari perusahaan utama. PT. Takagi Sari Multi Utama memiliki semboyan *One Stop Manufacturing*. Semboyan ini ada karena PT. Takagi Sari Multi Utama tidak hanya melakukan proses injection, tetapi juga

melakukan development untuk *mold* yang digunakan sebagai alat pencetak part, proses lanjutan setelah injection (seperti *painting* dan *second process / assembly*).

Masalah timbul saat *mold* banyak mengalami kerusakan, baik kerusakan yang minor maupun kerusakan yang major yang menyebabkan *mold* tidak dapat melakukan proses produksi dengan lancar. Karena tingginya kerusakan tersebut maka dicoba melakukan analisa menggunakan FMEA guna mengetahui permasalahan mana yang merupakan permasalahan dominan dan usulan perbaikannya.

Tulisan ini mencoba untuk memaparkan permasalahan utama dari kerusakan *mold* dengan menggunakan pareto, *fishbone* diagram, dan keterkaitan permasalahan kerusakan-kerusakan *mold* dengan desain *mold* dengan FMEA serta mencoba untuk mengurangi resiko kerusakan *mold* saat proses produksi dengan adanya standarisasi desain *mold*.

2. LANDASAN TEORI

FMEA adalah suatu prosedur terstruktur untuk mengidentifikasi dan mencegah sebanyak mungkin mode kegagalan (*failure modes*). Suatu mode kegagalan adalah apa saja yang termasuk dalam kecacatan atau kegagalan dalam desain, kondisi di luar batas spesifikasi yang telah ditetapkan, atau perubahan-perubahan dalam produk yang menyebabkan terganggunya fungsi dari produk itu. Dengan menghilangkan mode kegagalan, maka FMEA akan meningkatkan keandalan dari produk itu sehingga meningkatkan kepuasan pelanggan untuk menggunakan produk tersebut.

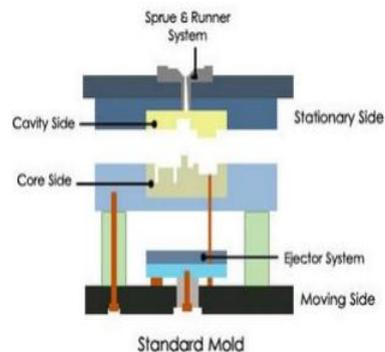
Defenisi serta pengurutan atau pemberian *ranking* dari berbagai terminologi dalam FMEA adalah sebagai berikut:

- Akibat potensial adalah akibat yang dirasakan atau dialami oleh pengguna akhir.
- Mode kegagalan potensial adalah kegagalan atau kecacatan dalam desain yang menyebabkan cacat itu tidak berfungsi sebagaimana mestinya.
- Penyebab potensial dari kegagalan adalah kelemahan-kelemahan desain dan perubahan dalam variabel yang akan mempengaruhi proses dan menghilangkan kecacatan produk.
- *Severity* (S) adalah suatu perkiraan subjektif atas estimasi tentang bagaimana buruknya pengguna akhir akan merasakan akibat dari kegagalan tersebut.
- *Occurance* (O) adalah suatu perkiraan

tentang probabilitas atau peluang bahwa penyebab akan terjadi dan menghasilkan modus kegagalan yang menyebabkan akibat tertentu.

- *Detecability* (D) adalah perkiraan subjektif tentang bagaimana efektivitas dan metode pencegahan atau pendeteksian.
- *Risk Priority Number* (RPN) adalah nilai yang didapat dari perkalian nilai *Severity* (S), *Occurance* (O), *Detecability* (D).

Mold (Cetakan) adalah bagian terpenting untuk mencetak plastik, bentuk benda plastik sangat tergantung dari bentuk *mold*, karena setelah plastik masuk ke dalam *mold*, dan mengeras maka terbentuklah bentuk plastik sesuai dengan bentuk *mold*. Ada berbagai macam jenis konstruksi *mold* dan penggunaan jenis konstruksi *mold* di sesuaikan dengan bentuk dan stuktur benda yang akan dibuat. Untuk mengenal lebih jauh tentang *mold* perlu pembahasan tersendiri, secara umum *mold* unit dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Injection Molding.

Berbagai jenis bahan digunakan dalam kehidupan sehari-hari maupun dalam industri. Pada umumnya, material digolongkan menjadi logam dan nonlogam. Dalam hal laporan ini bahan yang non logam yang dibahas adalah bahan plastik.

Plastik adalah suatu *polymer* yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut *monomer*. Jika monomernya sejenis disebut *homopolimer*, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan *kopolimer*.

