Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur, dan Ukuran *Runner* Terhadap *Filling Time* Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus *Whiteboard*

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin

Disusun Oleh :

Nama : Muhamad Rizal
No. Mahasiswa : 14525066
NIRM : 2014070821

JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA

2018

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur, dan Ukuran *Runner* Terhadap *Filling Time* Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus *Whiteboard*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama	**: Muhamad Rizal**
No. Mahasiswa	**: 14525066**
NIRM	**: 2014070821**

Yogyakarta, 19 November 2018

Pembimbing I,	Pembimbing II,
Muhammad Ridlwan, S.T., M.T	Faisal Arif Nurgesang, S.T., M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur, dan Ukuran *Runner* Terhadap *Filling Time* Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus *Whiteboard*

TUGAS AKHIR

Disusun Oleh :

Nama : Muhamad Rizal

No. Mahasiswa : 14525066

NIRM : 2014070821

Tim Penguji

Fasial Arif Nurgesang, S.T., M.Sc
Ketua — Tanggal : 05/12/18

Yustiasih Purwaningrum, S.T., M.T
Anggota I — Tanggal : 6/12/18

Purtojo, S.T., M.Sc
Anggota II — Tanggal : 05/12/18

Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Dr. Ing. Risdiyono, S.T., M.eng

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah SWT yang maha segalanya, dengan ini saya menyatakan, bahwa karya ini adalah karya saya sendiri kecuali fragmen, acuan dan ringkasan yang telah saya jelaskan sumbenya sebagai referensi. Apabila kemudian hari terbukti pengakuan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang ada, maka saya bersedia dihukum ataupun diberi sanksi sesuai hukum yang berlaku di Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 21 November 2018

Penulis,



Muhamad Rizal

NIM : 14525066

HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan tugas akhir ini saya persembahkan kepada kedua orang tua dan seluruh keluarga tercinta yang senantiasa memberikan dukungan dan do’a untuk keberhasilan hidup saya dan selalu mendukung cita-cita saya.

HALAMAN MOTTO

Teruslah bergerak hingga kelelahan itu lelah mengikutimu, teruslah berlari hingga kebosanan itu bosan mengejarmu, teruslah berjalan hingga keletihan itu letih bersamamu, teruslah bertahan hingga kefuturan itu futur menyertaimu, tetaplah berjaga hingga kelesuan itu lesu menemanimu.

(Rahmat Abdullah)

Ketika anda melihat seseorang yang telah diberikan kekayaan dan keindahan melebihi anda, lihatlah orang-orang yang masih mampu bersyukur meski dalam kekurangan.

(HR. Muslim)

Orang-orang hebat di bidang apapun bukan baru bekerja karena mereka terinspirasi, namun mereka menjadi terinspirasi karena mereka lebih suka bekerja. Mereka tidak menyia-nyiakan waktu untuk menunggu inspirasi.

(Ernest Newman)

Berusahalah jangan sampai terlengah walau sedetik saja, karena atas kelengahan kita tak akan bisa dikembalikan seperti semula

(Muhamad Rizal)

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Alhamdulillahi Rabbil 'Alamin, segala puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah Subhanahu Wa Ta'ala, yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik. Tak lupa pula shalawat dan salam kepada junjungan Nabi Besar Muhammad Sallallahu 'Alaihi Wa Sallam, berserta keluaga dan para sahabatnya.

Laporan ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana teknik mesin di Universitas Islam Indonesia yang berjudul "Pengaruh Variasi Tekanan, Temperatur dan Ukuran Runner Terhadap Filling Time Pada Proses Injeksi Molding Produk Penghapus Whiteboard". Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya atas bimbingan, bantuan serta dukungan dalam pelaksanaan tugas akhir ini kepada :

1. Bapak Risdiyono S.T., M.Eng., DR.Eng. Ketua Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia dan selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir.
2. Bapak Muhammad Ridlwan S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus dosen pembimbing 1.
3. Bapak Faisal Arif N. S.T., M.Sc. Selaku Dosen Pembimbing 2.
4. Ayah dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan semua tenaga, dukungan serta doa untuk keberhasilan saya.
5. Seluruh keluarga saya yang selalu memberikan perhatian dan dorongan semangat kepada saya.
6. Saudara-saudaraku Teknik Mesin UII

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan tugas akhir ini. Oleh karena itu, kritik maupun saran yang membangun sangat penulis harapkan.

Wassalmu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Yogyakarta, 19 November 2018

Muhammad Rizal

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan, temperature, dan ukuran runner terhadap *filling time* pada produk penghapus whiteboard. Tekanan divariasikan pada 20, 30, 40 dan 50 MPa. Temperatur divariasikan pada 200, 210, dan 220 ^{o}C. Ukuran runner divariasikan pada 2, 4, dan 6 mm. Hasilnya menunjukkan bahwa untuk memperoleh fill time tersingkat adalah dengan menggunakan tekanan 50 MPa, temperatur 210 ^{o}C, dan ukuran runner 6 mm. Konstruksi cetakan dibuat dengan dimensi 350 x 350 mm yang memiliki gaya *clamping* sebesar 900 kN dan kekuatan *pin ejector* untuk mengeluarkan produk sebesar 714 N. Mesin injeksi yang sesuai adalah Arburg AllRounder 570 C yang memiliki gaya *clamping* sebesar 2000 kN.

Kata kunci: *Penghapus whiteboard, filling time, injection molding*

ABSTRACT

This study aims to determine the effect of variations in pressure, temperature, and runner size on the filling time on whiteboard eraser products. Pressure is varied at 20, 30, 40 and 50 MPa. The temperature varied at 200, 210 and 220 ^{o}C. The runner size is varied at 2, 4 and 6 mm. The results show that to obtain the shortest fill time is using a pressure of 50 MPa, temperature 210 ^{o}C, and runner size of 6 mm. Mold construction is made with dimensions of 350 x 350 mm which have a clamping force of 900 kN and the strength of the ejector pin to remove the product by 714 N. The appropriate injection machine is Arburg AllRounder 570 C which has a clamping force of 2000 kN.

Key words: Whiteboard eraser, filling time, injection molding

DAFTAR ISI

Halaman Judul i
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing ii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji iii
Halaman Persembahan iv
Halaman Motto vi
Kata Pengantar vii
Abstrak viii
Daftar Isi x
Daftar Tabel xiii
Daftar Gambar xiv
Daftar Notasi xvii
Bab 1 Pendahuluan 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 2
1.3 Batasan Masalah 2
1.4 Tujuan Penelitian 2
1.5 Manfaat Penelitian 3
1.6 Sistematika Penulisan 3
Bab 2 Tinjauan Pustaka 4
2.1 Kajian Pustaka 4
2.2 Dasar Teori 5
2.2.1 *Polyprophylene* 5
2.2.2 Injeksi *Molding* 6
2.2.3 Cacat produk *injection molding* 7
2.2.4 Komponen-komponen Mesin Injeksi *Molding* 10
2.2.5 Komponen-komponen *Molding Unit* 12
2.2.6 Perancangan Mold 13
2.2.7 *System Ejector* 16
2.2.8 *Clamping Force* 19
2.2.9 Langkah-langkah Proses *Molding* 19

2.2.10 Pendingin (*cooling*) *mold* 21
Bab 3 MetodE Penelitian 22
3.1 Alat dan bahan 22
3.1.1 Alat Perancangan 22
3.1.2 Bahan Perancangan 22
3.2 Alur Penelitian 23
3.3 Studi literatur 25
3.4 Input file .STL 25
3.5 Penentuan *Layout Runner* dan *gate* 25
3.6 Melakukan Analisa Aliran Cetakan 25
3.7 Desain *Mold* 26
3.8 *Mold* material 26
3.9 Perhitungan Desain 27
Bab 4 Hasil dan Pembahasan 28
4.1 Identifikasi Produk 28
4.1.1 Prosedur Simulasi *Filling Time* Menggunkan Autodesk Inventor 29
4.1.2 Menentukan Lokasi *Gate* Terbaik 36
4.2 Hasil Analisis *Fill Time* 40
4.2.1 Pengaruh Variasi Ukuran Diameter *Runner* 40
4.2.2 Pengaruh Variasi Tekanan 42
4.2.3 Pengaruh Variasi Temperatur 45
4.2.4 Cacat(*defect*) Yang Terjadi 47
4.3 Perancangan Mold Berdasarkan Produk Plastik 49
4.3.1 Langkah Urutan desain 49
4.3.2 Hasil Desain Mold 53
4.4 Penentuan *Mold* Material 54
4.5 Hasil Perhitungan Konstruksi 55
4.5.1 Hasil Perhitungan *Clamping Force* 55
4.5.2 Hasil Perhitungan Kekuatan *Ejector* 55
4.6 Kebutuhan Mesin 57
Bab 5 Penutup 59
5.1 Kesimpulan 59

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya 59
Daftar Pustaka.....60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Bagian-bagian mold unit 12
Tabel 3. 1 Spesifikasi Asus X550IU 22
Tabel 3. 2 *Mold* material 27
Tabel 4. 1 Data Produk 28
Tabel 4. 2 Daftar Tuntutan Perancangan 28
Tabel 4. 3 karakteristik *polypropylene* 28
Tabel 4. 4 Parameter uji coba layout 1 37
Tabel 4. 5 Parameter uji coba layout 2 38
Tabel 4. 6 Parameter variasi ukuran diameter 40
Tabel 4. 7 Parameter variasi tekanan 42
Tabel 4. 8 Parameter variasi temperatur 45
Tabel 4. 9 *Mold* material 54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 *Data sheet* material PP 6
Gambar 2.2 Proses Injeksi *Molding* 7
Gambar 2.3 Cacat *short-shot* 8
Gambar 2.4 Cacat warpage.....8
Gambar 2.5 Cacat *weld lines* 9
Gambar 2.6 Cacat *sink mark*.....9
Gambar 2.7 Cacat *flasing* 10
Gambar 2.8 Mesin Injeksi Molding 10
Gambar 2.9 Pembagian Zona pada Skrup 11
Gambar 2.10 *Molding Unit* Standar 12
Gambar 2.11 Desain ketebalan dinding produk.....14
Gambar 2.12 Perbandingan sudut 14
Gambar 2.13 *Parting line* 15
Gambar 2.14 *Cavity dan Core* 15
Gambar 2.15 *Runner system* 16
Gambar 2.16 *Pin ejector*.....17
Gambar 2.17 *Stripper plate ejection* 18
Gambar 2.18 prinsip kerja pendinginan 21
Gambar 3.1 Produk penghapus whiteboard.....23
Gambar 3.2 Diagram alur penelitian 24
Gambar 4.1 *Import part*.....29
Gambar 4.2 Pemilihan materia 30
Gambar 4. 3 Pembuatan *Cavity* dan *Core* 30
Gambar 4.4 *Setting workpiece* 30
Gambar 4.5 *Penentuan runoff surface* 31
Gambar 4.6 Pembentukan *cavity* dan *core* 31
Gambar 4. 7 *Cavity* dan *core* penghapus *whiteboard* 32
Gambar 4.8 *Gate location* 33
Gambar 4.9 Pembuatan *runner sketch* 33
Gambar 4.10 Pembuatan *runner* 34

Gambar 4.11 *Setting moldbase* 34
Gambar 4.12 *Setting sprue bushing* 35
Gambar 4. 13 Proses *setting* tekanan dan temperature.....35
Gambar 4. 14 Proses simulasi.....36
Gambar 4.16 Perancangan *Layout Runner* 1 37
Gambar 4.17 Hasil *fill time layout* 1 38
Gambar 4.18 Perancangan *layout* 2 39
Gambar 4.19 Hasil *fill time layout* 2 39
Gambar 4.20 Hasil *fill time* 2 mm.....40
Gambar 4.21 Hasil *fill time* 4 mm.....41
Gambar 4.22 *Hasil fill* time 6 mm 41
Gambar 4.23 Hasil analisis *fill time* dengan tekanan 20 mpa.....43
Gambar 4.24 Hasil analisis dengan tekanan 30 mpa.....44
Gambar 4.25 Hasi analisis dengan tekanan 40 mpa.....44
Gambar 4.26 Hasil analisis dengan tekanan 50 mpa.....45
Gambar 4.27 Hasil analisis temperatur 200 ^{0}C.....46
Gambar 4.28 Hasil analisis temperatur 210 ^{0}C.....46
Gambar 4.29 Hasil analisis temperatur 220 ^{0}C.....47
Gambar 4.30 Cacat *short-shot* 48
Gambar 4.31 Cacat *weld lines* 48
Gambar 4.32 *Air trap* 49
Gambar 4.33 Standar *moldbase* Futaba SA series 3035 50
Gambar 4.34 *Top Clamping Plate* 50
Gambar 4.35 *Core plate dan Cavity plate*.....51
Gambar 4.36 *cavity dan core*.....51
Gambar 4.37 *Support plate*.....52
Gambar 4.38 *Spacer block*.....52
Gambar 4.39 *System ejector* 53
Gambar 4.40 *Bottom clamping plate*.....53
Gambar 4.41 Hasil perancangan *mold* 54
Gambar 4.42 Aktual injeksi.....55
Gambar 4.43 Mesin injeksi molding 57

Gambar 4.44 *Data sheet* mesin injeksi Allrounder 570 C.....58

DAFTAR NOTASI

Fc = *Clamping force* (kN)

Pinj = Tekanan injeksi (N)

A_p = Luas penampang proyeksi (cm^2)

D = Diameter *pin ejector* (mm)

L = Panjang pin ejector (mm)

d = Keliling *cavity* (mm)

A = Luas bidang kontak terhadap *cavity* (mm^2)

μ = Koefisien gesek PP terhadap baja

γ = *Poiton ratio*

△T = Beda temperatur (^0C)

E = Modulus material

St = kontraksi *thermal* terhadap keliling *cavity*

St = (keliling cavity x koefisiensi termal x △T) (mm)

I = Momen inersia (mm^4)

G_b = *Gaya buckling* (N)

E_L = *Ejection load* (N)

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Injeksi plastik adalah suatu proses pembentukan komponen atau produk menggunakan bahan baku bijih plastik yang dipanaskan pada suhu tertentu hingga mencair kemudian diinjeksikan kedalam cetakan (Djunarso, 2011). Proses ini telah digunakan selama hampir 150 tahun dan merupakan cara yang paling banyak digunakan untuk pembuatan produk-produk berbahan plastik karena memiliki efisiensi yang tinggi dan mudah untuk dibuat (Menges, 2001).

Salah satu produk yang dibuat menggunakan proses injeksi adalah penghapus *whiteboard.* Penghapus ini telah banyak digunakan diberbagai tempat khususnya di instansi pendidikan misalnya sekolah-sekolah dan universitas. Permasalahan yang terjadi adalah penghapus ini tidak membersihkan secara tuntas sehingga mengakibatkan sisa spidol kering menumpuk pada bagian penampung yang dapat mengotori baju, tangan atau bagian tubuh lain pengajar.

Sebuah inovasi telah dilakukan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Penelitian yang telah dilakukan oleh Hatmanto (2018) menghasilkan sebuah desain penghapus yang dapat mengakomodasi permasalahan yang ada. Penghapus tersebut memiliki penyemprot didalamnya agar dapat membersihkan spidol secara tuntas. Untuk mewujudkan konsep desain tersebut menjadi sebuah produk, maka dapat digunakan metode injeksi plastik. Pada produk hasil injeksi plastik sering terjadi cacat produk seperti penyusutan bagian-bagian tertentu, keretakan dan bentuk tidak sempurna yang diakibatkan oleh bebrapa faktor salah satunya yang paling penting adalah desain *mold.*

Berdasarkan latar belakang diatas, maka ada beberapa hal yang menjadi fokus dalam penelitian ini, yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran diameter *runner,* variasi tekanan dan variasi temperatur terhadap hasil *fill time* yang optimal dan rasio cacat yang kecil.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah disampaikan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah ;

1. Bagaimana cara merancang konstruksi *molding unit* untuk produk penghapus *whiteboard* yang memiliki waktu *fill time* yang optimal?
2. Bagaimana cara menentukan parameter yang optimal untuk waktu pengisian produk penghapus papan tulis *whiteboard*?
3. Bagaimana cara menetukan *gate* dan *runner* yang optimal dengan memperhatikan keamanan pin ejektor pada *mold* yang dirancang.
4. Apakah terjadi cacat apabila tekanan inejksi dan *melt temperature* di variasikan.

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Dimensi *mold* dan peletakan komponen menggunakan katalog *moldbase* Futaba.
2. Simulasi menggunakan software CAE.
3. Pembuatan *molding* dilakukan hanya pada tahap desain.
4. Hasil penelitian berupa simulasi.
5. Modifikasi dilakukan pada variasi *melt temperature*, tekanan injeksi, dan diameter *runner*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam tugas akhir ini adalah:

1. Untuk merancang konstruksi *mold* produk pengahpus papan tulis *whiteboard* dengan waktu *filling time* yang optimal.
2. Untuk mendapatkan *setting* parameter tekanan injeksi, *melt temperature*, dan diameter *runner* yang optimal untuk produk penghapus papan tulis *whiteboard.*
3. Untuk menetukan jenis *gate* dan *runner* yang optimal dengan memperhatikan keamanan *pin ejector.*

4. Untuk mengetahui cacat apa saja yang terjadi pada hasil analisis.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang bias diambil dari penelitian ini adalah :

1. Dapat dijadikan referensi untuk penelitian selanjutnya khususnya tentang injeksi plastik.
2. Untuk membantu dalam memvisualisasikan materi tentang bagian-bagian dari injeksi *molding.*
3. Memberikan pendalaman materi tentang perhitungan dan analisis produk yang terjadi pada proses injeksi *molding*.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan tugas akhir ini disusun secara berurutan untuk mempermudah dalam pembahasan. Penulisan tugas akhir ini dijelaskan sebagai berikut.

Bab I PENDAHULUAN

Bagian ini menjelaskan tentang latar belakang, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, dan sistematika penulisan.

Bab II TINJAUAN PUSTAKA

Bagian ini berisi kajian pustaka dan menjelaskan dasar teori yang yang digunakan dalam penelitian dan perancangan yang dilakukan.

Bab III METODOLOGI PENELITIAN

Bagian ini menjelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian dan metode penelitian yang digunakan.

Bab IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini berisi tentang hasil dan pembahasan berdasarkan penelitian dan perancangan yang telah dilakukan.

Bab V PENUTUP

Bagian ini berisi tentang kesimpulan dari pembahasan yang dilakukan serta saran-saran untuk penelitian selanjutnya.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Ayu erfina dkk (2015) membahas tentang optimasi parameter yang mereduksi hasil dari pengisisan cetakan pada proses injeksi plastik. Berdasakan hasil penelitiannya penempatan *gate* yang kurang tepat berakibat pada semakin lamanya waktu yang dibutuhkan untuk *filling* pada area *cavity*. Kombinasi parameter yang optimal dari beberapa faktor yang berbeda yang perlu dipertimbangkan yaitu *melt temperature* 250 ^{0}C dan *pressure injection* 60 mpa mengasilkan waktu pengisisan 0.51 detik yang mana adalah data terbaik dari kombinasi parameter yang lain.

Penelitain yang dilakukan pujari dkk (2015) membahas tentang optimalisasi parameter dan meminimalisasi cacat dengan metode *taguchi* dan *moldflow* untuk komponen *injection molding*. Berdasarkan hasil dari penelitianya hal yang berpengaruh pada cacat *shrinkage* adalah *setting* parameter temperatur leleh, waktu pendinginan, dan tekanan injeksi. Akan teteapi waktu pendingian sangat berpengaruh untuk kecacatan *shrinkage*. Kombinasi dari parameter yang optimal yaitu temperatur leleh 235 ^{0}C, tekanan injeksi 80 bar, tekanan tahanan 55 bar dan waktu pendinginan 50 detik yang menghasilkan cacat *shrinkage* sebesar 2.674/0.2 % yang mana adalah data terbaik dari kombinasi parameter yang di simulasikan.

