

**SIMULASI DAN ANALISIS INJEKSI UNTUK PRODUK  
KELISTRIKAN BERBASIS *SOFTWARE CAE (AUTODESK  
MOLDFLOW ADVISER) DENGAN MOLD DESIGN***

**TUGAS AKHIR**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Mesin**



**Disusun Oleh:**

**Nama : Galih Enggartyasto**

**No. Mahasiswa : 17525059**

**NIRM : 2017023614**

**JURUSAN TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA  
YOGYAKARTA**

**2022**

## PERNYATAAN ORISINALITAS TUGAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, Galih Enggartyasto menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul “Simulasi dan Analisis Injeksi untuk Produk Kelistrikan Berbasis *Software CAE (Autodesk Moldflow Adviser)* dengan *Mold Design*” adalah hasil tulisan saya sendiri. Dengan ini saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa tugas akhir ini tidak terdapat tulisan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang menunjukkan gagasan, pendapat, atau pemikiran dari penulis lain, yang saya akui sebagai tulisan saya sendiri atau yang saya ambil dari tulisan orang lain tanpa memberikan pengakuan penulis lainnya.

Yogyakarta, 15 Desember 2022



Galih Enggartyasto

NIM: 17525059

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**

**SIMULASI DAN ANALISIS INJEKSI UNTUK PRODUK  
KELISTRIKAN BERBASIS *SOFTWARE CAE (AUTODESK  
MOLDFLOW ADVISER) DENGAN MOLD DESIGN***

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh:**

**Nama : Galih Enggartyasto**  
**No. Mahasiswa : 17525059**  
**NIRM : 2017023614**

Yogyakarta, 15 November 2022

Pembimbing I,

Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI**

**SIMULASI DAN ANALISIS INJEKSI UNTUK PRODUK  
KELISTRIKAN BERBASIS *SOFTWARE CAE (AUTODESK  
MOLDFLOW ADVISER) DENGAN MOLD DESIGN***

**TUGAS AKHIR**

**Disusun Oleh:**

**Nama : Galih Enggartyasto**

**No. Mahasiswa : 17525059**

**NIRM : 2017023614**

Tim Penguji

Ir. Arif Budi Wicaksono, S.T.,

M.Eng.

Ketua

Tanggal: 14/12/2022

Dr. Eng. Ir. Risdiyono, S.T., M.Eng.,

IPM

Anggota I

Tanggal: 14/12/2022

Ir. Donny Suryawan, S.T., M.Eng.,

IPP

Anggota II

Tanggal: 9/12/2022



Mengetahui

Dekan Fakultas Teknik Mesin

Muhammad Hafidh, S.T., M.T., IPP



## HALAMAN PERSEMBAHAN

Laporan Tugas akhir ini saya persembahkan untuk kedua orang tua saya yang telah memberikan dukungan baik itu dukungan materi maupun non materi sampai saya telah menyelesaikan Tugas Akhir ini.



## HALAMAN MOTTO

اِحْرَصْ عَلَى مَا يَنْفَعُكَ وَاسْتَعِزْ بِاللَّهِ وَلَا تَعْجِزْ وَإِنْ أَصَابَكَ شَيْءٌ فَلَا تَقُلْ لَوْ  
أَتَى فَعَلْتُ كَانَ كَذَا وَكَذَا. وَلَكِنْ قُلْ قَدَرُ اللَّهِ وَمَا شَاءَ فَعَلَ فَإِنَّ لَوْ تَفْتَحُ  
عَمَلَ الشَّيْطَانِ

“Bersemangatlah atas hal-hal yang bermanfaat bagimu. Minta tolonglah pada Allah, jangan engkau lemah. Jika engkau tertimpa suatu musibah, maka janganlah engkau katakan: ‘Seandainya aku lakukan demikian dan demikian.’ Akan tetapi hendaklah kau katakan: ‘Ini sudah jadi takdir Allah. Setiap apa yang telah Dia kehendaki pasti terjadi.’ Karena perkataan law (seandainya) dapat membuka pintu syaithon.” (HR. Muslim 6945)

وَاعْلَمْ أَنَّ مَا أَخْطَأَكَ لَمْ يَكُنْ لِيُصِيبِكَ، وَمَا أَصَابَكَ لَمْ يَكُنْ لِيُخْطِئَكَ، وَاعْلَمْ أَنَّ  
النَّصْرَ مَعَ الصَّبْرِ، وَأَنَّ الْفَرْجَ مَعَ الْكَرْبِ، وَأَنَّ مَعَ الْعُسْرِ يُسْرًا

“Ketahuilah, bahwa apa saja yang luput darimu, maka tidak akan pernah menimpamu. Dan apa yang menimpamu, maka tidak akan pernah luput darimu. Ketahuilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan itu bersama kesulitan, dan bersama kesulitan itu ada kemudahan.” [HR. Tirmidzi, no. 2516]

## KATA PENGANTAR ATAU UCAPAN TERIMA KASIH

إِنَّ الْحَمْدَ لِلَّهِ نَحْمَدُهُ وَنَسْتَعِينُهُ وَنَسْتَغْفِرُهُ وَنَعُوذُ بِاللَّهِ مِنْ شُرُورِ أَنْفُسِنَا وَمِنْ سَيِّئَاتِ أَعْمَالِنَا، مَنْ يَهْدِهِ اللَّهُ فَلَا مُضِلَّ لَهُ وَمَنْ يَضِلَّ فَلَا هَادِيَ لَهُ. أَشْهَدُ أَنْ لَا إِلَهَ إِلَّا اللَّهُ وَأَشْهَدُ أَنَّ مُحَمَّدًا عَبْدُهُ وَرَسُولُهُ. يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ حَقَّ تَقَاتِهِ وَلَا تَمُوتُنَّ إِلَّا وَأَنْتُمْ مُسْلِمُونَ. يَا أَيُّهَا النَّاسُ اتَّقُوا رَبَّكُمُ الَّذِي خَلَقَكُمْ مِنْ نَفْسٍ وَاحِدَةٍ وَخَلَقَ مِنْهَا زَوْجَهَا وَبَثَّ مِنْهُمَا رِجَالًا كَثِيرًا وَنِسَاءً وَاتَّقُوا اللَّهَ الَّذِي تَسَاءَلُونَ بِهِ وَالْأَرْحَامَ إِنَّ اللَّهَ كَانَ عَلَيْكُمْ رَقِيبًا. يَا أَيُّهَا الَّذِينَ ءَامَنُوا اتَّقُوا اللَّهَ وَقُولُوا قَوْلًا سَدِيدًا. يُصْلِحْ لَكُمْ أَعْمَالَكُمْ وَيَغْفِرْ لَكُمْ ذُنُوبَكُمْ وَمَنْ يُطِيعِ اللَّهَ وَرَسُولَهُ فَقَدْ فَازَ فَوْزًا عَظِيمًا. أَمَّا بَعْدُ؛ فَإِنَّ أصدقَ الْحَدِيثِ كِتَابَ اللَّهِ وَخَيْرَ الْهَدْيِ هَدْيُ مُحَمَّدٍ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ، وَسَرَّ الْأُمُورِ مُحَدَّثَاتُهَا، وَكُلَّ مُحَدَّثَةٍ بِدْعَةٌ وَكُلَّ بِدْعَةٍ ضَلَالَةٌ وَكُلَّ ضَلَالَةٍ فِي النَّارِ.

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah Subhanahu Wa Ta'ala yang sampai saat ini masih memberikan kenikmatan yang begitu banyak terutama nikmat iman dan nikmat islam, serta memberikan banyak kemudahan termasuk di antaranya kemudahan dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam semoga terkirimkan kepada Nabi kita Muhammad Shallallahu 'Alaihi Wasallam beserta para keluarganya, para sahabat, serta para pengikutnya yang istiqomah mengikuti sunnahnya hingga hari akhir nanti.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk persyaratan untuk mendapat gelar sarjana teknik mesin dari Jurusan Teknik Mesin Universitas Islam Indonesia.

Pada kesempatan ini, penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak - pihak yang membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir di mana telah memberi dukungan moral serta juga bimbingannya kepada penulis. Ucapan terima kasih ini penulis tujukan kepada:

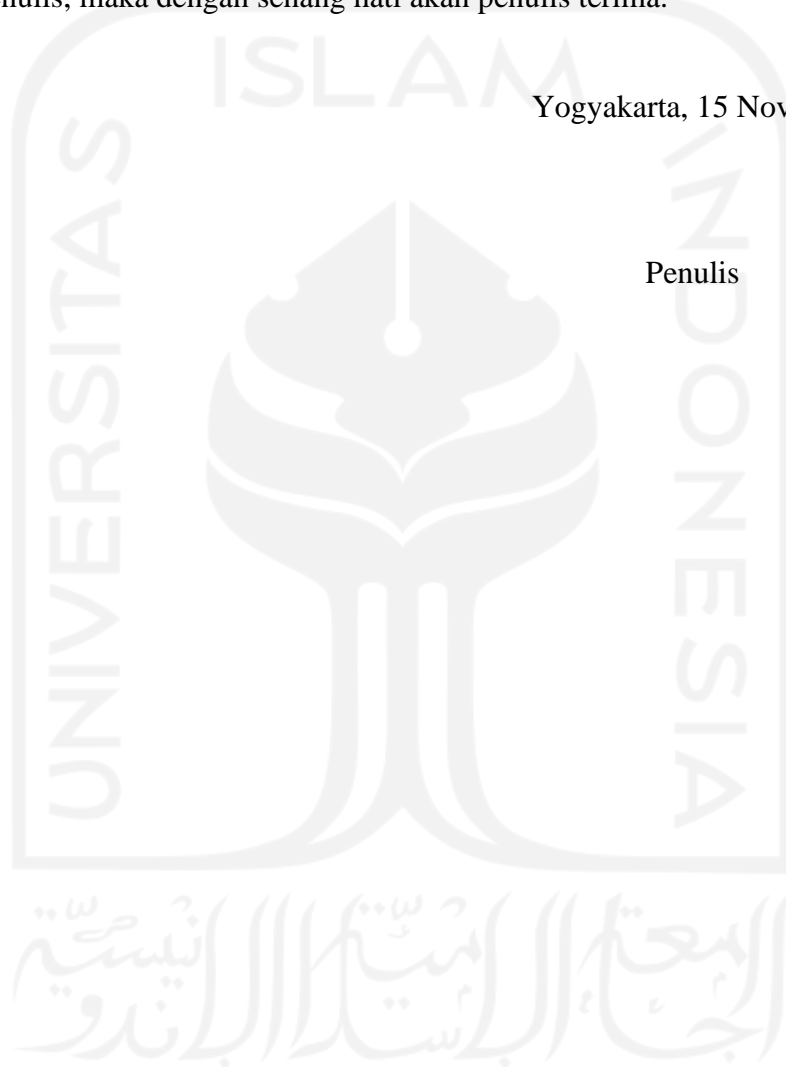
1. Bapak Dr. Ir. Muhammad Khafidh, S.T., M.T., IPP selaku Kepala Prodi Teknik Mesin.
2. Bapak Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing.
3. Orang Tua serta pihak-pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu yang telah ikut serta mendukung proses Tugas Akhir ini sampai dengan selesai.

4. Serta pihak-pihak yang telah membantu yang penulis tidak dapat sebutkan satu per satu

Susunan Laporan Tugas Akhir ini telah dibuat dengan sebaik – baiknya dan semaksimalnya, tetapi penulis menyadari masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karenanya, jika ada kritik maupun saran di mana yang sifatnya membangun bagi penulis, maka dengan senang hati akan penulis terima.

Yogyakarta, 15 November 2022

Penulis



## ABSTRAK

Proses manufaktur terus mengalami perkembangan. Proses *injection molding* merupakan salah satu proses manufaktur yang sering digunakan di dalam membuat produk berbahan plastik. Dari produk yang telah didesain pada tugas akhir sebelumnya, maka dilakukan simulasi *injection molding* dengan *software* dengan parameter yang sudah ditentukan, kemudian dari hasil simulasi tersebut dipilih parameter yang memiliki *quality prediction* yang paling baik. Apabila ada produk yang tidak memenuhi nilai *quality prediction* yang telah ditentukan, maka dilakukan perbaikan berupa mengubah *layout injection molding* atau memodifikasi desain dari produk. Dari simulasi yang telah dilakukan, *layout star* dan diameter 5 mm menjadi parameter terbaik untuk produk *body saklar* dengan nilai *quality prediction* 90,3%, sedangkan *layout star* dengan diameter 4 mm menjadi parameter terbaik untuk produk *bracket atas* dengan nilai *quality prediction* sebesar 95,30%, lalu untuk produk kotak atas, parameter dengan *layout radial* dan diameter 3 mm menjadi parameter terbaik dengan *quality prediction* sebesar 82,1%. Pada produk *fitting lampu*, dilakukan *improvement* berupa modifikasi desain sehingga mendapat nilai *quality prediction* sebesar 88,6% pada simulasi kedua.

Kata kunci: Proses manufaktur, *injection molding*, *quality prediction*.

## **ABSTRACT**

*Manufacturing process keeps improving. Injection molding process is one of the most commonly-used manufacturing process at producing products that made from plastics. From the products that have been designed from the previous final task, injection molding simulation by using software is applied with parameters that have been determined. From the simulation result, parameter with the best quality prediction value is chosen. If there is a product that does not meet the quality prediction requirements that have been determined before, then improvements by changing layout of injection molding or modifying the design from product are taken. From the first simulations that have been done, star layout and 5 mm of diameters is the best parameter for “switch body” product which gets 90,3% of quality prediction value, while the radial star and 4 mm of diameters is the best parameter for the “upper bracket” product with 95,3% of quality prediction value, and then radial layout and 3 mm of diameters is the best parameter for upper box product with 82,1% quality prediction value. For the “light fitting”, improvement by modifying the design is taken, as the result, it gets 88,6% of quality prediction value in the second simulation.*

*Keywords: Manufacturing process, injection molding, quality prediction.*

## DAFTAR ISI

Pernyataan Orisinalitas Tugas .....	ii
Lembar Pengesahan Dosen Pembimbing .....	iii
Lembar Pengesahan Dosen Penguji .....	iv
Halaman Persembahan .....	v
Halaman Motto .....	vi
Kata Pengantar atau Ucapan Terima Kasih .....	vii
Abstrak .....	ix
<i>Abstract</i> .....	x
Daftar Isi .....	xi
Daftar Tabel .....	xiv
Daftar Gambar .....	xv
Daftar Notasi .....	xxvi
Bab 1 Pendahuluan .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	2
1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan .....	2
1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan .....	3
1.6 Sistematika Penulisan .....	3
Bab 2 Tinjauan Pustaka .....	4
2.1 Kajian Pustaka .....	4
2.2 Dasar Teori .....	5
2.2.1 <i>Injection Molding</i> .....	5
2.2.2 <i>Jenis Layout Pada Injection Molding</i> .....	8
2.2.3 <i>Autodesk Moldflow Adviser</i> .....	10
2.2.4 <i>Mold Design</i> .....	11
Bab 3 Metode Penelitian .....	12
3.1 Alur Penelitian .....	12
3.2 Peralatan dan Bahan .....	12

