

## PERANCANGAN INJECTION MOLDING DENGAN SISTEM *THREE PLATE MOLD* PADA PRODUK *GLOVE BOX*

Ali Khaerul Mufid<sup>1,a</sup>, Cahyo Budiyanoro, Muhammad Budi Nur Rahman

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta  
Jalan Lingkar Selatan Tamantirto, Kasihan, Bantul, DI Yogyakarta, Indonesia, 55183  
<sup>a</sup>[alikhauerulmufid@gmail.com](mailto:alikhauerulmufid@gmail.com), <sup>b</sup>[cahyo\\_budi@umy.ac.id](mailto:cahyo_budi@umy.ac.id), <sup>c</sup>[nurrahman\\_umy@yahoo.com](mailto:nurrahman_umy@yahoo.com)

### Abstrak

Pembuatan mold merupakan proses awal untuk memproduksi suatu produk. Tujuan perancangan ini adalah membuat cetakan *three-plate mold* menggunakan CATIA V5R21 yang menghasilkan produk berkualitas dengan melakukan analisis jenis runner, gate dan cooling yang paling optimal kemudian menghitung clamping force, sistem ejector, tebal support plate dan diameter baut stopper yang aman digunakan, dengan menggunakan produk sampel yang telah dimodifikasi yaitu *glove box*, kemudian merancang sistem *three-plate mold* pada produk *glove box*. Hasil analisis runner jenis trapezoid paling optimal yaitu 2,187 s. Hasil analisis cooling jenis baffle yang digunakan.. Perhitungan clamping force didapatkan nilai sebesar 60,373 ton sehingga mesin yang aman untuk digunakan adalah 20% dari nilai clamping force. Kekuatan baut stopper yang aman digunakan dengan diameter 8,22 mm, menggunakan screw jenis M 12. Tebal support plate  $\sigma$  tarik support plate 731, 74 N/mm<sup>2</sup> <  $\sigma$  tarik material 800 N/mm<sup>2</sup>. Sehingga dikatakan aman. Ejector Ejection load 11674,10 N < gaya buckling 31925,05 N dan gaya cavity 2010,61 N < gaya buckling 31925,05 Jadi pin ejector diameter 8mm aman.

**Kata Kunci:** *Three-plate mold, design, analisis, tegangan ijin*

### 1. Pendahuluan

Saat ini banyak produk-produk yang ada disekitar kita terbuat dari plastik. Plastik yang memiliki sifat mudah dibentuk, ringan dan murah, menjadi material yang banyak digunakan di dunia industri. Oleh sebab itu plastik merupakan Salah satu material yang penggunaannya terbanyak di dunia, hampir semua produk yang kita temukan menggunakan plastik.

Ada beberapa proses pengolahan material plastik salah satunya menggunakan metode *injection molding*, yaitu sebuah metode dimana material plastik yang telah meleleh akibat panas dan gesekan di dalam barrel yang kemudian di injeksikan ke dalam mold atau cetakan. Berbagai bentuk produk yang dibuat ditentukan di dalam mold. Pembuatan mold merupakan proses awal untuk memproduksi suatu produk. Kualitas suatu produk ditentukan di langkah pembuatan mold. Oleh karena itu perancangan mold harus dilakukan dengan baik sebelum masuk ke langkah selanjutnya.

Pada studi perancangan desain  *mold* sebelumnya penelitian banyak dilakukan pada perancangan mold dengan sistem *two plate mold* yang hanya menganalisis pengaruh bagian bentuk *gate* pada setiap jenis mold seperti pada kajian pustaka sebelumnya Menurut Zamree (2006) dalam *Analyses Of Material Flow In Two And Three-Plate Molds For Mold Design Selection* mengatakan bahwa menggunakan jenis pin point gate pada *Three plate mold* lebih baik dibandingkan *marine gate* pada *Two Plate Mold* karena menghasilkan waktu pengisian

yang lebih baik dan bentuk aliran pada *pin point gate* melingkar sehingga hasil permukaan pada tepi produk lebih baik.

Perancangan kali ini menggunakan  *mold* jenis *three-plate mold*, yaitu sebuah sistem  *mold* yang memisahkan antara runner dan produk secara langsung ketika  *mold* terbuka, sehingga *runner* yang sebelumnya menempel dengan produk dapat langsung lepas tanpa adanya proses lain. Produk yang di rancang adalah *glove box* (kotak penyimpanan sarung).  *Glove Box* dibuat dengan menggunakan material PP memiliki sifat tahan terhadap temperatur panas dan dingin pada suhu ruangan, titik lebur material PP (*Poly Propylene*) ~230°C.

Dalam desain cetakan *glove box*, ada beberapa hal yang menjadi perhatian khusus untuk membuat produk yang menghasilkan cacat minimum. yaitu, jenis *runner*, sistem *gate*, dan jenis sistem pendingin  *mold* yang digunakan, kemudian mengetahui *clamping force*, sistem *ejector*, tebal *support plate* dan diameter baut *stopper* yang aman untuk digunakan dan bagaimana sistem *three-plate mold* bekerja pada produk *glove box*. Untuk mengatasi hal tersebut maka dibutuhkan simulasi, perhitungan dan perancangan sistem *three-plate mold*.

### 2. Methodologi Perancangan

#### Bahan Perancangan

Bahan perancangan adalah produk *glove box* dengan mengambil sampel pada produk yang sudah ada, tetapi hanya sebagai acuan tidak menyerupai dimensi dan bentuk asli dari

sample produk *glove box*. Gambar sampel produk *glove box* dapat dilihat pada gambar 1 dan gambar 2 di bawah ini.