Penelitian mengenai analisis parameter operasi pada proses injeksi plastik untuk mengendalikan cacat produk. Hasil dari penelitian yang dilakukan menunjukan bahwa analisis cacat produk dapat terjadi apabila dalam menentukan *setting* parameter tekanan injeksi, temperatur leleh serta waktu pendinginan yang tidak tepat. Jika tekanan injeksi rendah maka cacat yang terjadi adalah *short-shot* dan *sink mark* sedangkan jika tekanan injeksi terlalu tinggi maka akan terjadi beberapa cacat seperti *short-shot, sink mark, air trap, weld lines* dan *flashing*. Denan demikian, menetukan *setting* parameter proses yang tepat dapat mengurangi terjadinya cacat produk (Cahyadi, 2010).

Cara untuk meningkatkan mutu produk plastik yaitu dengan metode *taguchi* oleh Hartono (2012). Untuk meningkatkan mutu produk plastik dapat diperoleh dari kombinasi pengaturan tekanan injeksi dan temperatur yang tepat dapat meningkatkan kualitas plastik yang akan dihasilkan.

Pengaruh suhu, tekanan injeksi dan waktu pendinginan yang tidak tepat akan menimbulkan cacat *warpage* pada produk plastik. Penelitiannya memberikan penjelasan bahwa pada parameter suhu, tekanan injeksi dan waktu pendinginan sangat berpengaruh terhadap terjadinya cacat *warpage.* Selain itu suhu *cavity mold* dan tekanan injeksi pada proses *molding* juga berpengaruh secara signifikan untuk meminimalkan terjadinya cacat *warpage* pada produk berbahan baku plastik (Hakim, 2015).

Berdasarkan tinjauan pustaka diatas untuk mendapatkan parameter proses injeksi *molding* yang berpengaruh terhadap analisis *fill time* dan cacat pada produk adalah *melt temperatur*, *injection pressure*, waktu pendinginanan dan diameter *runner* dan *gate*.

Oleh karena itu, pada penelitian ini penulis mencoba untuk memecahkan permasalahan untuk meminimalisai cacat dan hasil *fill time* yaitu dapat mendesain *mold* yang memiliki waktu pengisisan yang optimal, minim cacat dan *mold* dapat digunkan di semua mesin injeksi *molding*.

2.2 Dasar Teori

Dalam melakukan penelitian, penulis menggunakan dasar teori untuk mendasari teori yang digunakan dalam peneletian dan rancangan yang digunakan.

2.2.1 *Polyprophylene*

Polyprophylene merupakan polimer termoplastik yang dibuat oleh industry kimia dan digunkan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil, alat tulis, dan komponen otomotif. Sifat *polyprophylene* serupa dengan *polyethylene*. Sifat fisik mekanis dan termal dari *polyprophylene* dapat dilihat pada gambar 2.1 dibawah ini.



Product Data Sheet &
General Processing Conditions

RTP 156 A
Polypropylene (PP)
Copolymer
Flame Retardant
Non PBB/PBDE

PROPERTIES & AVERAGE VALUES OF INJECTION MOLDED SPECIMENS

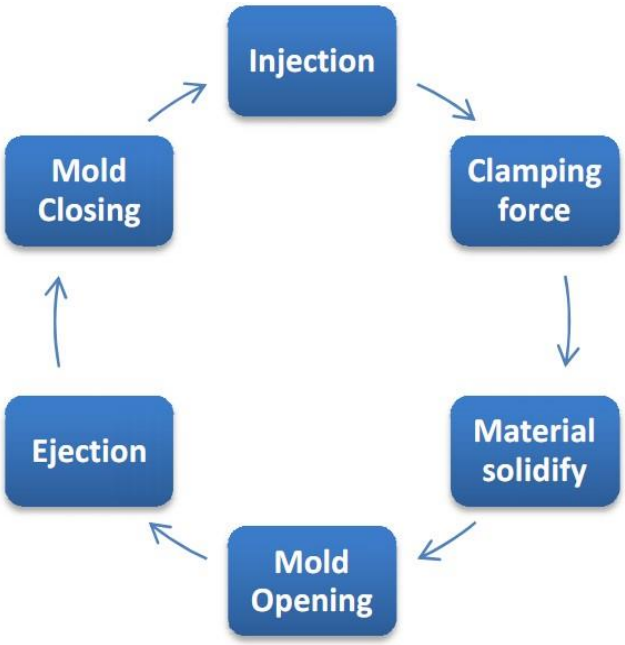
PERMANENCE	English	SI Metric	ASTM TEST
Specific Gravity	1.26	1.26	D 792
Molding Shrinkage			
1/8 in (3.2 mm) section	0.0120 - 0.0170 in/in	1.20 - 1.70 %	D 955
MECHANICAL			
Impact Strength, Izod			
notched 1/8 in (3.2 mm) section	4.0 ft-lbs/in	214 J/m	D 256
unnotched 1/8 in (3.2 mm) section	No Break	No Break	D 4812
Tensile Strength	2200 psi	15 MPa	D 638
Tensile Elongation	> 300.0 %	> 300.0 %	D 638
Tensile Modulus	0.20 x 10^6 psi	1379 MPa	D 638
Flexural Strength	3600 psi	25 MPa	D 790
Flexural Modulus	0.17 x 10^6 psi	1172 MPa	D 790

Gambar 2.1 *Data sheet* material PP

(Sumber: RTP Company)

2.2.2 Injeksi *Molding*

Inejeksi *molding* adalah metode pembentukan produk plastik dari bubuk termoplastik dengan menambahkan *feeder* melalui komponen mesin yang disebut *hoper*. Plastik tersebut kemudian dipanaskan untuk membuat plastik tersebut menjadi halus teksturnya. Dalam proses injeksi tekanan yang diberikan harus konstan sampai material mengeras dan siap untuk dikeluarkan dari cetakan (Samson, 2011).



Gambar 2.2 Proses Injeksi *Molding*

(Sumber: Samson, 2011)

2.2.3 Cacat produk *injection molding*

Kualitas akhir permukaan dari produk plastik *injection molding* merupakan karakter utama dari standar kualitas produk. Namun keadaan ini tidak dapat dipenuhi sehingga seringkali terjadi cacat produk yang dapat merusak penampilan produk. Cacat produk dapat ditimbulkan oleh berbagai faktor, baik yang bersumber pada faktor parameter proses maupun faktor desain.

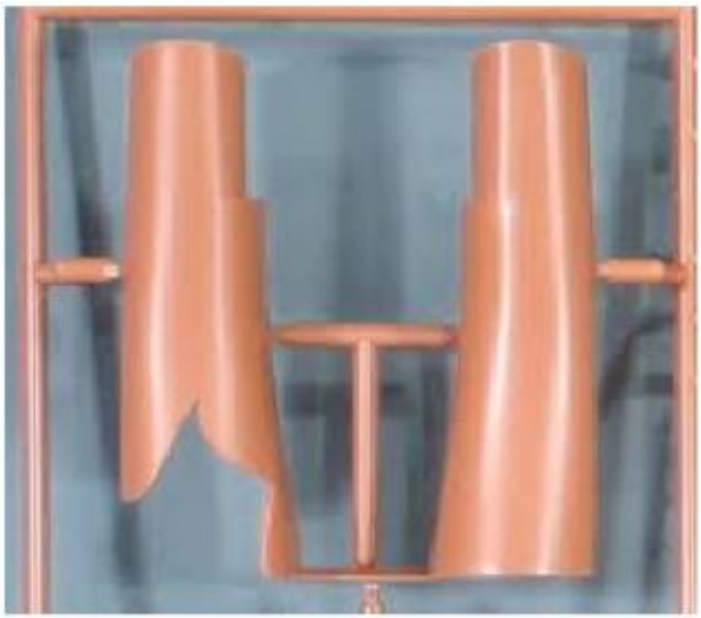
Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut tentunya harus disesuaikan dengan bentuk dan cacat yang timbul serta pengaruh terhadap produk. Macam-macam cacat pada proses *injection molding* adalah *warpage, sink mark, short-shot, weld lines* dan *flasing* (sendi, 2012).

Beberapa permasalahan yang sering ditemukan pada produk hasil *injection molding* antara lain

1) *Short-shot*

   Short-shot adalah cacat produk akibat pengisisan yang tidak sempurna. Cacat *short-shot* ini disebabkan oleh beberapa hal antara lain pelelehan bijih plastik yang tidak sempurna, injeksi yang lambat, tekanan

injeksi yang lemah, dan temperatur *mold* rendah. Cacat *short-shot* ditunjukan pada gambar 2.3 dibawah ini.

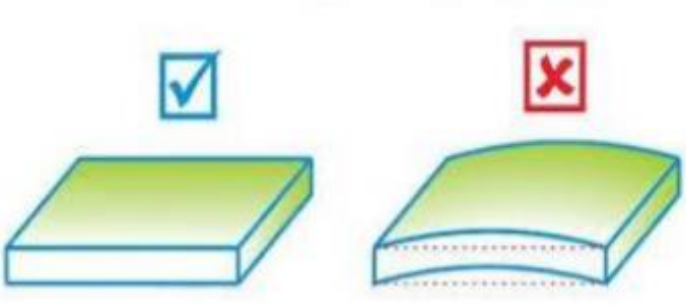


Gambar 2.3 Cacat *short-shot*

(Sumber: sutiawan)

2) Warpage

Warpage adalah kondisi cacat produk yang terlihat sebagai permukaan yang melengkung hal ini disebabkan oleh pendinginan cetakan tidak seragam, perbedaan temperatur yang tinggi di sebagian cetakan, dan *holding pressure* rendah. Cacat *warpage* ditunjukan pada gambar 2.4 dibawah ini.

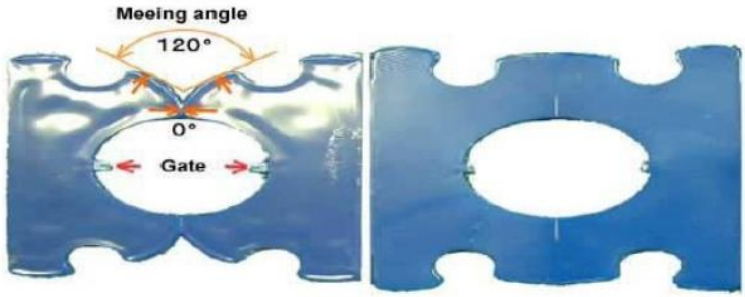


Gambar 2.4 Cacat warpage

(Sumber: Giyanto)

3) *Weld lines*

Weld lines adalah ketika dua aliran lelehan bertemua pada kedua ujung aliran lelehan material. Penyebab terjadinya *weld lines* antara lain titik antara injeksi dan transfer terlalu dekat, waktu pendinginan terlalu singkat dan temperatur material terlalu rendah. Cacat *weld lines* ditunjukan pada gambar 2.5 dibawah ini.

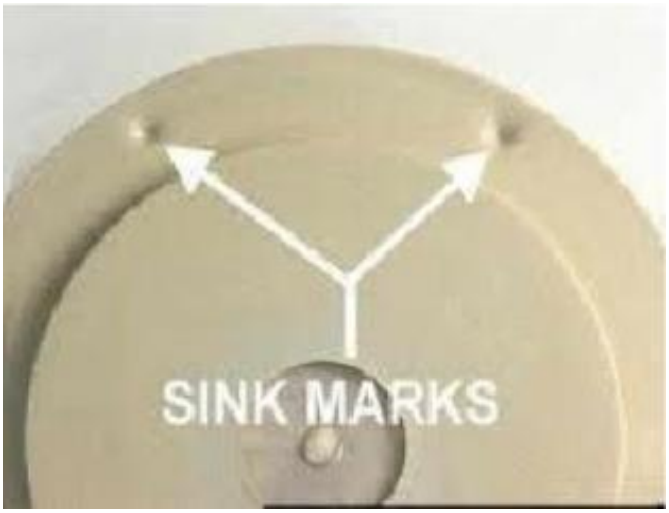


Gambar 2.5 Cacat *weld lines*

(sumber: Giyanto)

4) *Sink mark*

Sink mark merupakan lengkungan yang terjadi pada permukaan luar pada komponen yang dibentuk. Penyebab terjadinya *sink mark* antara lain perbedaan ketebalan produk, perbedaan temperatur *core* dan *cavity*, dan kurangnya kemampuan pendinginan dari *mold* tersebut. Cacat *sink mark* ditunjukan pada gambar 2.6 dibawah ini.

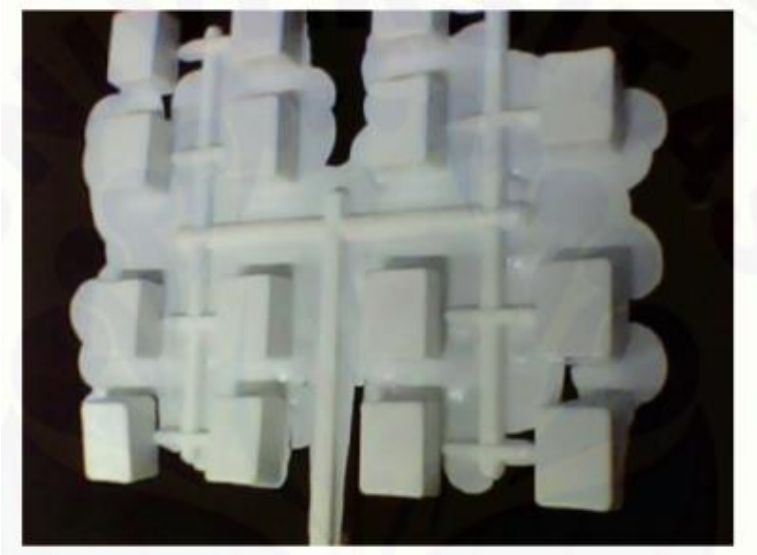


Gambar 2.6 Cacat *sink mark*

(Sumber: Sutiawan)

5) Flashing

Cacat *flashing* adalah jenis minor *defect* pada material artinya material masih dapat dikatakan bagus dan memenuhi syarat produk tetapi harus dilakukan pembersihan pada produk. *Flasing* sendiri berarti terdapat material lebih yang ikut membeku di daerah pinggir produk. Seperti yang ditunjukan pada gambar 2.7 dibawah ini.

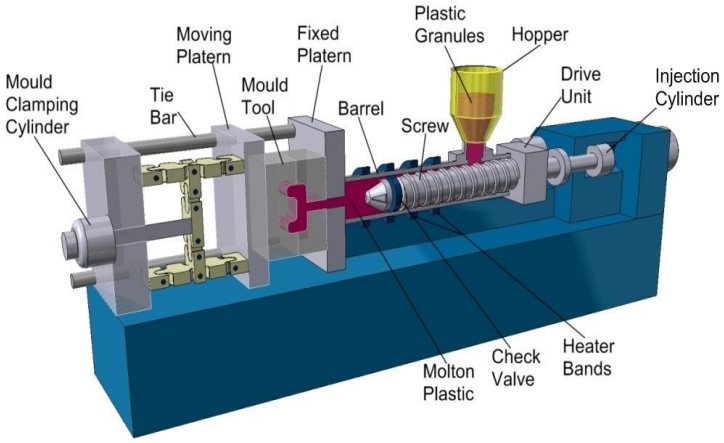


Gambar 2.7 Cacat *flasing*

(Sumber: Erfina ayu)

2.2.4 Komponen-komponen Mesin Injeksi *Molding*

Mesin injeksi *molding* terdiri dari *hopper,* sekrup, barel dan *nozzle* injeksi.



Gambar 2.8 Mesin Injeksi Molding

(sumber: Samson, 2011)

2.2.4.1 Hopper

Hopper adalah tempat untuk menempatkan material plastik, sebelum masuk ke barel. Fungsi dari *hopper* adalah untuk menjaga kelembaban plastik. Jika kandungan air terlalu besar maka hasil dari injeksi tidak bagus.

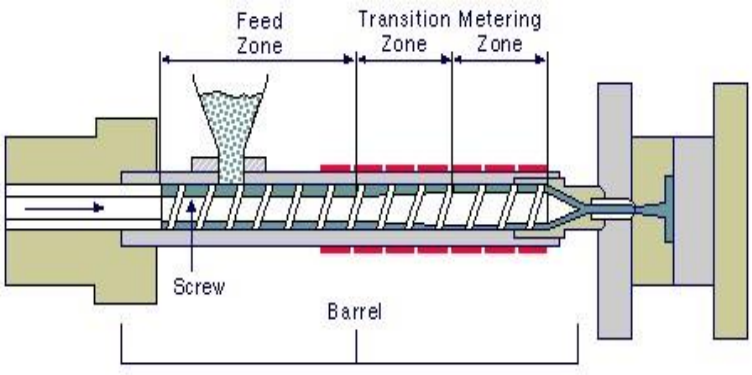
2.2.4.2 *Barel* / Laras

Penggunaan utama dari *laras/barel* adalah untuk memberikan dukungan pada skrup. *Barel* terdiri dari pita pemanas yang berfungsi sebagai perekam suhu untuk setiap bagian *barel/laras.*

2.2.4.3 Skrup

Dikenal sebagai sekrup *reciprocating* yang digunakan dalam mengompresi, melelehkan, dan mendorong bahan plastik. sekrup terdiri dari tiga zona sebagai berikut :

1) Zona Makan, didalam zona makan tidak akan ada perubahan pada bahan plastik.
2) Zona Transisi, dimana dalam zona ini pelelehan pelet akan terjadi dan plastik cair akan di transferkan ke zona berikutnya.
3) Zona Metering, di zona ini bahan cair akan siap untuk di injeksikan.



Gambar 2.9 Pembagian Zona pada Skrup

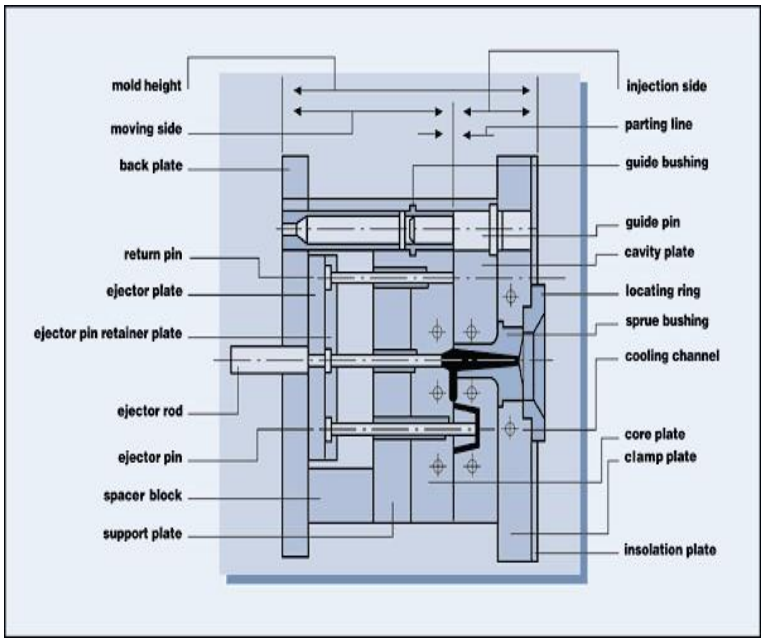
(Sumber: Samson, 2011)

2.2.4.4 *Nozzle*

Fungsi utama dari nosel adalah untuk menghubungkan laras ke *bushing sprue* yang akan membentuk segel antara cetakan dan laras. Sangat penting sekali bahwa suhu nosel harus diatur ke suhu leleh bahan.