Polymer alam yang telah kita kenal antara lain : *selulosa*, *protein*, karet alam dan sejenisnya. Pada mulanya manusia menggunakan *polymer* alam hanya untuk membuat perkakas dan senjata, tetapi keadaan ini hanya bertahan hingga akhir abad 19 dan selanjutnya manusia mulai memodifikasi *polymer* menjadi plastik. Plastik

yang pertama kali dibuat secara komersial adalah *nitroselulosa*. Material plastik telah berkembang pesat dan sekarang mempunyai peranan yang sangat penting dibidang elektronika, pertanian, tekstil, transportasi, *furniture*, konstruksi, kemasan kosmetik, mainan anak-anak dan produk-produk industri lainnya. Secara garis besar, plastik dapat dikelompokkan menjadi dua golongan, yaitu : plastik *thermoplast* dan plastik *thermoset*.

Plastik *thermoplast* adalah plastik yang dapat dicetak berulang-ulang dengan adanya panas (lihat tabel 1). Yang termasuk plastik *thermoplast* antara lain : *Polyethelene (PE)*, *PP*, *PS*, *ABS*, *Styrene Acrilonitrile (SAN)*, *nylon*, *PET*, *Polyacetal (POM)*, *PC*, dan lain-lain.

Sedangkan palstik *thermoset* adalah plastik yang apabila telah mengalami kondisi tertentu tidak dapat dicetak kembali karena bangun *polymemya* berbentuk jaringan tiga dimensi. Yang termasuk plastik *thermoset* adalah : *PU (Poly Urethene)*, *UF (Urea Formaldehyde)*, *MF (Melamine Formaldehyde)*, *polyester*, *epoxsi*.

3. PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

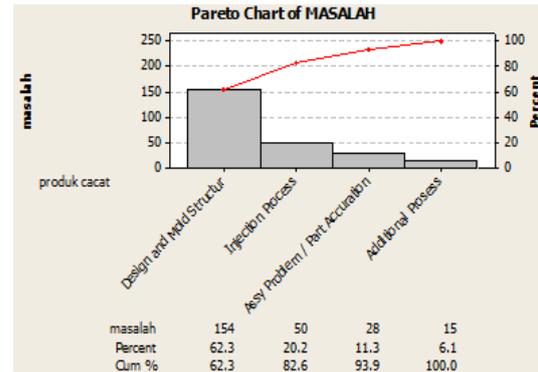
Berdasarkan data yang dikumpulkan oleh departemen *Mold Development* pada bulan Oktober 2013, diperoleh data kerusakan *mold* seperti dalam Tabel 1.

Tabel 1. Data Rekapitulasi Permasalahan *Mold* Baru *Update* Bulan Oktober 2013

| NO | PENYEBAB TERJADINYA MASALAH | JUMLAH KEJADIAN | CACAT % | KOMULATIF % |
|----|--------------------------------|-----------------|---------|-------------|
| 1 | Design and Mold Structur | 154 | 62.35 | 62.35 |
| 2 | Injection Process | 50 | 20.24 | 82.59 |
| 3 | Assy Problem / Part Accuration | 28 | 11.34 | 93.93 |
| 4 | Additional Proses | 15 | 6.07 | 100.00 |
| | | 247 | 100 | |

Pareto Kerusakan *Mold* di PT. Takagi Sari Multi Utama.

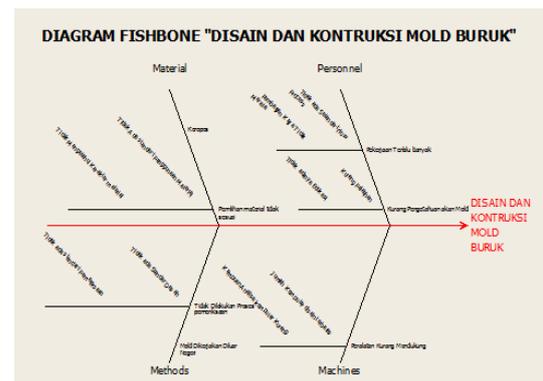
Dari data rekapitulasi permasalahan *mold* bulan update Oktober 2013, maka dibuatlah pareto diagram untuk mengetahui permasalahan mana yang menjadi permasalahan dominan.



Gambar 2. Diagram Pareto Penyebab Kerusakan *Mold*.

Analisa Penyebab Kerusakan *Mold* Dengan *Fishbone Diagram*.

Dari diagram pareto tersebut diperoleh permasalahan desain dan struktur *mold* yang menjadi masalah dominan. Dari permasalahan dominan tersebut akan dicari penyebab dari permasalahan dominan tersebut menggunakan diagram sebab akibat, seperti terdapat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Fishbone Diagram* "Desain dan Kontruksi *Mold* Buruk"

Analisa Penyebab Potensial Dengan Metode FMEA.

