

Desain dan Optimasi *Injection Mold* dengan Sistem *Slider* pada Produk *Hardcase Handphone*

*Muhammad Firdaus Hidayat, Cahyo budyantoro, Muhammad Budi Nur Rahman

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

Jl. Lingkar Selatan, Kasihan, Tamantirto, Bantul, Yogya, Daerah Istimewa Yogyakarta.

*E-mail: fido.28migas@gmail.com

Abstrak

Peningkatan penggunaan *handphone* pada era digital saat ini, berdampak pada peningkatan penggunaan pelindung *handphone*. *Hardcase* merupakan jenis pelindung *handphone* dengan bahan material plastik dan proses pembentukan menggunakan metode *injection molding*. Metode tersebut membutuhkan *mold* (cetakan) sebagai tempat untuk membentuk/menghasilkan sebuah produk. Dari latar belakang peningkatan penggunaan *handphone*, maka dibutuhkan perancangan *mold* untuk menghasilkan produk pelindung *handphone* berbahan plastik dengan jenis *hardcase*, sebagai solusi untuk menyediakan aksesoris berupa pelindung *handphone* pada para pengguna *handphone*. Pada perancangan *hardcase*, material yang digunakan pada produk yaitu *polycarbonate* iupilon GS2010MPH, konstruksi pada pembentukan *hardcase* menggunakan sistem *slider* dengan mekanisme *angular pin*. Software yang digunakan untuk perancangan *mold*, yaitu *catia v5r21* dan software simulasi produk menggunakan *autodesk moldflow insight 2016*. Simulasi yang dilakukan, yaitu *fill* dan *cooling*, masing-masing dibandingkan untuk mendapatkan hasil yang optimal serta dapat diterapkan pada perancangan *mold hardcase*. Hasil perbandingan dan analisa dari *moldflow insight* yang dilakukan didapat, *fill time* yaitu 0,9630 s dengan *clamping force* 326,2 ton. Kemudian sistem *cooling* menggunakan tipe *seri* dengan hasil simulasi *Circuit coolant temperature*, yaitu 25,63 °C dan hasil simulasi *deflection, all effects: deflection*, yaitu 0,1411 mm dan hasil simulasi *circuit heat removal efficiency*, yaitu 1. Hasil perhitungan yang dilakukan pada konstruksi desain *mold*, dinyatakan aman karena nilai tegangan yang terjadi dibawah tegangan bahan material. Dari hasil perancangan desain dan simulasi, maka mesin yang digunakan yaitu *Beston 4500*.

Kata kunci: *Cooling, Injection molding, Mold, Sistem slider.*

1. Pendahuluan

Pada tahun 2017, Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbanyak ke-4 di dunia, dengan jumlah 260,580,739 jiwa [6]. Pada saat yang bersamaan perkembangan teknologi di era *modern* saat ini khususnya penggunaan *handphone* di masyarakat berkembang sangat pesat. Pada era *modern* saat ini, penggunaan *handphone* di masyarakat berkembang sangat pesat. Perkembangan *handphone* yang sangat pesat tersebut berbanding lurus dengan penggunaan pelindung *handphone*, dikarenakan material bodi *handphone* yang tidak tahan terhadap goresan ataupun benda tajam menjadi alasan para pengguna memerlukan pelindung agar body *handphone* tetap seperti baru. Dari beberapa jenis pelindung *handphone*, dipilih jenis pelindung *handphone* yaitu *hardcase*, karena jenis pelindung *handphone hardcase* tersebut terbuat dari bahan material plastik, serta proses pembuatan menggunakan *injection molding*. Metode pembuatan dengan menggunakan *injection molding* membutuhkan suatu alat/pencetak yaitu *mold*, perancangan *mold* dengan produk *hardcase*, memerlukan adanya sistem *slider* dan tata letak (*layout*) yang memungkinkan agar sistem *slider* bisa berfungsi baik serta aliran material plastik yang dapat terisi penuh ke dalam rongga cetakan.

Konstruksi *slider* pada *mold*, perlu dirancang agar kuat menahan tekanan injeksi pada permukaan yang luas [2], kemudian pemilihan *mold* material, pemilihan *circuit cooling* yang optimal, serta memperhatikan perhitungan rancangan *mold*, yaitu tebal *support plate*, *locking block*, sistem *ejector*, dan *coil spring*, dapat berpengaruh pada kemampuan konstruksi *mold* untuk mencetak produk *hardcase* [1]. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah pemilihan mesin dengan menghitung *clamping force* yang ikut diperhitungkan gayanya untuk dapat menahan tekanan ketika proses injeksi berlangsung [2].