2.2.5 Komponen-komponen *Molding Unit*

Molding unit hanyalah plat baja dengan rongga dimana resin plastik disuntikan ke dalam cetakan. Komponen-kompenen *molding unit* dan fungsinya terdiri dari :



Gambar 2.10 *Molding Unit* Standar

(sumber: Samson, 2011)

Tabel 2. 1 Bagian-bagian mold unit

Molding komponen	Fungsi
Mold Base	Memegang rongga di posisi tetap terhadap mesin nosel.
Guide Pin	Mempertahankan kesejajaran dari dua buah cetakan.
Sprue Bushing	Menyediakan sarana untuk masuk

	cairan plastik kedalam cetakan interior.
Gates	Untuk mengontrol cairan plastik menuju rongga (*cavity*).
Runner	Mengalirkan plastic cair dari *sprue* ke dalam rongga (*cavity*).
Cavity and Core	Untuk mengontrol ukuran, bentuk, dan permukaan tekstur dari bentuk produk.
Water channels	Untuk mengontrol suhu permukaan cetakan untuk mendinginkan plastik.
Vents	Untuk keluarnya udara dan gas yang terperangkap.
Ejector mechanism (pin, blades, stripper plate)	Untuk mengeluarkan *molding* yang kaku dari rongga (*cavity*) dan inti (*core*)
Ejector return pins	Mengebalikan *ejector pin* untuk ditarik kembali ke posisi awal, untuk siklus injeksi berukutnya.

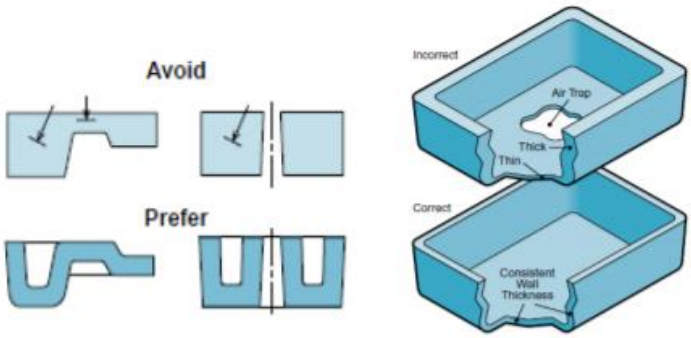
2.2.6 Perancangan Mold

Mold pada prinsipnya adalah alat yang digunakan untuk membuat komponen-komponen dari material plastik dengan mesin injeksi plastik. Faktor yang berpengaruh dalam proses injeksi *molding* yaitu luas penampang, ketebalan produk dan dimensi *moldbase*. Ada beberapa penentuan perancangan cetakan injeksi sebelum dilakukan, yaitu:

1. Desain Produk

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

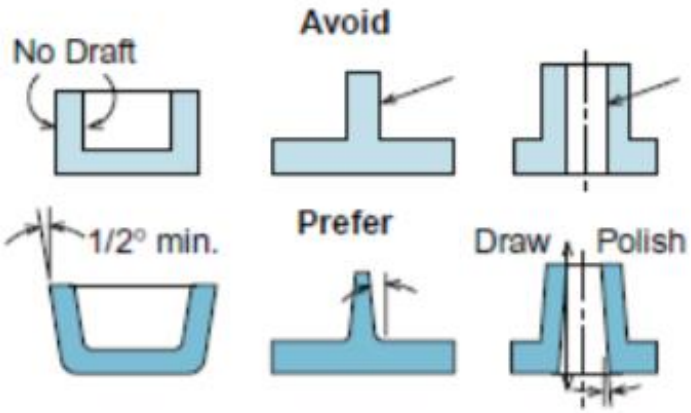
   a. Gunakan ketebalan dinding seragam di seluruh bagian, seperti yang ditunjukan pada gambar 2.11 Tebal dinding yang seragam akan meminimalkan penyusutan, bengkok, tegangan sisa, *air trap*, dan meningkatkan efisiensi waktu pengisian.



Gambar 2.11 Desain ketebalan dinding produk

(sumber: Bayer material science,2000)

b. Gunakan *draft angel* produk, agar ketika proses pelepasan produk lebih mudah dan mengurangi bekas yang ada pada dinding produk, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.12.

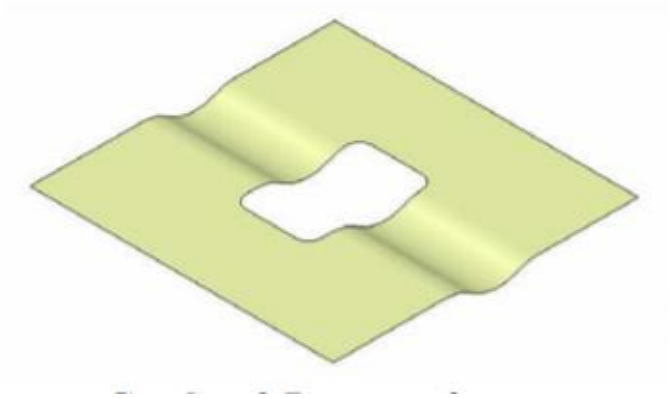


Gambar 2.12 Perbandingan sudut

(sumber: Bayer material science, 2000)

2. *Parting Line*

Suatu bidang batas untuk memisahkan atau membagi antara cetakan *cavity* dan cetakan *core.* Adapun fungsi dari *parting line* ini adalah untuk merapatkan atau menutup bagian *molding* bergerak dan bagian *molding* diam. Agar dapat membentuk sebuah rongga yang nantinya berfungsi untuk mencetak produk dari bahan plastik. *Parting line* dapat dilihat pada gambar 2.13 dibawah ini.

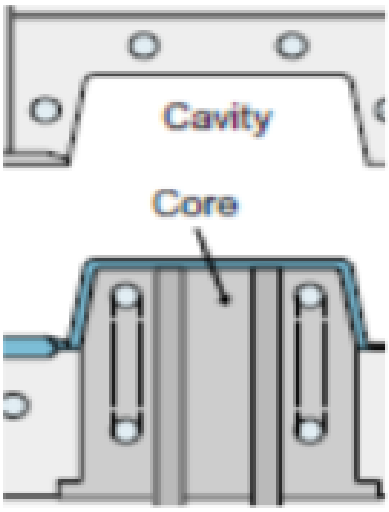


Gambar 2. 13 *Parting line*

(sumber: Djunarso,2011)

2.2.6.1 Cavity dan *Core*

Cetakan terbentuk dari dua bagian yaitu *cavity* dan *core*. Dalam injeksi *molding*, keduanya merupakan satu kesatuan yang tidak dapat dipisahkan, karena gabungan antara *cavity* dan *core* inilah yang akan membentuk desain dari sebuah komponen atau produk. Gambar 2.14 menunjukan *cavity* dan *core.*

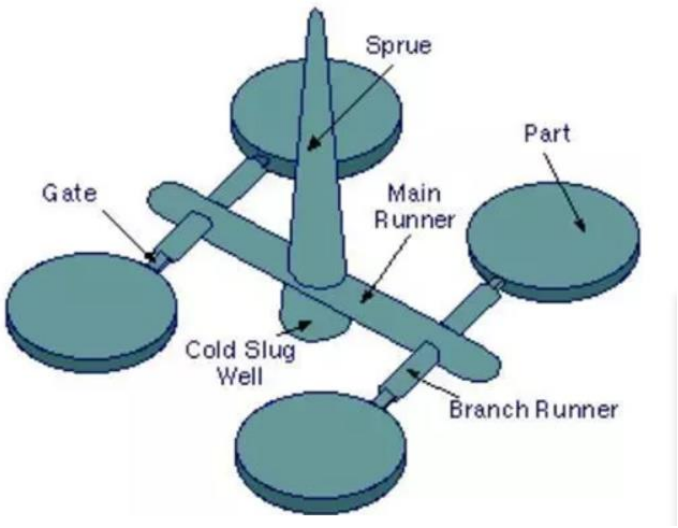


Gambar 2. 14 *Cavity dan Core*

Dalam proses manufaktur, *cavity* dan *core* dapat berupa satu kesatuan atau berupa bagian terpisah.

2.2.6.2 *Runner* System

Runner system merupakan cairan plastik yang dikeluarkan dari instalasi mesin injeksi mengalik ke dalam *cavity* dan *sprue, runner* dan *gate*. Plastik cair saat melewati *sprue* dan *runner* suhunya menurun sehingga menyebabkan visikositasnya naik, tetapi oleh panas gesekan pada saat melewati *gate* viskositasnya kembali menurun dan mengisi kedalam *cavity*. Gambar 2.15 menunjukan *runner system.*



Gambar 2. 15 *Runner system*

(sumber: toptech *plastic machinery & solution*)

1. *Sprue*

   Sprue merupakan jalan yang digunakan untuk mengalirkan cairan plastik kedalam *mold* dari *nozzle*.

2. *Runner*

   Runner berperan sebagai yang mengarahkan plastik cair masuk kedalam *cavity* atau saluran yang digunakan untuk mendistribusikan cairan material ke dalam masing-masing area produk.

3. *Gate*

   Gate merupakan pintu masuk untuk mengisi plastik kedalam cetakan.

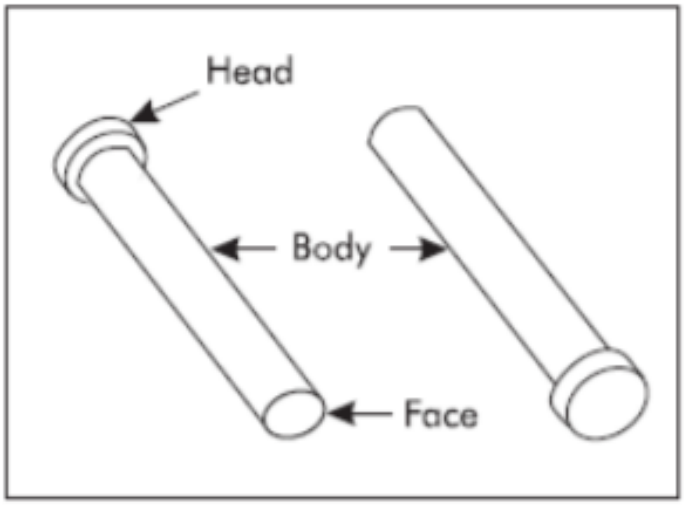
2.2.7 *System Ejector*

system ejector adalah sebuah sistem yang berfungsi mengeluarkan produk dengan cara di dorong keluar dari cetakan. Ada beberpa metode yang umum

digunakan pada bagian ini seperti: *standard ejection design*, dan *stripper ejector*. Berikut adalah penjelasannya.

1. *Standard ejection design*

Pada desain standar bagian cetakan dilepaskan dengan menggunakan satu *set pin ejector*, bentuk umum dari *pin ejector* seperti gambar 2.16 berikut:



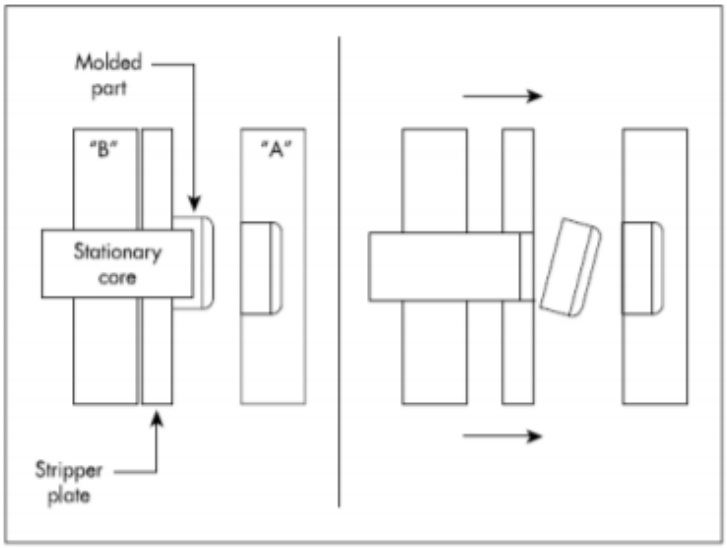
Gambar 2. 16 *Pin ejector*

(Sumber: Bryce, 1998)

Untuk membuat *pin ejector* tidak menembus kedalam produk yang akan dilakukan proses ejeksi, permukaan p*in ejector* harus rata kemudian tekanan ejeksi harus dibagikan pada area yang luas, ini dilakukan untuk meminimalkan distorsi pada bagian plastik selama proses ejeksi. *Pin ejector* dipasang pada sebuah *ejector plate* kemudian *ejector back plate* yang mendorong *ejector plate.*

2. *Stripper ejector systems*

Ketika ada situasi dimana sistem *pin ejector standard* tidak dapat dimanfaatkan karena *pin*nya terlalu kecil sehingga dapat merusak bagian cetakannya, atau hanya memiliki tempat terbatas untuk menempatkan *pin ejector standard*. Pada saat seperti ini, solusi menggunakan *stripper ejector system* baik digunakan untuk memecahkan masalah.



Gambar 2. 17 *Stripper plate ejection*

(Sumber: Bryce,1998)

Yang bertugas mengeluarkan produk adalah *stripper plate* berbeda dengan ejeksi standar yang mengeluarkan produk adalah *pin ejector*.

Berikut ini merupakan rumus untuk menghitung beban kritis yang dapat diterima oleh *pin ejector* seperti yang ditunjukan pada persamaan (2.1)

$$F = \frac{m\,\pi^2 E\,I}{L^2} \quad \text{.....(2.1)}$$

Dimana, F = beban *ejector* (N)

M = jumlah pin

E = Modulus baja (Gpa)

I = Momen inersia

L = Panjang *ejector* (mm)

Gaya yang diperlukan *ejector* untuk mendorong produk keluar, dapat dihitung dengan persamaan (2.2).

$$P = \frac{St\ x\ E\ x\ A\ x\ \mu}{(\frac{d}{2\,t} - \frac{d}{4\,t}\ x\ \gamma)} \quad \text{.....(2.2)}$$

Dimana, P = gaya *ejector* yang diperlukan (N)

St = kontraksi termal terhadap keliling

E = E modulus plastik (Gpa)

A = Luas kontak permukaan produk dengan permukaan *mold* (mm^2)

μ = koefisien gesek plastik terhadap baja

t = Tebal produk (mm)

γ = *poisson ratio* plastik

2.2.8 *Clamping Force*

Clamping force adalah gaya yang dibutuhkan mesin untuk menahan kedua bagian cetakan agar tidak membuka pada saat proses injeksi berlangsung. Besarnya gaya pembentukan terjadi sangat dipengaruhi oleh tekanan spesifik material, tebal dinding dan proyeksi isi (produk, *runner, sprue* dan *gate*). Besar *clamping force* yang dibutuhkan untuk menahan cetakan, seperti persamaan (2.3)

$$Fc = Pinj \times A \quad \text{.....(2.3)}$$

Dimana, Pinj = Tekanan injeksi yang diberikan (N/cm^2)

A = Luas Penampang proyeksi (cm^2)

F = *Clamping force* (kN)

2.2.9 Langkah-langkah Proses *Molding*

Terdapat enam langkah penting dalam setiap proses *molding*, yaitu sebagai berikut:

1. Calmping

Setiap mesin injeksi *molding* terdiri dari tiga peralatan dasar, yaitu *mold unit, clamping unit* dan *injection unit*. *Clamping unit* berfungsi untuk memegang cetakan dibawah tekanan pada saat proses injeksi dan pendinginan berlangsung. Pada dasarnya *clamping* berfungsi untuk memegang dua belahan cetakan dari injeksi *molding* secara bersamaan. Pada saat proses injeksi *clamping* unit berfungsi untuk menahan gaya, tekanan dan mengeluarkan benda jadi dari cetakan.

2. Injection

Sebelum penginjeksian, material plastik masih dalam bentuk butiran-butiran serbuk yang mudah tersumbat. Kemudian material dalam bentuk butiran tersebut dimasukan kedalam *hopper* pada unt injeksi. Material plastik diproses dalam silinder yang dipanaskan hingga mencair. Kemudian silinder bekerja

dengan *motorized screw* yang berfungsi untuk mencampur dan mengaduk material plastik yang sudah meleleh tersebut serta menekannya sampai pada ujung silinder.

Setelah material cukup untuk diakumulasikan pada bagian ujung *screw*, proses injeksi bekerja. Material plastik yang sudah berada pada ujung *screw* kemudian dimasukkan atau diinjeksikan ke dalam cetakan melalui *sprue bushing*. Tekanan dan kecepatan injeksi pada saat proses berlangsung dikontrol oleh *screw.*

3. Dwelling

Dwelling merupakan langkah penghentian sementara proses injeksi. Material plastik yang sudah diinjeksikan ke dalam cetakan dengan pemberian tekanan tertentu harus dipastikan mengisi ke semua bagian *cavity* (rongga cetakan). Proses ini untuk menghindari adanya cacat produk akibat keropos atau *weld.*

4. *Cooling* (Pendinginan)

Material plastik yang sudah mengisi cetakan dan membentuk benda sesuai cetakan, lalu didinginkan dengan temperatur tertentu agar material plastik cepat menjadi solid atau mengeras.

5. *Mold Opening* (Pembukaan cetakaan)

Material yang sudah mengeras didinginkan menjadi produk. Dua buah cetakan kemudian dibuka dengan peralatan *clamping plate* dan *setting plate.*

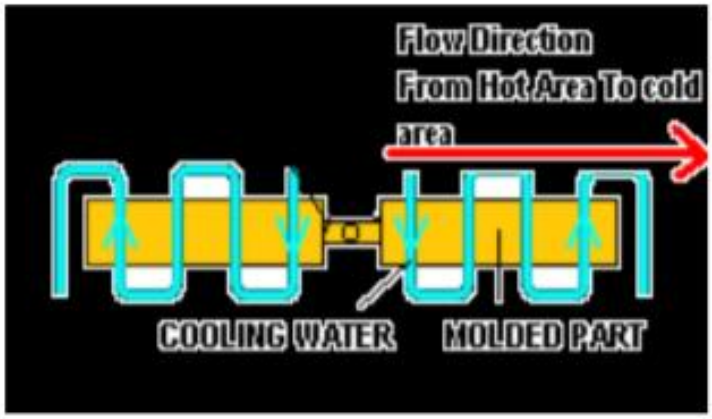
6. Ejection

Langkah terakhir adalah mengeluarkan benda jadi dari dalam cetakan agar proses penginjeksian berikutnya dapat dilakukan. Pada langkah *ejection* biasanya, desain-desain *molding* tertentu digunakan untuk memotong *runner* dan *sprue* dari material plastik. Dengan demikian maka benda hasil *molding* tidak perlu dilakukan pekerjaan lanjutan pemotongan *runner* dan *sprue*. Untuk tujuan dan desain tertentu, terkadang *runner* dan *sprue* tidak dipotong secara langsung pada saat proses *ejection*.

Setelah langkah-langkah tersebut bekerja dan menghasilkan produk *molding*, maka dilanjutkan dengan proses berikutnya dengan langkah yang sama secara berulang-ulang hingga mencapai jumlah produksi yang dikehendaki.

2.2.10 Pendingin (*cooling*) *mold*

Temperatur *mold* sangat berpengaruh pada proses produksi. Misalnya, jika temperatur *mold* terlalu rendah, maka aliran cairan plastik ke *runner* maupun *gate* tidak lancar, yang mengakibatkan tidak bias dilakukannya pengisisan ke cetakan. Sebaliknya, jika temperatur *mold* terlalu tinggi maka pendinginan-pengerasan cairan plastik akan memerlukan waktu yang lama dan menyebabkan *cycle time* menjadi panjang. Prinsip kerja pendinginan adalah dari daerah yang panas (dekat *gate*) ke daerah yang dingin. Pada gambar 2.18 menunjukan daerah yang panas di dinginkan terlebih dahulu, sehingga pendinginan akan merata.



Gambar 2. 18 prinsip kerja pendinginan

(sumber: Nakazawa, 2010)

BAB 3
METODE PENELITIAN

3.1 Alat dan bahan

3.1.1 Alat Perancangan

Alat yang digunakan dalam perancangan penghapus papan tulis dan perancangan konstruksi *mold,* menggunakan beberapa alat sebagai berikut:

1. Leptop

   Leptop yang digunakan adalah Asus X550 IU dengan spesifikasi sebagai berikut:

Tabel 3.1 Spesifikasi Asus X550IU

Operation system	Windows 10
Processor	AMD
CPU	AMD FX 9830P
Installed memory	8.00 GB
VGA	RX 460

2. Software perancangan dan simulasi produk

Software yang digunakan untuk perancangan dan simulasi adalah Autodesk Inventor 2018.