Dari analisa *fishbone diagram* diperoleh beberapa penyebab dari permasalahan "desain dan kontruksi *mold*". Dari beberapa penyebab tersebut kemudian akan dicoba untuk dicari penyebab mana yang merupakan permasalahan dominan dengan mencari nilai RPN menggunakan metode FMEA (*Failure Modes and Effect Analysis*). Untuk mencari nilai RPN perlu di tentukan dulu nilai *Severity (S)*, *Occurance (O)*, *Detecability (D)*. Untuk penentuan nilai *Severity (S)*, *Occurance (O)*, *Detecability (D)* penulis dibantu oleh core time dari PT. Takagi Sari Multi Utama untuk memberikan nilai dari setiap permasalahan yang terjadi.

Tabel 2. Nilai Severity

| Karakteristik Produk Yang Diharapkan | Mode Of Failure | Cause Of Failure | Effect Of Failure | Degree Of Severity (1 -10) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|----------------------------|
| Desain dan Kontruksi Mold Yang Baik | Pemilihan Material Yang tidak sesuai | Tidak adanya standart penggunaan material mold | Mold retak / patah , flashing , Korosi , Scratch | 9 |
| | Pembagian Kerja yang tidak merata | Tidak Adanya standart Flow Proses desain | Delay schedule manufacturing | 3 |
| | Tidak Adanya Pemeriksaan Desain Mold | Tidak adanya standart desain kontruksi mold | Sink Mark, Row Mark, Burning, Short Shoot, Kerusakan Mekanisme mold, Warp, Flasing, Under cut | 9 |
| | Peralatan yang kurang mendukung | Tidak mengetahui aliran proses desain sehingga tidak mengetahui teknologi yang digunakan | Row Mark, Sink Mark, Short shoot, Burning | 6 |

Tabel 3. Nilai Occurance

| Karakteristik Produk Yang Diharapkan | Mode Of Failure | Cause Of Failure | Effect Of Failure | Frequence of Occurrence (1 -10) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|---------------------------------|
| Desain dan Kontruksi Mold Yang Baik | Pemilihan Material Yang tidak sesuai | Tidak adanya standart penggunaan material mold yang tepat | Mold retak / patah , flashing , Korosi , Scratch | 6 |
| | Pembagian Kerja yang tidak merata | Tidak Adanya standart Flow Proses desain | Delay schedule manufacturing | 3 |
| | Tidak Adanya Pemeriksaan Desain Mold | Tidak adanya standart desain kontruksi mold | Sink Mark, Row Mark, Burning, Short Shoot, Kerusakan Mekanisme mold, Warp, Flasing, Under cut | 9 |
| | Peralatan yang kurang mendukung | Tidak mengetahui aliran proses desain sehingga tidak mengetahui teknologi yang digunakan | Row Mark, Sink Mark, Short shoot, Burning | 6 |

Tabel 4. Nilai Detecability

| Karakteristik Produk Yang Diharapkan | Mode Of Failure | Cause Of Failure | Effect Of Failure | Change of detection (1 -10) |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|-----------------------------|
| Desain dan Kontruksi Mold Yang Baik | Pemilihan Material Yang tidak sesuai | Tidak adanya standart penggunaan material mold | Mold retak / patah , flashing , Korosi , Scratch | 9 |
| | Pembagian Kerja yang tidak merata | Tidak Adanya standart Flow Proses desain | Delay schedule manufacturing | 3 |
| | Tidak Adanya Pemeriksaan Desain Mold | Tidak adanya standart desain kontruksi mold | Sink Mark, Row Mark, Burning, Short Shoot, Kerusakan Mekanisme mold, Warp, Flasing, Under cut | 7 |
| | Peralatan yang kurang mendukung | Tidak mengetahui aliran proses desain sehingga tidak mengetahui teknologi yang digunakan | Row Mark, Sink Mark, Short shoot, Burning | 7 |

Tabel 5. Nilai RPN

| Karakteristik Produk Yang Diharapkan | Mode Of Failure | Cause Of Failure | Effect Of Failure | Severity | Occurrence | Detection | RPN | Range |
|--------------------------------------|--------------------------------------|--|---|----------|------------|-----------|-----|-------|
| Desain dan Kontruksi Mold Yang Baik | Pemilihan Material Yang tidak sesuai | Tidak adanya standart penggunaan material mold | Mold retak / patah , flashing , Korosi , Scratch | 9 | 6 | 9 | 486 | 2 |
| | Pembagian Kerja yang tidak merata | Tidak Adanya standart Flow Proses desain | Delay schedule manufacturing | 3 | 3 | 3 | 27 | 4 |
| | Tidak Adanya Pemeriksaan Desain Mold | Tidak adanya standart desain kontruksi mold | Sink Mark, Row Mark, Burning, Short Shoot, Kerusakan Mekanisme mold, Warp, Flasing, Under cut | 9 | 9 | 7 | 567 | 1 |
| | Peralatan yang kurang mendukung | Tidak mengetahui aliran proses desain sehingga tidak mengetahui teknologi yang digunakan | Row Mark, Sink Mark, Short shoot, Burning | 6 | 6 | 7 | 252 | 3 |

Berdasarkan perhitungan nilai RPN, penyebab permasalahan yang memiliki nilai RPN tertinggi adalah tidak adanya pemeriksaan

desain *mold* karena tidak adanya standar desain dan kontruksi *mold* di PT. Takagi Sari Multi Utama dengan nilai RPN sebesar 576. Dari analisa FMEA yang menghasilkan kesimpulan bahwa permasalahan kerusakan *mold* di PT. Takagi Sari Multi Utama karena tidak adanya standar desain *mold* untuk pemeriksaan desain *mold* dari *mold* maker, maka penulis akan mengajukan usulan standart desain *mold* di PT. Takagi Sari Multi Utama.