Proses pembentukan *hardcase handphone* sesuai dengan tuntutan yang harus dipenuhi berupa, tahan gores, benturan dan juga digunakan sebagai penunjang tampilan *handphone* (tokopedia). Dilihat dari tuntutan pada produk, maka diperlukan material yang dapat memenuhi kriteria tuntutan agar *hardcase handphone* dapat digunakan untuk melindungi *handphone* dengan baik.

Dari latar belakang peningkatan pengguna *handphone* dan tuntutan yang harus dipenuhi pada produk, maka perlu merancang cetakan injeksi plastik untuk *hardcase handphone* menggunakan konstruksi *slider* dengan mekanisme *angular pin* dan pemilihan material yang dapat menghasilkan produk *hardcase* sesuai tuntutan, serta mampu digunakan untuk melindungi *handphone* yang dapat menjadi solusi untuk menyediakan aksesoris berupa pelindung *handphone*

pada para pengguna *handphone*. Penggambaran cetakan menggunakan software *catia r21* dan *autodesk moldflow insight* untuk simulasi hasil penggambaran pada CAD dengan hasil yang sesuai pada daftar tuntutan.

2. Metodologi perancangan

2.1. Bahan Perancangan

Pada perancangan *mold*, diperlukan bahan sample sebagai acuan untuk menentukan dimensi dan bentuk produk, seperti ditunjukkan pada Gambar 1, menunjukkan sampel produk *hardcase handphone*.



Gambar 1. Sampel produk *hardcase handphone*.

2.2. Alat Perancangan

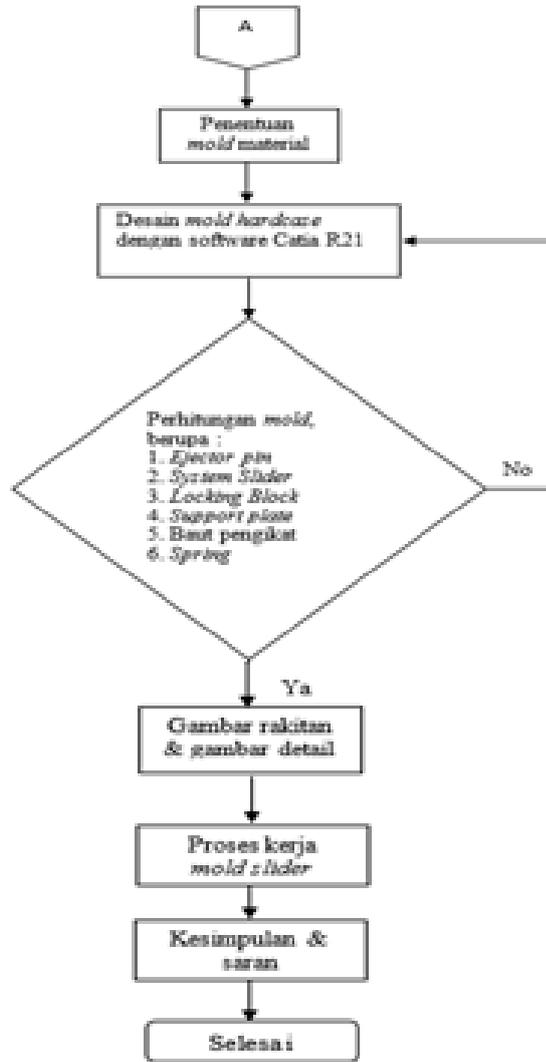
Dalam melakukan perancangan *mold*, digunakan alat untuk menunjang perancangan *mold* dapat terselesaikan, berikut alat perancangan yang digunakan dalam perancangan *mold*:

1. Laptop
2. Kalkulator
3. Jangkasorong
4. Software CATIA V5 R21
5. Software Autodesk Moldflow Insight 2016

2.3. Diagram Alir



Gambar 2. Diagram alir perancangan I



Gambar 3. Diagram alir perancangan II.