3.2.1	Peralatan .....	12
3.2.2	Bahan .....	13
3.3	Parameter Simulasi .....	16
3.3.1	Saklar .....	16
3.3.2	<i>Fitting</i> Lampu .....	16
3.3.3	<i>Bracket</i> Atas .....	17
3.3.4	Kotak Atas .....	17
Bab 4	Hasil dan Pembahasan .....	19
4.1	Hasil Simulasi .....	19
4.1.1	<i>Body</i> Saklar .....	19
4.1.2	<i>Fitting</i> Lampu .....	40
4.1.3	<i>Bracket</i> Atas .....	61
4.1.4	Kotak Atas .....	82
4.2	Cacat-Cacat Yang Terjadi .....	96
4.2.1	<i>Air Trap</i> .....	96
4.2.2	<i>Weld Lines</i> .....	97
4.3	Kekurangan Desain .....	98
4.3.1	<i>Fitting</i> lampu .....	98
4.4	Modifikasi Desain dan/atau Perubahan <i>Layout</i> .....	100
4.4.1	<i>Fitting</i> Lampu .....	100
4.5	Perancangan <i>Mold</i> .....	102
Bab 5	Penutup .....	105
5.1	Kesimpulan .....	105
5.2	Saran atau Penelitian Selanjutnya .....	105
Daftar Pustaka	.....	107
Lampiran 1	.....	109
Lampiran 2	.....	110
Lampiran 3	.....	111
Lampiran 4	.....	112
Lampiran 5	.....	113
Lampiran 6	.....	114
Lampiran 7	.....	115



Lampiran 8.....	116
Lampiran 9.....	117
Lampiran 10.....	118
Lampiran 11.....	119
Lampiran 12.....	120



## DAFTAR TABEL

Tabel 3- 1 spesifikasi laptop.....	13
Tabel 3- 2 Parameter simulasi saklar.....	16
Tabel 3- 3 Parameter simulasi <i>fitting</i> lampu.....	17
Tabel 3- 4 Parameter simulasi <i>bracket atas</i> .....	17
Tabel 3- 5 Parameter simulasi kotak atas .....	18
Tabel 4- 1 Perbandingan hasil simulasi <i>body</i> saklar.....	37
Tabel 4- 2 Hasil simulasi dengan penempatan <i>gate</i> di bawah pada <i>body</i> saklar..	39
Tabel 4- 3 Perbandingan hasil simulasi <i>fitting</i> lampu .....	59
Tabel 4- 4 Hasil simulasi dengan penempatan <i>gate</i> di bawah pada <i>fitting</i> lampu .....	60
Tabel 4- 5 Perbandingan hasil simulasi <i>bracket atas</i> .....	80
Tabel 4- 6 Hasil simulasi produk <i>bracket atas</i> dengan <i>gate</i> bawah.....	81
Tabel 4- 7 Perbandingan hasil simulasi kotak atas.....	93
Tabel 4- 8 Hasil simulasi produk kotak atas dengan <i>gate</i> bawah.....	95

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2- 1 Mesin <i>injection molding</i> .....	6
Gambar 2- 2 Komponen mesin <i>injection molding</i> .....	6
Gambar 2- 3 <i>Sprue</i> .....	7
Gambar 2- 4 Skema <i>sprue, runner, dan gate</i> .....	8
Gambar 2- 5 <i>Layout H</i> .....	9
Gambar 2- 6 <i>Layout star</i> .....	9
Gambar 2- 7 <i>Layout block</i> .....	10
Gambar 2- 8 <i>Layout radial</i> .....	10
Gambar 2- 9 Logo <i>Autodesk Moldflow Adviser</i> .....	11
Gambar 2- 10 Komponen pada <i>molding unit</i> .....	11
Gambar 3- 1 Alur Penelitian.....	12
Gambar 3- 2 Saklar yang akan disimulasikan .....	14
Gambar 3- 3 Tampak belakang dari <i>assembly</i> saklar .....	14
Gambar 3- 4 <i>Assembly</i> dari produk <i>fitting</i> lampu.....	14
Gambar 3- 5 <i>Fitting</i> lampu yang akan disimulasi .....	15
Gambar 3- 6 <i>Assembly bracket</i> secara keseluruhan.....	15
Gambar 3- 7 <i>Bracket</i> atas yang akan disimulasi.....	15
Gambar 3- 8 Kotak atas yang akan disimulasi .....	16
Gambar 4- 1 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm .....	19
Gambar 4- 2 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	20
Gambar 4- 3 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm .....	20
Gambar 4- 4 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm .....	21
Gambar 4- 5 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	21
Gambar 4- 6 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	22

Gambar 4- 7 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm .....	22
Gambar 4- 8 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	23
Gambar 4- 9 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	23
Gambar 4- 10 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	24
Gambar 4- 11 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	24
Gambar 4- 12 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	25
Gambar 4- 13 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm .....	25
Gambar 4- 14 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	26
Gambar 4- 15 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm .....	26
Gambar 4- 16 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	27
Gambar 4- 17 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	27
Gambar 4- 18 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	28
Gambar 4- 19 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	28
Gambar 4- 20 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	29
Gambar 4- 21 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	29
Gambar 4- 22 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	30

Gambar 4- 23 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	30
Gambar 4- 24 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	31
Gambar 4- 25 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm .....	31
Gambar 4- 26 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm.....	32
Gambar 4- 27 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm .....	32
Gambar 4- 28 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm.....	33
Gambar 4- 29 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	33
Gambar 4- 30 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	34
Gambar 4- 31 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	34
Gambar 4- 32 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	35
Gambar 4- 33 <i>Fill time body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	35
Gambar 4- 34 <i>Quality prediction body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	36
Gambar 4- 35 <i>Air trap body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	36
Gambar 4- 36 <i>Weld line body</i> saklar dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	37
Gambar 4- 37 Grafik <i>fill time body</i> saklar.....	38
Gambar 4- 38 Grafik <i>quality prediction body</i> saklar.....	38
Gambar 4- 39 Simulasi dengan penempatan <i>gate</i> di bawah pada <i>body</i> saklar.....	39

Gambar 4- 40 Perbandingan <i>fill time body</i> saklar antara <i>gate</i> atas dan <i>gate</i> bawah .....	40
Gambar 4- 41 Perbandingan <i>quality prediction body</i> saklar antara <i>gate</i> atas dan <i>gate</i> bawah.....	40
Gambar 4- 42 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	41
Gambar 4- 43 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	41
Gambar 4- 44 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	42
Gambar 4- 45 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	42
Gambar 4- 46 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	43
Gambar 4- 47 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	43
Gambar 4- 48 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	44
Gambar 4- 49 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	44
Gambar 4- 50 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	45
Gambar 4- 51 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	45
Gambar 4- 52 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	46
Gambar 4- 53 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	46
Gambar 4- 54 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	47
Gambar 4- 55 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	47

Gambar 4- 56 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	48
Gambar 4- 57 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	48
Gambar 4- 58 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	49
Gambar 4- 59 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	49
Gambar 4- 60 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	50
Gambar 4- 61 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	50
Gambar 4- 62 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	51
Gambar 4- 63 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	51
Gambar 4- 64 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	52
Gambar 4- 65 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	52
Gambar 4- 66 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 5 mm.....	53
Gambar 4- 67 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 5 mm.....	53
Gambar 4- 68 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 5 mm.....	54
Gambar 4- 69 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 5 mm.....	54
Gambar 4- 70 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 5 mm.....	55
Gambar 4- 71 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 5 mm.....	55

Gambar 4- 72 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 5 mm.....	56
Gambar 4- 73 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 5 mm.....	56
Gambar 4- 74 <i>Fill time fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 5 mm.....	57
Gambar 4- 75 <i>Quality prediction fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 5 mm.....	57
Gambar 4- 76 <i>Air trap fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 5 mm.....	58
Gambar 4- 77 <i>Weld line fitting</i> lampu dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 5 mm.....	58
Gambar 4- 78 Grafik <i>fill time fitting</i> lampu.....	59
Gambar 4- 79 Grafik <i>quality prediction fitting</i> lampu .....	59
Gambar 4- 80 Simulasi dengan penempatan <i>gate</i> di bawah pada <i>fitting</i> lampu... 60	
Gambar 4- 81 Perbandingan <i>fill time fitting</i> lampu antara <i>gate</i> atas dan <i>gate</i> bawah .....	61
Gambar 4- 82 Perbandingan <i>quality prediction fitting</i> lampu antara <i>gate</i> bawah dan <i>gate</i> atas .....	61
Gambar 4- 83 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm .....	62
Gambar 4- 84 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	62
Gambar 4- 85 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm .....	63
Gambar 4- 86 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 4 mm.....	63
Gambar 4- 87 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	64
Gambar 4- 88 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	64



Gambar 4- 89 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	65
Gambar 4- 90 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 4 mm.....	65
Gambar 4- 91 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	66
Gambar 4- 92 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	66
Gambar 4- 93 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	67
Gambar 4- 94 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 4 mm.....	67
Gambar 4- 95 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	68
Gambar 4- 96 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	68
Gambar 4- 97 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	69
Gambar 4- 98 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout H</i> dan diameter 3 mm.....	69
Gambar 4- 99 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	70
Gambar 4- 100 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	70
Gambar 4- 101 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	71
Gambar 4- 102 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout star</i> dan diameter 3 mm.....	71
Gambar 4- 103 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	72
Gambar 4- 104 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout radial</i> dan diameter 3 mm.....	72

Gambar 4- 105 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	73
Gambar 4- 106 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	73
Gambar 4- 107 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm.....	74
Gambar 4- 108 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm.....	74
Gambar 4- 109 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm.....	75
Gambar 4- 110 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm.....	75
Gambar 4- 111 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	76
Gambar 4- 112 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	76
Gambar 4- 113 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	77
Gambar 4- 114 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> star dan diameter 5 mm.....	77
Gambar 4- 115 <i>Fill time bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	78
Gambar 4- 116 <i>Quality prediction bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	78
Gambar 4- 117 <i>Air trap bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	79
Gambar 4- 118 <i>Weld line bracket</i> atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm.....	79
Gambar 4- 119 Grafik <i>fill time bracket</i> atas.....	80
Gambar 4- 120 Grafik <i>quality prediction bracket</i> atas.....	80
Gambar 4- 121 Simulasi dengan <i>gate</i> bawah pada produk <i>bracket</i> atas.....	81

Gambar 4- 122 <i>Fill time</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 4 mm .....	82
Gambar 4- 123 <i>Quality prediction</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 4 mm.....	82
Gambar 4- 124 <i>Air trap</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 4 mm .....	83
Gambar 4- 125 <i>Weld line</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 4 mm.....	83
Gambar 4- 126 <i>Fill time</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 4 mm.....	84
Gambar 4- 127 <i>Quality prediction</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 4 mm.....	84
Gambar 4- 128 <i>Air trap</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 4 mm.....	85
Gambar 4- 129 <i>Weld line</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 4 mm.....	85
Gambar 4- 130 <i>Fill time</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 3 mm .....	86
Gambar 4- 131 <i>Quality prediction</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 3 mm.....	86
Gambar 4- 132 <i>Air trap</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 3 mm .....	86
Gambar 4- 133 <i>Weld line</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 3 mm.....	87
Gambar 4- 134 <i>Fill time</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	87
Gambar 4- 135 <i>Quality prediction</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	88
Gambar 4- 136 <i>Air trap</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	88
Gambar 4- 137 <i>Weld line</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 3 mm.....	89

Gambar 4- 138 <i>Fill time</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm .....	89
Gambar 4- 139 <i>Quality prediction</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm .....	90
Gambar 4- 140 <i>Air trap</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm .....	90
Gambar 4- 141 <i>Weld line</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> H dan diameter 5 mm .....	91
Gambar 4- 142 <i>Fill time</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm .....	91
Gambar 4- 143 <i>Quality prediction</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm .....	92
Gambar 4- 144 <i>Air trap</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm .....	92
Gambar 4- 145 <i>Weld line</i> kotak atas dengan parameter <i>layout</i> radial dan diameter 5 mm .....	93
Gambar 4- 146 Grafik <i>fill time</i> untuk kotak atas .....	94
Gambar 4- 147 Grafik <i>quality prediction</i> untuk kotak atas .....	94
Gambar 4- 148 Simulasi dengan gate bawah pada produk kotak atas. ....	95
Gambar 4- 149 <i>Air trap</i> pada <i>body</i> saklar .....	96
Gambar 4- 150 <i>Air trap</i> pada <i>fitting</i> lampu .....	96
Gambar 4- 151 <i>Air trap</i> pada kotak atas.....	97
Gambar 4- 152 <i>Weld lines</i> pada <i>body</i> saklar .....	97
Gambar 4- 153 <i>Weld lines</i> pada <i>fitting</i> lampu .....	98
Gambar 4- 154 <i>Weld lines</i> pada kotak atas.....	98
Gambar 4- 155 Kekurangan desain pada <i>fitting</i> lampu: <i>Thickness</i> tidak seragam	99
Gambar 4- 156 Kekurangan desain <i>fitting</i> lampu: <i>fillet</i> .....	99
Gambar 4- 157 Kekurangan desain <i>fitting</i> lampu: <i>Boss</i> .....	100
Gambar 4- 159 Menghubungkan lubang baut dengan <i>rib</i> .....	101
Gambar 4- 160 Menyeragamkan <i>thickness</i> .....	101
Gambar 4- 161 Hasil simulasi ulang pada <i>fitting</i> lampu .....	102
Gambar 4- 162 Standar <i>moldbase Futaba SA series 5060</i> .....	102

Gambar 4- 163 <i>Mold design</i> untuk produk <i>body</i> saklar .....	103
Gambar 4- 164 <i>Mold design</i> untuk produk <i>fitting</i> lampu .....	103
Gambar 4- 165 <i>Mold design</i> untuk produk <i>bracket</i> atas .....	103
Gambar 4- 166 <i>Mold design</i> untuk produk kotak atas.....	104



## DAFTAR NOTASI

<b>%</b>	= Persen
<b>mm</b>	= Milimeter
<b>s</b>	= Sekon
<b>C</b>	= Celcius
<b>wt %</b>	= Persentase berat
<b><math>\mu\text{m}</math></b>	= Mikrometer
<b>MPa</b>	= Mega pascal



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Proses manufaktur terus mengalami perkembangan dari masa ke masa. *Injection molding* menjadi teknik manufaktur yang sering digunakan dalam pengolahan plastik (Othman, Hasan, Khamis, Ibrahim, & M.Amin, 2017). Banyak produk yang diproduksi dengan teknik *injection molding* seperti kursi plastik, peralatan makan, dan botol minuman.

*Injection molding* memiliki beberapa keunggulan di antaranya kapasitas produksi yang banyak dan mampu memproduksi produk dengan kompleksitas yang tinggi (Othman, Hasan, Khamis, Ibrahim, & M.Amin, 2017). Meskipun demikian, proses *injection molding* memiliki potensi cacat dalam hasil produk akhirnya, sehingga diperlukan untuk mengoptimasi berbagai parameter *injection molding* untuk mendapatkan hasil produk yang lebih baik.

Di antara produk yang dibuat dengan *injection molding* adalah *mini circuit breaker* (MCB) yang merupakan alat yang berguna untuk memutus aliran listrik jika terjadi *short circuit* ataupun terjadi beban yang berlebih. Hampir di setiap rumah dan bangunan memiliki MCB (Putra, 2022).

Di antara produk lain yang menggunakan proses *injection molding* dalam pemubatangannya adalah saklar yang merupakan salah alat yang digunakan dalam instalasi listrik baik di rumah maupun di dalam bangunan yang berfungsi untuk memutus aliran listrik pada peralatan elektronik. Saklar yang banyak beredar di pasaran saat ini adalah saklar yang langsung dihubungkan dengan aliran listrik kemudian menggunakan *push button* untuk menyambungkan dan memutus aliran listrik ke peralatan elektronik (Setiawan, 2022).

*Fitting* lampu juga merupakan produk yang dapat dibuat dengan proses *injection molding*. Alat ini berfungsi sebagai perantara antara aliran listrik dan lampu. *Fitting* lampu biasanya diletakkan di bagian atas ruangan yang melekat ke plafon kemudian ditempel dengan menggunakan baut (Amiharjo, 2022).