Penyusunan Standar Mold PT. Takagi sari Multi Utama

Penyusunan standar desain *mold* dilulai dengan menentukan kapasitas mesin yang akan di gunakan untuk proses injeksi sebuah produk, dengan menghitung material yang digunakan, luas penampang produk yang akan di produksi dan kapasitas produksi perbulanya. Jika data tersebut diketahui maka penentuan tonage mesin dapat di hitung dengan rumus:

$$F \geq A \times P / 0.8$$

Keterangan :

F : Clamping force mesin injeksi (Kgf)

A : Total area proyeksi produk (cm²)

$$A : \text{Proyeksi Area} \times n$$

n : Jumlah cavity *mold*

P : Tekanan rata-rata dalam *cavity* (kgf/cm²)

0.8 : Rasio keamana (Savety ratio)

Setelah kapasitas mesin injeksi yang akan kita gunakan untuk proses produksi telah di hitung, akan ditentukan standar ukuran *mold*. Untuk standar ukuran *mold* tidak ada ukuran baku pada setiap mesinnya, hanya mengikuti standar mesin dan meyesuaikan dari ukuran produk itu sendiri. Untuk standar ukuran yang di perbolehkan oleh mesin injeksi yang ada di PT. Takagi Sari Multi Utama dapat dilihat dalam Tabel 6.

Tabel 6. Standar Kapasitas Mesin di PT. Takagi sari Multi Utama

| SPECIFICATION OF INJECTION MOLDING MACHINES MACHINE MAINTENANCE - ENGINEERING DEPARTMENT | | | | | | | |
|---|------|--------------|--------------------|----------------|---------------|--------------|-------------------|
| ITEM | UNIT | 180 MM/40T/3 | 1 / 150 D/110H/10A | 1 / 180 CF-30A | 180 D/110H/10 | 1 / 200E/13A | 1 / 150 D/110H/10 |
| BRAND | - | MTS/3034 | TOYOTA | TOYOTA | TOYOTA | TOYOTA | TOYOTA |
| CLAMPING UNIT | | | | | | | |
| LOCATING RING | mm | 120 | 150 | 150 | 120 / 130 | 100 | 110 |
| CLAMPING FORCE | ton | 800 | 1200 | 1020 | 800 | 600 | 500 |
| DISTANCE BETWEEN THE RODS (HxV) | mm | 180x160 | 145x145 | 126x126 | 126x126 | 950x500 | 800x800 |
| PLATE DIMENSION (HxV) | mm | 240x220 | 110x105 | 115x115 | 115x115 | 1400x1400 | 1200x1200 |
| MOLDS/CHANGES CLOSE ONLY/HT | mm | 800-1300 | 700-1200 | 500-1100 | 500-1100 | 400 | 400 |
| CLAMPING STROKE | mm | 2000 | 1500-1800 | 1500 | 1500 | 1500 | 1300 |
| OPENING DOWLIGHT | mm | 2000 | 2000-2500 | 2250 | 2250 | 1800 | 1800 |
| INJECTOR ROD (MM) (LUBG) | M | 3050 | 3110 | 3110 | 3050 | 3050 | 3010 |
| TRIP OF ELECTOROD (MM) (MM) (LUBG) | M | 1800 | 1610 | 1610 | 1600 | 1600 | 1600 |
| PULL RECTOR ROD (MM) (MM) (LUBG) | M | 1820 | 1610 | 1610 | 1620 | 1620 | 1620 |
| ELECTOR STROKE | mm | 250 | 250 | 200 | 200 | 180 | 180 |
| CLAMP MOLD/OLT | M | M3036 | M24 | M24 | M30 | M27 | M24 |