3. Hasil perancangan dan pembahasan

3.1. Mengidentifikasi Produk

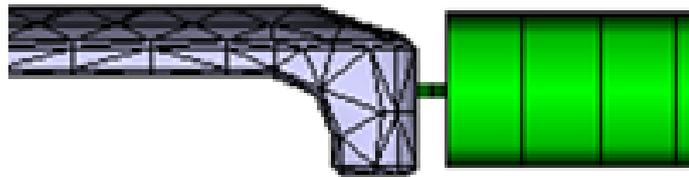
Hasil identifikasi yang dilakukan pada sample produk dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 1. Data produk *hardcase*.

| Data Produk <i>Hardcase</i> | |
|-----------------------------|----------------------------|
| Warna | Hitam |
| Shrinkage | 0,4 % |
| Dimensi Produk | 82 mm x 157,86 mm x 8,6 mm |
| Tebal | 1 mm |
| Material | <i>Polycarbonate</i> |
| Berat | 18,3 gram |

3.2. Gate location

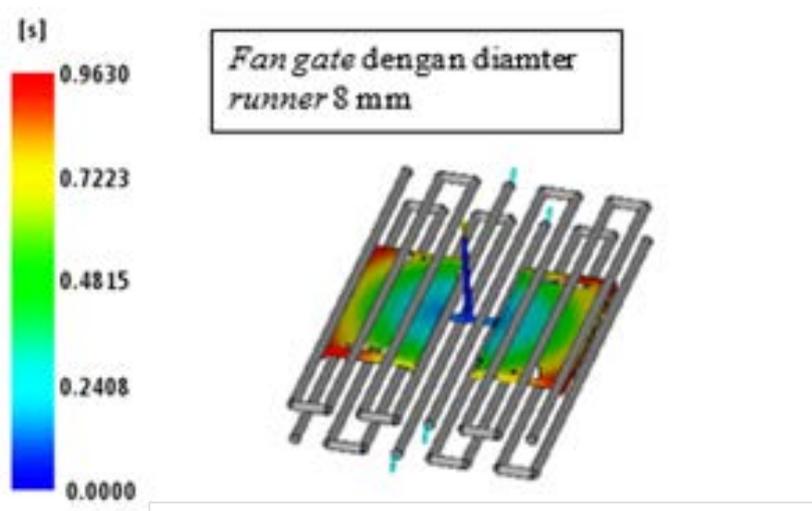
Penentuan letak *gate location* dapat berdasarkan hasil rekomendasi dari *modflow insight*, dari hasil simulasi didapat letak *gate location* yang baik berada di tengah dimensi produk. Namun dilihat dari dampak letak *gate location* berada ditengah menimbulkan bekas yang besar maka gate diletakkan di samping, seperti pada Gambar 4.



Gambar 4. *Gate location.*

3.3. Analisa *Fill Time*

Simulasi *fill time* menunjukkan waktu yang dibutuhkan cairan plastik untuk mengisi semua rongga cavity dari sprue hingga produk. Pengisian paling awal dimulai dari warna biru, sedangkan akhir dari proses pengisian ditunjukkan dengan warna merah. Dari gambar dapat diketahui waktu yang dibutuhkan untuk mengisi semua komponen saluran ialah 0,9630 s.