Ketiga produk yang telah disebutkan di atas dapat diproduksi secara massal dengan proses manufaktur *injection molding*, maka perlu untuk melakukan simulasi dan analisis *injection molding* pada ketiga produk tersebut untuk mendapatkan parameter-parameter yang optimal agar bisa memproduksi ketiga produk tersebut dengan cacat yang seminimal mungkin dan dalam waktu yang sesingkat mungkin.

*Mold design* merupakan faktor penting yang menentukan hasil dari sebuah produk dalam proses *injection molding*, di antara parameter yang mempengaruhi untuk mendapatkan produk yang berkualitas adalah jenis *layout runner*, *gate location*, *runner system*, dan jenis sistem pendingin *mold* yang digunakan (Muchlis, 2019).

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaturan parameter-parameter *injection molding* untuk mendapatkan hasil yang maksimal dari sebuah produk?

## **1.3 Batasan Masalah**

1. Pengujian hanya dilakukan dengan berbasis simulasi perangkat lunak saja.
2. Perangkat lunak yang digunakan untuk desain 3D adalah *Solidworks* 2018.
3. Perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi *injection molding* adalah *Autodesk Mold Adviser* 2019.
4. Produk yang akan diuji adalah *bracket*, *fitting* lampu, dan saklar.
5. Bahan yang digunakan untuk simulasi pada perangkat lunak adalah *acrylonitrile butadiene styrene* (ABS).
6. Tidak membahas tentang desain produk.
7. Simulasi *injection molding* menggunakan *two plates* dan *cold runner system*.
8. Perangkat lunak yang digunakan untuk *mold design* adalah *Autodesk Inventor Professional* 2022.

## **1.4 Tujuan Penelitian atau Perancangan**

1. Mendapatkan pengaturan parameter *injection molding* yang optimal agar menghasilkan produk yang memiliki cacat yang minim.

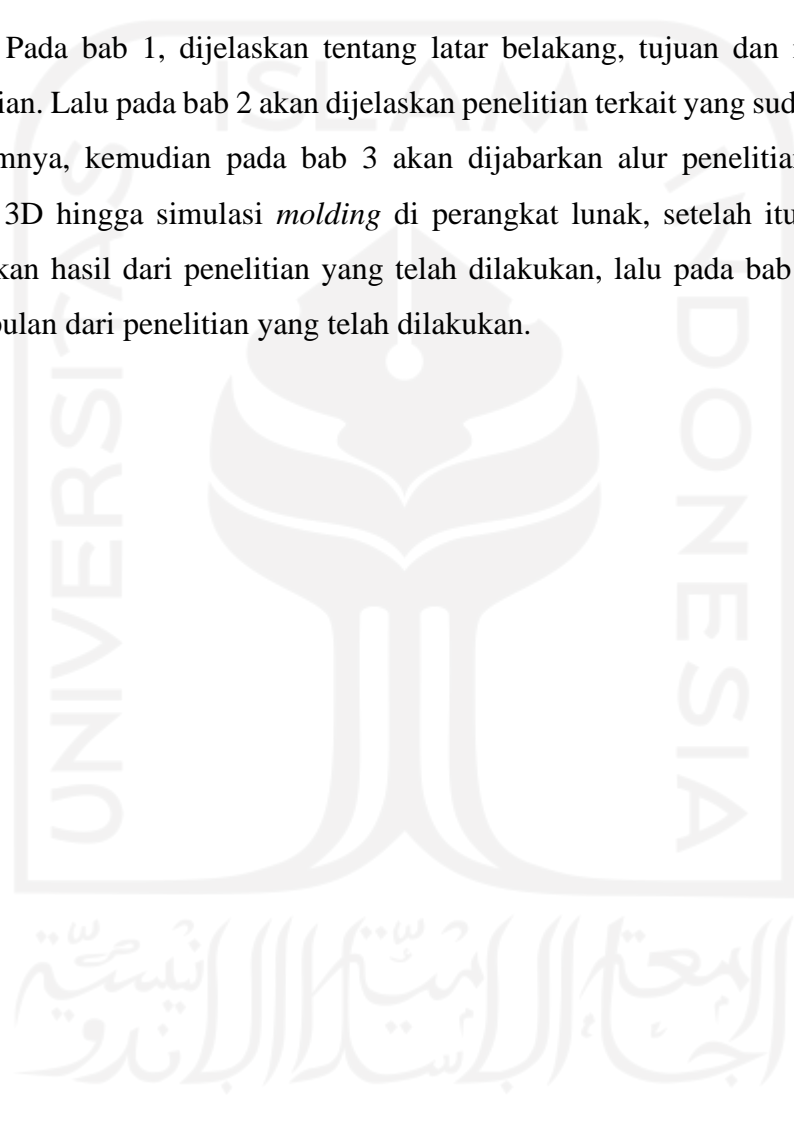


## **1.5 Manfaat Penelitian atau Perancangan**

1. Menjadi rujukan dari data-data yang didapat dari penelitian ini apabila produk-produk yang disimulasikan pada penelitian ini akan diproduksi secara massal dengan menggunakan *injection molding*.

## **1.6 Sistematika Penulisan**

Pada bab 1, dijelaskan tentang latar belakang, tujuan dan manfaat dari penelitian. Lalu pada bab 2 akan dijelaskan penelitian terkait yang sudah dilakukan sebelumnya, kemudian pada bab 3 akan dijabarkan alur penelitian mulai dari desain 3D hingga simulasi *molding* di perangkat lunak, setelah itu pada bab 4 dijelaskan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, lalu pada bab 5 dijelaskan kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan.



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Kajian Pustaka

Pada penelitian sebelumnya yaitu optimasi parameter *injection molding* penyusutan dan lengkungan untuk material *polypropylene-nanoclay-gigantochloa scortechinii nanocomposites* dengan menggunakan metode *Taguchi*, didapatkan bahwa nilai lengkungan berkurang ketika kandungan fiber ditingkatkan dari 1 wt. % ke 3 wt. %, nilai lengkungan berkurang dari 0,025 mm menjadi 0,009 mm. Parameter optimum lengkungan berada pada 175 C *barrel temperature*, 40% *packing pressure*, 35% *screw speed* dan 2 detik *filling time* untuk 1 wt. % dan 3% kandungan fiber. Untuk penyusutan, kenaikan kandungan fiber tidak memberi efek yang signifikan terhadap nilai penyusutan yaitu naik dari 0,0136 mm menjadi 0,0134 mm. Untuk parameter penyusutan, nilai penyusutan yang paling optimum untuk kandungan fiber 1 wt. % adalah 170 C temperatur leleh, 40% *packing pressure*, 30% *screw speed* dan 2 detik *filling time*, sedangkan untuk kandungan fiber 3 wt. % nilai maksimum berada pada 170 C *barrel temperature*, 40% *packing pressure*, 35% *screw speed* dan 3 detik *filling time*. (Othman, Hasan, Khamis, Ibrahim, & M.Amin, 2017).

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Farotti & Natalini, 2018) tentang pengaruh parameter proses *injection molding* pada *mechanical properties* pada material polimer *polypropylene*, didapati bahwa temperatur  *mold* menjadi faktor yang paling menentukan dalam properti mekanikal dari polimer bersama dengan *packing pressure*. Akan tetapi, kenaikan dari temperatur  *mold* dan *packing pressure* bisa menyebabkan *overpacking* atau kerapuhan pada *part*.

Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh (Permadi, 2020), disimpulkan bahwa rancangan pada *cavity* yang baik akan menghasilkan produk yang baik, selain itu ketelitian dalam mengerjakan *cavity* merupakan kunci keberhasilan produk plastik ini.

Lalu, pada penelitian yang dilakukan oleh (Fu, Liu, Quan, & Ma, 2021) yang bertujuan untuk mengurangi *cycle time* dari proses *injection molding*,

disimpulkan bahwa apabila plastik dibiarkan deformasi sebesar 0,5 mm ketika proses ejsi, *cycle time* dapat berkurang hingga 79 detik, dan berkurang sebanyak 61,5 detik apabila plastik dibiarkan deformasi sebanyak 1 mm.

Kemudian, penelitian tentang analisis parameter proses plastik *injection molding* untuk pengendalian cacat produk, didapati kesimpulan bahwa cacat produk bisa terjadi apabila tidak tepat menentukan parameter dalam *injection molding*. Nilai tekanan injeksi yang terlalu rendah akan mengakibatkan produk mengalami *short shot* dan *sink mark*, sedangkan apabila tekanan injeksi terlalu tinggi akan mengakibatkan *part flashing*. Nilai temperatur injeksi yang terlalu rendah akan menyebabkan cacat produk berupa *dirty*, *flow mark*, *sink mark*, dan *short shot*, sedangkan apabila temperatur injeksi terlalu tinggi akan menyebabkan produk mengalami *part flashing* dan *silver brain*. Kemudian apabila waktu pendinginan yang terlalu rendah dapat mengakibatkan masalah pada saat pelepasan produk dari cetakan, sedangkan apabila waktu pendinginan yang lebih lama akan menghasilkan produk yang lebih baik, akan tetap tidak efisien dari sisi *cycle time* dan waktu produksi (Cahyadi, 2008).

## **2.2 Dasar Teori**

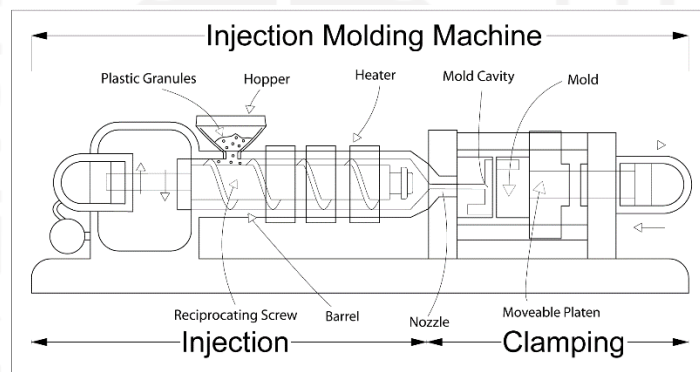
### **2.2.1 Injection Molding**

*Injection molding* adalah metode pembuatan produk yang terbuat dari plastik yang sering digunakan, hal itu dikarenakan *injection molding* memiliki beberapa keunggulan di antaranya sisa penggunaan material yang minimal, tidak banyak menghabiskan waktu dan tenaga, memerlukan proses *finishing*, dapat membuat bentuk geometri yang kompleks. Sedangkan kekurangannya yaitu biaya untuk melakukan investasi dan perawatannya tergolong mahal. (Gambar 2- 1) merupakan salah satu contoh dari mesin *injection molding*.



Gambar 2- 1 Mesin *injection molding*

Terdapat komponen penting dalam proses *injection molding* sebagaimana pada (Gambar 2- 2), bagian-bagian tersebut adalah *molding unit*, *injection unit*, *tempering system*, dan *clamping unit*. Lima komponen ini adalah satu kesatuan serta saling berhubungan dan bekerjasama secara otomatis.



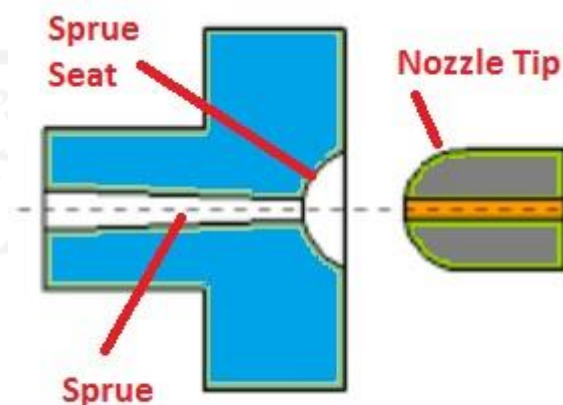
Gambar 2- 2 Komponen mesin *injection molding*

Proses dalam *injection molding* terdiri dari empat tahapan. Pertama adalah proses *clamping* yaitu proses penjepitan dua bagian cetakan sebelum cetakan tersebut diinjeksi dengan biji plastik, yang kedua yaitu proses injeksi biji plastik ke dalam cetakan dengan tekanan tertentu dan cetakan harus tertutup dengan rapat, yang ketiga yakni proses *cooling* yaitu pendinginan cetakan yang telah diinjeksi dengan biji plastik yang bertekanan dan dilelehkan dengan temperatur tertentu, kemudian yang terakhir proses ejsksi yaitu mengeluarkan produk berbahan plastik dari cetakan.

Prosesi *Injection molding* menggunakan bahan baku dari polimer, beberapa jenis polimer di antaranya:

1. *Thermoplastic polymer*. Polimer ini berbentuk padat ketika berada di suhu ruangan dan bebrntuk cairan ketika berada di suhu yang tinggi. Polimer jenis ini mudah dibentuk dengan pemanasan yang berulang-ulang.
2. *Amorphous thermoplastic*. Polimer ini mirip sifatnya dengan *thermoplastic polymer*, dengan perbedaan pada struktur kimia dan bentuknya serta molekulnya hampir tidak bisa dilihat karena bentuknya yang kecil.
3. *Semi-crystalline thermoplastic*. Polimer ini mirip sifatnya seperti *thermoplastic polymer* dengan perbedaan pada bentuk molekul *semi-crystalline thermoplastic* yang berbentuk kristal, ukuran molekulnya sebesar 50 hingga 500  $\mu\text{m}$ .
4. *Thermoset*. Struktur molekul kimia pada *thermoset* akan mengalami perubahan yang permanen pada saat proses pemanasan sampai proses pengerasan sehingga *thermoset* tidak bisa dicairkan kembali dengan pemanasan yang berulang-ulang.

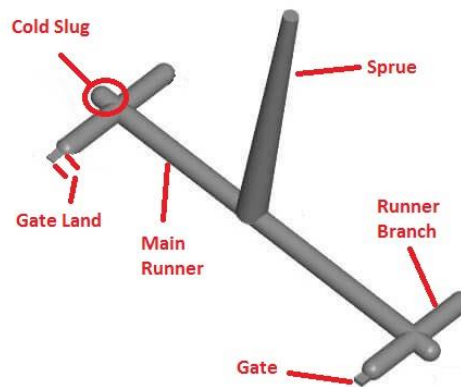
Dalam setiap cetakan *injection molding* memiliki *sprue*, *runner*, dan *gate*. *Sprue* sebagaimana pada (Gambar 2- 3) adalah titik kontak pertama antara mesin *injection molding* dengan cetakan *molding*. *Sprue* memiliki dudukan bulat yang cekung yang merupakan tempat untuk ujung *nozzle* dari mesin *injection molding*. Penting untuk ujung *nozzle* dan *sprue* untuk memiliki diameter yang sama, karena jika tidak, maka material akan mengalami kebocoran.



Gambar 2- 3 *Sprue*

*Runner* adalah saluran yang terhubung ke setiap *gate* pada setiap part. Apabila proses *injection molding* hanya memiliki satu *cavity*, maka hanya akan ada satu cabang *runner*. Apabila memiliki lebih dari satu *cavity*, maka *runner* akan memiliki banyak cabang menyesuaikan dengan jumlah dari *cavity*. Ketika mendesain *runner*, penting untuk membuat *cold slug* pada setiap perubahan arah dari *runner*, karena ketika plastic cair mengalir di dalam *runner*, maka plastic cair akan menurun suhunya, sehingga plastic cair tertahan pada area *cold slug* dan tidak akan masuk pada *gate*.

*Gate* adalah tempat masuknya material *injection molding* ke dalam cetakan hingga berbentuk sesuai dengan produk yang telah didesain sebelumnya. Banyak permasalahan pada *gate* dalam proses *injection molding*, tetapi memahami tujuan dari *gate* dapat membantu dalam mendesain *gate* yang tepat *part* yang terbuat dari plastik. (Gambar 2- 4) merupakan contoh skema dari *sprue*, *runner*, dan *gate*.