3.1.2 Bahan Perancangan

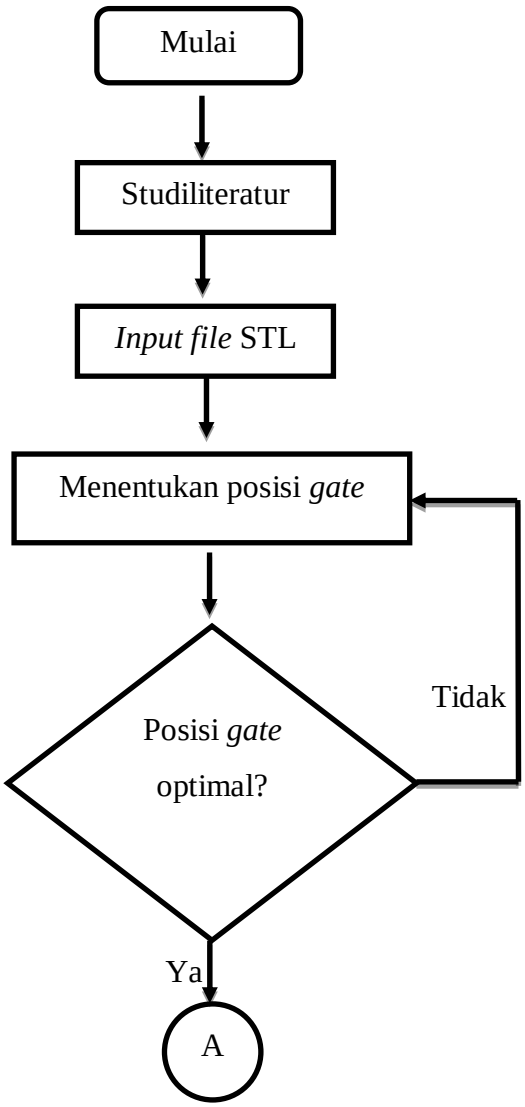
Produk yang dirancang adalah penghapus papan tulis *whiteboard* dengan mengambil ukuran dan dimensi yang sama. Material yang digunakan pada simulasi adalah material *polypropene* (PP). gambar produk penghapus papan tulis *whiteboard* dapat dilihat pada gambar 3.1.

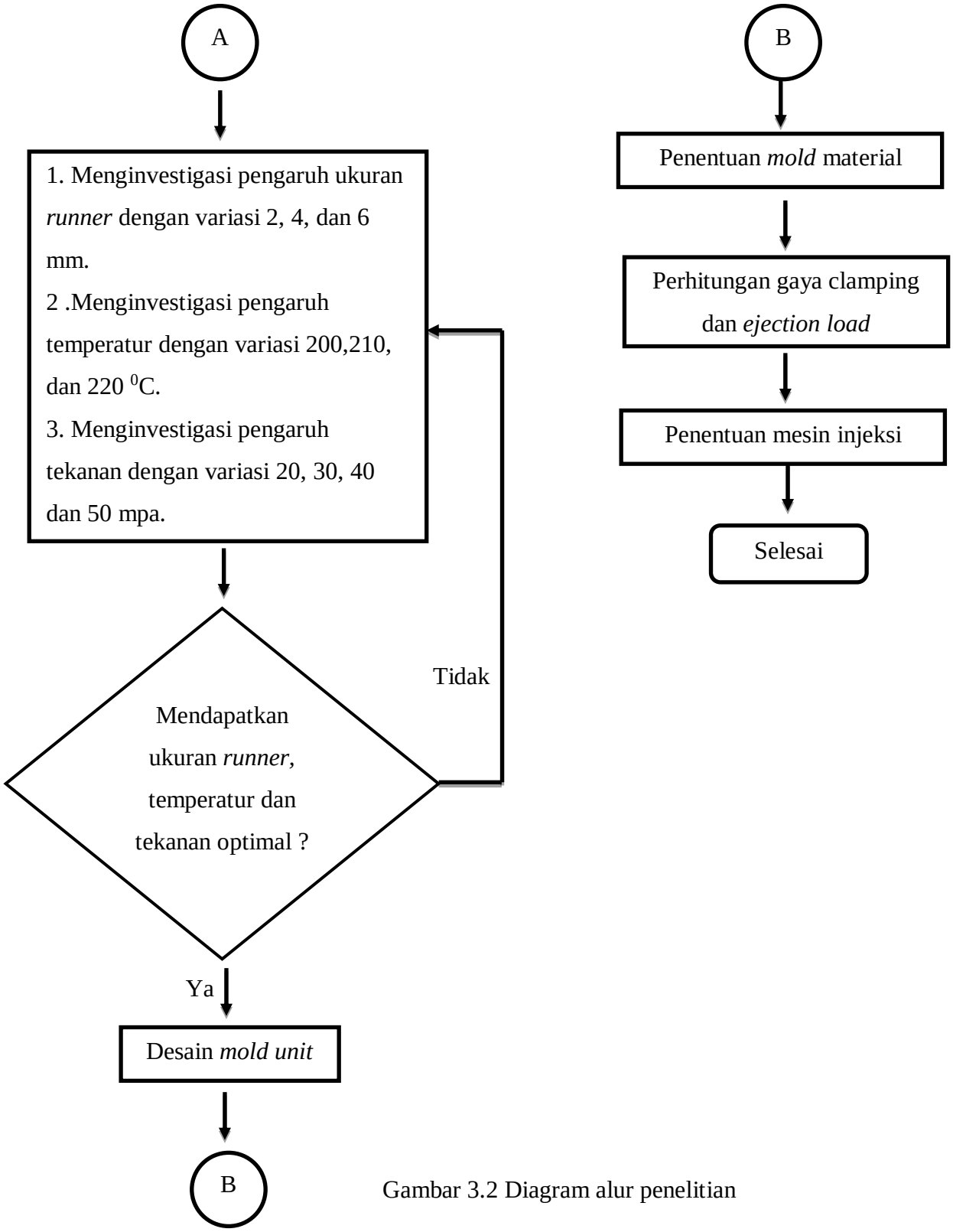


Gambar 3.1 Produk penghapus *whiteboard*

3.2 Alur Penelitian

Adapun alur penelitian Agar mempermudah dalam melakukan penelitian, penulis membuat alur penelitian seperti ditunjukkan pada gambar 3.2 berikut ini.





Gambar 3.2 Diagram alur penelitian

3.3 Studi literatur

Studi literatur dilakukang dengan cara mengumpulkan pustaka-pustaka yang berkaitan dengan pembuatan *molding unit* yang kemudian akan dipilih beberapa pustaka untuk dijadikan acuan dalam pembuatan *mold*.

Menentukan produk yang akan dibuat *mold* dari produk tersebut memiliki pertimbangan yaitu dari segi material, kerumitan dari bentuk produk tersebut dan dimensi. Setelah produk telah ditentukan, kemudian menentukan bentuk *cavity* dan *core*, setelah *mold* di bentuk selanjutnya menentukan *mold* yang standar mengacu pada katalog dari berbagai perusahaan.

3.4 Input file .STL

Setelah desain penghapus sudah dibuat di *software* CAD langkah selanjutnya yaitu input hasil desain ke *software* CAE untuk dianalisis. Tujuan dari simulasi ini adalah untuk mengetahui hasil simulasi pengisisan produk apakah mendapatkan hasil simulasi yang optimal atau tidak.

3.5 Penentuan *Layout Runner* dan *gate*

Penentuan layout *runner* yang digunakan pada penelitian ini adalah layout *runner* standar dengan bentuk *gate* yang berbeda. Adapun Jenis *gate*-nya yaitu jenis *gate pin* dan jenis *gate tunnel*. Kedua jenis *gate* ini kemudian dianalisis seberapa cepat *gate* dan *layout runner* yang di desain mengalirkan cairan plastik yang di injeksikan.

3.6 Melakukan Analisa Aliran Cetakan

Analisa dilakukan dengan bantuan *software Autodek inventor,* yang bertujuan agar diketahui kemampuan material dalam mengisi cetakan sehingga diketahui kontruksi cetakan *(moldbase)* yang tepat untuk produk tersebut. Adapun beberapa analisis pada penelitian ini ialah ukuran diameter, pengaruh temperatur, dan pengaruh tekanan injeksi.

Ukuran diameter yang digunakan bervariasai dari ukuran diameter 2, 4 dan 6 mm. Dengan setting temperatur dan tekanan yang sama yaitu 210^0C dan 40 mpa.

Kemudian temperatur yang digunakan pada penelitian ini adalah 200, 210 dan 220 ^{0}C dengan tekanan injeksi konstan 40 mpa menggunakan diameter *runner* sebesar 6 mm. pengujian pada tekanan pun sama yang membedakanya pada pengujian tekanan ialah tekanan yang diberikan bervariasi dari 20, 30, 40 dan 50 mpa dengan temperatur yang konstan 210^0C menggunakan *runner* ukuran 6 mm.

Adapun tujuan dari simulasi ini, untuk mengetahui cacat apa saja yang terjadi selama proses injeksi dan apakah temperatur, tekanan dan diameter *runner* mendapatkan hasil yang optimal pada proses *filling time*.

3.7 Desain *Mold*

Desain *mold* yang digunakan pada penelitian ini adalah desain *mold* standar *moldbase* yang mengikuti katalog Futaba. Pada katalog Futaba yang menjadi acuan dalam desain ini adalah tipe SA-S 350 x 350 mm. Tipe *mold* yang berada di dunia industri ada dua yaitu *two plates mold* dan *three plates mold*. dalam penelitian ini *system mold* yang digunakan adalah *mold* dengan *system two plates mold*.

3.8 *Mold* material

Material *mold* yang digunakan pada desain *mold* dengan sistem *two plates mold* adalah sebagai berikut:

Tabel 3.2 *Mold* material

ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	MASS
29	1	desain 3 part_part dion kanan tampak depan_CR_1		Generic	0,101 kg
18	1	desain 3 part_part dion kanan tampak depan_CV_1		Generic	0,257 kg
23	6	AH 7 -160	Ejector pins-hardened	DIN 1.2210	*Varies*
26	1	desain 3 part_part 4 dion_CR_1		Generic	0,101 kg
19	1	desain 3 part_part 4 dion_CV_1		Generic	0,183 kg
13	1	Generic1 Angle Pin10x60	Guide Pillar	DIN 1.0401	0,017 kg
5	1	Generic1 Locking Heel20x10x20	Locking Heel	DIN 1.2162	0,061 kg
10	1	Generic1 Guide Strip14x70_L	Guide Rail	DIN 1.2842	0,064 kg
14	1	Generic1 Slider70x40x20	Slider	DIN 1.2343	0,426 kg
11	1	Generic1 Guide Strip14x70_R	Guide Rail	DIN 1.2842	0,064 kg
28	1	desain 3 part_desain dion penutup (1)_CR_1		Generic	0,094 kg
27	1	desain 3 part_desain dion penutup (1)_CV_1		Generic	0,106 kg
1	1	DC-OH-RSP-350x330x30	Runner Stripper Plate	S 55 C	25,786 kg
16	4	M-GPA30x112x34	GUIDE PIN	SUJ 2	0,635 kg
25	1	DC-BCP-350x400x30x270	Bottom Clamping Plate	S 55 C	32,505 kg
7	4	M-RPN25x100	Return Pin	SUJ 2	0,392 kg
17	1	DC-ERP-350x210x20	Ejector Retainer Plate	S 55 C	11,093 kg
9	4	M-SPN30x270	Support Pin	SUJ 2	1,459 kg
8	4	M-GBB 30x29	GUIDE BUSH	SUJ 2	0,150 kg
2	1	DC-S-OH-AP-350x330x80	Cavity Plate	S 55 C	63,723 kg
12	1	DC-S-OH-BP-350x330x35	Core Plate	S 55 C	28,000 kg
4	4	JIS 1176 M10x30	Cylinder Head Cap Screw	Steel, Mild	0,032 kg
20	1	DC-OH-TCP-350x400x45x264	Top Clamping Plate	S 55 C	47,906 kg
6	8	M-GBA 30x79	GUIDE BUSH	SUJ 2	0,442 kg
3	1	DC-EP-350x210x25	Ejector Plate	S 55 C	14,292 kg
30	2	DC-OH-SB-350x330x90	Spacer Block	S 55 C	12,139 kg
15	6	JIS 1176 M14x120	Cylinder Head Cap Screw	Steel, Mild	0,175 kg
22	1	Z51/24x76/4,5	Sprue Bushing	1.2826	0,561 kg
21	1	LR-100-36	Locating Ring	S 45 C	0,737 kg
24	1	AH 2 -160	Ejector pins-hardened	DIN 1.2210	0,003 kg

3.9 Perhitungan Desain

Tahapan perhitungan, dilakukan setelah mengidentifikasi produk. Adapun perhitungan yang dilakukan pada perancangan ini, sebagai berikut:

1. *Ejection system*, perhitungan yang dilakukan meliputi diameter dan jumlah *ejector* apakah aman digunakan untuk menahan gaya.
2. *Calmping force*, perhitungan yang dilakukan untuk mengetahui tekanan *clamping* dari mesin yang digunakan.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Identifikasi Produk

Syarat dari perancangan *mold* adalah mengetahui terlebih dahulu data produk yang diperlukan untuk menentukan rancangan cetakan. Tabel 4.1 menunjukan data produk dan pada tabel 4.2 menunjukan daftar tuntutan perancangan. Tabel 4.3 menunjukan karakteristik *polypropylene.*

Tabel 4.1 Data Produk

Data Produk	
Nama	Penghapus papan tulis *whiteboard*
Warna	Putih
Material	*Polypropylene*
Dimensi produk	140 mm x 60 mm x 68 mm
Tebal produk	1 mm
Berat produk	5 gram

Tabel 4.2 Daftar Tuntutan Perancangan

Daftar Tuntutan	
Jenis *mold*	*Two plate mold*
Jenis *gate*	*Tunnel*
Jumlah *cavity* dan *core*	3
Standar *moldbase*	Futaba

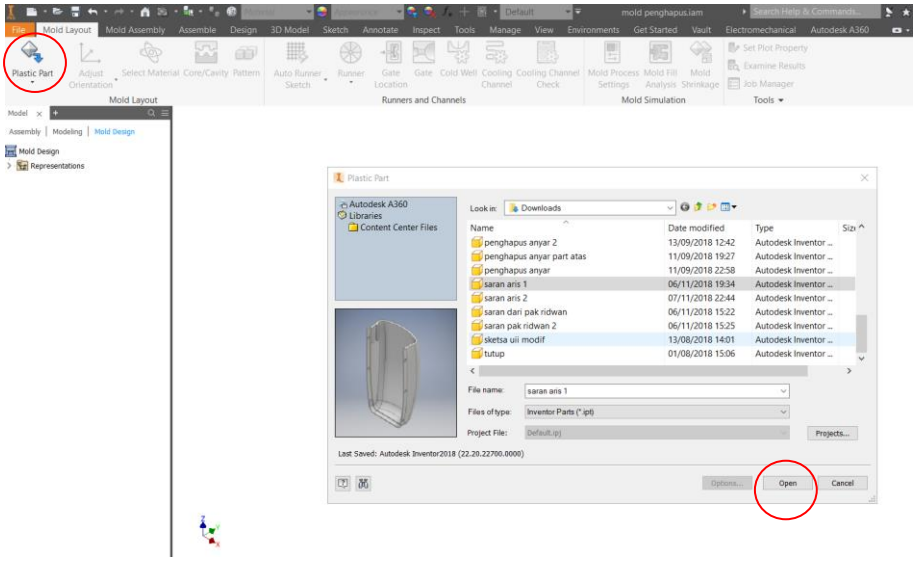
Tabel 4.3 karakteristik *polypropylene*

Berat jenis	gr/ cm^2	0.9 – 0.91
Mold temperature	^{0}C	30 – 60 ^{0}C
Melt temperature	^{0}C	191 – 232 ^{0}C
Pressure injection	mpa	20 - 90

4.1.1 Prosedur Simulasi *Filling Time* Menggunkan Autodesk Inventor

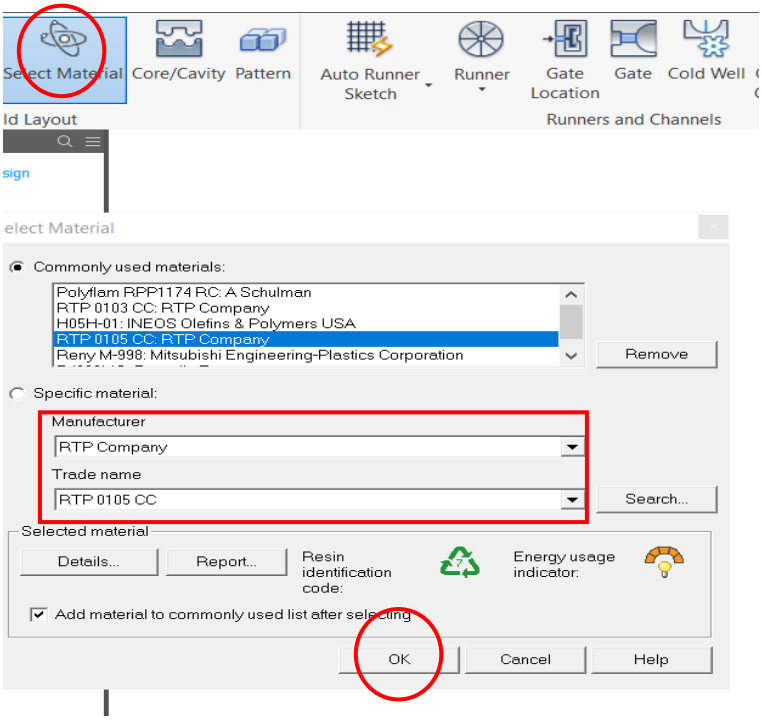
langkah-langkah dalam melakukan simulasi *filling time* pada *software* Autodesk inventor 2018 adalah sebagai berikut:

1. Buka Autodesk inventor
2. Pilih **New > Mold Design > Create**
3. Klik **Plastic Part > File *.ipt > Open**



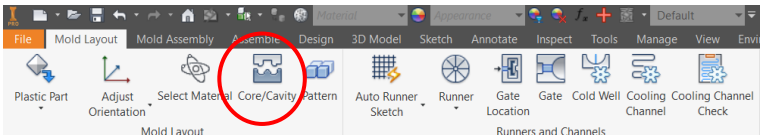
Gambar 4.1 *Import part*

4. Selanjutnya pilih material, **Select Material > Pilih Jenis Plastik > Klik Ok**
   Misalkan memilih material plastik yang digunakan RTP 0105 CC dari pabrikan RTP Company seperti pada gambar 4.2.