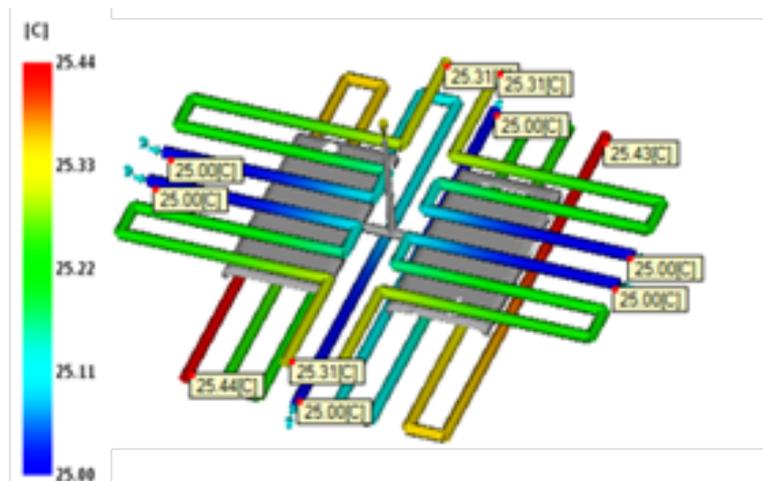


Gambar 5. *Fill time.*

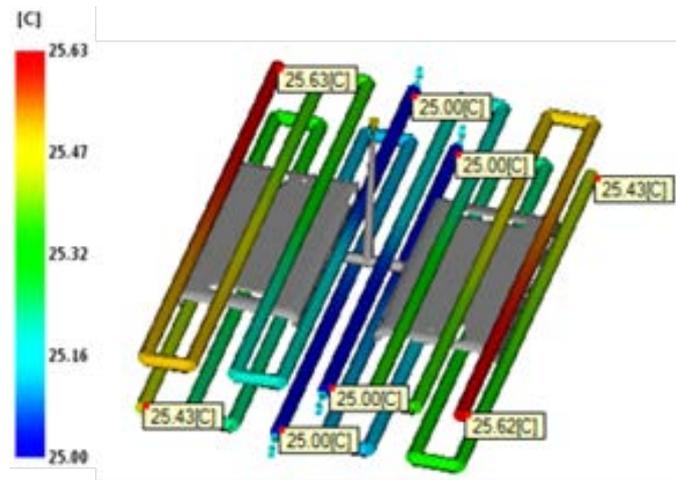
3.4. Analisa *Cooling System*

a. *Circuit coolant temperature*

Hasil analisa *Circuit coolant temperature*, dapat dikatakan optimal apabila selisih inlet dan outlet kurang dari 3°C [4]. Pada simulasi yang dilakukan didapatkan hasil, yaitu 0,44 °C pada *circuit cooling conformal*, dan 0,63 0C pada *circuit cooling seri*.



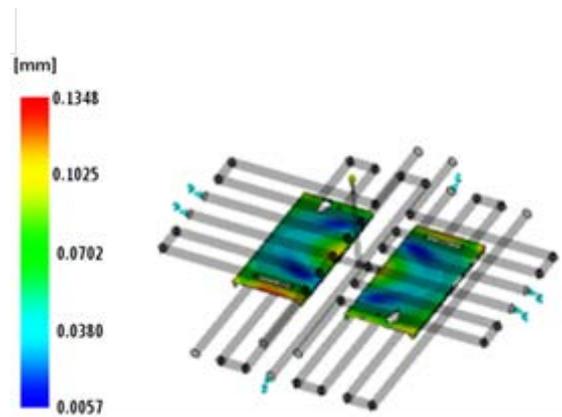
Gambar 6. *Circuit coolant temperature* pada alternatif 1.



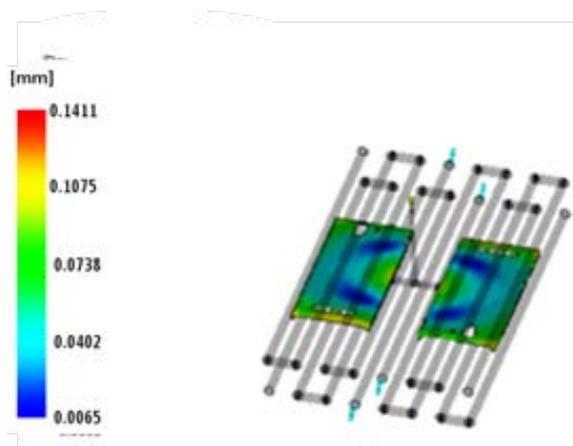
Gambar 7. *Circuit coolant temperature* pada alternatif 2.

b. *Deflection, all effects:Deflection*

Analisa *Deflection, all effects:Deflection* pada *mold hardcase handphone* bertujuan untuk mengetahui perubahan bentuk permukaan yang terjadi karena adanya perbedaan suhu antara proses pengisian yang berlangsung pada cavity dengan proses *cooling* yang bekerja setelah proses *fill time*. Berikut hasil analisa yang ditunjukkan pada Gambar 12 & Gambar 13.



Gambar 12. Simulasi *deflection* pada *circuit cooling conformal*.



Gambar 13. Simulasi *deflection* pada *circuit cooling seri*.

Dilihat dari beberapa simulasi yang telah dilakukan untuk mendapatkan *circuit cooling* yang optimal pada *mold hardcase handphone*, *circuit cooling conformal* lebih baik dari *circuit cooling seri*. Namun dilihat dari proses pembuatan, penambahan komponen yang rumit dan perbedaan hasil beberapa simulasi tidak tinggi, maka *circuit cooling seri* dipilih untuk diterapkan pada perancangan *mold hardcase handphone*.