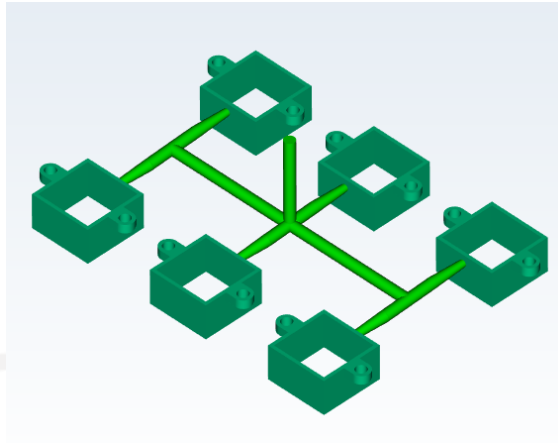


Gambar 2- 4 Skema *sprue*, *runner*, dan *gate*

## 2.2.2 Jenis *Layout* Pada *Injection Molding*

### 1. *Layout H*

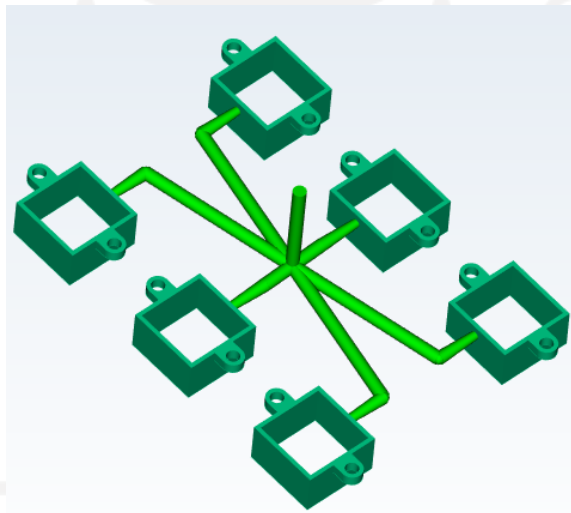
*Layout H* adalah bentuk *layout* yang paling sederhana pada *injection molding*. *Layout* ini berbentuk seperti huruf H di mana *gate* yang saling berhadapan terhubung dengan *sprue* yang sama sebagaimana pada Gambar 2- 5.



Gambar 2- 5 *Layout H*

2. *Layout Star*

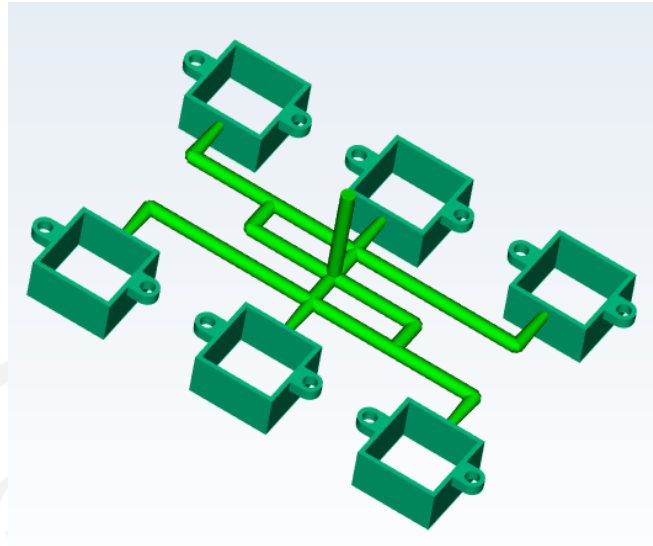
*Layout star* memiliki bentuk di mana *gate* pada produk yang berseberangan secara diagonal dihubungkan dengan satu *sprue* sebagaimana pada Gambar 2- 6.



Gambar 2- 6 *Layout star*

3. *Layout Block*

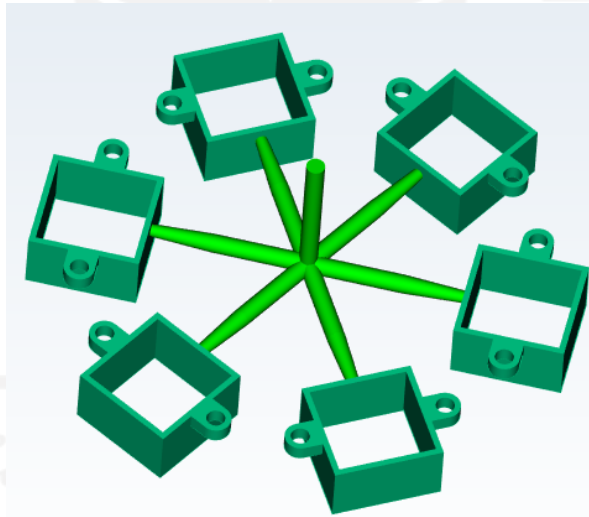
*Layout block* memiliki bentuk di mana satu *sprue* dapat bercabang ke *sprue* yang lain sebagaimana pada Gambar 2- 7.



Gambar 2- 7 *Layout block*

#### 4. *Layout Radial*

Produk pada *layout radial* tersusun dengan bentuk melingkar seperti pada Gambar 2- 8.



Gambar 2- 8 *Layout radial*

### 2.2.3 *Autodesk Moldflow Adviser*

*Autodesk Moldflow Adviser* adalah perangkat lunak yang digunakan untuk simulasi proses *injection molding*. Perangkat lunak ini dapat melakukan simulasi proses *injection molding* yang sangat mirip dengan keadaan sebenarnya, sehingga bisa diketahui kekurangan dari sistem *injection molding* yang telah dirancang



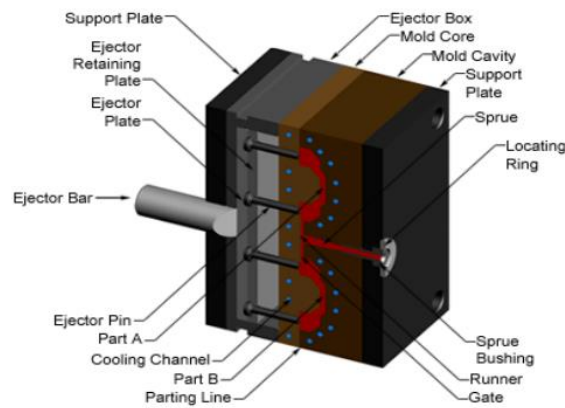
sebelum dilakukan pada keadaan sebenarnya. Pada penelitian ini, perangkat lunak yang digunakan yaitu *Autodesk Moldflow Adviser* versi tahun 2019. Gambar 2- 9 merupakan logo dari perangkat lunak *Autodesk Moldflow Adviser*.



Gambar 2- 9 Logo *Autodesk Moldflow Adviser*

#### 2.2.4 *Mold Design*

*Mold design* yaitu proses merancang cetakan produk yang plastic yang akan di produksi dengan *injection moding*. Komponen yang umum digunakan pada *molding* dapat dilihat pada Gambar 2- 10.



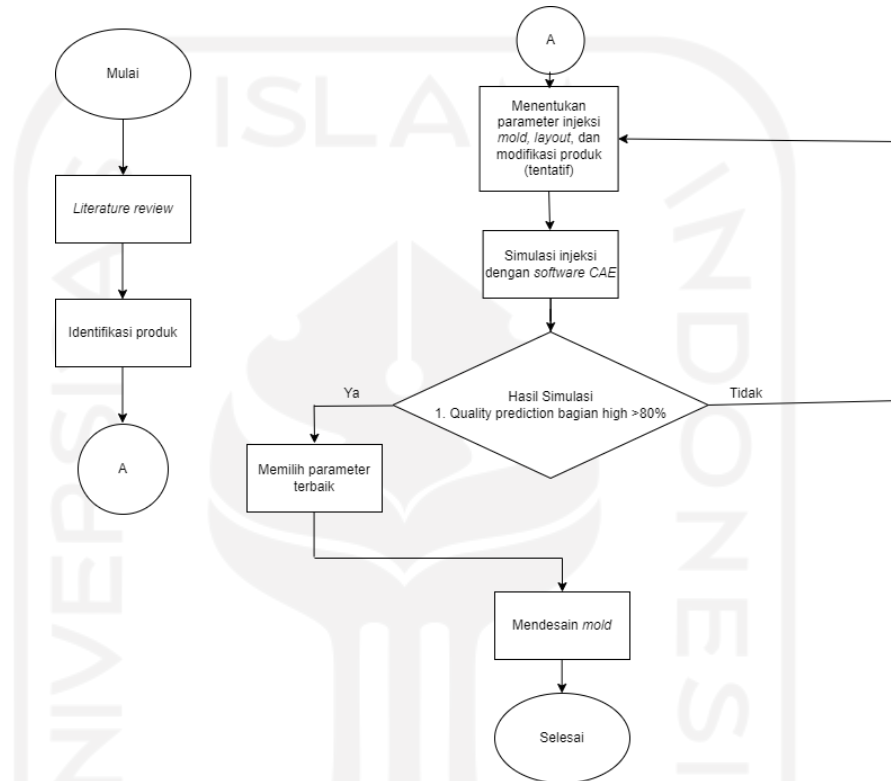
Gambar 2- 10 Komponen pada *molding unit*

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Alur Penelitian

Alur penelitian ini dapat dilihat pada *flowchart* pada (Gambar 3- 1).



Gambar 3- 1 Alur Penelitian

*Quality prediction* yang ditetapkan sebesar  $>80\%$  didapat dari penelitian yang dilakukan oleh (Wibowo & Wahyuningsih, 2022), yang mendapatkan *quality prediction* terbaik pada 86,20%.

#### 3.2 Peralatan dan Bahan

##### 3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laptop

Spesifikasi laptop yang digunakan pada penelitian ini tertera sebagaimana pada Tabel 3- 1

Tabel 3- 1 Spesifikasi laptop

<i>Processor</i>	Intel(R) Core(TM) i7-4720HQ CPU @ 2.60GHz
RAM	4,00 GB
<i>Operating System</i>	Windows 10 Pro 64-bit (10.0, Build 19042)

2. Perangkat Lunak *Autodesk Moldflow Adviser 2019*

*Autodesk Moldflow Adviser 2019* digunakan untuk melakukan simulasi *injection molding* pada produk yang akan diuji.

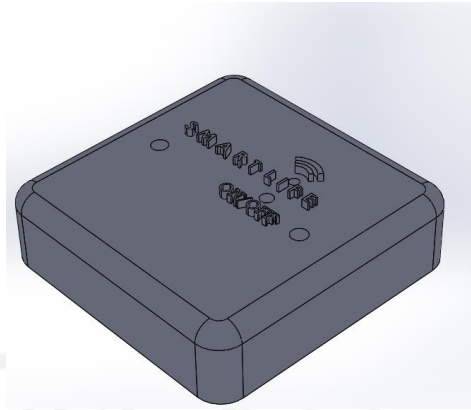
3. Perangkat Lunak *Autodesk Inventor Professional 2022*

*Autodesk Inventor Professional 2022* digunakan untuk mendesain *mold* pada produk yang telah disimulasi sebelumnya dengan mengambil parameter yang terbaik dari masing-masing produk yang telah disimulasi.

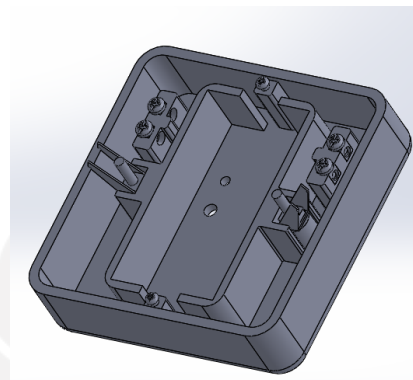
### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah produk dari penelitian tugas akhir sebelumnya yang dibuat oleh Teguh Setiawan (NIM: 17525117), Caesar Puthut Anta Jordan Amiharjo (NIM: 17525088), dan Dwi Suranto (NIM: 17525110) sebagai berikut:

1. Produk saklar sebagaimana pada Gambar 3- 2 dan Gambar 3- 3. Memiliki dimensi 85x85x25,5 mm yang merupakan produk dari Teguh Setiawan.

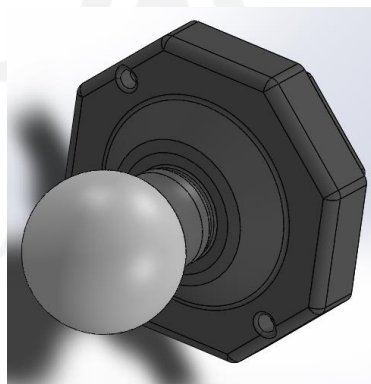


Gambar 3- 2 Saklar yang akan disimulasikan

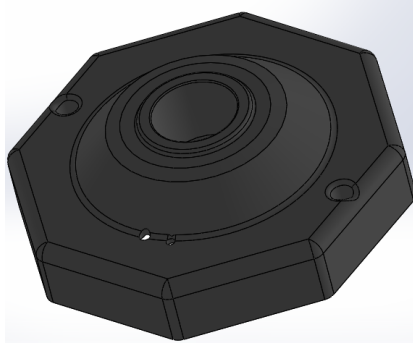


Gambar 3- 3 Tampak belakang dari *assembly* saklar

2. *Fitting* lampu dengan dimensi 130x130x41 mm sebagaimana pada Gambar 3- 4 dan Gambar 3- 5 yang merupakan produk dari Caesar Puthut Anta Jordan Amiharjo.

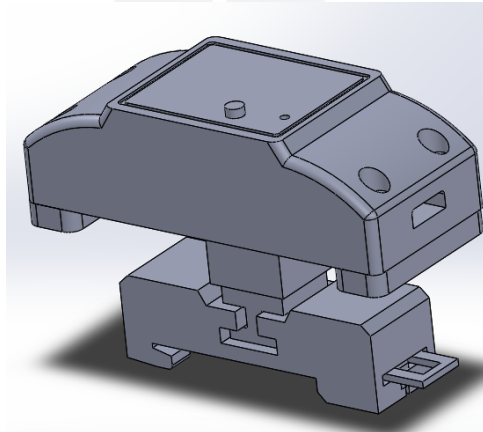


Gambar 3- 4 *Assembly* dari produk *fitting* lampu

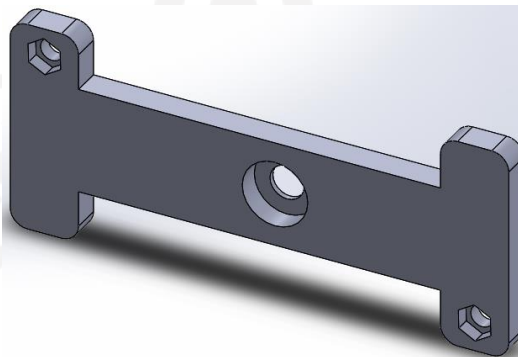


Gambar 3- 5 *Fitting* lampu yang akan disimulasi

3. Produk *bracket* di mana produk yang akan disimulasi yaitu *part bracket* atas dengan dimensi 87.55x37x5 mm sebagaimana pada Gambar 3- 6 dan Gambar 3- 7 yang merupakan produk dari Dwi Suranto.