**Gambar 1.** Sampel produk *glove box* bagian bawah



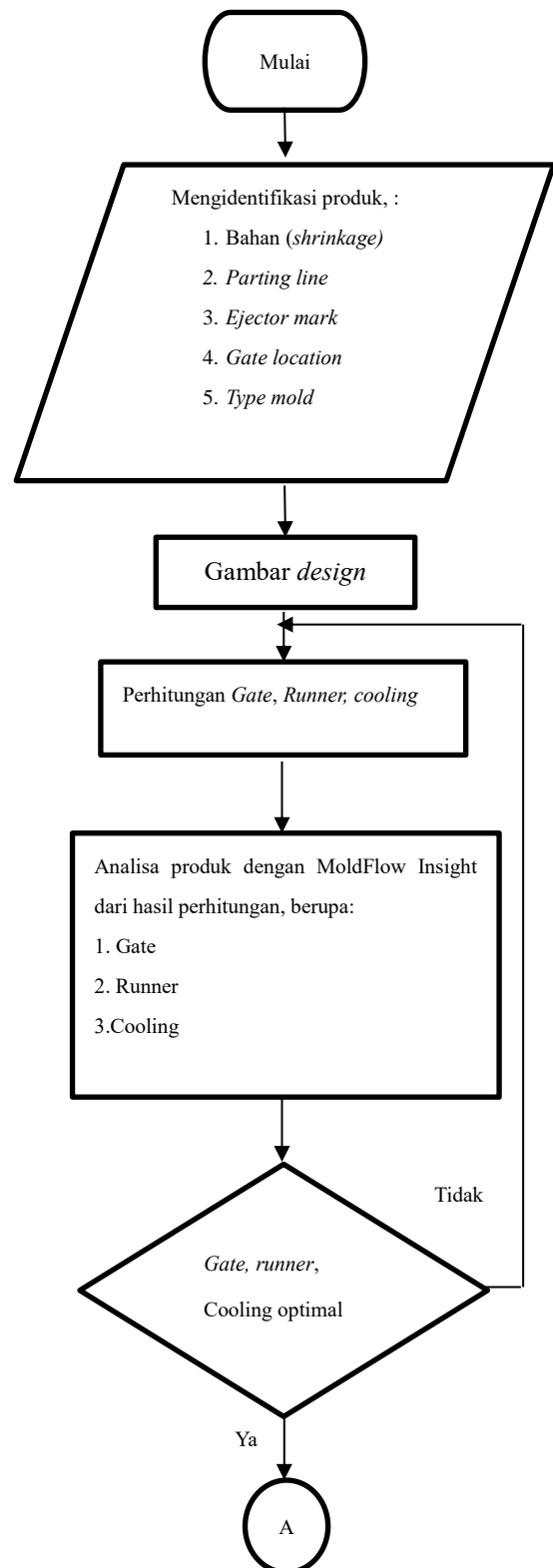
**Gambar 2.** Sampel produk *glove box* bagian atas

### Alat perancangan

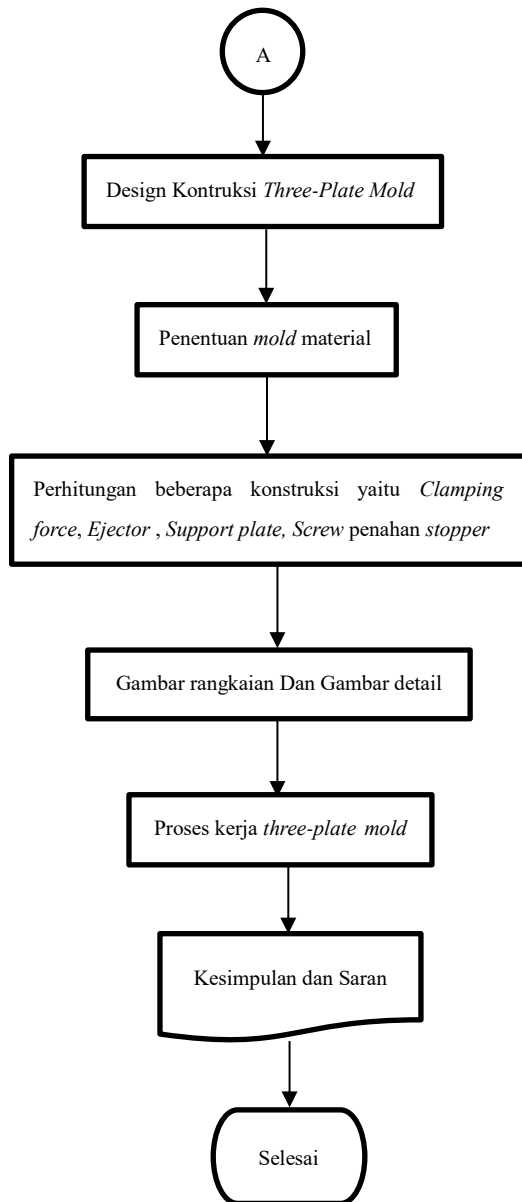
Alat yang digunakan dalam perancangan adalah laptop, software Catia V5R21, Autodesk Moldflow Insight, kalkulator dan jangka sorong.

### Prosedur perancangan

Sebelum melakukan proses perancangan dibuatlah diagram alir perancangan untuk menggambarkan proses-proses perancangan yang akan dilakukan, sehingga mudah dipahami dan dilihat berikut gambar 3 proses perancangan di bawah ini.