3.5. Perancangan *Mold*

Berdasarkan hasil simulasi *moldflow insight* yang dilakukan, langkah selanjutnya yaitu merancang hasil dari simulasi yang dipilih, sebagai landasan dalam perancangan *hardcase handphone*. Berikut urutan perancangan yang dilakukan pada perancangan *mold hardcase handphone*.

- a. *Moldbase*
- b. *Insert cavity & insert core*
- c. *Top clamping plate*
- d. *Cavity plate & core plate*
- e. *Slide core*
- f. *Locking block*
- g. *Support block*
- h. *Spacer block*
- i. *Bottom clamping plate*
- j. *Ejector plate*
- k. *Ejector back plate*
- l. *Standart component*
- m. *Assembly mold*

3.6. Hasil Perhitungan Konstruksi

a. *Support plate*

Perhitungan pada *support plate* untuk mengetahui nilai minimal tebal *support plate* yang aman dan dapat digunakan. Perhitungan dapat dilakukan seperti berikut. Berdasarkan hasil perhitungan, didapat 1119,41 N/mm². Hasil perancangan *support plate* aman, diakarenakan $\sigma_{mulur\ support\ plate} < \sigma_{mulur\ material}$ dengan tegangan mulur material 1380 N/mm².

b. *Pin ejector*

Perhitungan pada *pin ejector pin* bertujuan untuk menentukan beban kritis yang dapat diterima oleh *ejector plate*, dimana beban *buckling* (beban *ejector pin*) harus dibandingkan dengan gaya yang diperlukan untuk mengeluarkan produk. Pada kasus ini bahan *ejector plate* adalah SKH51 dengan diameter *pin ejector* 7 mm dan panjang 154,14 mm, adapun hasil dari penentuan beban kritis yang diterima oleh *pin ejector* dimana *ejecting load* < *collapsing load* dan gaya *cavity* terhadap permukaan < *collapsing load* yaitu 135,18 N < 20550 N dan 6765,57 N < 20550 N, Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan maka diperoleh dimensi *pin ejector* yang aman.

c. Baut Core Stop Block

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui diameter yang diijinkan pada sebuah baut core stop block, adapun jumlah total baut yaitu 4 buah baut dan menggunakan material astm a307. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan didapat baut minimal yang dapat digunakan adalah M 1.2.

d. Baut pengikat

Perhitungan ini bertujuan untuk mengetahui diameter minimal yang diijinkan untuk mengikat baut jenis 1 (top clamping plate dengan cavity plate) dan untuk mengikat baut jenis 2 (bottom clamping plate, spacer block dan core plate). Berdasarkan hasil perhitungan baut 1, didapat hasil aman minimal menggunakan baut M 4.5. Kemudian perhitungan baut 2, didapat hasil aman minimal menggunakan baut M 4.5.

e. *Locking block*

Perhitungan *locking block* bertujuan untuk mengatahui tegangan maksimal yang terjadi ketika pada proses injeksi berlangsung. Material yang digunakan sks3 dengan σ bahan material sks3 880 N/mm² dan modulus elastisitasnya 193 Gpa. Hasil perhitungan dari *locking block* diperoleh = 261,78 N/mm². Dari hasil perhitungan dengan menggunakan material dari sks3 untuk aplikasi *locking block* ini dinyatakan aman digunakan dikarenakan < t material sks3.

f. Jarak pembuangan dan angular pin

Perhitungan Jarak pembuangan bertujuan untuk mengetahui jarak bebas slide core dengan produk dan perhitungan angular pin untuk mengetahui panjang angular pin serta dapat menentukan sudut kemiringan slide core dengan *locking block*. Berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan, didapat jarak bebas S1 23 mm kemudian sudut kemiringan slide core dengan *locking block* didapat 270 dan panjang angular pin L 52 mm.

g. *Coil spring*

Perhitungan *coil spring* yang dilakukan pada perancangan *mold hardcase handphone* terdiri dari 2, yaitu:

- a. Perhitungan push back spring dengan gaya minimal yang dibutuhkan pegas sama dengan gaya yang diakibatkan adanya tekanan akibat berat ejector plate, hasil yang diperoleh gaya per-satu pegas yaitu sebesar 32,31 N.
- b. Perhitungan dengan melakukan perbandingan tiga jenis spring yang berbeda, yaitu SWR 26-100, SWR 26-110, SWS 26-100, SWS 26-110, seperti ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perbandingan spring.