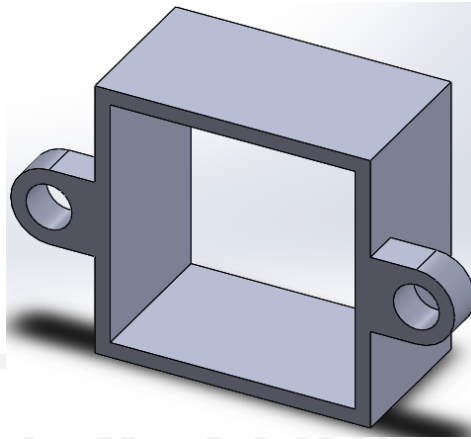


Gambar 3- 6 *Assembly bracket* secara keseluruhan



Gambar 3- 7 *Bracket* atas yang akan disimulasi

4. Kotak atas dengan dimensi 29x18x10 mm yang merupakan bagian dari produk *bracket* pada Gambar 3- 6 sebagaimana pada Gambar 3- 8 yang merupakan produk dari Dwi Suranto.



Gambar 3- 8 Kotak atas yang akan disiumulasi

### 3.3 Parameter Simulasi

Berikut ini merupakan parameter simulasi yang diterapkan pada setiap bahan:

#### 3.3.1 Saklar

Parameter simulasi dapat dilihat pada (Tabel 3- 2).

Tabel 3- 2 Parameter simulasi saklar

<i>Layout</i>	H, <i>star</i> , dan radial	
Diameter <i>runner</i> dan <i>sprue</i>	3, 4, dan 5 mm	
<i>Gate</i>	<i>Start diameter</i>	3, 4, dan 5 mm
	<i>End diameter</i>	2, 3, dan 4 mm
Material	ABS	
<i>Mold temperature</i>	60 C	
<i>Melt temperature</i>	230 C	
<i>Maximum injection pressure</i>	180 MPa	

#### 3.3.2 *Fitting Lampu*

Parameter simulasi dapat dilihat pada Tabel 3- 3.

Tabel 3- 3 Parameter simulasi *fitting* lampu

<i>Layout</i>	<i>Star, H, dan radial</i>	
Diameter <i>runner</i> dan <i>sprue</i>	3, 4, dan 5 mm	
<i>Gate</i>	<i>Start diameter</i>	3, 4, dan 5 mm
	<i>End diameter</i>	2, 3, dan 4 mm
Material	ABS	
<i>Mold temperature</i>	60 C	
<i>Melt temperature</i>	230 C	
<i>Maximum injection pressure</i>	180 MPa	

### 3.3.3 Bracket Atas

Parameter simulasi dapat dilihat pada Tabel 3- 4.

Tabel 3- 4 Parameter simulasi *bracket atas*

<i>Layout</i>	<i>Star, H, dan radial</i>	
Diameter <i>runner</i> dan <i>sprue</i>	3, 4, dan 5 mm	
<i>Gate</i>	<i>Start diameter</i>	3, 4, dan 5 mm
	<i>End diameter</i>	2, 3, dan 4 mm
Material	ABS	
<i>Mold temperature</i>	60 C	
<i>Melt temperature</i>	230 C	
<i>Maximum injection pressure</i>	180 MPa	

### 3.3.4 Kotak Atas

Parameter simulasi dapat dilihat pada Tabel 3- 5.

Tabel 3- 5 Parameter simulasi kotak atas

<i>Layout</i>	<i>Star, H, dan radial</i>	
Diameter <i>runner</i> dan <i>sprue</i>	3, 4, dan 5 mm	
<i>Gate</i>	<i>Start diameter</i>	3, 4, dan 5 mm
	<i>End diameter</i>	2, 3, dan 4 mm
Material	ABS	
<i>Mold temperature</i>	60 C	
<i>Melt temperature</i>	230 C	
<i>Maximum injection pressure</i>	180 MPa	

Parameter *mold temperature*, *melt temperature*, dan *maximum injection pressure* didapatkan secara *default* ketika menggunakan ABS sebagai material yang digunakan pada perangkat lunak *Autodesk Moldflow Adviser 2019*. Sedangkan parameter *layout*, digunakan tiga *layout* yang sering digunakan pada *injection molding*. Begitu juga dengan diameter *runner* dan *gate*, digunakan diameter yang sering digunakan dalam *injection molding*.



## BAB 4

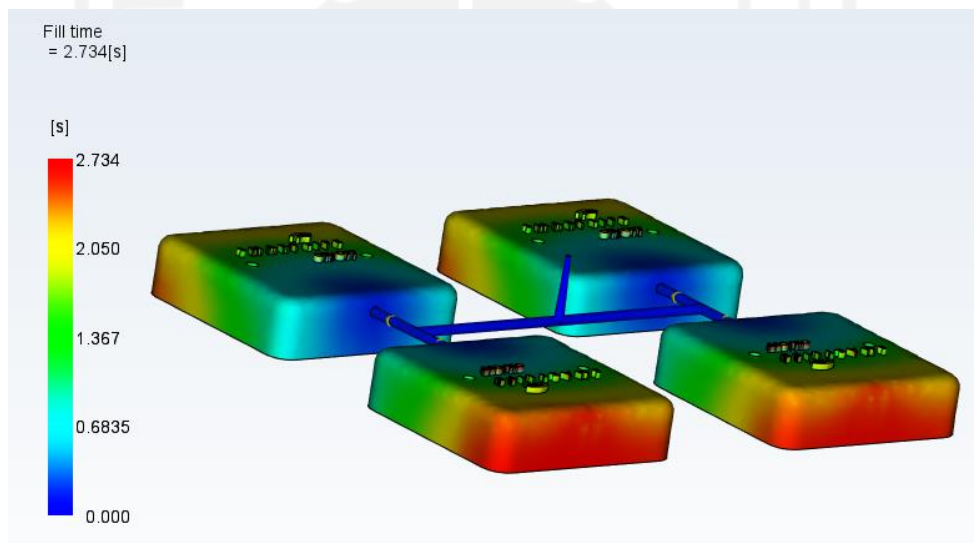
### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1 Hasil Simulasi

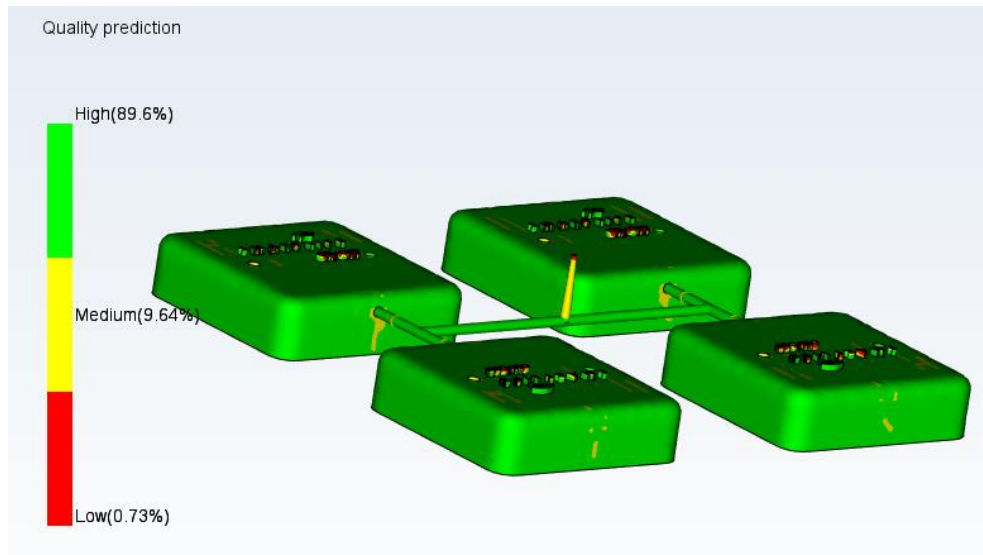
Berikut hasil simulasi perangkat lunak *Autodesk Moldflow Adviser 2019* untuk setiap *part*

##### 4.1.1 *Body Saklar*

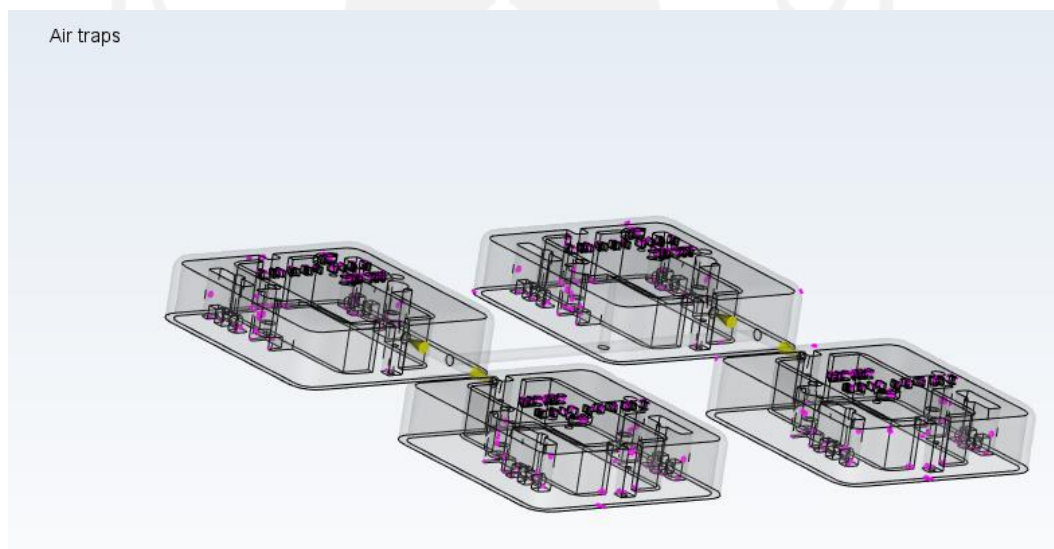
1. Parameter *layout H* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 1, Gambar 4- 2, Gambar 4- 3, dan Gambar 4- 4 yang memiliki *fill time* sebesar 2,734 detik dan *quality prediction* sebesar 89,6%.



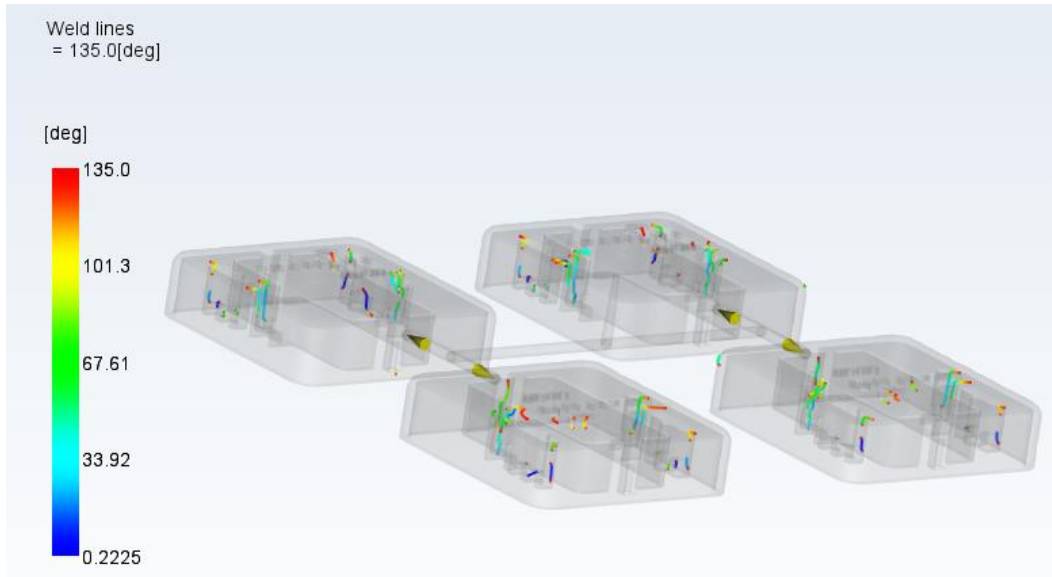
Gambar 4- 1 *Fill time body saklar* dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm



Gambar 4- 2 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

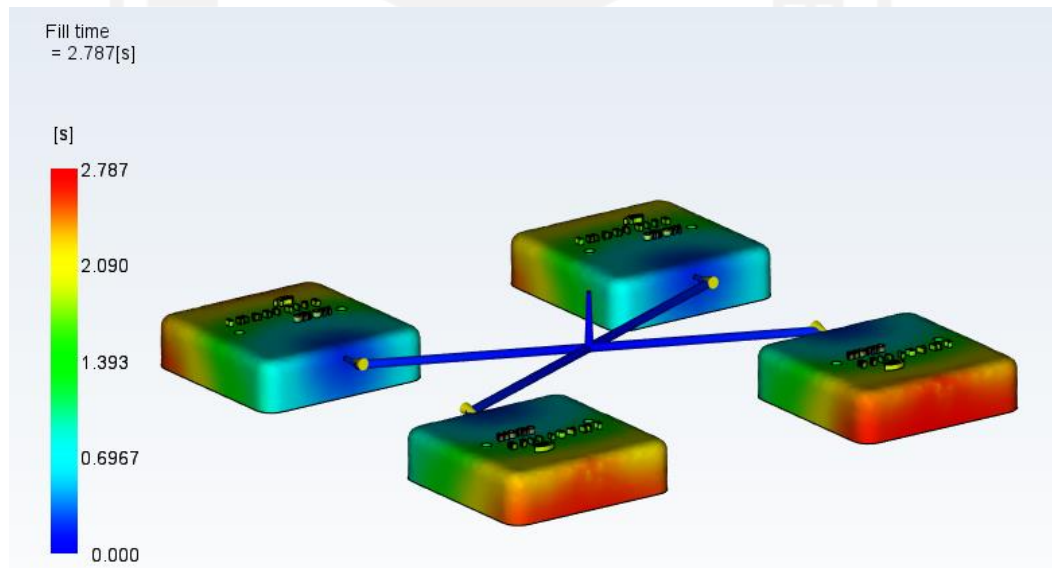


Gambar 4- 3 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

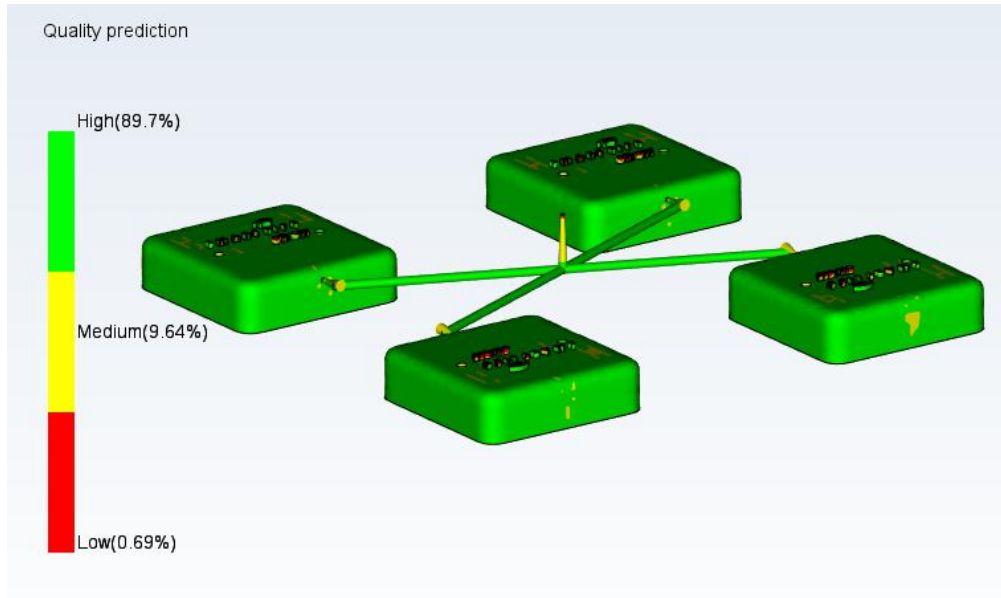


Gambar 4- 4 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

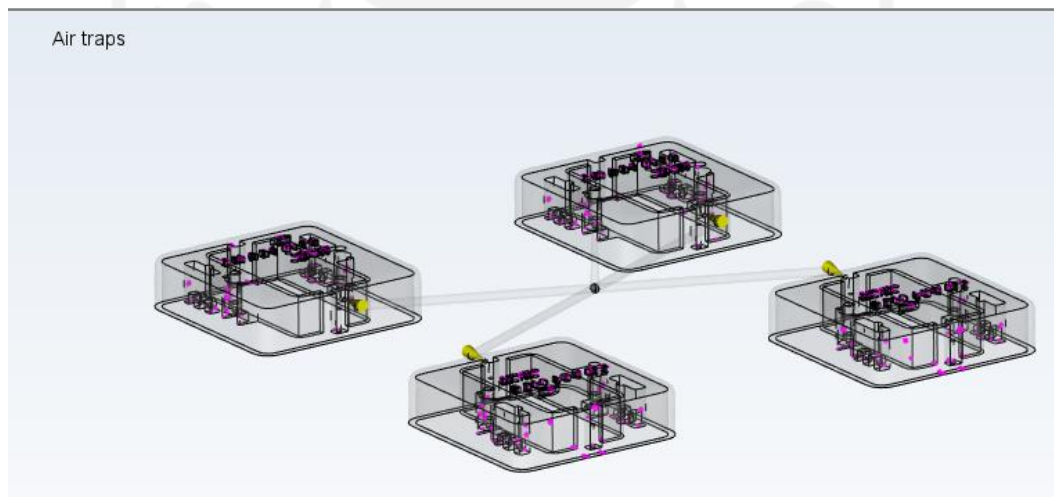
2. Parameter *layout star* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 5, Gambar 4- 6, Gambar 4- 7, dan Gambar 4- 8 yang memiliki *fill time* sebesar 2,787 detik dan *quality prediction* sebesar 89,7%.