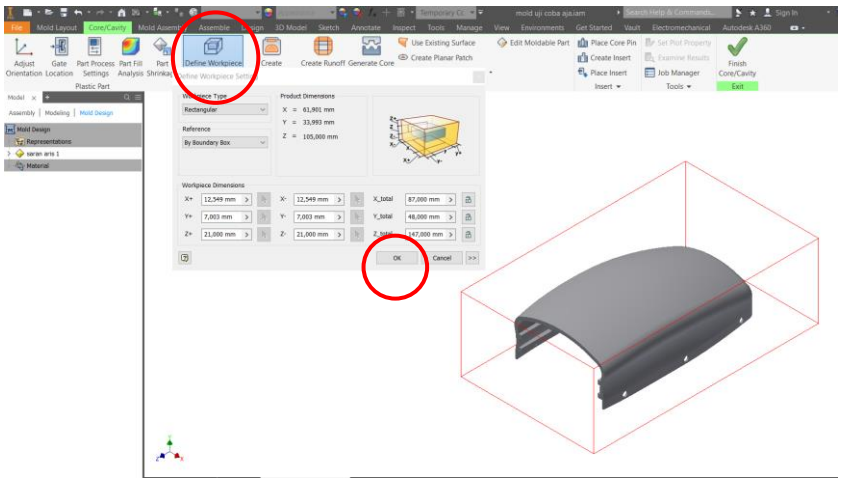
Gambar 4.2 Pemilihan materia

5. Kemudian untuk pembuatan *cavity* dan *core* klik **Core/Cavity** seperti pada gambar 4.3.



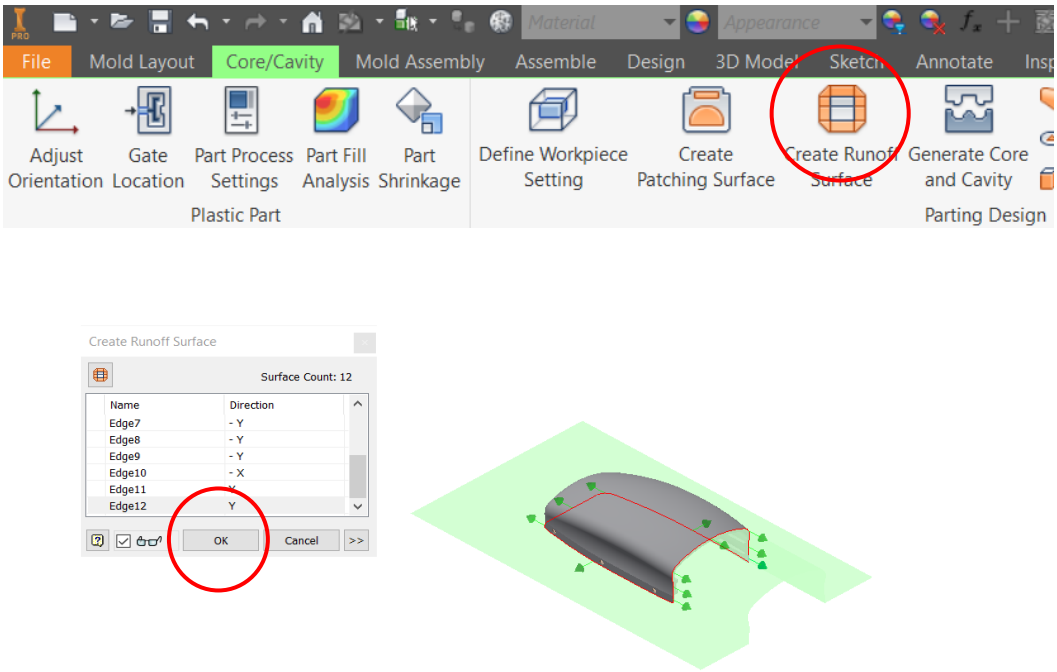
Gambar 4. 3 Pembuatan *Cavity* dan *Core*

6. Lalu klik **Define Workpiece Setting** pada tab *cavity/core* untuk menentukan dimensi PxLxT *master* cetakannya. Kemudian klik Ok Seperti pada gambar 4.4.



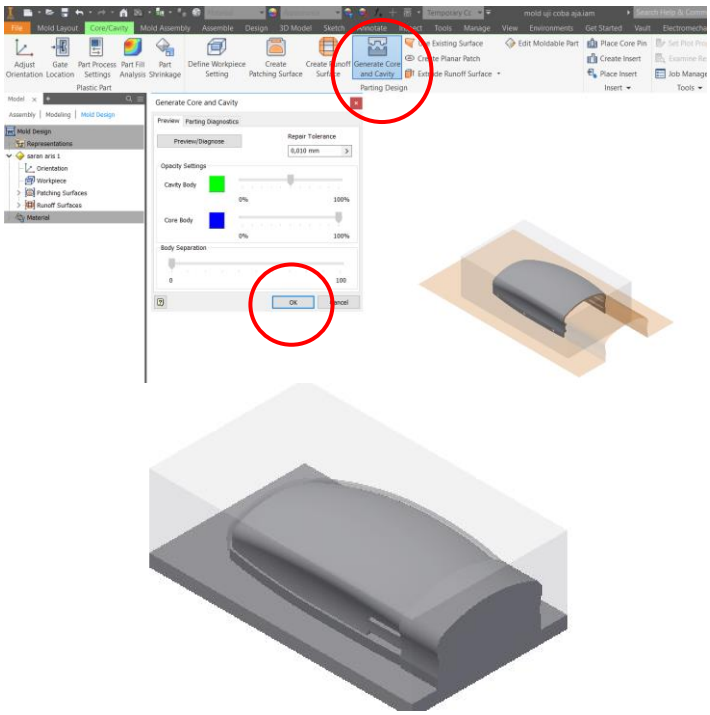
Gambar 4.4 *Setting workpiece*

7. Selanjutnya klik **Create Runoff > Ok.** *Create runoff* berfungsi untuk membentuk *cavity* dan *core* terlihat pada gambar 4.5.



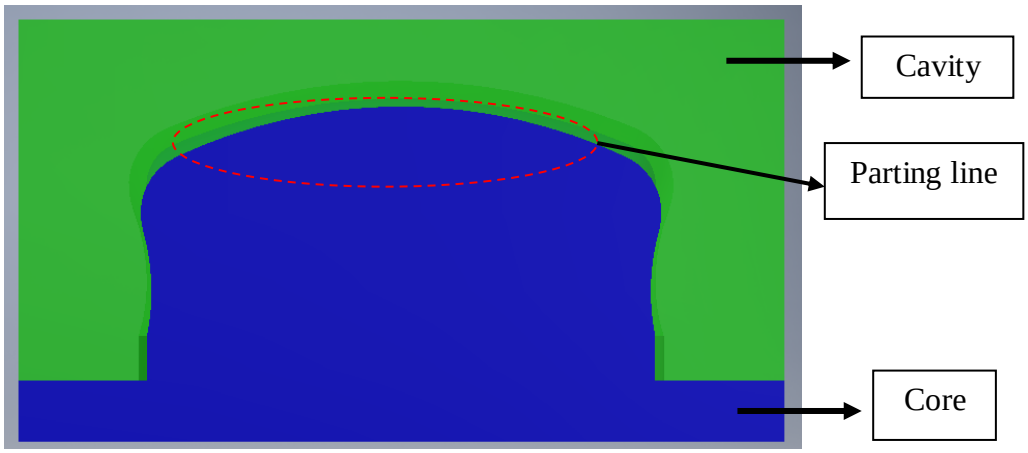
Gambar 4.5 *Penentuan runoff surface*

8. Selanjutnya klik **Generate Core and Cavity > Ok** untuk membuat cavity dan core seperti pada gambar 4.6.

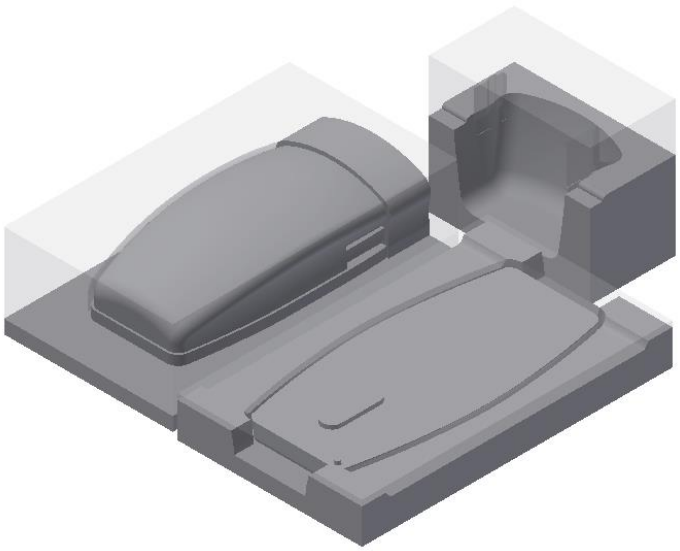


Gambar 4.6 Pembentukan *cavity* dan *core*

9. Penetuan *Parting line* adalah garis yang memisahkan antara *cavity* dan *core* atau garis yang memungkinkan cetakan membuka dan menutup selama proses injeksi *molding*. Pada gambar 4.9 *parting line* dari sebuah produk ditunjukan pada perbatasan antara warna hijau dan biru.



10. Langkah 1 sampai 8 diulangi kemudian pilih *part* yang berbeda untuk memasukan bagian-bagian dari pengahpus *whiteboard* seperti pada gambar 4.7.



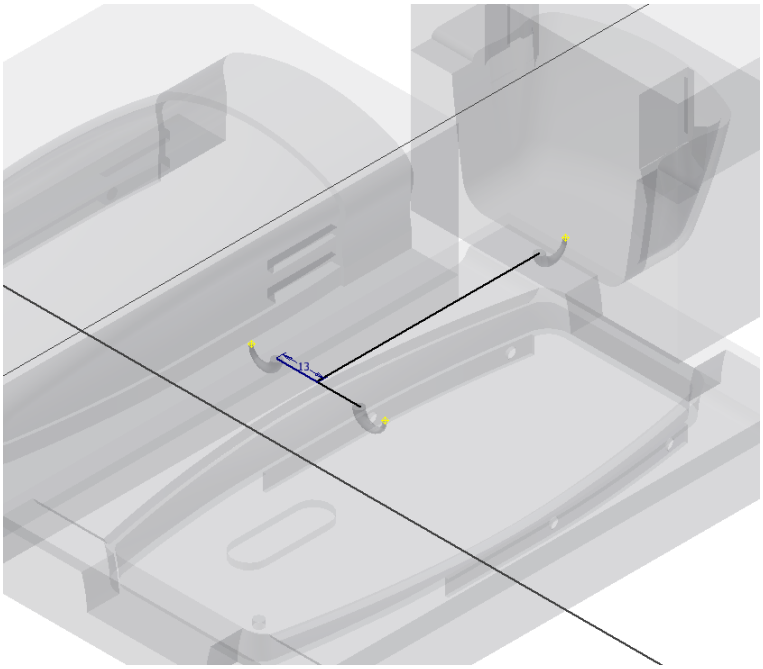
Gambar 4. 7 *Cavity* dan *core* penghapus *whiteboard*

11. Untuk pembuatan *gate* hal yang pertama kali dilakukan adalah klik **Gate Location** untuk menentukan lokasi gate sebagai tempat masuknya cairan plastik kedalam cetakan. Kemudian klik ok Seperti pada gambar 4.8.



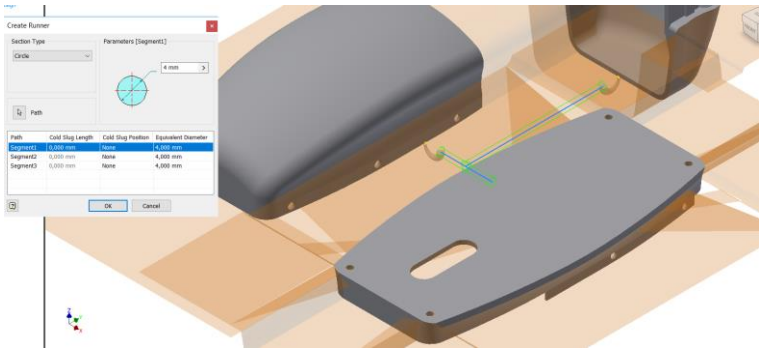
Gambar 4.8 *Gate location*

12. Selanjutnya untuk membuat *runner* atau jalan plastik cair dari mesin injeksi klik **Auto Runner Sketch** untuk membuat sketsa *runner* yang digunkan. Seperti pada gambar 4.9.



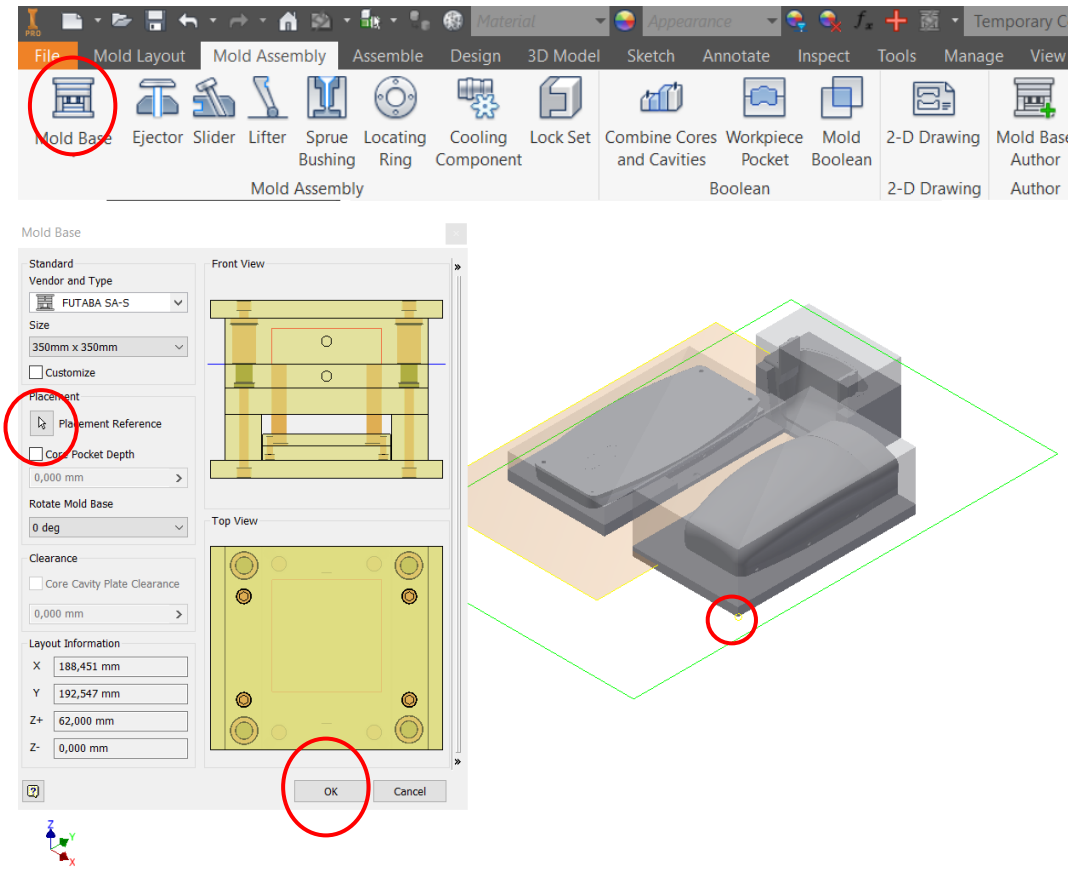
Gambar 4.9 Pembuatan *runner sketch*

13. Kemudian untuk membuat *runner* klik **Runner** kemudian pilih diameter *runner* dan *setting cold slugh position* pilih *none* kemudian klik ok seperti pada gambar 4.10.



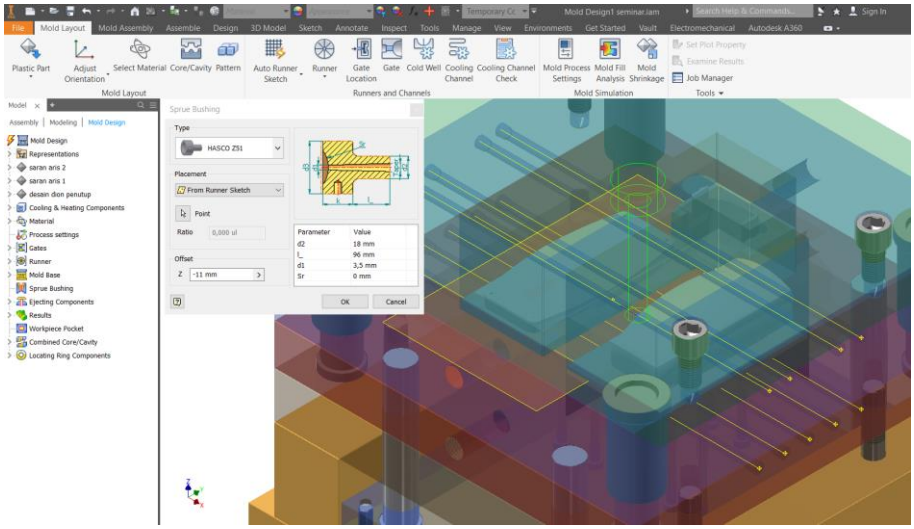
Gambar 4.10 Pembuatan *runner*

14. Langkah selanjutnya yaitu pembuatan *sprue.* Hal yang dilakukan untuk membuat sprue adalah mendesain terlebih dahulu *moldbase***.** Klik **MoldBase > Pilih titik referensi > klik Ok** ini adalah konstruksi *jig & fixture* untuk membuat master cetakannya seperti pada gambar 4.11



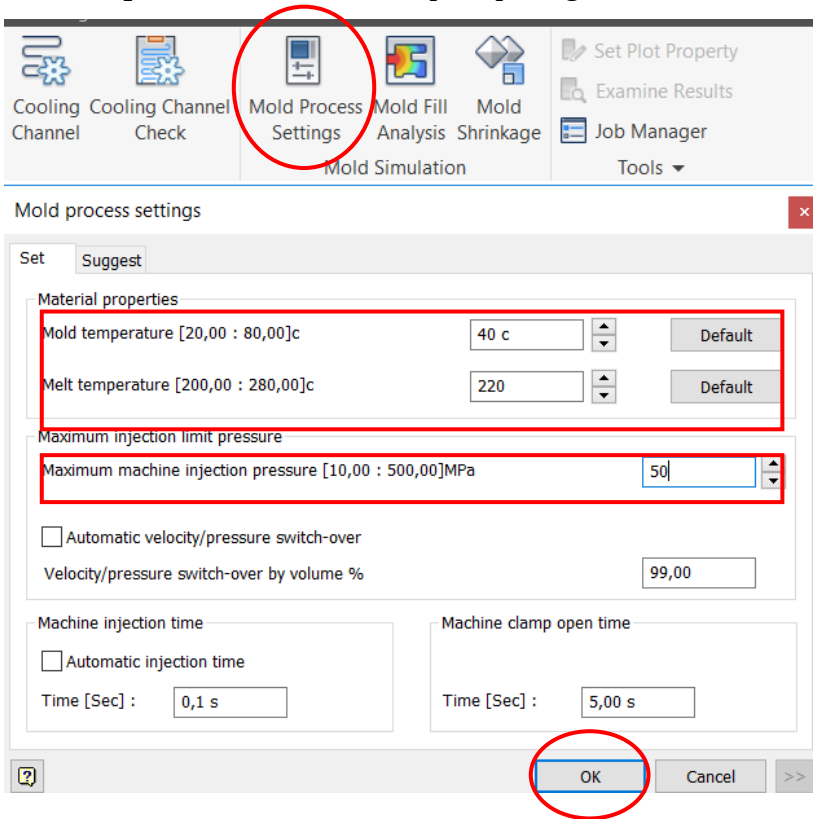
Gambar 4.11 *Setting moldbase*

15. Setelah desain *moldbase* telah dibuat kemudian klik **Sprue Bushing** untuk membuat *sprue* atau gerbang masuk cairan plastik untuk dialirkan ke *runner*. Model 3D dari *sprue bushing* terlihat pada gambar 4.12.