Lanjutan



Gambar 3. Diagram alir perancangan

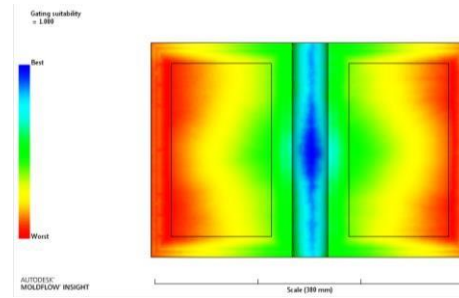
### 3. Hasil dan pembahasan

#### Hasil Analisa Produk Glove Box dengan Moldflow Insight

Setelah memasukan data hasil perhitungan kemudian analisa dijalankan dan didapatkan hasil analisa gate, runner dan cooling yang dilakukan menggunakan moldflow insight mendapatkan hasil yang dapat di tunjukan di bawah ini

##### 1. Hasil Analisa Gate

Dari hasil analisa gate yang didapat adalah lokasi penempatan gate yang baik, berikut gambar 4 lokasi gate di bawah ini

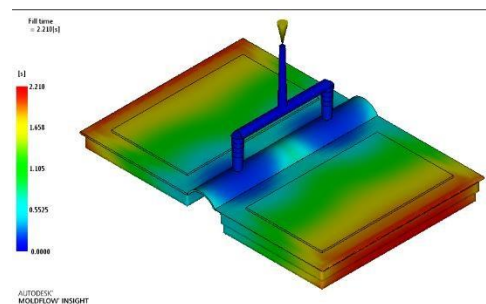


Gambar 4. Lokasi Gate

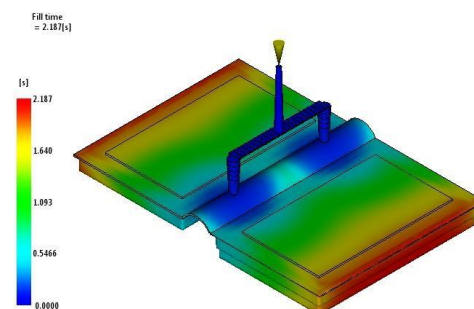
Lokasi gate ditunjukan pada warna biru sangat baik digunakan untuk menempatkan gate karena menghasilkan aliran yang radial terlihat letaknya yang simetris sehingga distribusi material, temperatur material dan tekanan material lebih seragam.

##### 2. Hasil Analisa Runner

Berikut ini hasil analisa runner dengan bentuk circular menunjukkan waktu yang dibutuhkan untuk memenuhi produk glove box adalah 2.209 s sedangkan runner trapezoid menunjukkan waktu lebih cepat yaitu 2.187 s. lihat gambar 5 dan 6 di bawah ini.



Gambar 5. Runner circular



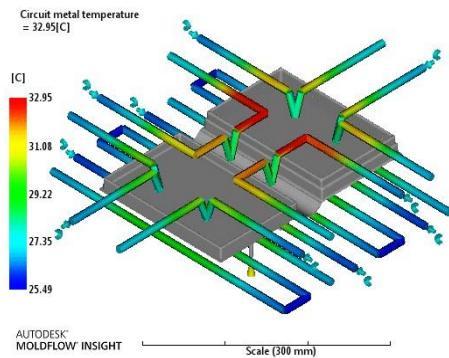
Gambar 6. Runner circular

##### 3. Hasil Analisa Cooling

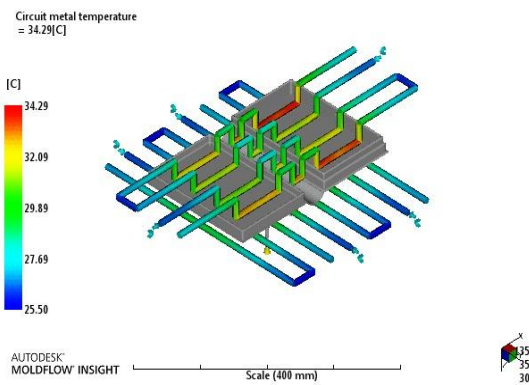
###### a. Circuit metal temperature

Nilai temperatur sirkuit pada cetakan didapatkan temperatur tertinggi cooling baffle gambar 7 ditunjukan pada channel berwarna merah adalah 32.95°C. Kemudian pada gambar 8 temperatur cooling seri conformal

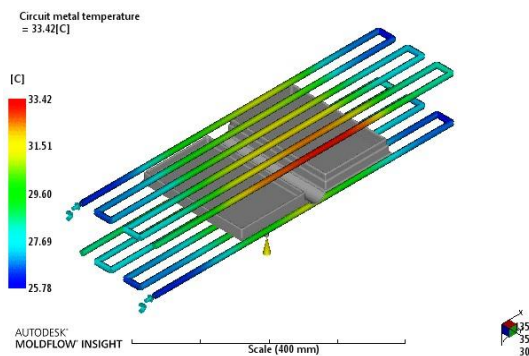
lebih tinggi dari gambar 7 yaitu  $34.29^{\circ}\text{C}$ , sedangkan pada gambar 9 temperatur cooling seri adalah  $33.42^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi dari temperatur cooling jenis baffle - seri