Tabel 6. Standar Kapasitas Mesin di PT. Takagi sari Multi Utama (Lanjutan)

| SPECIFICATION OF INJECTION MOLDING MACHINES MACHINE MAINTENANCE - ENGINEERING DEPARTMENT | | | | | | | |
|---|------|--------------|--------------|---------------|---------------|---------------|--------------|
| ITEM | UNIT | IX 450 E-27A | IX 350 E-17A | 220 M II I | 150 M II B-30 | 150 M II I | IX 100 GN-3A |
| BRAND | - | T O I H E N | T O I H E N | M T K U B I H | M T K U B I H | M T K U B I H | T O I H E N |
| CLAMPING UNIT | | | | | | | |
| LOCATING RING | mm | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| CLAMPING FORCE | ton | 450 | 350 | - | 30 | - | 100 |
| DISTANCE BETWEEN TIE ROD (H x V) | mm | 960 x 960 | 710 x 710 | 570 x 570 | 570 x 570 | 510 x 510 | 460 x 410 |
| PLATE DIMENSION I (H x V) | mm | 1230 x 1230 | 1000 x 1000 | 820 x 820 | 820 x 820 | 740 x 740 | 660 x 610 |
| MOLD THICKNESS / CLOSE DAYLIGHT | mm | 400 | 300 | 220 | 270 | 220 | 200 |
| CLAMPING STROKE | mm | 1000 | 950 | 630 | 630 | 630 | 550 |
| OPENING DAYLIGHT | mm | 400 | 250 | 250 | 300 | 250 | 250 |
| Ø EJECTOR ROD (MM ALU/BG) | M | 3050 | 3050 | 30 | 30 | 30 | 30 |
| TREAD OF EJECTOR ROD (M) (MM ALU/BG) | M | 1620 | 1620 | 16 | 16 | 16 | 16 |
| PULLER EJECTOR BOLT (M) (MM ALU/BG) | M | 1620 | 1620 | - | - | - | - |
| EJECTOR STROKE | mm | 140 | 125 | 125 | 100 | 100 | 90 |
| CLAMP MOLDBOLT | M | M 24 | M 24 | M 18 | M 18 | M 18 | M 16 |

Setelah ukuran *mold* yang akan dirancang di tentukan, maka harus menentukan jenis material yang akan digunakan sebagai langkah awal untuk melakukan desain *mold* . Untuk menentukan jenis material besi apa yang akan di gunakan, dalam penulisan karya ilmiah ini penentuan jenis material berdasarkan kekerasan berbanding dengan kuantitas total produksi. Untuk penentuan material itu sendiri penulis membuat tabel kekerasan yang berbanding dengan kuantitas total produksi, seperti terlihat dalam tabel 7.

Tabel 7. Kekerasan Material *Mold* Berdasarkan Kuantitas total produksi.

| Multi Purpose Plastic | Kekerasan Material Locort (HRC) | Total Jumlah Produksi | | | |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| | | 1.000.000 s/d 5.000.000 | 500.000 s/d 1.000.000 | 100.000 s/d 500.000 | 20.000 s/d 100.000 |
| | HRC 58 | HRC 48 | HRC 38 | HRC 13 | x |
| | Heat Treatment | Heat Treatment | Tidak Heat Treatment | Tidak Heat Treatment | Tidak Heat Treatment |

Setelah jenis material *mold* ditentukan, mulailah menentukan desain struktur *mold* . Untuk desain struktur *mold* dimulai dari perhitungan ukuran saluran masuk (*runner*) *mold* . Untuk menentukan ukuran saluran masuk dapat di hitung dengan perhitungan berikut:

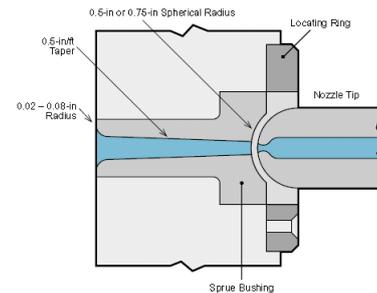
$$d_f \geq S_{Max} + 1.5 \text{ mm}$$

$$d_A \geq \frac{d_D + 1 \text{ mm}}{2L}$$

$$tg \alpha = \frac{d_D - d_A}{2L}$$

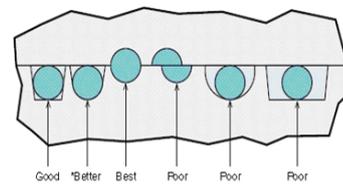
Keterangan:

- d_f : Diameter besar *Sprue* (mm)
- d_A : Diameter kecil *sprue* (mm)
- α : Sudut kemiringan *sprue*
- S_{Max} : Tebal produk
- d_D : Diameter lubang *nozzle*
- L : Panjang *sprue*



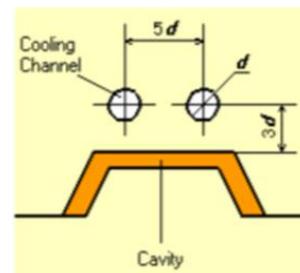
Gambar 4. *Sprue Bushing*

Setelah desain ukuran spru diperoleh barulah menentukan bentuk *runner* untuk part yang akan di gunakan. Untuk *runner* sendiri memiliki berbagai bentuk dan keunggulan. Untuk bentuk *runner* dapat di lihat di Gambar 5.