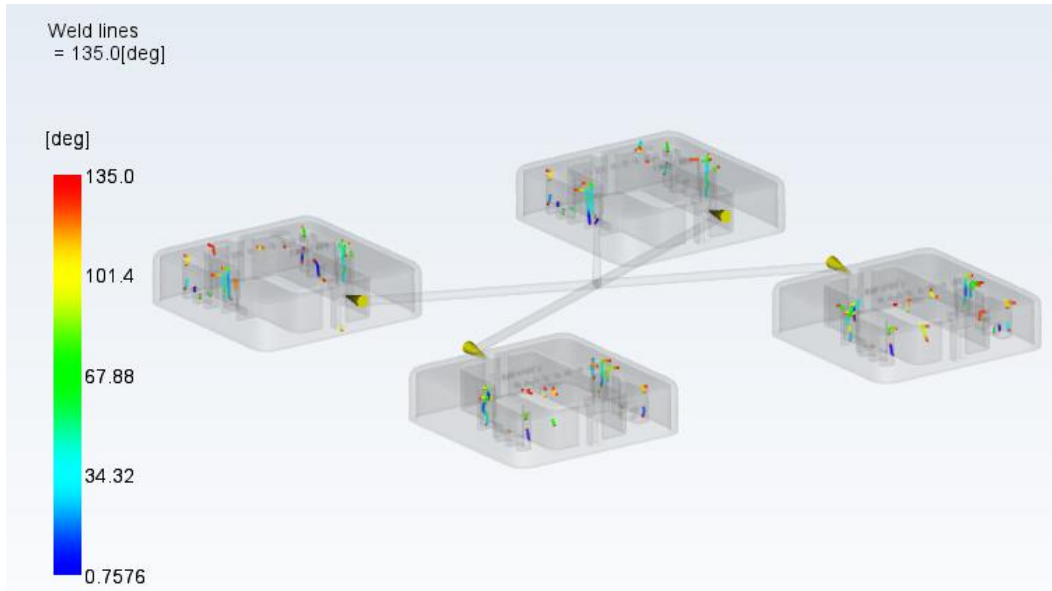
Gambar 4- 5 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm



Gambar 4- 6 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

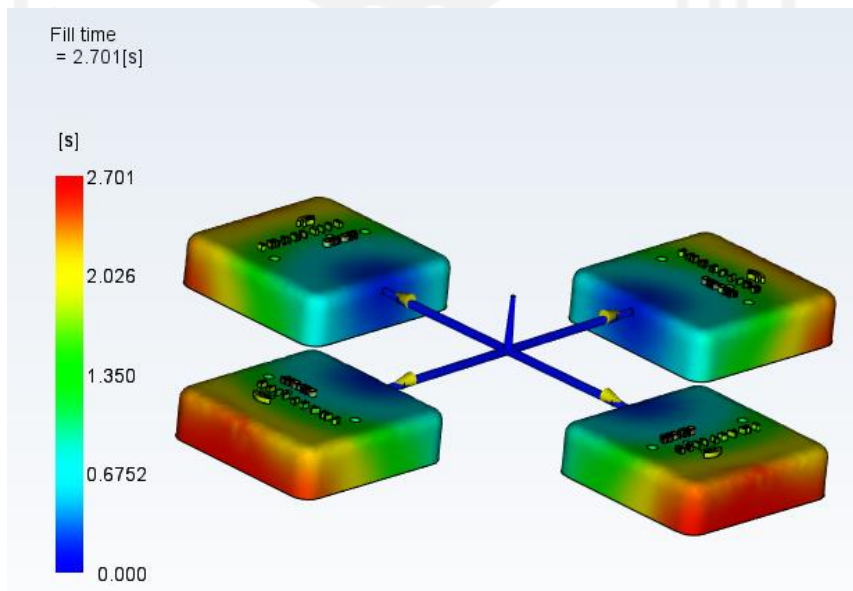


Gambar 4- 7 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

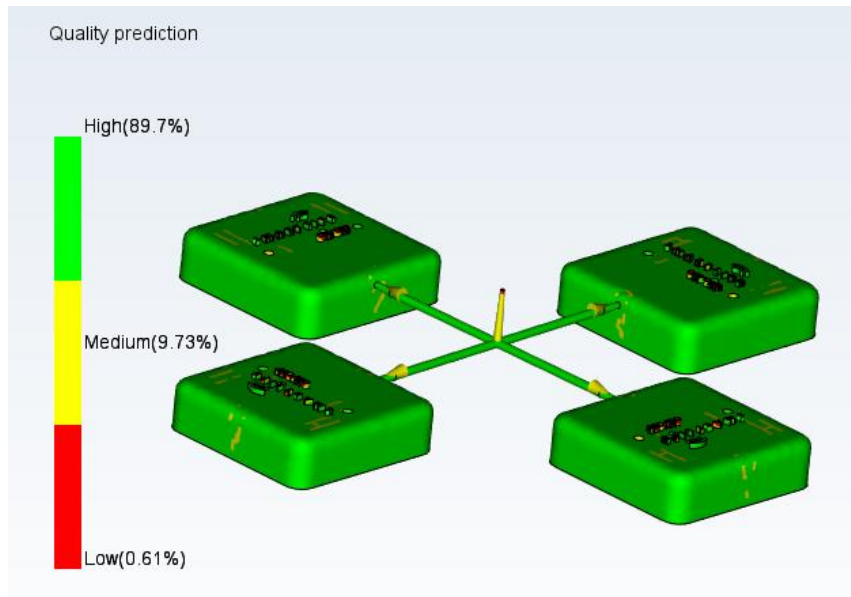


Gambar 4- 8 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

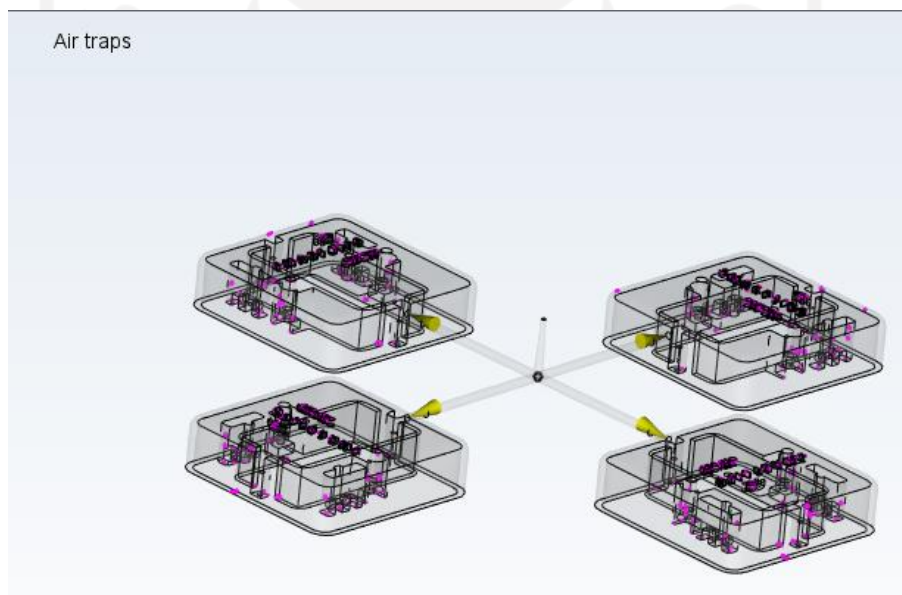
- Parameter *layout radial* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 9, Gambar 4- 10, Gambar 4- 11, dan Gambar 4- 12 yang memiliki *fill time* sebesar 2,701 detik dan *quality prediction* sebesar 89,7%.



Gambar 4- 9 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm

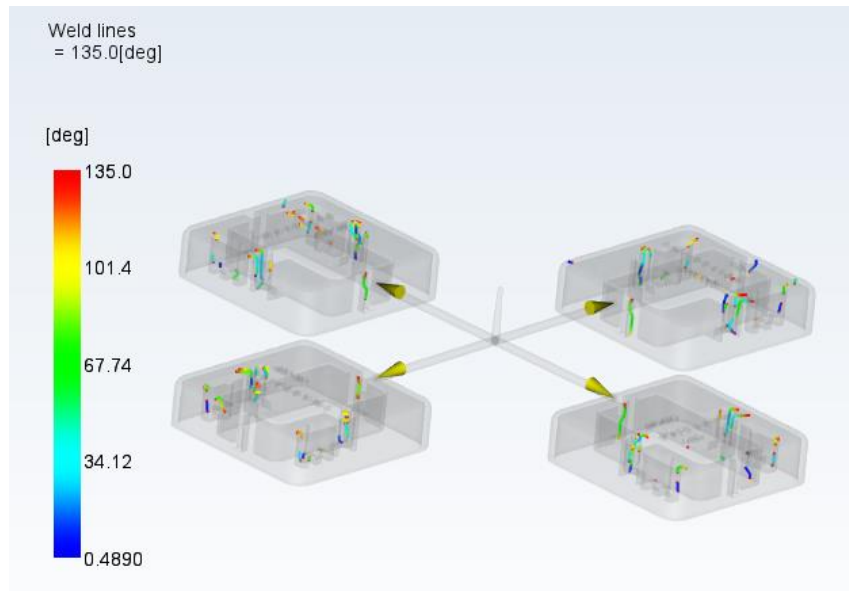


Gambar 4- 10 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm



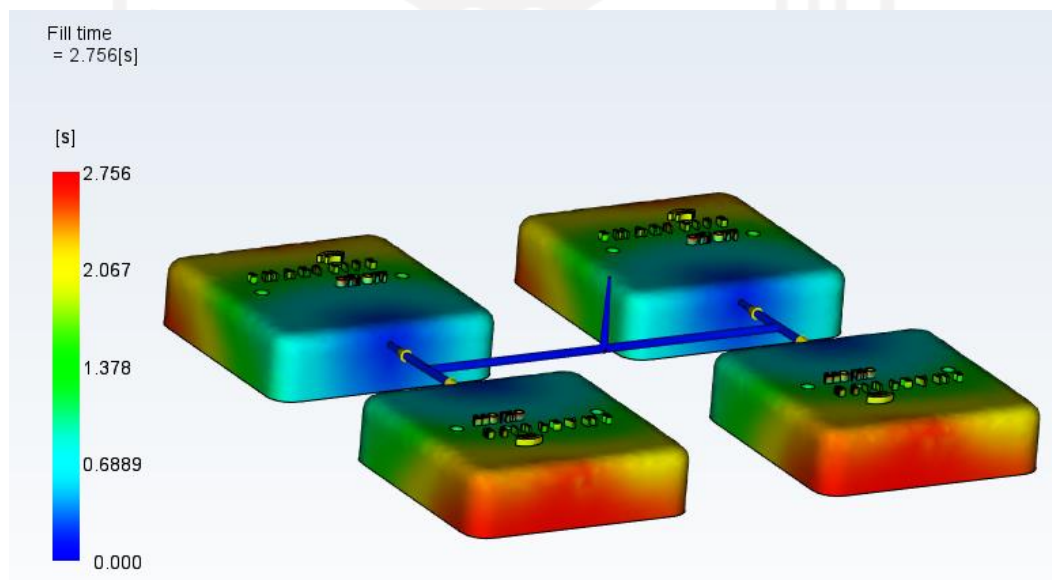
Gambar 4- 11 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm



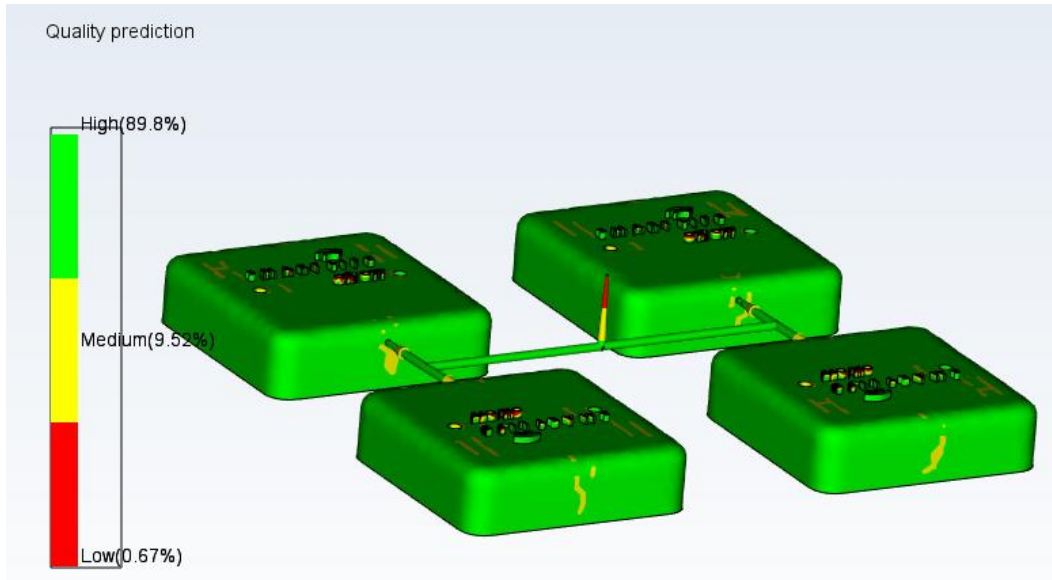


Gambar 4- 12 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

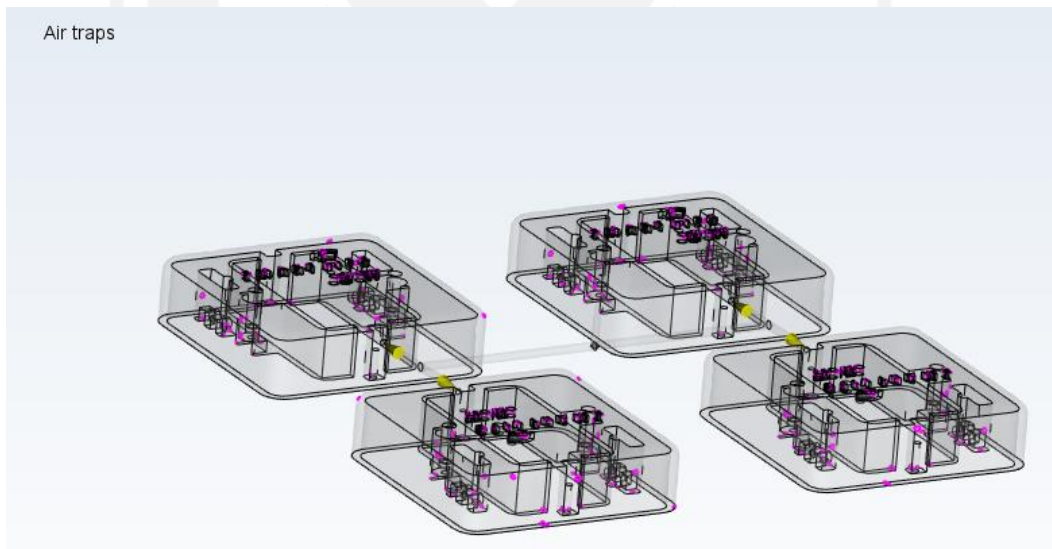
4. Parameter *layout* H dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 13, Gambar 4- 14, Gambar 4- 15, dan Gambar 4- 16 yang memiliki *fill time* sebesar 2,756 detik dan *quality prediction* sebesar 89,8%.