**Gambar 7. Cooling Seri-Baffle**



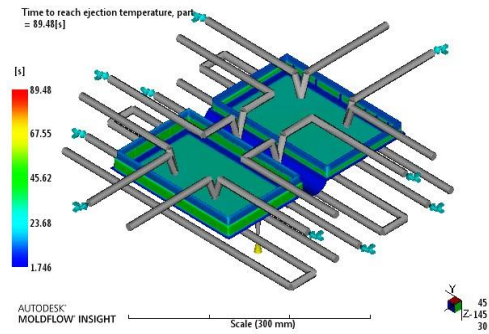
**Gambar 8. Cooling Seri-conformal**



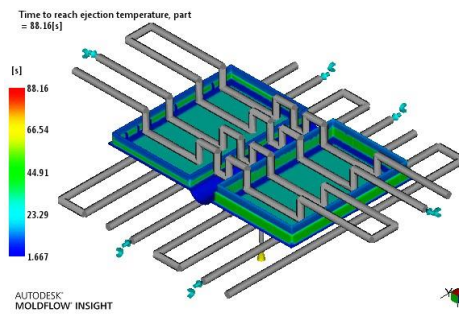
**Gambar 9. Cooling Seri**

**b. Time to reach ejection temperature, part**

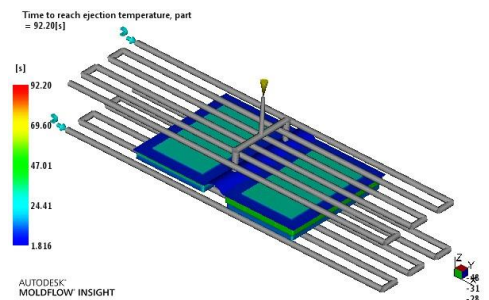
Cooling seri *baffle* yang ditunjukkan pada gambar 10 membutuhkan waktu 89.48s untuk mendinginkan produk sebelum proses eaksi, kemudian pada *cooling* seri conformal gambar 11 adalah 86.18s lebih cepat 2s dari *cooling* seri *baffle*, sedangkan pada *cooling* seri pada gambar 12 lebih lama yaitu 92.20s.



**Gambar 10. Cooling Seri- Baffle**



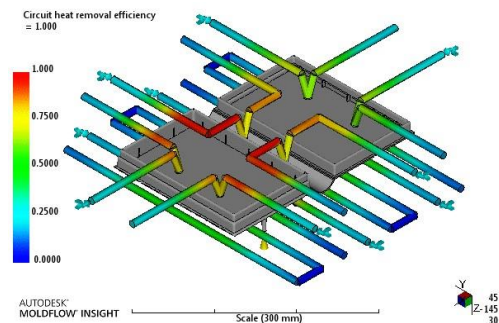
**Gambar 11. Cooling Seri-Conformal**



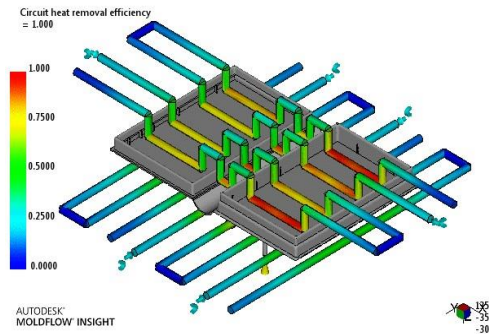
**Gambar 12. Cooling Seri**

**c. Circuit heat removal efficiency**

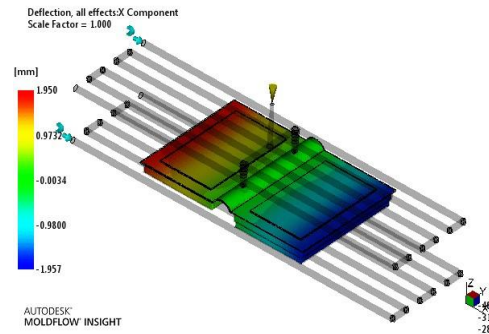
Pada gambar 13 dan 14 efisiensi penyerapan panas sama, tidak ada perbedaan yaitu dari 0.2500, 0.5000 dan 0.75000 berbeda dengan cooling pada gambar 15 penyerapan panas cenderung rendah yaitu -0.0452, 0.2161, 0.4774, dan 0.7387.



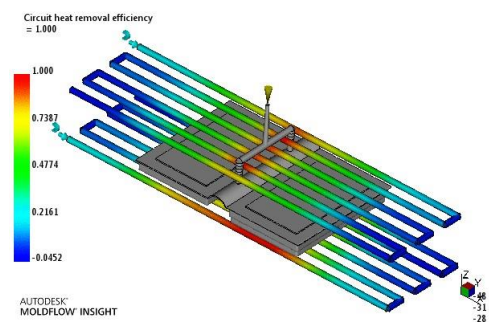
**Gambar 13. Cooling Seri-Baffle**



Gambar 14. Cooling Seri-Conformal



Gambar 18. Cooling Seri



Gambar 15. Cooling Seri

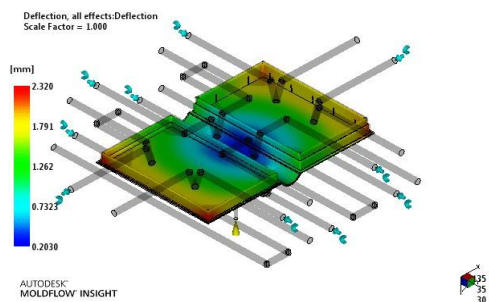
Dari hasil analisa dapat di bandingkan pada tabel 1 di bawah ini

Tabel 1. Perbandingan Cooling

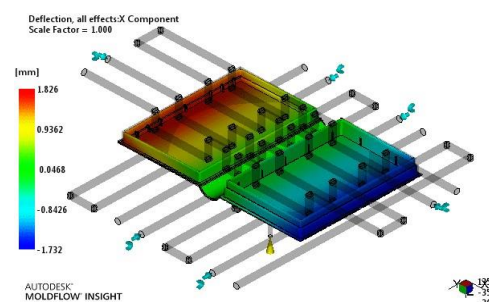
No	Analisa	Cooling Baffle	Cooling Conformal	Cooling Seri
1	Circuit metal temperature	32.95°C	34.29°C	33.42°C
2	Time to reach ejection temperature, part	89.48s	86.18s	92.20s
3	Circuit heat removal efficiency	0.7500	0.7500	0.7387
4	Deflection, all effects:Deflection	2.320 mm	1.826 mm	1.950 mm

d. Deflection, all effects:Deflection

Efek defleksi yang muncul karena sirkulasi pendinginan dapat dilihat pada gambar 16 cenderung tinggi yaitu 2.320 mm, kemudian pada gambar 17 cenderung kecil yaitu 1.826 mm sedangkan pada gambar 18 terjadi defleksi sebesar 1.950 mm.