Gambar 5. *Runner section*

Untuk pendinginan *mold* , standar desain yang di tentukan adalah minimal 5 kali diameter saluran pendingin. Hal ini bertujuan semakin cepat proses pendinginan dilakukan, semakin mengurangi resiko cacat produk. Tetapi lubang saluran pendinginan tidak boleh terlalu dekat satu dengan yang lainnya, hal ini dapat mengakibatkan robek atau retaknya bagian dinding *mold* antara lubang pendingin. Untuk gambar standar saluran pendinginan dapat dilihat pada Gambar 6



Gambar 6. Standar Jarak Lubang Pendinginan.

Sedangkan untuk standar desain konstruksi produk yang menggunakan sistem *slider* (*Slider* adalah sistem yang digunakan saat produk memiliki sudut pelepasan yang tidak dapat secara horisontal dikarenakan adanya area yang menyangkut) ditentukan perhitungan kemiringan *slider* dengan perhitungan:

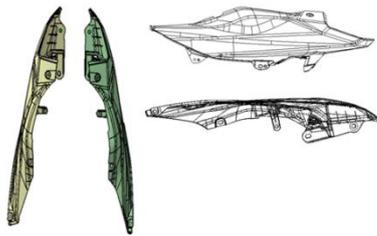
$$\beta : \alpha + (2 \sim 5)$$

Keterangan:

- β : Sudut kemiringan loking block
- α : Sudut kemiringan angular pin
- $\alpha \leq 20^\circ$

4. ANALISA PEMBAHASAN

Setelah dilakukan penyusunan standar desai yang akan di terapkan di PT. Takagi Sari Multi Utama, maka dilakukan pengujian standar tersebut terhadap pruduk *over Side 3/4*.



Gambar 7. Produk *Cover Side 3/4*.

Produk *Cover Side 3/4* ini akan di produksi menggunakan material resin *Polypropylen (pp)*, dengan memiliki luas penampn 594 cm² untuk produk *Cover Side 3* dan 549 cm² untuk produk *Cover Side 4*. Dari data tersebut dapat dicari clamping force mesin yang akan digunakan untuk proses produksi dengan perhitungan yang telah di tentukan.

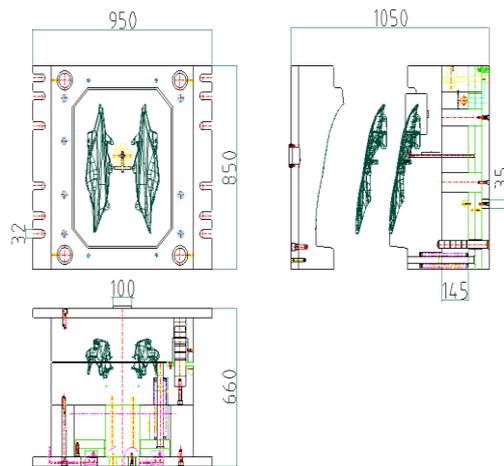
Dari Perhitungan camping force yang di butuhkan, untuk memproduksi produk *Cover Side 3/4* harus menggunakan mesin dengan kapasitas 475,2 tf. Karena kapasitas mesin injeksion yang ada di PT. Takagi Sari Multi Utama yang memiliki kapasitas clmping force yang mendekati adalah 550 tf, maka diputuskan produk tersebut akan di produksi dengan mesin berkapasitas 550 tf.

Setelah di ketahui kapasitas mesi yang akan digunakan, dimulailah menyusun desain dimulai dengan dimensi yang akan digunakan untuk *mold Cover Side 3/4*. Untuk mesin dengan kapasitas 550 tf yang dimiliki PT. Takagi Sari Multi Utama memiliki spesifikasi seperti pada tabel 8.

Tabel 8. Spesifikasi Mesin 550tf

| ITEM | UNIT | IS 550 EW-33A |
|--------------------------------------|------|---------------|
| BRAND | - | TOSHIBA |
| CLAMPING UNIT | | |
| LOCATING RING | mm | 100 |
| CLAMPING FORCE | tf | 550 |
| DISTANCE BETWEEN TIE RODS (H x V) | mm | 860 x 860 |
| PLATE DIMENTIONS (H x V) | mm | 1230 x 1230 |
| MINIMAL MOLD THICKNESS | mm | 400 |
| CLAMPING STROKE | mm | 1200 |
| OPENING DAYLIGHT | mm | 1600 |
| Ø EJECTOR ROD (SMALL/BIG) | M | 30/50 |
| TREAD OF EJECTOR ROD (M) (SMALL/BIG) | M | 16/30 |
| EJECTOR STROKE | mm | 160 |
| CLAMP MOLD BOLT | M | M 24 |

Dari standar dimensi yang dimiliki maka dimensi *mold* mulai disusun dan terlihat seperti Gambar 8.