Gambar 4- 13 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout* H dan diameter 3 mm

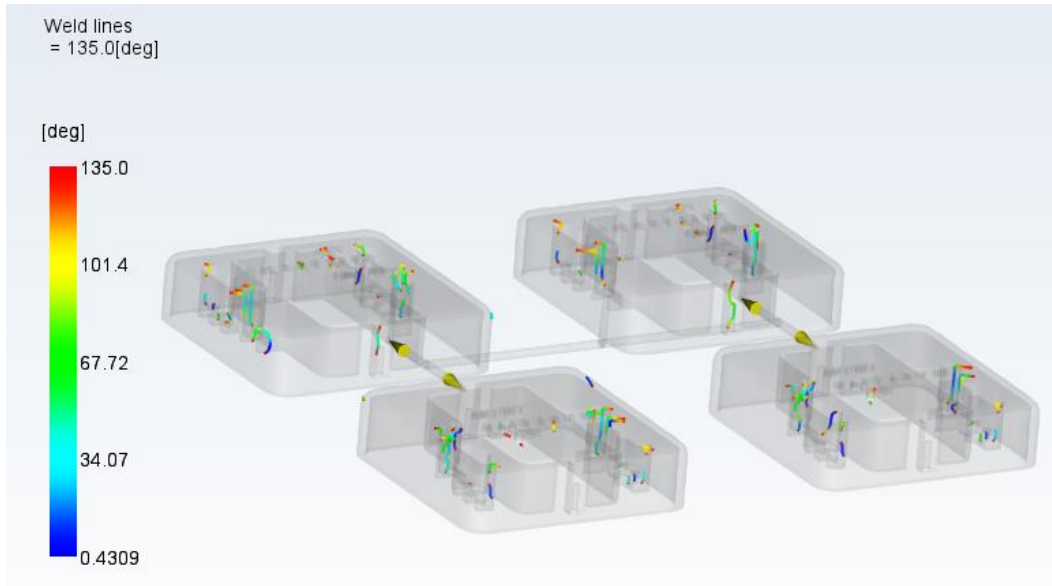


Gambar 4- 14 *Quality prediction body* saklar dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm



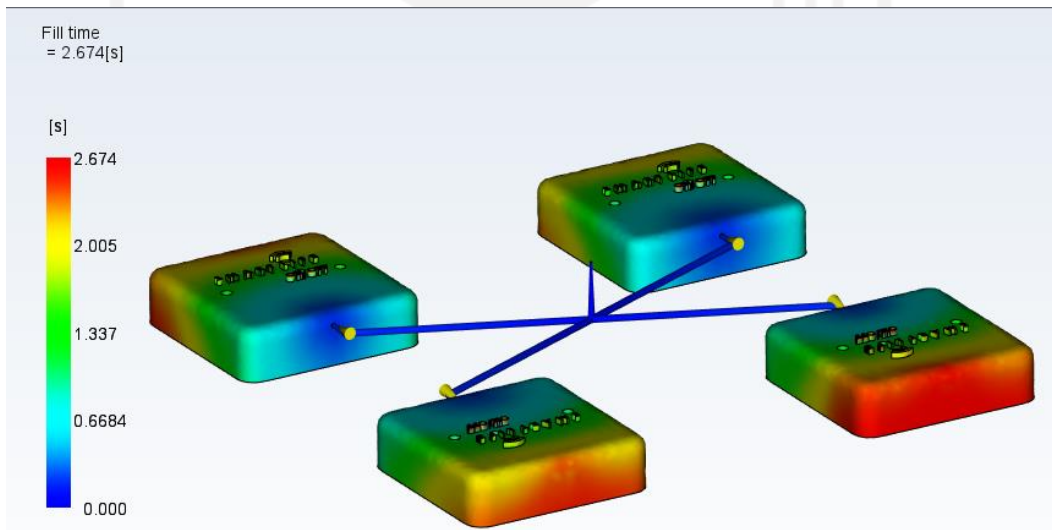
Gambar 4- 15 *Air trap body* saklar dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm



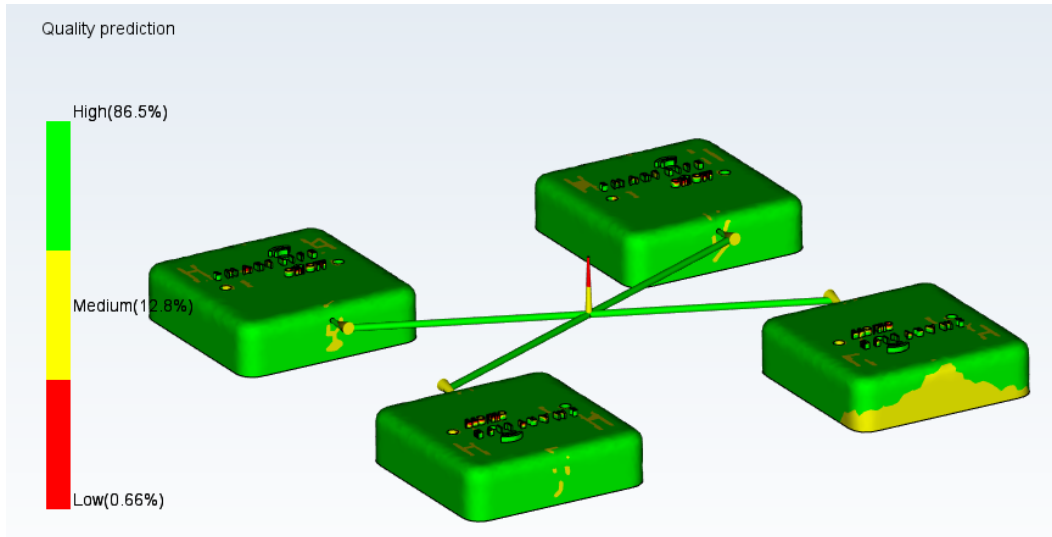


Gambar 4- 16 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

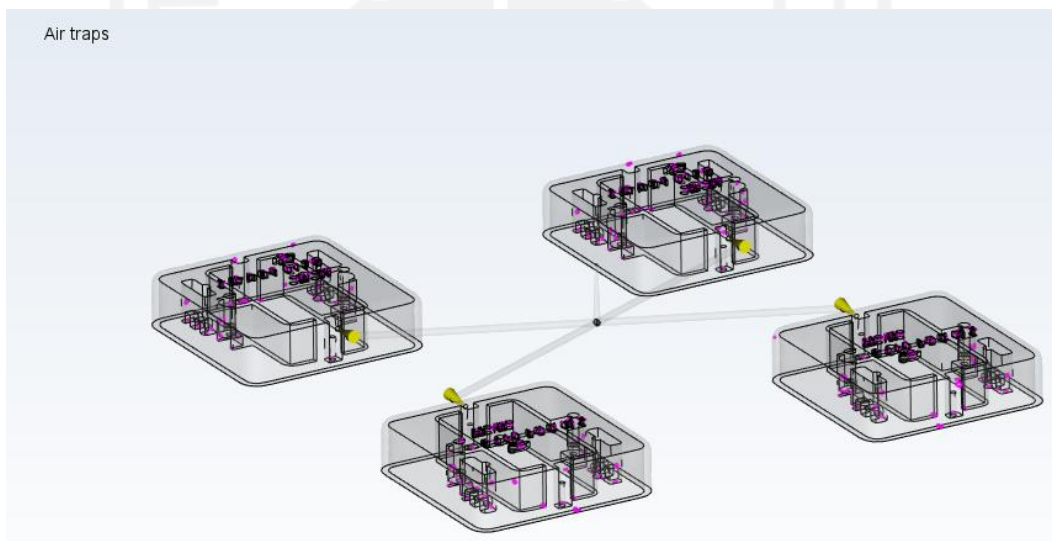
5. Parameter *layout star* dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 17, Gambar 4- 18, Gambar 4- 19, dan Gambar 4- 20 yang memiliki *fill time* sebesar 2,674 detik dan *quality prediction* sebesar 896,5%.



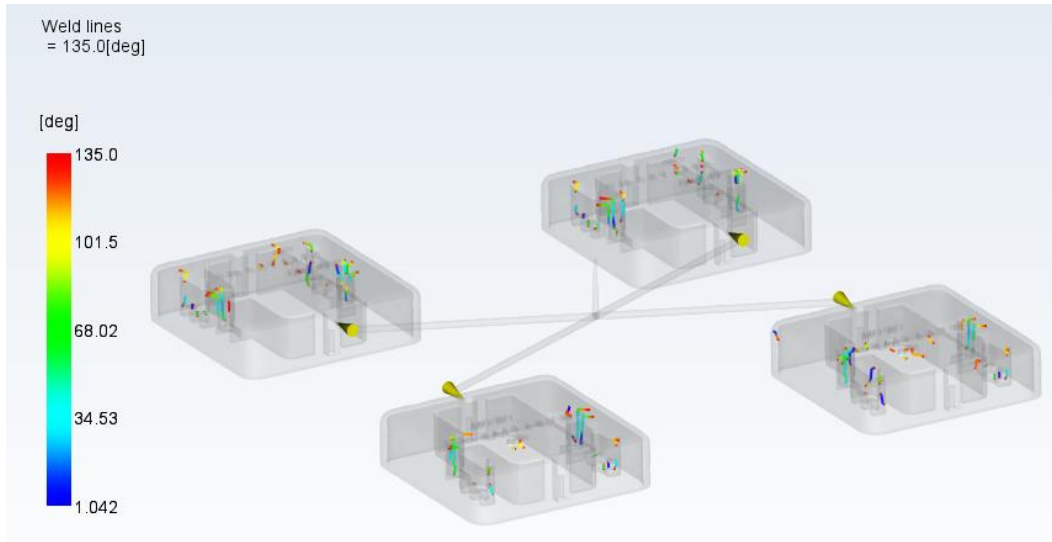
Gambar 4- 17 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm



Gambar 4- 18 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

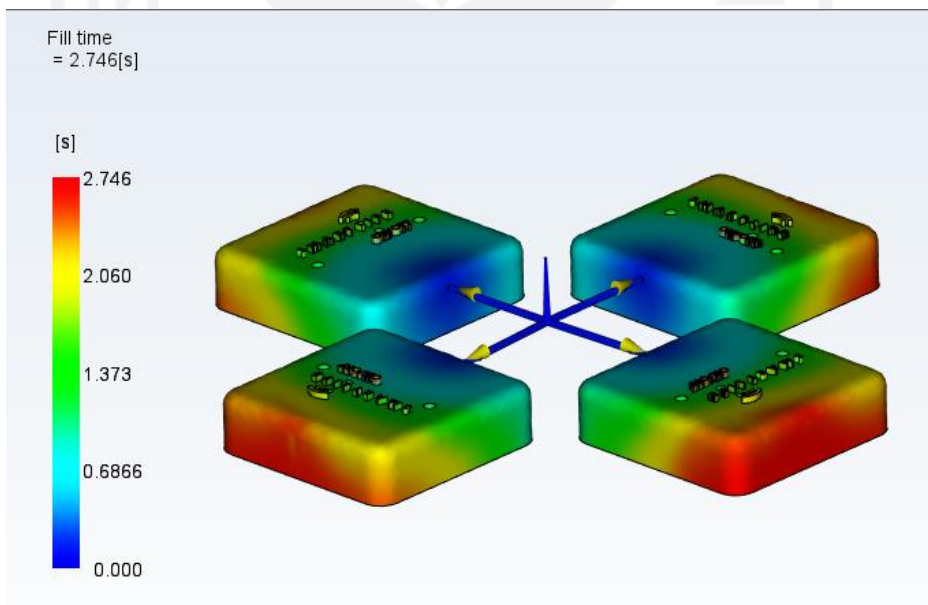


Gambar 4- 19 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

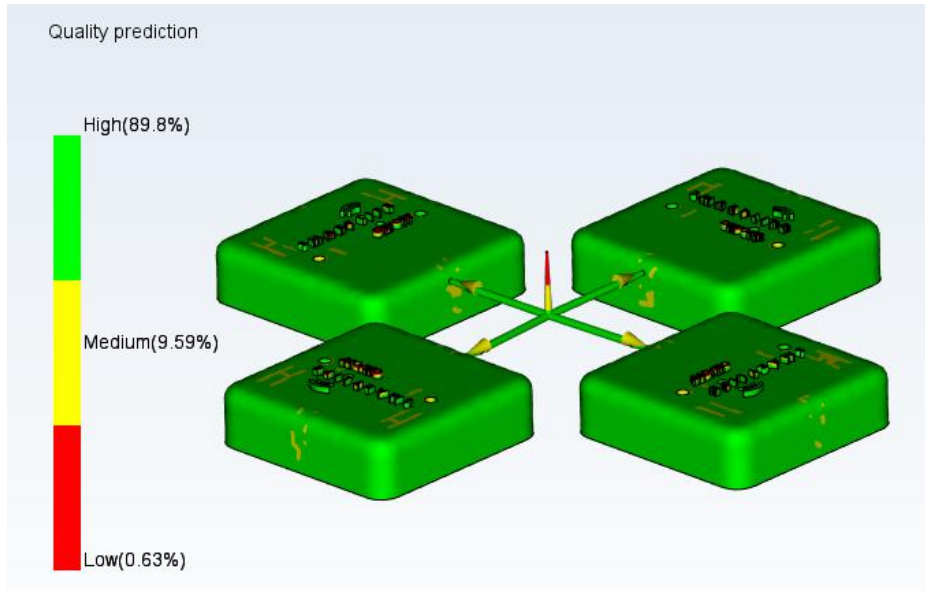


Gambar 4- 20 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

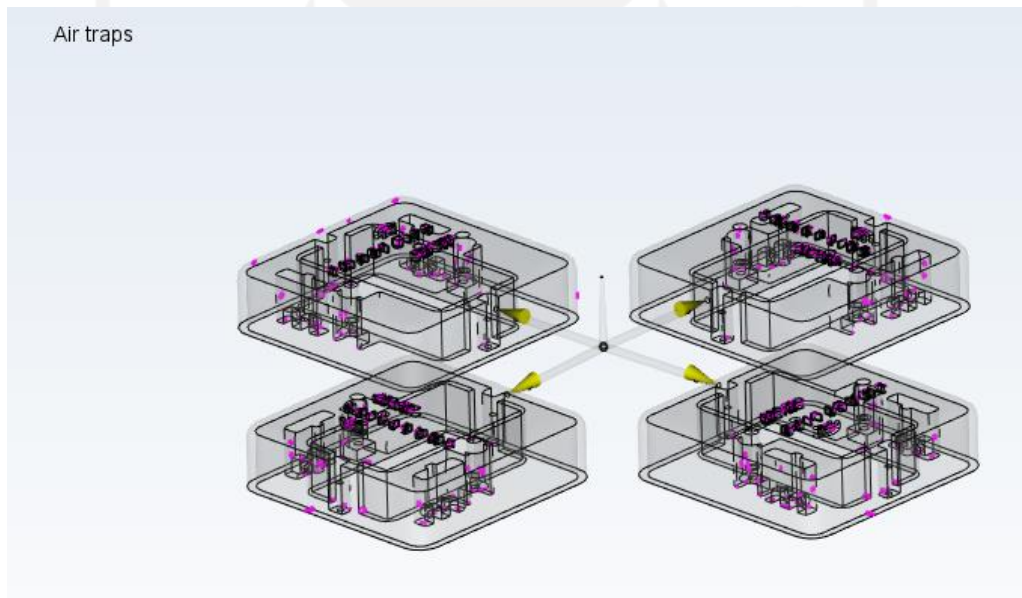
6. Parameter *layout radial* dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 21, Gambar 4- 22, Gambar 4- 23, Gambar 4- 24 yang memiliki *fill time* sebesar 2,746 detik dan *quality prediction* sebesar 89,8%.