Gambar 16. Cooling Seri-Baffle



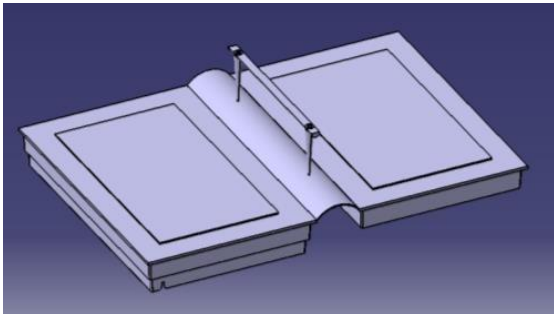
Gambar 17. Cooling Seri-conformal

Dari Hasil perbandingan cooling dapat diketahui bahwa cooling conformal lebih kecil nilai deflection dan waktu temperatur ejection lebih cepat dari cooling baffle dan cooling seri tetapi dalam proses machining lebih mahal, sulit dan membutuhkan waktu yang lama, karena bentuk sirkuit produk glove box, sedangkan cooling seri penyerapan panas kurang efektif dibandingkan cooling baffle oleh karena itu dipilih cooling baffle dalam perancangan mold glove box.

Hasil Perancangan Mold dari Analisis Moldflow

- a. Perancangan produk glove box, runner dan gate

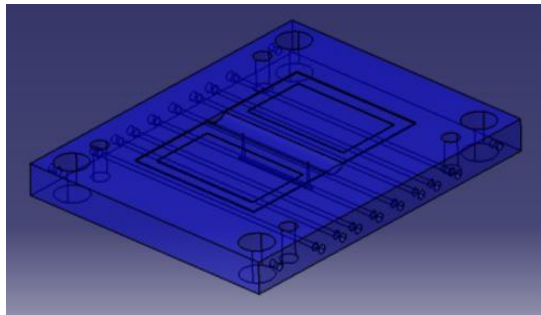
Data hasil analisa moldflow insight, mendapatkan *gate* dan jenis *runner trapezoid* kemudian di design pada gambar 19



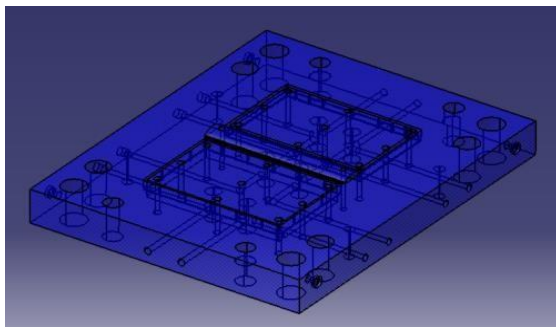
**Gambar 19.** *Glove box, runner dan gate*

b. Perancangan *cavity plate* dan *core plate*

Sedangkan jenis cooling seri-*buffle* yang didapat dari analisa di design pada *cavity* dan *core plate*. material yang digunakan adalah S55C yang tahan terhadap aus dan memiliki kekerasan yang baik dapat dilihat pada gambar 20 dan 21 di bawah ini.



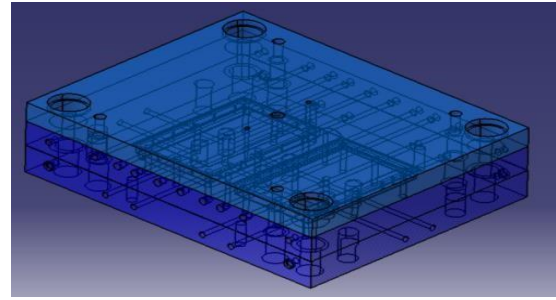
**Gambar 20.** *Cavity Plate*



**Gambar 21.** *core Plate*

c. Perancangan *runner plate*

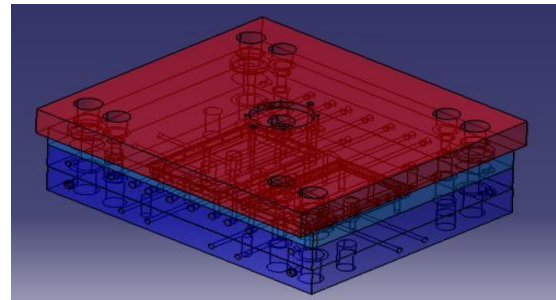
Membuat sketch di surface *cavity plate* membuat persegi panjang dengan ukuran 500mm x 400mm kemudian di *extrude* setebal 35 mm, material yang digunakan S55C sama dengan *core* dan *cavity* dapat dilihat pada gambar 22 di bawah ini



**Gambar 22.** *Runner plate*

d. Perancangan *top clamping plate*

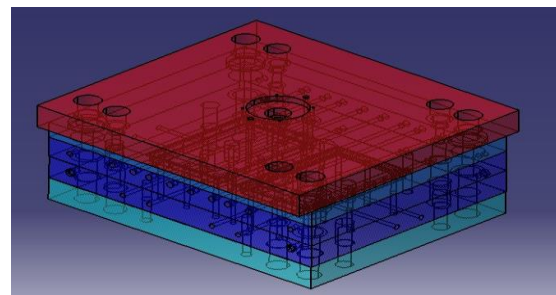
Perancangan dilakukan secara tersusun dengan membuat *sketch* di surface selanjutnya yaitu *runner plate* membuat persegi panjang dengan ukuran 500mm x 450mm lebih besar dari plat sebelumnya karena berfungsi sebagai tempat *clamp* untuk memasang *mold* pada mesin injeksi kemudian di *extrude* setebal 50 mm, material yang digunakan adalah S45C yang memiliki ketahanan panas yang baik sesuai letak *top clamping*. Dapat di lihat pada gambar 23