Gambar 8. Ukuran *mold Cover Side 3/4*

Setelah dimensi *mold Cover Side 3/4* ditentukan, kemudian dilanjutkan dengan pemilihan material besi yang akan digunakan. Mengingat material plastik yang digunakan adalah *Polypropylen (pp)* dan kapasitas produksi yang akan dicapai oleh *mold* ini sebanyak 500.000 shooth atau selama 5 tahun, maka material yang akan digunakan harus memiliki standar kekerasan sebesar ≥ 38 HRC. Dari ketentuan tersebut maka digunakanlah material LKM 738 dengan spesifikasi material seperti dalam Tabel 9.

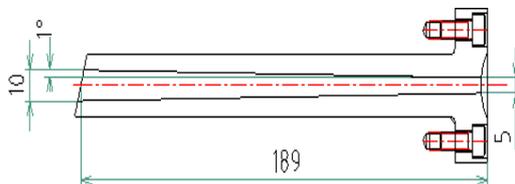
Tabel 9. Spesifikasi Material LKM 738

| Steel Grade | Delivery status | Typical Analysis at Major Chemical Content | | | | | | | |
|-------------|--|--|----|----|----|-----|-----|---|---|
| | | C | Si | Cr | Ni | Mn | Mo | V | W |
| LKM 738 | Prehardened to HB 290- 330 (31 -35 HRC) | 3.7 | - | 2 | 1 | 1.1 | 0.4 | - | - |

| Steel Grade | Characteristics | Applications |
|-------------|---|---|
| LKM 738 | High quality pre-hardened type tool steel, uniform in hardness and high machinability | Mold with high toughness and good finishing |

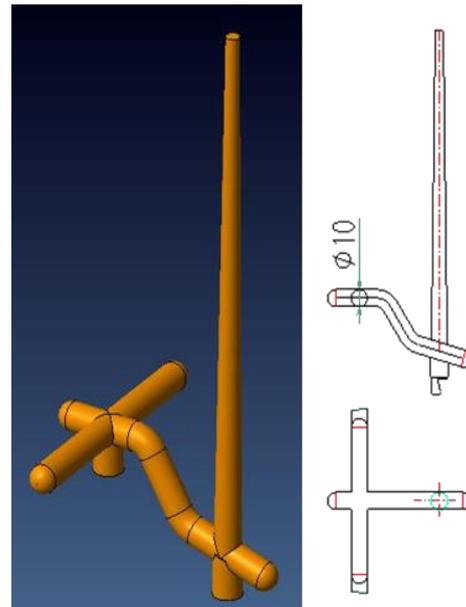
Setelah ukuran dan material *mold* ditentukan, selanjutnya menentukan ukuran konstruksi yang akan di gunakan dalam *mold Cover Side 3/4*, diantaranya ukuran *sprue*, bentuk dan ukuran *runner*, skema saluran pendinginan, dan kemiringan agglar yang akan digunakan untuk *slider*.

Dari perhitungan standar spru maka diperoleh desain *sprue* seperti Gambar 9.

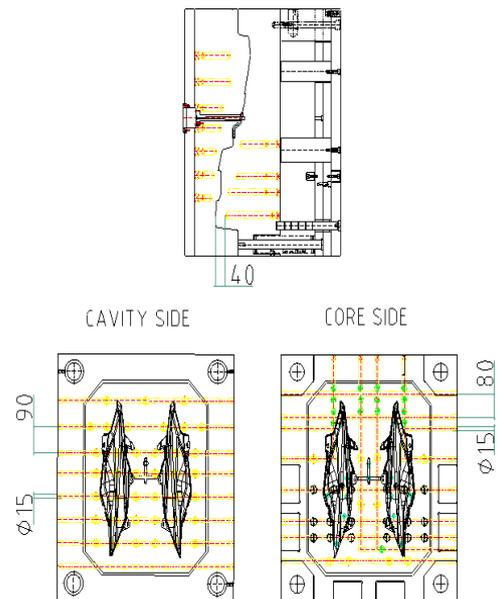
Gambar 9. Desain *Sprue*.

Setelah desain *sprue* ditentukan tahap selanjutnya menentukan bentuk *runner* yang akan digunakan. Bentuk *runner* yang akan ditentukan harus mempertimbangkan jenis material dan bentuk dari produk yang akan diproduksi. Karena material yang digunakan adalah *Polypropylen (pp)* yang membutuhkan pemanasan dan holding presure yang tinggi dan bentuk produk *Cover Side 3/4* memiliki permukaan yang rumit, maka pemilihan *runner* yang tepat adalah *runner* dengan bentuk *circular cross*. Sedangkan untuk ukuran dari *runner* akan menyesuaikan dengan ukuran diameter lubang besar pada *sprue* yaitu 10 mm.