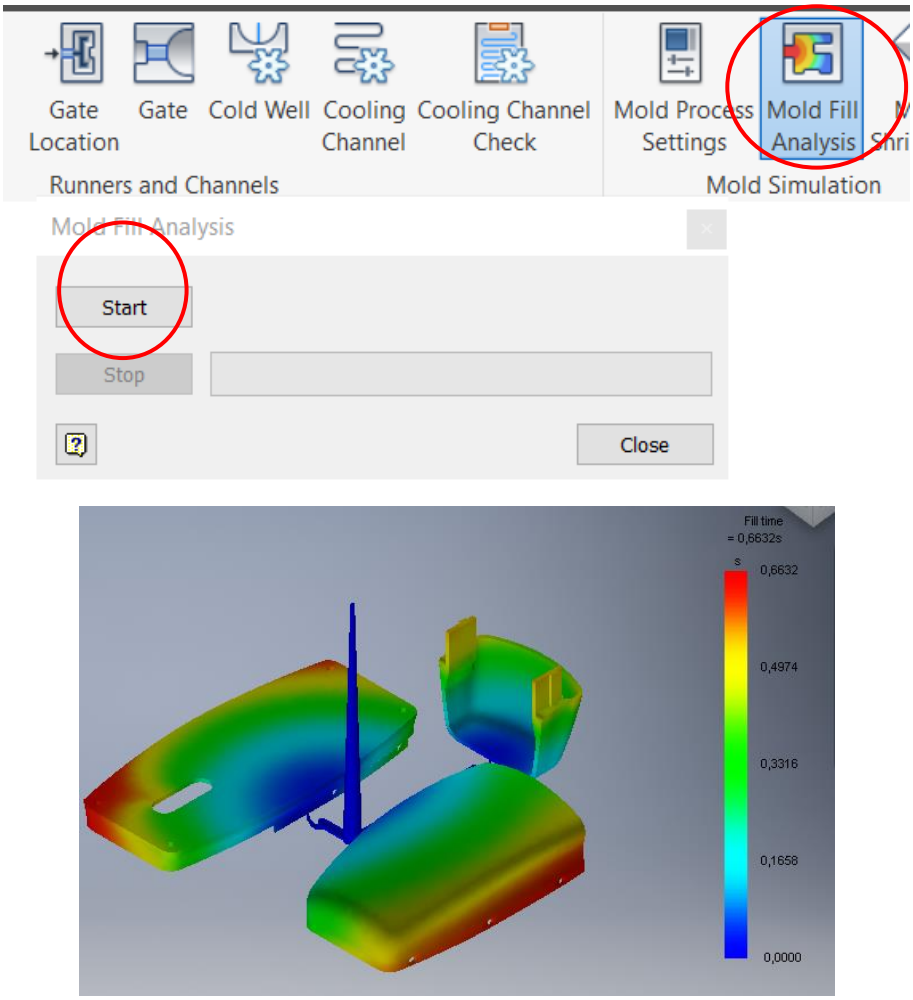
Gambar 4.12 *Setting sprue bushing*

16. Setelah *sprue bushing* telah di *setting* langkah selanjutnya **klik Mold Process Setting > Klik Melt temperature > Klik Injection Pressure > Klik Mold Temperature > klik Ok.** Seperti pada gamabar 4.13 dibawah ini.



Gambar 4. 13 Proses *setting* tekanan dan temperature

17. Langkah terakhir dari prosedur simulasi *filling time* adalah klik **Mold Fill Analysis > Star** seperti pada gambar 4.14.



Gambar 4. 14 Proses simulasi

4.1.2 Menentukan Lokasi *Gate* Terbaik

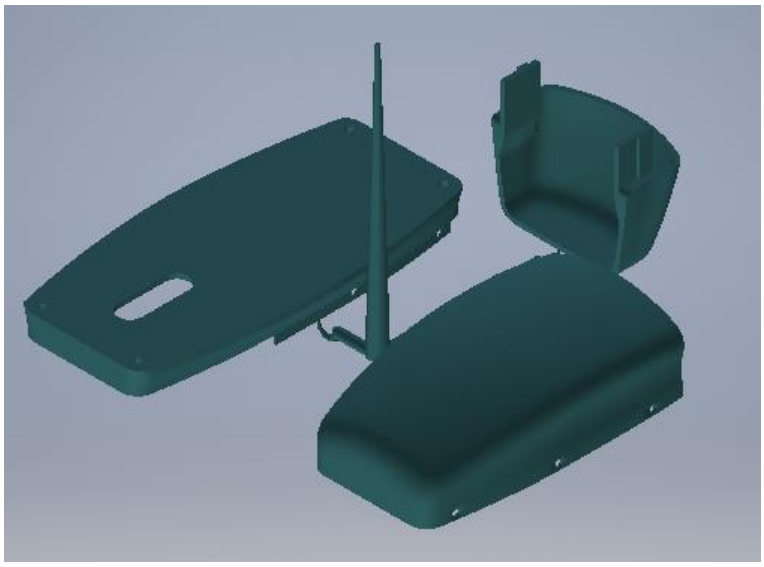
Sebelum melakukan analisis *fill time*, hal pertama diakukan ialah mendesain layout *runner*. *Layout runner* berfungsi sebagai alur masuknya cairan plastik material kedalam cetakan, sehingga membentuk sebuah produk. Pada penelitian ini *layout runner* yang di desain ada dua, dari kedua *layout* tersebut kemudian dipilih *layout* dengan waktu pengisisan yang optimal.

1. Perancangan *layout* 1

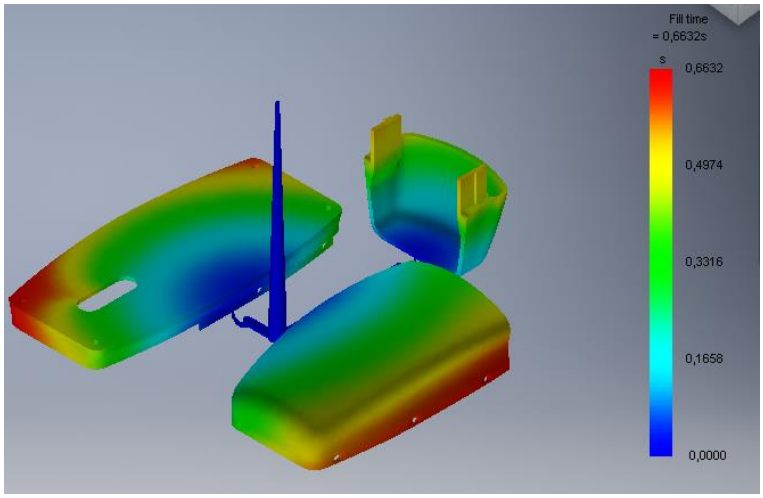
Parameter yang digunakan pada simulasi *layout* 1 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Parameter uji coba *layout* 1

Parameter yang digunakan	
Diameter *sprue*	D Awal 6 mm
	D Akhir 3.5 mm
Panjang *sprue*	116 mm
Diameter *gate*	D Awal 5
	D Akhir 3
Jenis *gate*	*Tunnel*
Diameter *runner*	4 mm
Jenis *runner*	*Circular*
Melt temperature	210 ^{0}C
Mold temperature	40 ^{0}C
Pressure injection	40 mpa



Gambar 4.15 Perancangan *Layout Runner* 1



Gambar 4.16 Hasil *fill time layout* 1

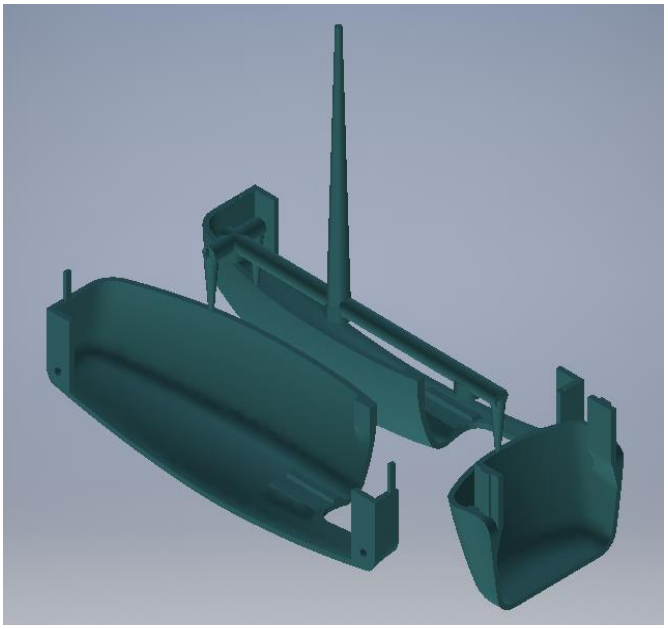
Hasil analisis *fill time* dengan parameter yang telah di*setting* ditunujukan pada tabel 4.4, menunjukan waktu atau nilai maksimum yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan adalah 0.66 detik.

2. Perancangan *layout* 2

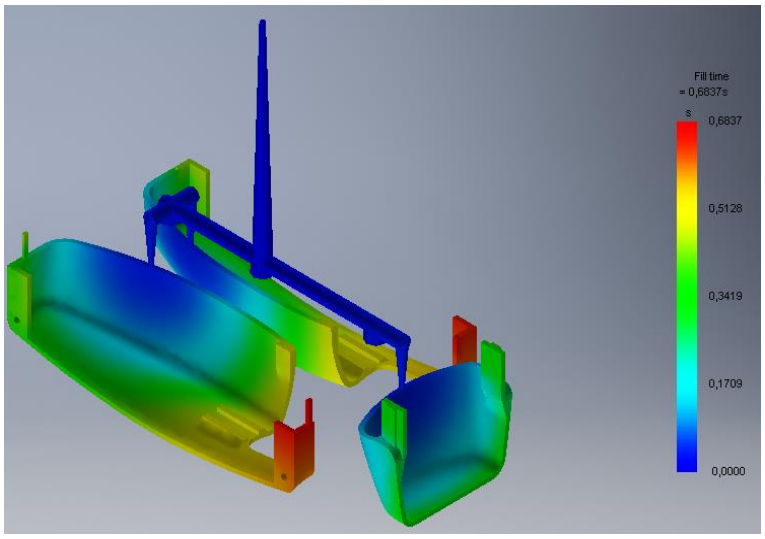
Parameter yang digunakan pada simulasi *layout* 2 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Parameter uji coba *layout* 2

Parameter yang digunakan	
Diameter *sprue*	D Awal 6 mm
	D Akhir 3.5 mm
Panjang *sprue*	100 mm
Diameter *gate*	D Awal 5
	D Akhir 3
Jenis *gate*	*Pin*
Diameter *runner*	4 mm
Jenis *runner*	*Circular*
Melt temperature	210 ^{0}C
Mold temperature	40 ^{0}C
Pressure injection	40 mpa



Gambar 4.17 Perancangan *layout* 2



Gambar 4.18 Hasil *fill time layout* 2

Hasil analisis *fill time* dengan parameter yang telah di*setting* ditunujukan pada tabel 4.5, menunjukan waktu atau nilai maksimum yang dibutuhkan untuk memenuhi cetakan adalah 0.69 detik. Dari kedua hasil analisis yang tekah dilakukan. Jenis *gate tunnel* memiliki waktu pengisisan yang optimal yaitu 0.66 detik. Gambar 4.19 merupakan letak lokasi *gate* yang disarankan dari analisis yang ditunjukan pada warna biru sangat baik dignukan untuk menempatkan *gate*. Karena menghasilkan aliran yang radial terlihat letaknya yang simetris sehingga distribusi material merata.

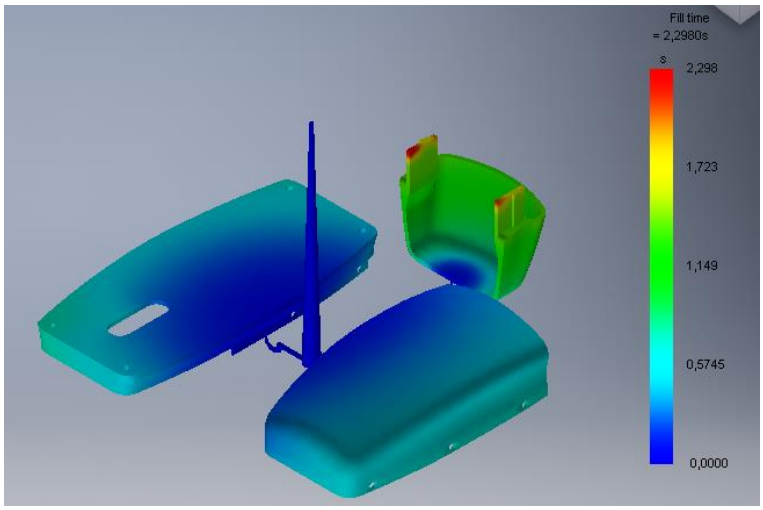
4.2 Hasil Analisis *Fill Time*

4.2.1 Pengaruh Variasi Ukuran Diameter *Runner*

Hasil analisis *fill time* dengan pengaruh variasi diameter *runner* 2,4, dan 6 mm yang ditunjukan pada gambar dibawah ini dengan *setting* temperatur konstan dan tekanan konstan. Parameter yang digunakan pada percobaan variasi ukuran diameter *runner* adalah sebagai berikut:

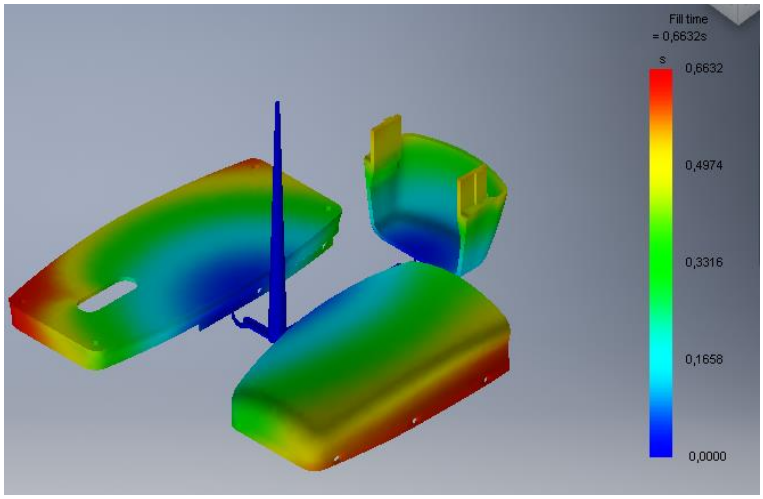
Tabel 4.6 Parameter variasi ukuran diameter

Parameter yang digunakan	
Diameter *runner*	2, 4 dan 6 mm
Mold temperature	40 ^{0}C
Pressure injecton	40 mpa
Melt temperature	210 ^{0}C



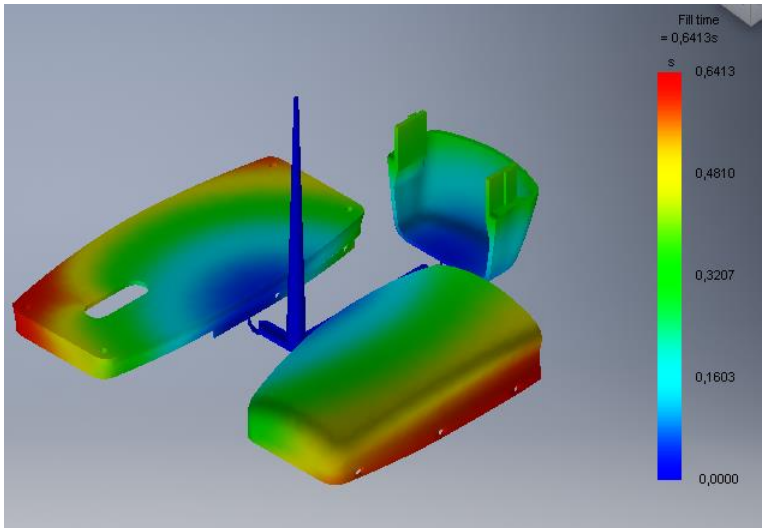
Gambar 4.19 Hasil *fill time* 2 mm

Dilihat dari hasil analisis variasi ukuran *runner* dengan diameter 2 mm di tunjukan pada gambar 4.6, diketahui bahwa hasil analisis *fill time* dengan ukuran *runner* berdiameter 2 mm memiliki waktu pengisisan cetakan selama 2.3 detik. Kecilnya ukuran diameter mengakibatkan cairan yang memasuki cetakan menjadi terhambat, karena ukuran *runner* yang terlalu kecil. Sehingga membuat proses pengisisan produk menjadi sangat lama. Pengisisan cetakan yang terlalu lama mengakibatkan kerugian bagi perusahaan.



Gambar 4.20 Hasil *fill time* 4 mm

Pada simulasi *fill time* kedua, dilakukan perbedaan ukuran *runner* 4 mm ditunjukan pada gambar 4.7 memiliki waktu pengisisan cetakan selama 0.66 detik. Perbedaan diameter *runner* sangat mempengaruhi pada saat proses *filling time*, sehingga dapat disimpulkan bahwa perbedaan ukuran *runner* dapat mepengaruhi waktu pengisisan yang cukup signifikan yaitu dari 2.3 detik menjadi 0.66 detik. Hal ini dikarenakan ukuran *runner* 4 mm tidak membuat cairan plastik terhambat sehingga pengisian optimal dan pendistribusian material lebih cepat dan merata ke seluruh rongga cetakan.



Gambar 4.21 *Hasil fill* time 6 mm

Fill time adalah waktu yang dibutuhkan material plastik untuk mengisi cetakan secara penuh. Pada gambar 4.22 ditunjukan distribusi waktu pengisian dari hasil simulasi pengisisan produk menggunakan diameter *runner* 6 mm

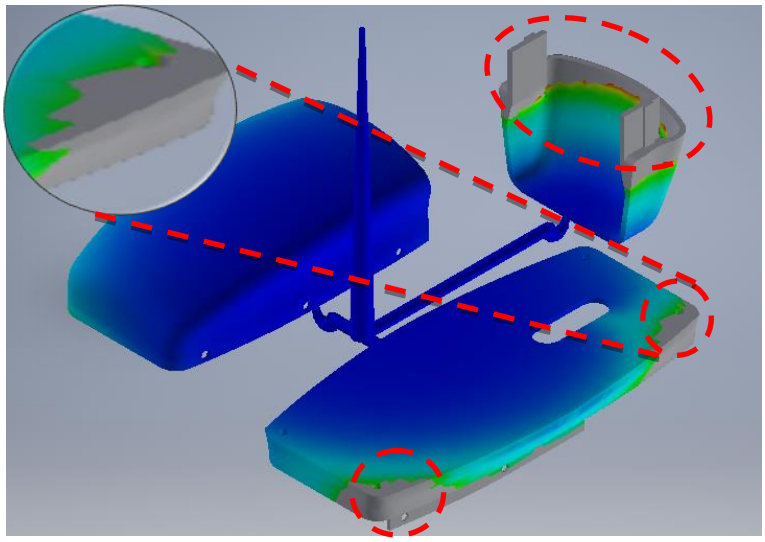
memiliki waktu pengisan selama 0.64 detik. Seperti pada hasil simulasi pengisian produk dengan diameter 4 mm yang memiliki waktu pengisisan selama 0.66 detik memiliki selisih perbedaan waktu pengisisan selama 0.02 detik. Pada perbedaan selisih tersebut terlihat beda selisih yang sangat sedikit dibandingkan dengan ukuran *runner* 2 mm yang memiliki waktu pengisian 2.3 detik, namun *runner* dengan diameter 6 mm dapat dikatakan optimal karena memiliki waktu pengisisan yang cepat. Maka dapat disimpulkan semakin besar ukuran diameter *runner* maka semakin cepat juga *filling time* nya.

4.2.2 Pengaruh Variasi Tekanan

Variasi tekanan injeksi juga mempengaruhi pada pengisian produk. Pada pengujian pengaruh tekanan terhadap *fill time* dan cacat. *Melt temperature*, *mold temperature* di*setting* konstan. Data yang dihasilkan disajikan pada tebel 4.7 dibawah ini.