**Gambar 23.** *Top clamping plate*

e. Perancangan *support plate*

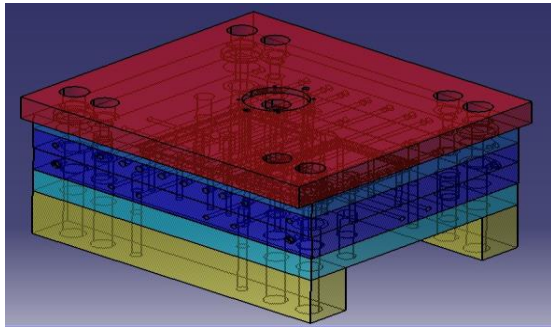
Menghitung keamanan *support plate* dengan ketebalan 50 mm dan panjang 400 mm, Tegangan yang terjadi harus lebih kecil dengan tegangan pada material ( $\sigma_{tarik support plate} < \sigma_{tarik material}$ ) untuk dikatakan aman dan tidak memerlukan *support bolt*.  $\sigma_{tarik support plate} = 731,74 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{tarik material} = 800 \text{ N/mm}^2$ . Tebal *support plate* dinyatakan aman, Kemudian baru dilakukan design. Dapat di lihat pada gambar 24



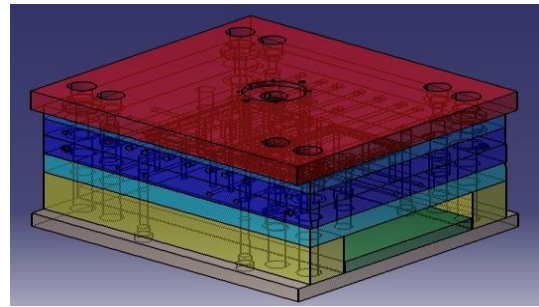
**Gambar 24.** *Support plate*

f. Perancangan *distance block*

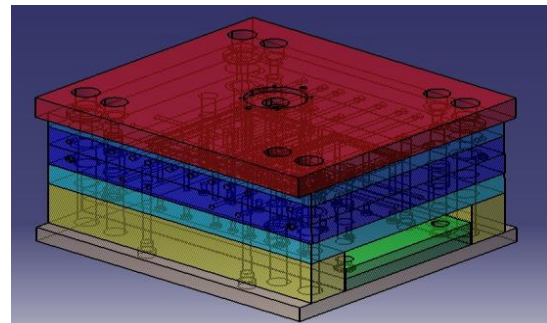
Perancangan awal membuat *sketch* di *surface* selanjutnya pada *surface support plate* tetapi dengan ukuran yang berbeda yaitu 500 mm x 68 mm dengan tebal 100 mm dibuat 2 *block* yang terletak di kedua sisi *plate*. *Distance Block* tidak memerlukan kekuatan dan kekerasan sehingga disarankan menggunakan material SS400, material SS400 adalah baja umum atau *mild steel*, baja dengan kadar karbon rendah. Gambar dapat dilihat pada gambar 25



Gambar 25. *Distance Block*



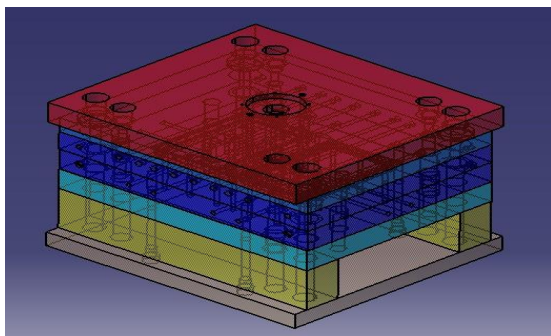
Gambar 27. *Ejector back plate*



Gambar 28. *Ejector plate*

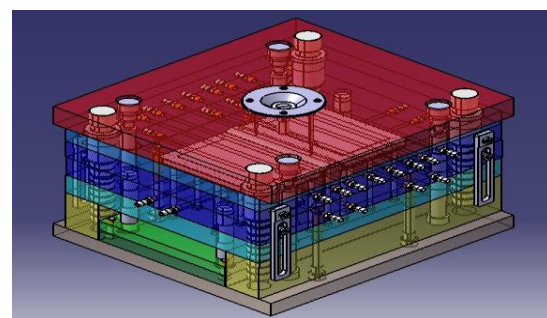
g. Perancangan *bottom clamping plate*

*Bottom clamping plate* adalah bagian bawah plat yang fungsinya sama dengan *top clamping plate* yaitu berfungsi sebagai tempat clamp untuk memasang mold pada mesin injeksi, ukuran dan tebal sama dengan top clamping, material yang digunakan adalah S45C. Dapat di lihat pada gambar 26



Gambar 26. *bottom clamping plate*

Maka jadilah satu unit cetakan *glove box* dengan sistem *three plate mold*, Mold base yang digunakan pada perancangan sistem *three-plate mold* menggunakan standar futaba D.S 4050 dengan ukuran 500mm x 450mm, Mengenai komponen atau part menggunakan standar misumi yang terdapat pada *mold tooling* Catia V5R21 gambar 29. dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 29. Kontruksi *three-plate mold*

h. Perancangan *ejector back plate* dan *ejector plate*

Setelah membuat *bottom clamping* selanjutnya membuat *ejector back plate* dengan ukuran 500 mm x 260 mm dan ada space antara *distance block* 2 mm agar plate terbebas ketika bergerak mendorong *pin ejector*. Gambar dapat di lihat pada gambar 27 dan 28

**Penentuan Mold Material**

Mold base menggunakan beberapa material dengan mengacu kepada Indonesia Mold & Dies Industry Association (IMDIA). Penentuan material penting dilakukan untuk menghitung kekuatan material di beberapa konstruksi yang menerima perlakuan yang berbeda sesuai sistem kerja tiap konstruksi pada mold. Berikut tabel 2 mold material.