| Deskripsi | SWR | SWR | SWS | SWS |
|--|--------|--------|--------|--------|
| | 26-100 | 26-110 | 26-100 | 26-110 |
| <i>Deflection Volume (F) (mm)</i> | 50 | 55 | 40 | 44 |
| Kedalaman Penerimaan <i>Spring</i> (A) (mm) | 52 | 57 | 62 | 68 |
| <i>Initial Deflection (B) (mm)</i> | 8 | 13 | -2 | 2 |
| <i>Final Deflection (B+S) (mm)</i> | 48 | 53 | 38 | 42 |

Berdasarkan hasil per *spring* yang didapat, seperti ditunjukkan pada Tabel 2, kemudian menentukan beban awal dan beban akhir pada *spring*, seperti ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil perhitungan spring.

| Deskripsi | SWR | SWR | SWS | SWS |
|---------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| | 26-100 | 26-110 | 26-100 | 26-110 |
| <i>Spring Constant (kgf/mm)</i> | 0,80 | 0,73 | 1,45 | 1,32 |
| Beban awal (kgf) | 6,4 | 9,49 | -2,9 | 2,64 |
| Beban akhir (kgf) | 38,4 | 38,7 | 55,1 | 55,44 |

Berdasarkan hasil perhitungan, seperti ditunjukkan pada Tabel 3, maka dilakukan pemilihan spring yang paling sesuai. Parameter yang digunakan dalam pemilihan spring adalah beban awal dan beban akhir tidak terlalu keras, selain itu mengusahakan supaya spring tidak longgar. Berikut ini dijelaskan pemilihan spring.

- a. SWR 26-100, beban awal dan akhir tidak terlalu keras.
- b. SWR 26-110, beban awal dan akhir terlalu keras.
- c. SWS 26-100, tidak ada beban awal dan spring longgar (oblag).
- d. SWS 26-110, beban akhir terlalu keras.

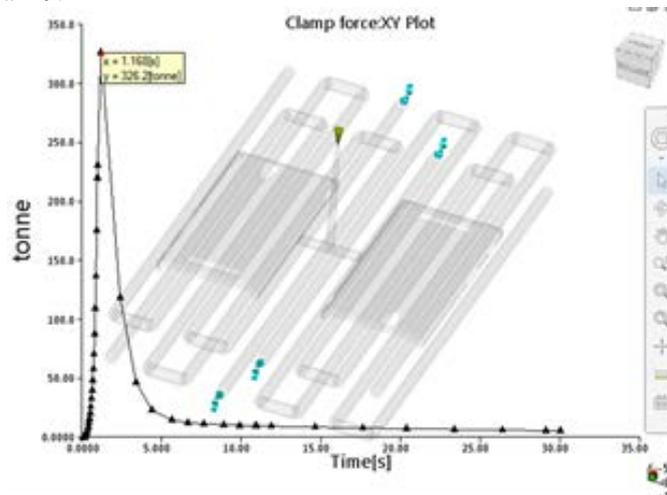
Berdasarkan perbandingan yang dilakukan, maka direkomendasikan untuk return *pin* dengan diameter 15,875 mm dan stroke 40 mm, menggunakan SWR 26-100.

h. Baut eye bolt

Perhitungan eye bolt bertujuan untuk mengetahui diameter minimal yang dapat digunakan dengan aman sebagai bagian dari fungsi penggunaan eye bolt yaitu untuk mengangkat *mold*. Bahan eye bolt, yaitu astm a307 dengan t ijin material astm a307 156,9 N/mm². Berdasarkan hasil perhitungan yang telah dilakukan, didapat hasil diameter minimal yang dapat digunakan dengan aman adalah M 7.

3.7. Pemilihan Mesin Injection

Pada penentuan kapasitas mesin yang digunakan untuk menjalankan/memproduksi produk, dibutuhkan gaya cekam yang kuat agar dapat menahan tekanan yang terjadi di dalam rongga cetakan yang biasa disebut *clamping force*. Nilai dari *clamping force* sendiri pada kasus ini, diambil dengan menggunakan software simulasi moldflow insight seperti ditunjukkan pada Gambar 19.



Gambar 19. Hasil *clamping force*.