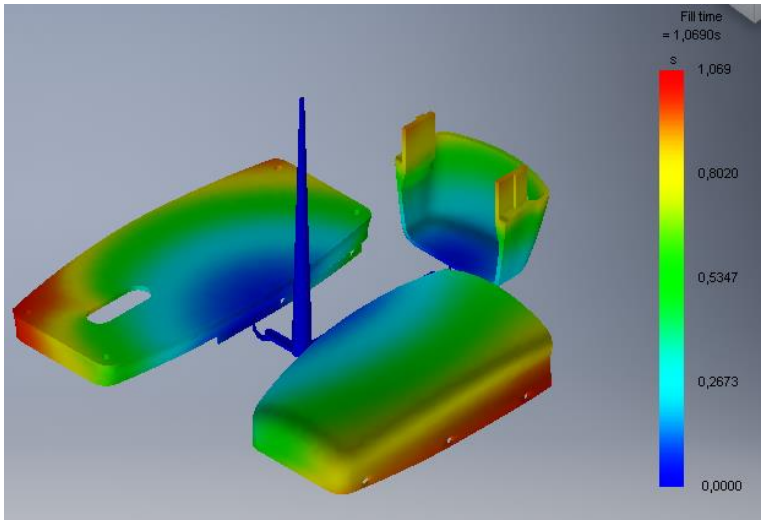
Tabel 4.7 Parameter variasi tekanan

Parameter yang digunkan	
Melt temperature	210 ^{0}C
Mold temperature	40 ^{0}C
Pressure injetion	20,30, 40 dan 50 mpa
Diameter *runner*	6 mm
Jenis *runner*	*Circular*
Jenis *gate*	*Tunnel*



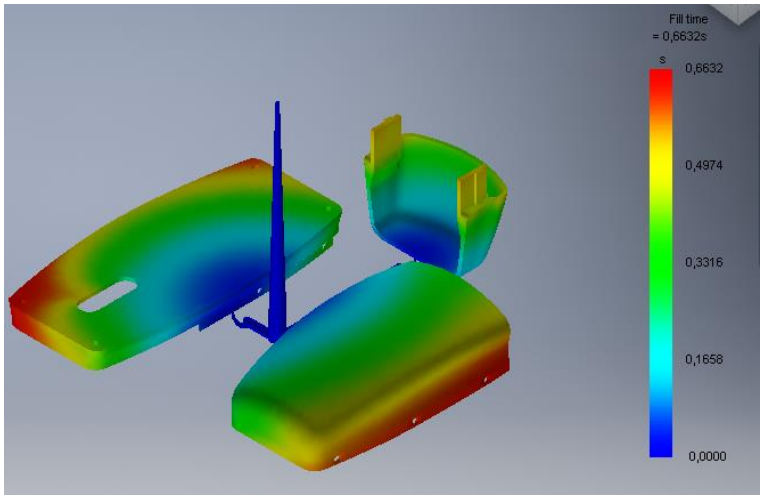
Gambar 4.22 Hasil analisis *fill time* dengan tekanan 20 mpa

Pada hasil simulasi anlisis *filling time* yang ditunjukan pada gambar 4.23 diketahui bahwa waktu pengisisan cetakan yaitu 10 detik. Pada hasil simulasi parameter proses injeksi *molding* dengan tekanan injeksi 20 mpa, *melt temperature* 210^0C, dan *mold temperature* 40 ^{0}C. Tedapat cacat yang terjadi selama proses injeksi berupa *short-shot.* Dimana cacat *short-shot* ini terjadi karena tekanan injeksi yang diberikan terlalu rendah sehingga cairan plastik sulit mengalir pada waktu proses pengisisan plastik kedalam rongga cetakan. Maka dapat di simpulkan bahwa *setting* parameter tekanan injeksi sangat berpengaruh terhadap pengisisan produk. Untuk mengatasi cacat *short-shot* ini dapat dilakukan dengan cara menaikan tekanan injeksi yang digunakan. Tekanan yang rendah menyebabkan material yang masuk terlalu sedikit sehingga tidak dapat memenuhi rongga cetakan yang telah didesain.



Gambar 4.23 Hasil analisis dengan tekanan 30 mpa

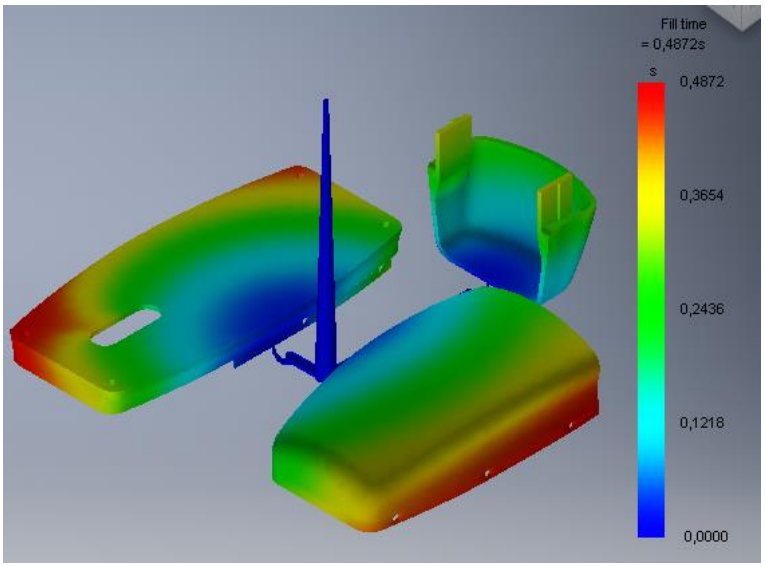
Pada hasil simulasi analisis terhadap waktu pengisian, bahwa dengan tekanan 30, mpa diperoleh waktu pengisisan selama 1.06 detik ditunjukan pada gambar 4.24. Selama proses pengisisan produk tidak terdeteksi adanya cacat pada produk. Dimana selama proses pengisian ke seluruh rongga cetak terjadi secara bertahap yang ditunjukan dengan perbedaan warna.



Gambar 4.24 Hasi analisis dengan tekanan 40 mpa

Hasil simulasi *filling time* menggunakan tekanan injeksi sebesar 40 mpa, melt temperature 210 ^{0}C menujukan bahwa pada hasil ananlisis diperoleh waktu pengisian selama 0.66 detik. Variasi tekanan injeksi sangat mempengaruhi laju aliran pengisian cetakan. Pendistribusian material pada hasil analisis menggunakan tekanan 40 mpa tidak mengindikasikan adanya *over packing*, yaitu

bagian yang sudah terisi dan terkompresi lebih sementara ada bagian lain yang masih mengalir.



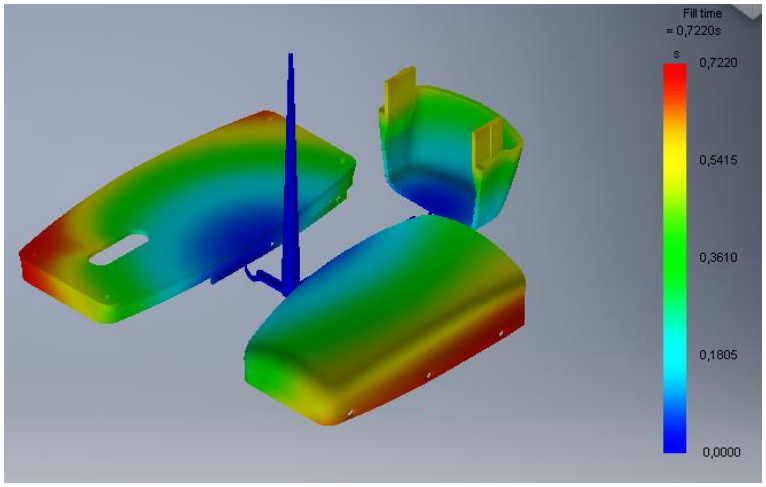
Gambar 4.25 Hasil analisis dengan tekanan 50 mpa

Pada analisis diatas semakin tinggi tekanan injeksi yang diberikan, maka semakin cepat pula pengisisan cairan plastik ke dalam cetakan. Tekanan injeksi ini sangat berpengaruh terhadap *filling time* dan cacat yang terjadi. Tekana injeksi 50 mpa merupakan tekanan yang paling optimal. Karena waktu pengisian cairan plastik lebih cepat, yaitu 0.48 detik.

4.2.3 Pengaruh Variasi Temperatur

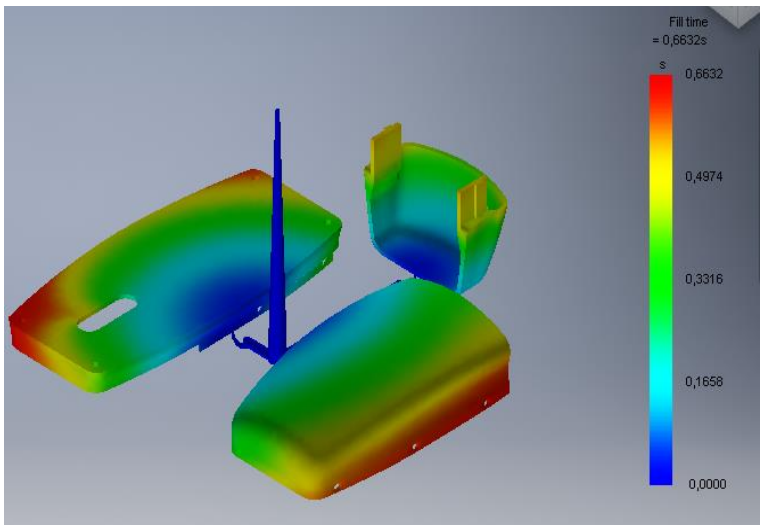
Tabel 4.8 Parameter variasi temperatur

Parameter yang digunkan	
Melt temperature	200,210, dan 220 ^{0}C
Mold temperature	40 ^{0}C
Pressure injetion	40 mpa
Diameter *runner*	6 mm
Jenis *runner*	*Circular*
Jenis *gate*	*Tunnel*



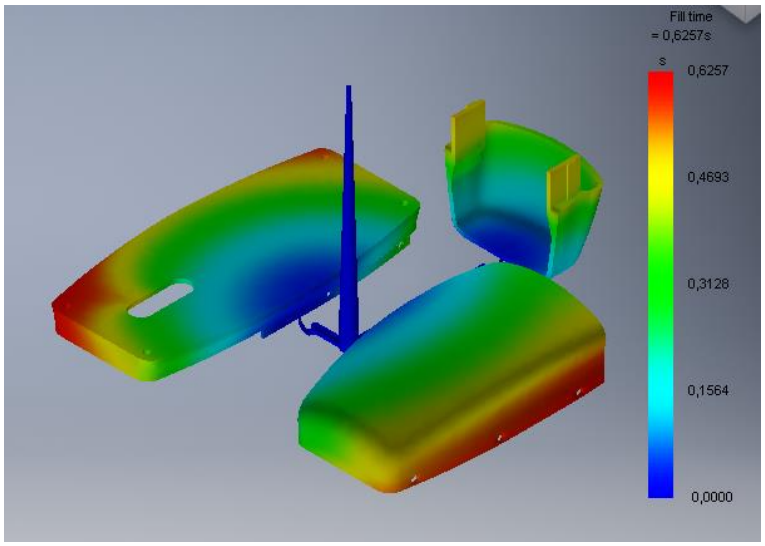
Gambar 4.26 Hasil analisis temperatur 200 ^{0}C

Pada hasil simulasi analisis terhadap *filling time* cetakan, dengan *melt temperature* 200 ^{0}C diperoleh *filling time* selama 0.72 detik ditunjukan pada gambar 4.27. Selama proses pengisisan produk tidak terdeteksi adanya cacat pada produk. Dimana selama proses pengisian ke seluruh rongga cetak terjadi secara bertahap yang ditunjukan dengan perbedaan warna.



Gambar 4.27 Hasil analisis temperatur 210 ^{0}C

waktu yang dibutuhkan material plastik leleh untuk mengisi rongga cetakan secara penuh. Pada gambar 4.28 ditunjukkan distribusi cairan plastik dari ketiga produk cetakan memiliki *filling time* selama 0.66 detik. Hal ini ditunjukkan oleh warna merah pada ujung terjauh dari produk yang merupakan bagian paling akhir yang terisi oleh plastik leleh.



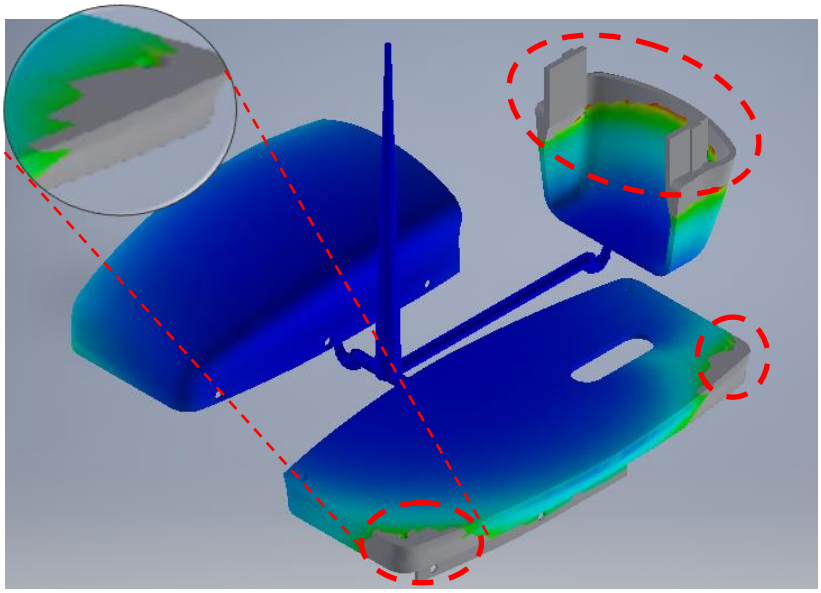
Gambar 4.28 Hasil analisis temperatur 220 ^{0}C

Pada analisis variasi temperatur yang ditunjukan pada gambar 4.29 hasil *fill time* optimal berada pada settingan 40 mpa dan *melt temperature* 220 ^{0}C yang memperoleh waktu pengisian produk selama 0.62 detik. Hasil *filling time* ini merupakan waktu tercepat dalam pengisian produk. Maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi *setting* temperatur maka semakin cepat juga waktu pengisian produk. Pada hasil analisis yang dilakukan tidak terdapat cacat *short-shot.* Ini disebakan karena temperatur yang semakin tinggi akan menghasilkan produk dengan potensi terjadinya cacat *short-shot* semakin rendah. *Setting* temperatur juga tidak boleh terlalu tinggi karena akan memberikan potensi cacat lain seperti degradasi (perubahan warna sampai terbakar) maupun *flashing.*

4.2.4 Cacat(*defect*) Yang Terjadi

1. Short-shot

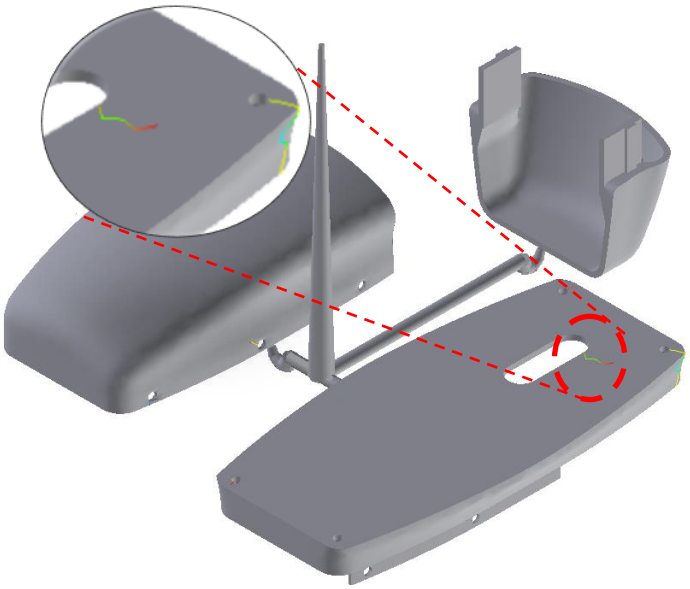
Short-shot adalah kondisi dimana kapasitas plastik tidak mampu memenuhi kapasitas cetakan atau lelehan plastik pada saat diinjeksikan mengeras sebelum memenuhi cetakan. Cacat *short-shot* di tunjukan pada gambar 4.30.



Gambar 4.29 Cacat *short-shot*

2. Weld lines

Weld lines adalah cacat sambungan pada produk yang terbentuk oleh pertemuan aliran lelehan plastik yang telah dingin. *Weld lines* dapat mempengaruhi pada kekuatan produk tersebut. Penyebab terjadinya *weld lines* diakibatkan oleh penempatan *gate* yang salah dan *setting* temperatur kurang tinggi. Cacat *weld lines* ditunjukan pada gambar 4.31 dibawah ini.



Gambar 4.30 Cacat *weld lines*

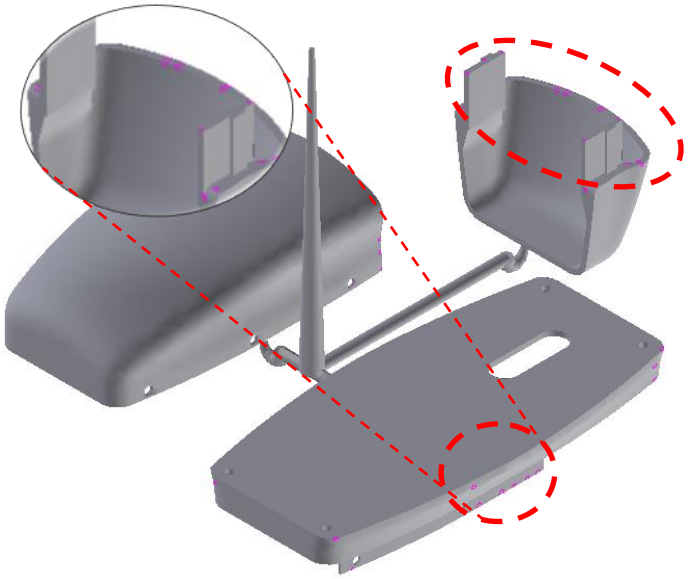
3. Air trap

Air trap adalah gelembung udara yang terperangkap dalam produk. Biasanya terjadi pada saat proses injeksi plastik kedalam mold. *air trap* dapat terjadi karena gas tercampur dengan bahan cair dalam silinder/barel. *Air trap* terjadi karena penempatan *gate* yang kurang tepat sehingga mengakibatkan adanya uap yang terjebak.

Cara mengatasi *air trap*

a. pengeringan material

sebelum di proses material harus di *drying* terlebih dahulu agar tidak ada cairan yang terjebak dalam material. *Air trap* ditunjukan pada gambar 4.32 dibawah ini.



Gambar 4.31 *Air trap*

4.3 Perancangan Mold Berdasarkan Produk Plastik

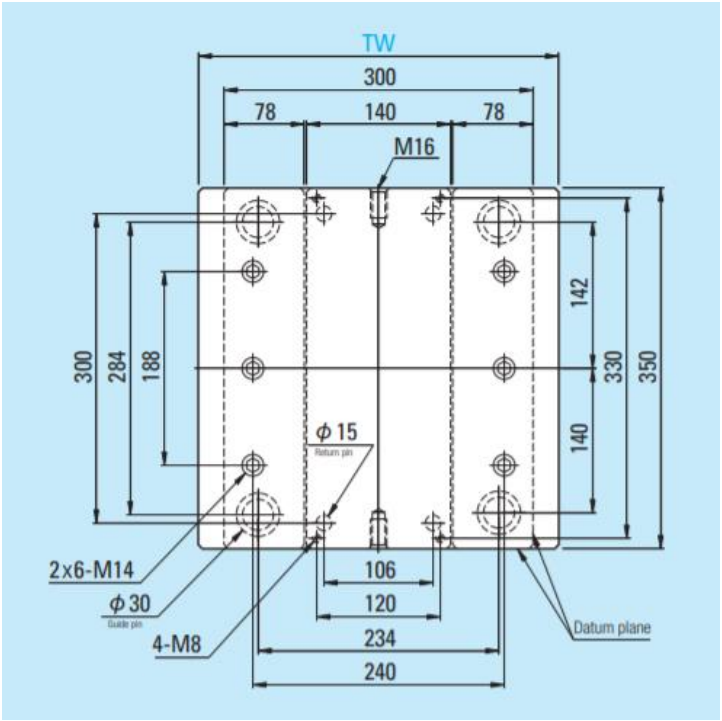
Penentuan *moldbase* dilakukan berdasarkan data hasil analisis aliran *fill time*. Dimensi *core* dan *cavity* dari produk plastik yang akan didesain, yaitu 196 x 206 mm.