**Tabel 2.** Mold Material

No	Nama	Jumlah	Material
1	Cavity plate	1	S55C
2	Core plate	1	S55C
3	Top clamping	1	S45C
4	Runner plate	1	S55C
5	Support plate	1	S45C
6	Distance block	1	SS400
7	Ejector plate	1	S45C
8	Ejector back plate	1	S45C
9	Buttom clamping plate	1	S45C
10	Bushing	4	S45C
11	Capscrew M6	4	SCM435
12	Pin ejector	20	SKH51
13	Runner lock pin	2	SKH51
14	Puller bolts	4	SCM435
15	Stop bolts	4	SCM435
16	Locating ring	1	S45C
17	Sprue bushing	1	SKD61
18	Link retainers	4	SCM435
19	Tension link	4	SCM435
20	Link retainers screw core	4	SCM435
21	Link retainers screw	4	SCM435
22	Return pin	4	SUJ2
23	Leader pin	4	SUJ2
24	Capscrew M 1.6	4	SCM435
25	Knock out	1	S45C
26	Capscrew Z 30	4	SCM435
27	Cooling plug	4	SKD61
28	Baffle	6	SUS304
29	Connector plug	22	Brass (C36000)

**Hasil Perhitungan Kontruksi**

a. Perhitungan clamping force

Didapatkan *clamping force* sebesar 60,373 ton tidak jauh berbeda dengan *clamping force* yang didapatkan oleh analisa moldflow yaitu 60 ton, sehingga dipilih mesin yang memiliki kapasitas tonase 20% diatas *clamping force* molding *glove box*. Sehingga memilih mesin

injeksi yang memiliki 80 ton gaya clamping.

b. Hasil perhitungan kekuatan pin *ejector*

Kekuatan pin *ejector* diameter 8 mm didapatkan hasil bahwa gaya *buckling ejector* dengan material SKH51 yaitu 31925,05 N aman digunakan karena beban *ejector* untuk mengeluarkan produk adalah 11674,10 N dan gaya *cavity* terhadap permukaan *ejector* adalah 2010,61 N cenderung lebih kecil dibanding gaya *buckling ejector*.

c. Hasil perhitungan keamanan *screw stopper*

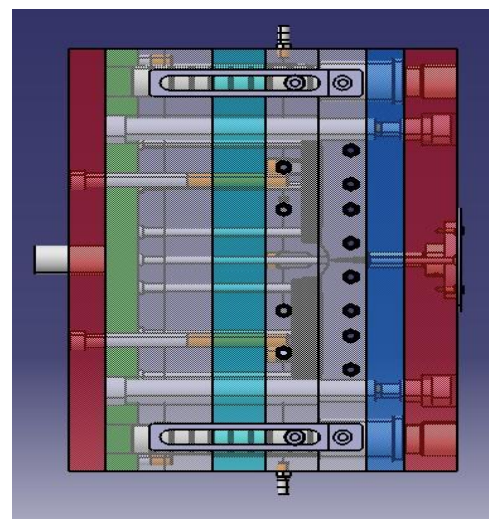
Diameter yang didapatkan dari perhitungan adalah 8,22 mm, dengan gaya open pada mesin injeksi adalah 425000 N/mm dan  $\tau$  material SCM435 200000 N/mm<sup>2</sup> untuk faktor keamanan dan umur yang panjang memilih *screw* jenis M 12.

**Proses Kerja Three-Plate Mold**

Pada proses kerja sistem *three-plate mold* ketika awal injeksi sampai menjadi produk *glove box* mempunyai 3 tahapan proses open yang berbeda dari sistem *two-plate mold* berikut ini sistem kerja dari *three-plate mold*.

a. Molding close

Ketika cetakan tertutup disinilah proses pengisian dan pendinginan material plastik yang telah membentuk produk *glove box* terjadi, sehingga tidak ada plate yang terbuka. Gambar 30 di bawah menunjukkan cetakan dalam keadaan tertutup



**Gambar 30.** Molding Close

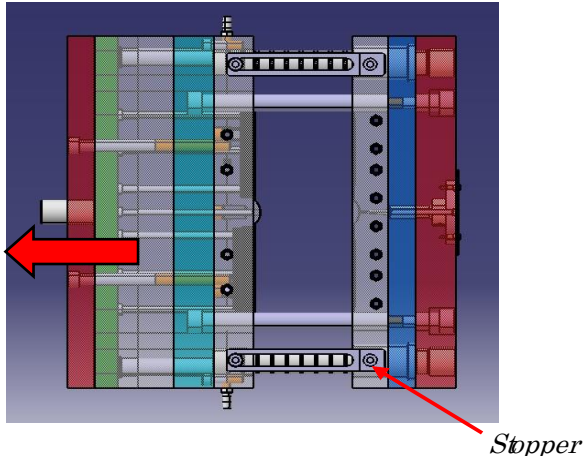
b. Molding open tahap 1

Pada tahap pertama posisi clamping unit menarik *buttom clamping plate* ke arah kiri dapat dilihat pada gambar 3.28 di bawah ini yang menunjukkan kearah kiri sampai antara



core dan cavity terpisah atau terbuka dengan jarak 125 mm.

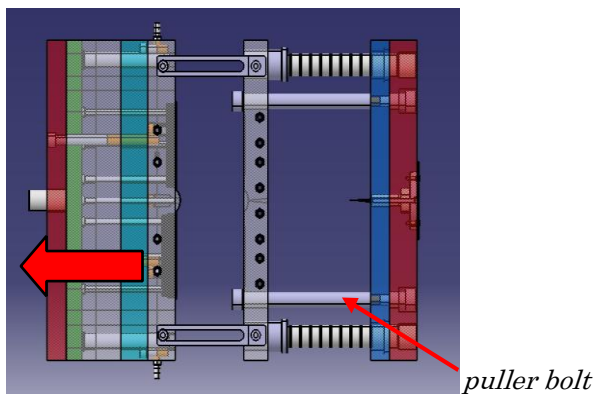
Kedua plat tersebut tertahan oleh *Stopper*, pada tahap ini posisi produk *glove box* yang berwarna hitam masih menempel pada *core plate* tetapi sudah terpisah secara otomatis dengan *runner* yang masih menempel pada *cavity plate*. Gambar 31 di bawah ini menunjukkan molding open tahap 1.