Berdasarkan hasil *clamping force* dari software simulasi moldflow *insight* didapatkan 326,2 ton, sehingga pemilihan mesin untuk proses injeksi pada kasus ini dibutuhkan mesin berkapasitas 326,2 ton atau lebih dari hasil simulasi *clamping force*. Proses pemilihan mesin *Injection* pada *mold hardcase handphone*, menggunakan parameter, sebagai berikut:

1. Jumlah *cavity*
Banyaknya jumlah *cavity* yang dirancang dalam sekali injeksi, berpengaruh dalam penggunaan kapasitas mesin yang sesuai dengan hasil simulasi *clamping force*, dengan hasil 326,2 ton.
2. *Mold platen dimension*
Bagian mesin yang berfungsi sebagai tempat *mold* ketika proses injeksi berlangsung.

Berdasarkan parameter yang dilakukan dan melihat hasil *clamping force* yang dihasilkan dari simulasi moldflow *insight* 2016, maka perancangan *mold hardcase handphone* menggunakan mesin BESTON 4500.

Tabel 4. Spesifikasi mesin BESTON 4500 [5].

| BTW Series | | | BTW 4500 | | |
|---|----------------------------|--------------------|-------------|------|------|
| International Size Description | | | 3470/4500 | | |
| Plastic Injection Molding Machine Specification | | | A | B | C |
| MAIN SPECIFICATIONS | Screw Diameter | mm | 70 | 80 | 90 |
| | Screw Ratio | L/D | 20 | 20 | 20 |
| | Shot Volume | cm ³ | 1838 | 2011 | 2248 |
| | Shot Weight(PB) | g | 1401 | 1634 | 2018 |
| | | oz | 49.4 | 58.5 | 71.7 |
| | Injection Pressure | Bar | 2288 | 1728 | 1387 |
| | Injection Stroke | mm | 400 | 400 | 400 |
| | Injection Speed | mm/s | 108 | | |
| | Injection Rate | cm ³ /s | 418 | 518 | 688 |
| | Plasticizing Rate(PB) | g/h | 81 | 80 | 124 |
| Max. Screw Speed | rpm | 180 | | | |
| MOTOR SPEC | Pump Motor | KW | 80 | | |
| | Heating Capacity | KW | 27.7 | 38.2 | 42.7 |
| | Number of Temp Zones | Unit | N/A | | |
| CLAMPING SPEC | Clamping Force | KN | 4500 | | |
| | Opening Stroke | mm | 718 | | |
| | Space Between Tie Bars | mm | 760x760 | | |
| | Max. Mold Height | mm | 760 | | |
| | Min. Mold Height | mm | 310 | | |
| | Ejector Stroke | mm | 240 | | |
| | Ejector Force | KN | 111 | | |
| | Number of Ejectors | Piece | 13 | | |
| THERMAL SPEC | Oil Tank Capacity | L | 800 | | |
| | Machine Dimensions (LxWxH) | m | 8.0x3.2x2.1 | | |
| | Machine Weight | Kg | 20000 | | |
| | Hopper Capacity | Kg | 80 | | |
| | Cooling Water Flow | L/min | 188 | | |

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan *injection mold* dengan sistem *slider* pada produk *hardcase handphone*, maka dapat disimpulkan bahwa, perancangan *mold* menggunakan sistem *slider*, dengan mekanisme *angular pin* serta pemilihan *circuit cooling seri* pada *mold*, dapat digunakan dengan aman untuk memproduksi *hardcase handphone*, dengan menggunakan mesin BESTON BTW 4500 dengan *clamping force* 450 ton.

Referensi

[1] Budiyanoro, Cahyo. 2009. "Thermoplastik Dalam Industri", Teknika Media, Surakarta.
 [2] Krismawanto, Toni. 2016. "Perancangan Cetakan Injeksi Plastik Dengan Konstruksi *Family Mold With Slider* Untuk Kotak Jam Tangan". Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perancangan Manufaktur, Politeknik Manufaktur Negeri Bandung, , halm 2-10.
 [3] Nakazawa, Makoto. 2010. "Mold Basic Design Textbook". Jakarta: IMDIA.

- [4] Riyanto, dkk. 2015. “*Optimalisasi* Proses Injeksi *Molding* Menggunakan Moldflow Dual-Domain Pada Desain *Base Plate*”. Skripsi, Jurusan Teknik Industri, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, halm 71-119.
- [5] U.K. BESTON INTERNATIONAL GROUP LTD.
- [6] Anonymous, “Population”, www.cia.gov, diakses: 15 Juli 2017.