4.3.1 Langkah Urutan desain

1. Moldbase

Mendesain komponen plat yang pertama kali dilakukan adalah penentuan *moldbase.* Pada produk penghapus yang akan digunakan adalah standar

moldbase Futaba SA-S *series* 3035 ditunjukan pada gambar 4.33. Adapun dasar penentuan material plat dan komponen *mold* ini mengacu pada *mold basic* desain *textbook* dengan rujukan langsung dari standar Futaba sebagai produsen pembuatan komponen *mold.*

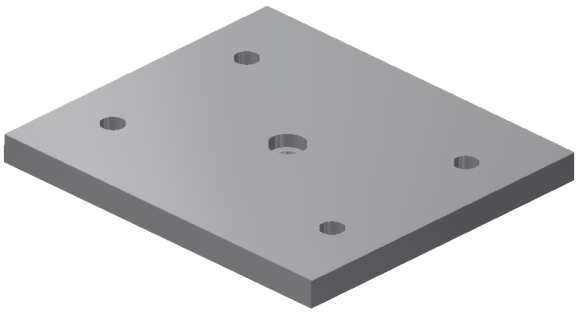


Gambar 4.32 Standar *moldbase* Futaba SA series 3035

(Sumber : *Futaba Standard Plastic Mold Component*)

2. *Top Clamping Plate*

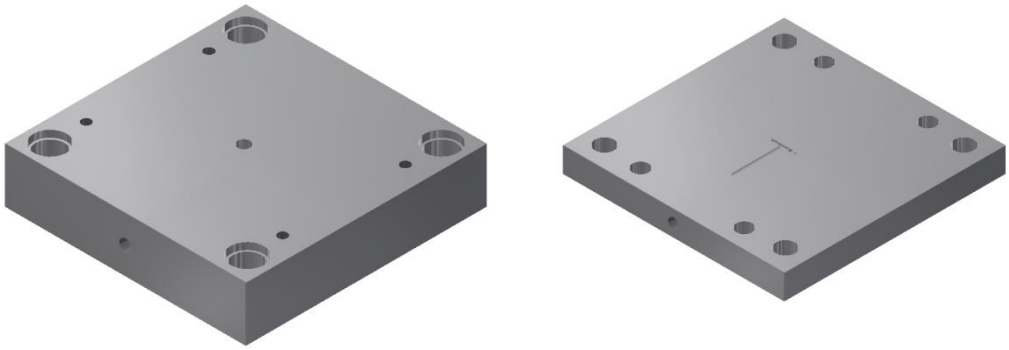
Merupakan plat utama yang berfungsi untuk mengikat keseluruhan *system plastic injection molding. Top calmping* terletak pada bagian atas (*stanionary plate* dan *movable plate*). *Top calmping* ini menggunakan material S55C yang dibuat dari bahan *carbon steel*. Gambar 4.34 menunjukan pemodelan dari *top clamping.*



Gambar 4.33 *Top Clamping Plate*

3. *Core* dan *Cavity plate*

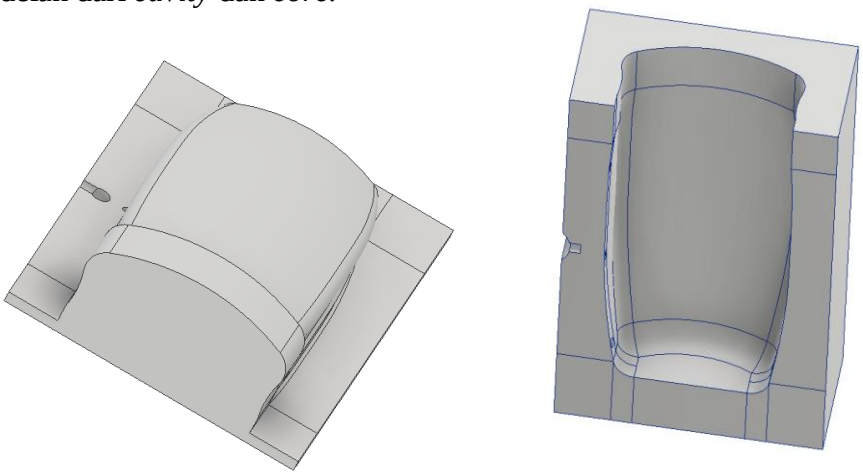
Plat yang digunkan untuk menahan *core* dan *cavity*. Gambar *core* dan *cavity plate* ditunjukan pada gambar 4.35.



Gambar 4.34 *Core plate dan Cavity plate*

4. *Cavity* dan *core*

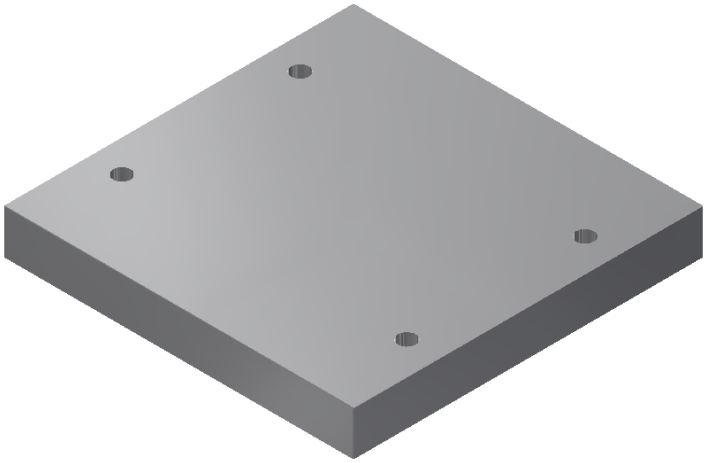
Cavity dan *core* merupakan bagian dari terbentuknya produk. *Cavity* dan *core* juga bagian ini dari *system injection molding.* Gambar 4.36 menunjukan pemodelan dari *cavity* dan *core.*



Gambar 4.35 *cavity dan core*

5. *Support plate*

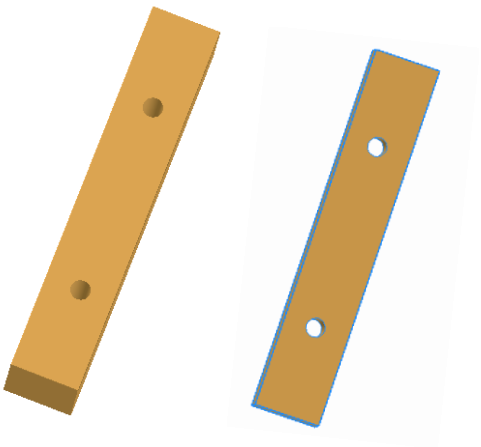
Support plate berfungsi untuk menopang atau membantu *core plate* agar tidak terjadi perubahan bentuk. Letak dari *support plate* berada dibawah *core plate.* lebar dan tingginya plat ini persis sama dengan plat diatasnya hanya ketebalan yang berbeda. Gambar 4.37 menunjukan pemodelan dari *support plate.*



Gambar 4.36 *Support plate*

6. *Spacer block*

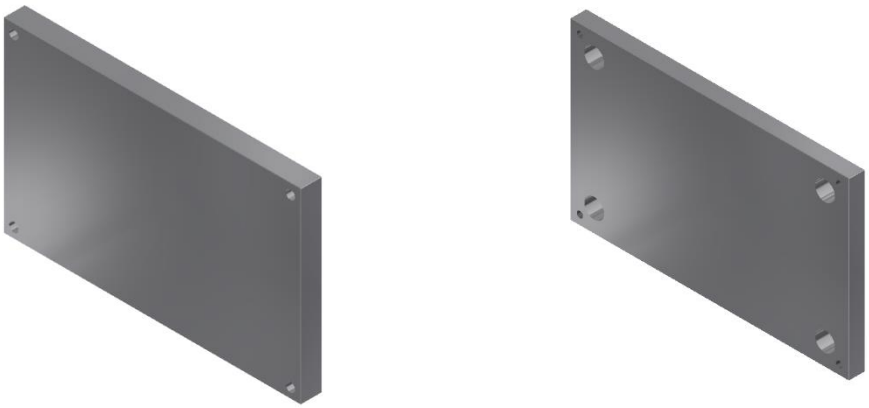
Spacer block berfungsi untuk memberikan batas celah antara *support plate* dan *clamping plate* sehingga memungkinkan *system ejector* bergerak maju mundur untuk mengeluarkan produk, gambar 4.38 menunjukan pemodelan dari *spacer block right* dan *left.*



Gambar 4.37 *Spacer block*

7. *System ejector*

System ejector terbagi menjadi dua, yaitu *ejector plat* dan *ejector retainer* yang berfungsi untuk mengikat *pin ejector* dan *return pin*. *System ejector* juga berfungsi untuk mengeluarkan produk dalam cetakan. Gambar 4.39 menunjukan pemodelan dari *system ejector.*



Gambar 4.38 *System ejector*

8. *Bottom clamping plate*

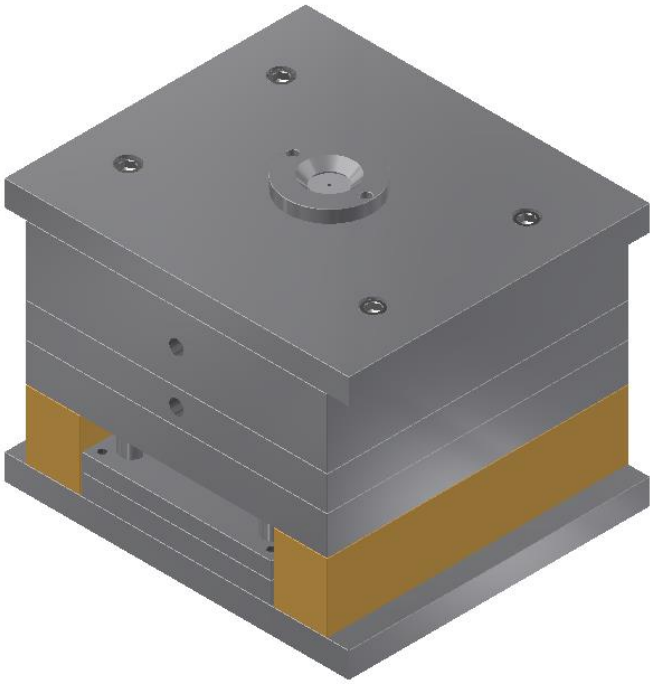
   Plat ini berada paling bawah yang mempunyai ukuran lebih besar dan lebar dibandingkan dengan plat inti. Adapun fungsi dari *bottom clamping plate* adalah untuk mengikat (menempelkan) *mold* dengan *machine movable plate*. Gambar 4.40 menunjukan pemodelan dari *bottom clamping plate.*



Gambar 4.39 *Bottom clamping plate*

4.3.2 Hasil Desain Mold

Kemudian hasil desain dijadikan menjadi satu atau di *assembly* sesuai letak yang ditentukan berikut ini konstruksi *mold* yang sudah di *assembly* dengan gambar 3D ditunjukan pada gambar 4.41 dibawah ini.



Gambar 4.40 Hasil perancangan *mold*

4.4 Penentuan *Mold* Material

Penentuan material penting dilakukan untuk menghitung kekuatan material dibeberapa konstuksi yang menerima perlakuan yang berbeda sesuai sistem kerja tiap konstruksi pada *mold*. Tabel 4.9 menunjukan *mold* material.

Tabel 4. 9 *Mold* material

No	Nama	Jumlah	Material
1.	*Cavity plate*	1	S 55 C
2.	*Core plate*	1	S 55 C
3.	*Top clamping*	1	S 55 C
4.	*Runner stripper plate*	1	S 55 C
5.	*Ejector pin hardened*	2	DIN 1.2210
6.	*Guide pin*	4	SUJ 2
7.	*Bottom clamping*	1	S 55 C
8.	*Return pin*	4	SUJ 2
9.	*Ejector retainer plate*	1	S 55 C
10.	*Support pin*	4	SUJ 2
11.	*Guide bush*	4	SUJ 2
12.	*Cylinder head*	4	STEEL,

	cap screw		MILD
13.	*Ejector plate*	1	S 55 C
14.	*Spacer block*	2	S 55 C
15.	*Sprue bushing*	1	1.2826
16.	*Locating ring*	1	S 45 C
17.	*Connector plug*	12	COPPER,CU

4.5 Hasil Perhitungan Konstruksi

4.5.1 Hasil Perhitungan *Clamping Force*

Actual injection pressure	50.000 (MPa)
Clamp force area	180.6570 (cm^2)
Max. clamp force during filling	37.815 (tonne)
Velocity/pressure switch-over at % volume	99.01 (%)
Velocity/pressure switch-over at time	0.64 (s)

Gambar 4.41 Aktual injeksi

Diketahui

P_{inj} = 50 mpa

A = 180.6 cm^2

Ditanya Fc (gaya *clamping*)?

Jawab:

Fc = P_{inj} x A

= 5000 N/cm^2 x 180.6 cm^2

= 903.000 N

= 903 kN

Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan mesin injeksi yang cocok digunakan untuk *mold unit* yang telah di desain. Hasil perhitungan *clamping force* yang dibutuhkan oleh *mold* penghapus adalah 903 kN.

4.5.2 Hasil Perhitungan Kekuatan *Ejector*

Diketahui

D *pin ejector* : 7 mm

L *pin ejector* : 160 mm

Keliling *cavity* : 5969 mm

A_p : 180.6 cm^2

Koefisien termal PP : 0.00018 ^0C

μ : 0,5

γ : 0,39

△T : *melt temperature – mold temperature*

: 210 ^0C – 40 ^0C = 170

Ematerial PP : 1379 mpa

Ematerial Din 1.2210 : 205 Gpa

St : (5969 mm x 0.00018 ^0C x 170 ^0C)

: 180 mm

Ditanyakan

1) Momen inersia?
2) Gaya *buckling?*
3) *Ejection load?*

Jawab

1) Momen inersia $= \frac{\pi D^4}{64}$

$$I = \frac{\pi (7\ mm)^4}{64} = 117.8\ mm^4$$

2) Gaya buckling $= \frac{\text{n jumlah pin x } \pi^2 \text{ x E Material DIN 1.2210 x I}}{L^2}$

$$Gb = \frac{6 \text{ x } \pi^2 \text{ x } 205000 \text{ mpa x } 117{,}8\ mm^4}{160^2}$$

$$= 55804.56 \text{ N}$$

$$= 55 \text{ kN}$$

3) Ejection load $= \frac{\text{St x E Mosulus PP x A x } \mu}{d\ x\left(\frac{d}{2\,t} - \frac{d}{4\,t}\right) x\ \gamma}$

$$= \frac{182 \text{ mm x } 1379 \text{ mpa x } 18000\ mm^2 \text{ x } 0.5}{5696\ mm\left(\frac{5696}{2\ x\ 1} - \frac{5696}{4\ x\ 1}\right) x\ 0{,}39} = 714.05 \text{ N}$$

Perhitungan ini bertujuan untuk menentukan beban kritis yang dapat diterima oleh *stipper plate*, dimana gaya *buckling* (beban *stripper*) harus

dibandingkan dengan gaya yang diperlukan untuk mengeluarkan produk dengan keliling *cavity* 5969 mm dan tebal produk 1 mm. Pada kasus ini material dari *pin ejector* ialah DIN 1.2210 dengan diameter 7 mm dan Panjang 160 mm, adapun hasil dari penentuan beban kritis yang diterima oleh *pin ejector* dimana *ejection load* < gaya *buckling* 714.05 N < 55804 N. Dengan adanya perhitungan tersebut maka *pin ejector* 7 mm aman digunkan.

4.6 Kebutuhan Mesin

Mesin yang digunakan di perusahaan adalah mesin injeksi Arburg AllRounder 570 C dengan maksimum gaya *calmping* sebesar 2000 kN. Jadi mold yang di rancang harus memiliki gaya clamping dibawah 2000 kN sesuai dengan kekuatan mesin injeksi molding yang ada. Mesin injeksi molding ditunjukan pada gambar 4.43.



Gambar 4.42 Mesin injeksi molding

Clamping unit			570 C GOLDEN EDITION
with clamping force	max.	kN	2000
Opening force | stroke	max.	kN | mm	520 | 650
Mould height, fixed | variable	min.	mm	300 | ---
Platen daylight fixed | variable	max.	mm	950 | ---
Distance between tie bars (w x h)		mm	570 x 570
Mould mounting platens (w x h)	max.	mm	795 x 795
Weight of movable mould half	max.	kg	1500
Ejector force | stroke	max.	kN | mm	66 | 225
Dry cycle time EUROMAP ²	min.	s - mm	2,6 - 399

Injection unit			800		
with screw diameter		mm	45	50	55
Effective screw length		L/D	22	20	18
Screw stroke	max.	mm	200		
Calculated stroke volume	max.	cm³	318	392	474
Shot weight	max.	g PS	291	359	434
Material throughput	max.	kg/h PS	46	53	59
	max.	kg/h PA6.6	23	27	30
Injection pressure	max.	bar	2470	2000	1650
Holding pressure	max.	bar	2470	2000	1650
Injection flow ²	max.	cm³/s	174	214	260
Screw circumferential speed ²	max.	m/min	54	60	66
Screw torque	max.	Nm	880		
Nozzle contact force | retraction stroke	max.	kN | mm	70 | 400		
Heating capacity | zones		kW	19,9 | 8		
Feed hopper		l	50		

Gambar 4.43 *Data sheet* mesin injeksi Allrounder 570 C

BAB 5
PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan *injection molding* untuk produk penghapus papan tulis *whiteboard*. Maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah dirancang sebuah *mold unit* dengan jenis *system two plates mold* untuk sebuah proses injeksi *molding* produk pengapus papan tulis *whiteboard.*
2. *Filling time* optimal pada *setting melt temperature* 210 ^{0}C, tekanan injeksi 50 mpa, *mold temperature* 40 ^{0}C, diameter 6 mm dan jenis *gate tunnel* memiliki hasil analisis *filling time selama* 0.48 detik.
3. Jenis *gate tunnel* dan jenis *runner circular* merupakan jenis *gate* dan *runner* yang optimal dan memiliki waktu *filling time selama 0.66 s.*
4. *Pin ejector* dengan diameter 7 mm aman digunkan karena *ejection load* sebesar 714.05 N < gaya *buckling* sebesar 55804.5 N.
5. Adapun cacat yang terjadi pada proses injeksi *molding* adalah *weld lines, air trap* dan *short-shot,* namun cacat tersebut tidak signifikan.

5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya

Setelah melakukan perancangan mold untuk prodak penghapus papan tulis *whiteboard* maka saran yang diberikan untuk perancangan selanjutnya adalah sebgai berikut:

1. Perancangan selanjutnya diharapkan untuk membuat *mold unit* secara lengkap dan detail secara nyata.
2. Perlu untuk mengetahui waktu yang dibutuhkan saat memproduksi produk plastik, sebaiknya untuk menghitung *cycle time.*

DAFTAR PUSTAKA

Djunarso, "Dasar mold desain," *manufaktur,* 2011.

Sugondo, "Minimalisasi Cacat dengan Pengaruh Tekanan Terhadap Kualitas Produk pada Proses Injection molding dengan Menggunakan Simulasi," *jurnal teknik mesin ,* 2007.

Menges, "how to make injection mold," Hanser, 2001.

Ega Holiyan, "Pengaruh suhu dan tekanan injeksi terhadap cacat short-shot produk polikarbonat pada mesin injeksi molding," *teknik mesin,* 2011.

Erfina Ayu, "optimasi desain mold untuk mereduksi cacat flash dan shrinkage pada produk paku kotak dengan menggunakan software simulasi moldflow," *manufaktur.* volume 8 nomor 1, 2015.

R. rudiyadi, "optimasi fill time injection molding crisper dengan bantuan software autodesk moldflow," *teknik mesin,* vol 15 no 1, 2016.

Cahyadi, "Analisis Parameter Operasi pada proses plastik injeksi molding untuk pengendalian cacat produk," *teknik mesin,* 2010.

Sendi, ''cacat-cacat pada proses injeksi moldiing'',*manufaktur,* 2012.

Hartono, "meningkatkan mutu produk plastik dengan metode taguchi," *manufaktur,* 2012.

Hakim, "pengaruh suhu,tekanan injeksi dan waktu pendinginan terhadap cacat warpage," *teknik mesin,* 2015.

LAMPIRAN 1