Gambar 31. Molding Open Tahap 1

#### c. Molding Open Tahap 2

Proses buka berlanjut sehingga membuka *cavity plate* dan *runner plate*, kedua *plate* ini terpisah oleh *puller bolt* dengan jarak antar kedua *plate* adalah 190 mm, pada tahap 2 cetakan membuka bertujuan untuk memisahkan *runner* dari dalam *cavity plate* sehingga posisi *runner* pada tahap 2 masih terkunci oleh *runner lock pin* gambar 32 dapat di lihat di bawah ini.



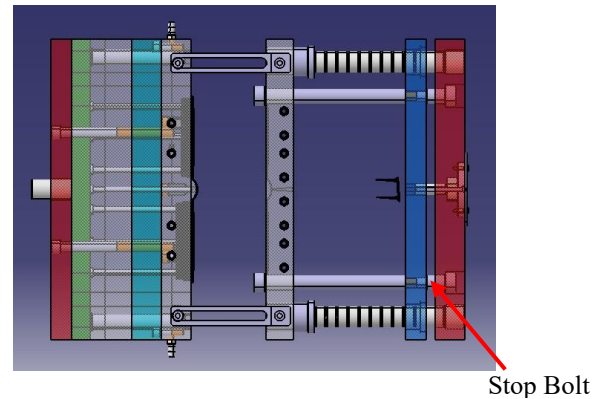
Gambar 32. Molding Open Tahap 2

#### d. Molding Open Tahap 3

Pada tahap ke 3 *puller bolt* yang tertahan oleh *cavity plate* menarik *stop bolt* yang kemudian mendorong *runner plate* secara otomatis, *runner* yang telah terdorong *runner plate* yang kemudian terjatuh.

Pada tahapan ini juga dikatakan tahap ejski *runner* atau melepaskan *runner* dalam cetakan.

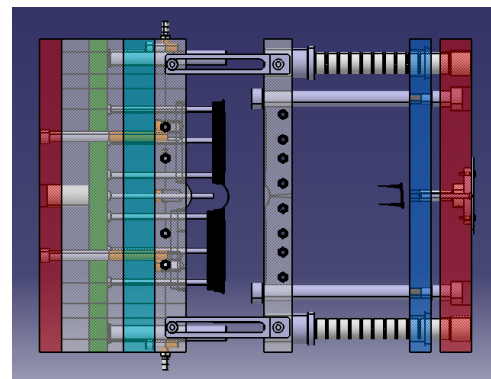
Jarak antar *runner plate* dan *top clamping plate* adalah 25 mm. Gambar dapat dilihat gambar 33 di bawah ini.



Gambar 33. Molding Open Tahap 3

#### e. Ejection system

Pada tahap *Ejection system* atau pengeluaran produk dengan satu unit *pin ejector* yang berjumlah 20 pin, mendorong produk *glove box* akibat gaya dorong dari *knockout* yang mendorong *ejector back plate* dan *ejector plate* yang berisi 20 *pin ejector* secara otomatis mendorong produk *glove box* keluar dari cetakan. gambar *ejection system* 34 dapat dilihat di bawah ini.



Gambar 34. Ejection system

## 4. Kesimpulan

Mengacu pada hasil perancangan konstruksi mold dengan sistem *threeplate mold* pada produk *glove box* dapat diperoleh beberapa kesimpulan yang dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Runner optimal

Menggunakan *runner* jenis *trapezoid* karena waktu pengisian lebih baik yaitu 2,187 s dibandingkan dengan *runner* jenis *circular* dengan waktu pengisian 2,209 s

### 2. Cooling optimal

*Cooling* jenis *conformal* dan *cooling baffle*

tetapi yang digunakan adalah cooling baffle karena pembuatan yang tidak sulit dan murah.

3. Clamping force, pin *ejector*, baut *stripper* dan tebal support *plate* yang digunakan aman atau tidak.

Perhitungan *clamping force*, kekuatan baut *stripper*, tebal *support plate* dan kekuatan *ejector* pada perancangan *three-plate mold* pada produk *glove box*, dikatakan aman karena tegangan dan gaya yang terjadi dibawah tegangan dan gaya ijin

4. Sistem kerja

Memiliki tiga tahapan proses pembukaan Untuk mengeluarkan produk *glove box* 125 mm Untuk memisahkan runner dengan produk *glove box* 190 mm dan Keluar *runner* sebesar 25 mm

#### Daftar Pustaka

Bryce, Douglas M. 1998. Plastic Injection Molding series. Volume 1: *Mold Design And Construction Fundamentals*. Dearborn, Michigan: Society of *Manufacturing*

Engineers.

Budyantoro, Cahyo. 2009. *Termoplastik Dalam Industri*. Surakarta: ATMI

Djunarso. 2011. *Dasar Mold Design*. Surakarta

Goodship, Vanessa. 2004. *Practical Guide to Injection Moulding*. Germany: ARBURG Ltd

Jones, Peter. 2008. *The Mould Design Guide*. United Kingdom:Smithers Rapra

Menges, George., Walter Michaeli., PaulMohren., 1999. *How to Make Injection Molds Edition 3*. Munich: Hanser Gardner Publications

Nakazawa, Makoto. 2010. *Mold Basic design Textbook*

Shoemaker, Jay. 2006. *Moldflow Design Guide A Reseource for Plastics Engineers*. Framingham: Moldflow Corporation.

Seok Park, Hong dan Phuong Dang, Xuan. 2012. *Design and Simulation Based Optimization of Cooling Channels for Plastic Injection Mold*, University of Ulsan South Korea, halm 40.