Setelah desain *sprue* dan *runner* selesai di hitung, tahap selanjutnya menentukan desain saluran pendingin *mold*. dalam standar telah di tentukan jarak minimal yang ditentukan untuk satu lubang pemdigin ke lubang pendingin lainnya harus minimal 5 kali diameter lubang tersebut, maka desain saluran pendingin *mold Cover Side 3/4* dapat dilihat pada Gambar 11.

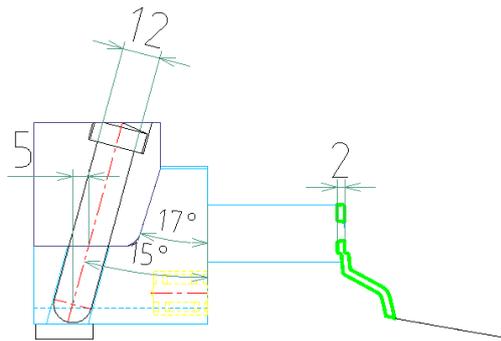
Gambar 10. Desain *Runner*.

COOLING LINE MOLD COVER SIDE 3/4



Gambar 11. Desain Saluran Pendingin

Setelah desain saluran pendingin selesai di rancang, tahap terakhir adalah merancang dan menghitung sudut kemiringan *slider*. Berdasarkan perhitungan diperoleh sudut pelepasan untuk *slider* yang memiliki area undercut 2mm adalah 17°, maka bentuk *slider* dapat dirancang seperti Gambar 12.



Gambar 12. Desain Slider

5. KESIMPULAN

Bedasarkan hasil pengolahan di atas maka didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

- Kerusakan *mold* di PT. Takagi Sari Multi Utama disebabkan karena permasalahan Desain dan struktur *mold* dengan total kejadian sebesar 154 kejadian. Hal ini dikarenakan tidak adanya standarisasi desain *mold* untuk acuan pemeriksaan desain *mold* dari *mold maker*. Permasalahan tidak adanya standar desain *mold* di PT Takagi Sari Multi Utama memiliki nilai RPN tertinggi yaitu sebesar 567.
- Perhitungan ukuran *mold* disesuaikan dengan clamping force mesin yang di gunakan dan pemilihan material yang sesuai dengan lama masa pakai *mold* dan material yang digunakan, akan memberikan jaminan masa pakai *mold* akan bertahan selama 5 tahun atau sebesar 500.000 shoot.
- Dengan adanya standarisasi ukuran *mold*, material *mold*, saluran masuk material, saluran pendingin *mold*, dan ukuran kemiringan *slider*, maka disainner PT. Takagi Sari Multi Utama dapat lebih cepat dalam menentukan perincian ukuran *mold*, jenis material dan kontruksi yang akan terapkan pada sebuah *mold*. Hal ini dibuktikan dengan desain *mold Cover Side 3/4* yang menggunakan mesin dengan kapasitas *clamping force* sebesar 550 tf.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggono, Agus Dwi, 2005. "Prediksi shrinkage untuk Menghindari Cacat Produk pada Plastic Injection" Jurnal Teknik Mesin, Vol.6: 70-77.
- Sachari, Agus. 2000. Pengantar Desain. Penerbit ITB.
- Amin, S., dan M Kholil. 2013. Six Sigma. Yogyakarta: PT. Graha Ilmu.
- Daidong Ruiding Founding Co., Ltd. Rockwell hardness (HRC, HRB) to Brinell Hardness (HB or BHN) Conversion: <http://www.iron-foundry.com/hardness-hrc-hrb-hb.html>.
- Dorothea, Wahyu A. 2003. Manajemen Kualitas Pendakatan Sisi Kualitatif. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Gasperz, Vincent. 2002. Pedoman Implementasi Program Six Sigma. Jakarta: Penerbit PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Hari, Amanto., dan Daryanto. 2006. Ilmu Bahan. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Injection Mold Design Tutorial, Tecnology and Engineering: <http://mould-technology.blogspot.com>.
- Mitra.1993.Dan Besterfield. 1998. Diagram pareto. Jakarta: Guna Widya.
- Nakazawa, Makoto, 2011, "Mold Desing Middle", Handbook, Jakarta: Indonesia Mold & Dies Industry Association.
- Sugeng. 2012."Analisis Sinkmark Untuk Design Mold Plastick Injection Pada Product Plastik Seat Bottom di PT.Tridaya Artaguna Santara", Tugas Akhir Teknik Industri, Jakarta: Universitas Mercubuana.
- Sukanto, Heru., 2009. "Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas dan Kekuatan Komposit Plastik-Karet" Jurnal Teknik Mesin, Vol.3: 57-61.
- Mulyadi, S.,, 2009. "Analisa Kegagalan Produksi Plastik Moulding Dengan Bahan Baku Polypropylene (PP) dan Polyethelene (PE)" Jurnal Teknik Mesin, Vol.1 : 44-53.