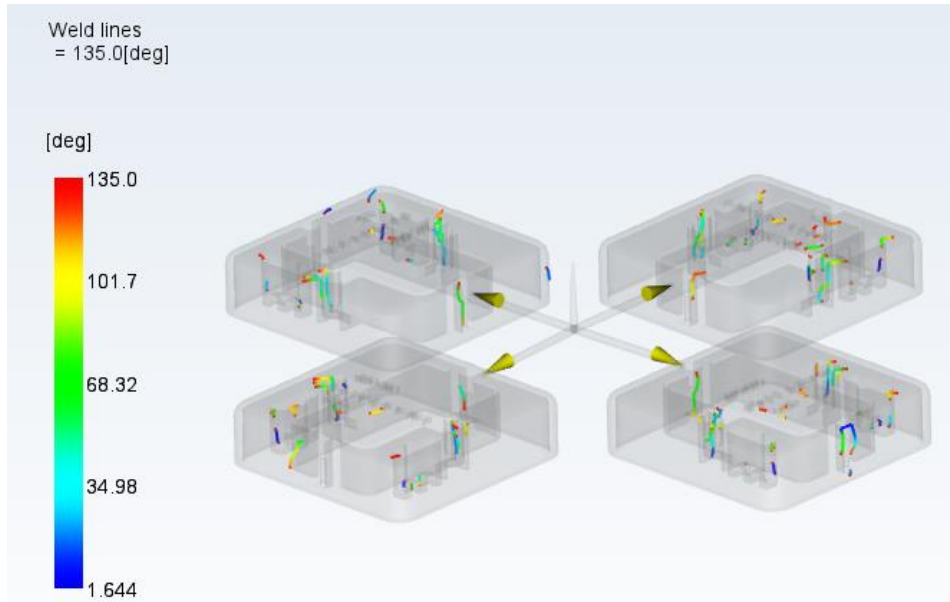
Gambar 4- 21 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm



Gambar 4- 22 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm

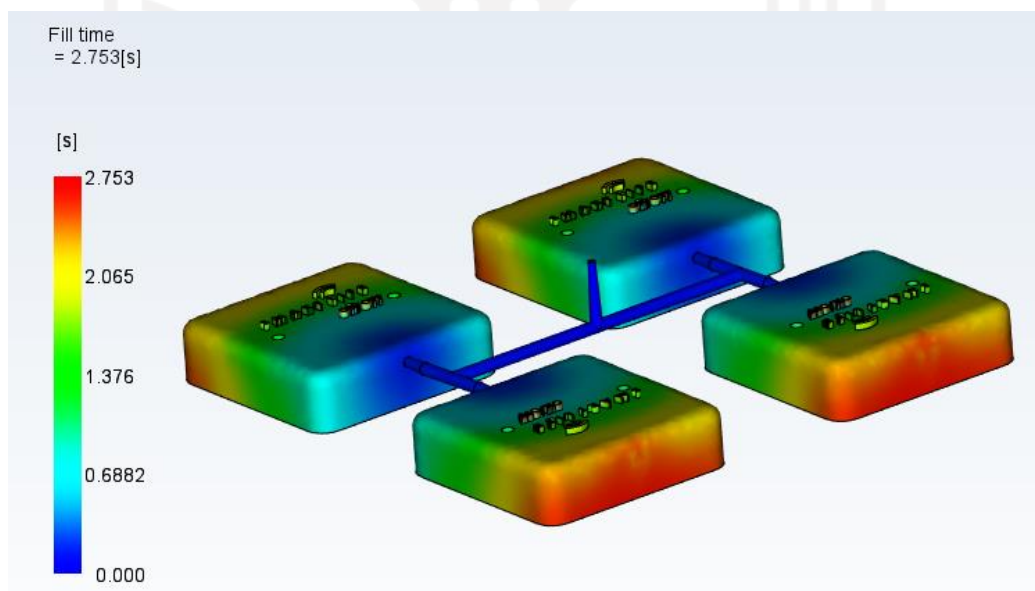


Gambar 4- 23 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm

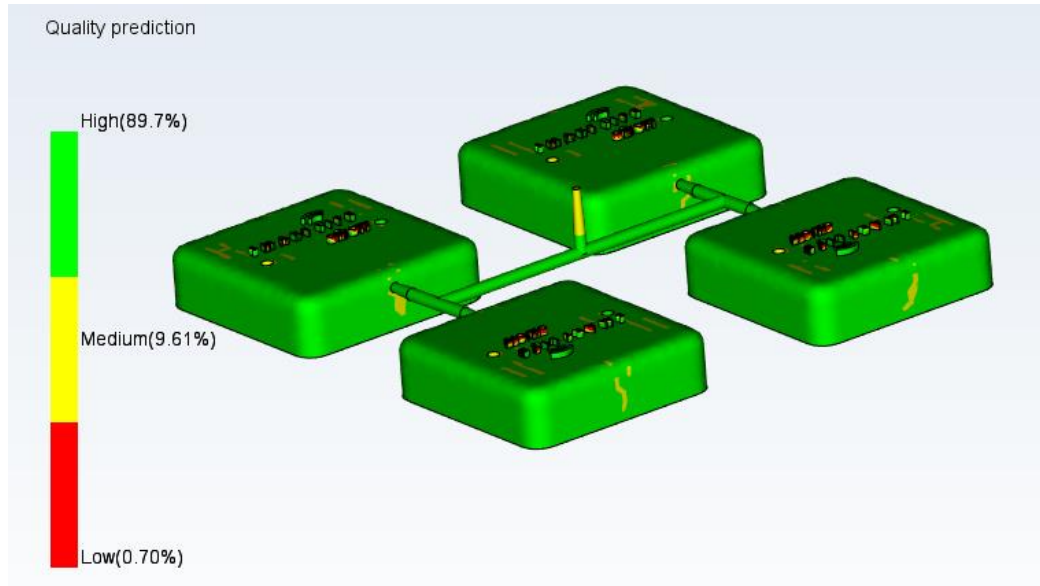


Gambar 4- 24 *Weld line body saklar* dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

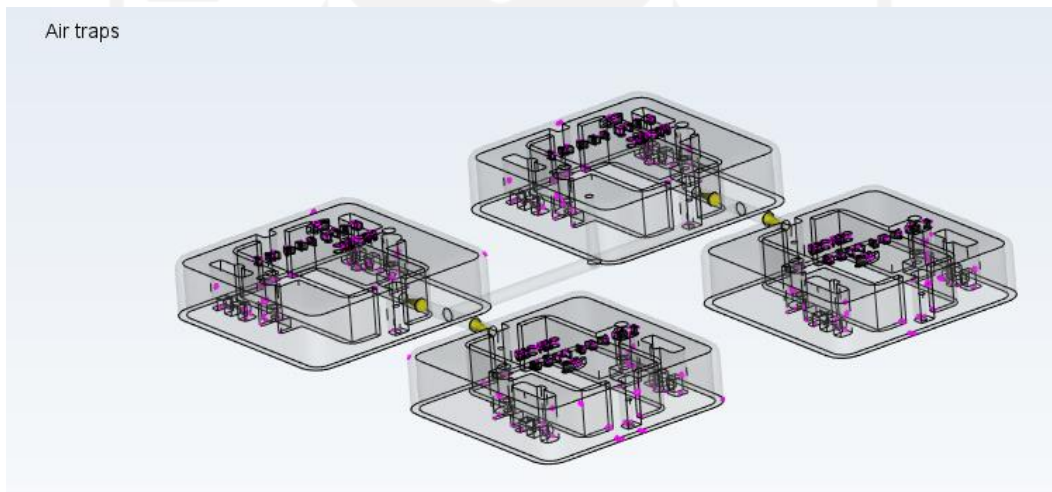
7. Parameter *layout H* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 25, Gambar 4- 26, Gambar 4- 27, dan Gambar 4- 28 yang memiliki *fill time* sebesar 2,753 detik dan *quality prediction* sebesar 89,7%.



Gambar 4- 25 *Fill time body saklar* dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

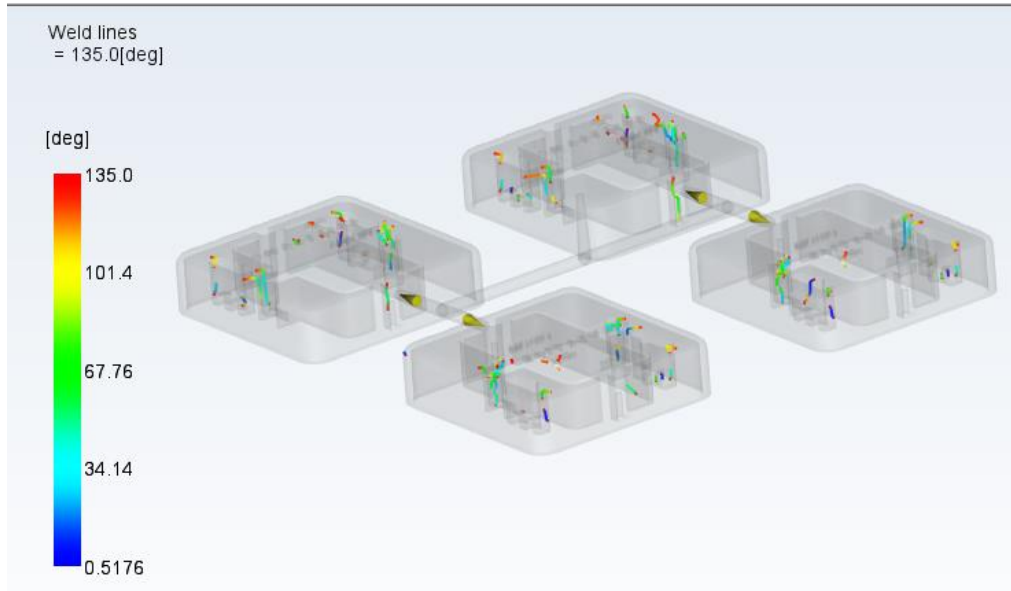


Gambar 4- 26 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm



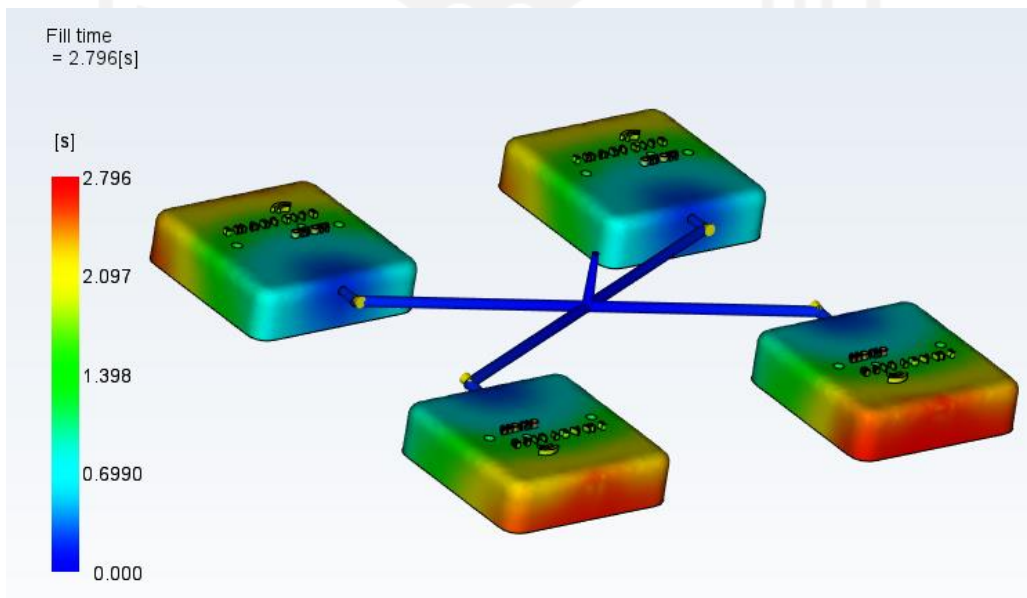
Gambar 4- 27 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm



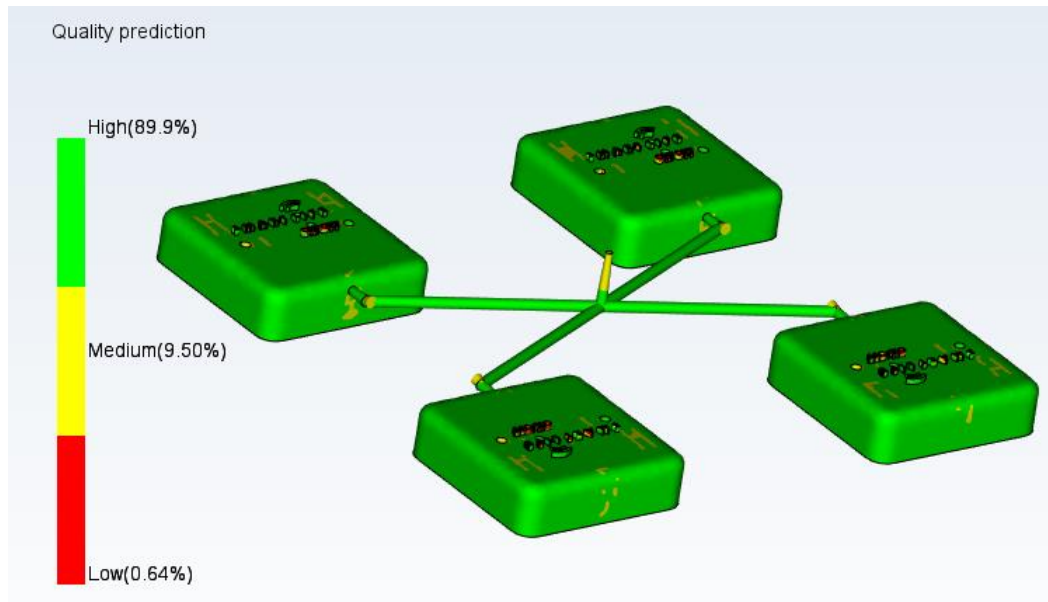


Gambar 4- 28 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

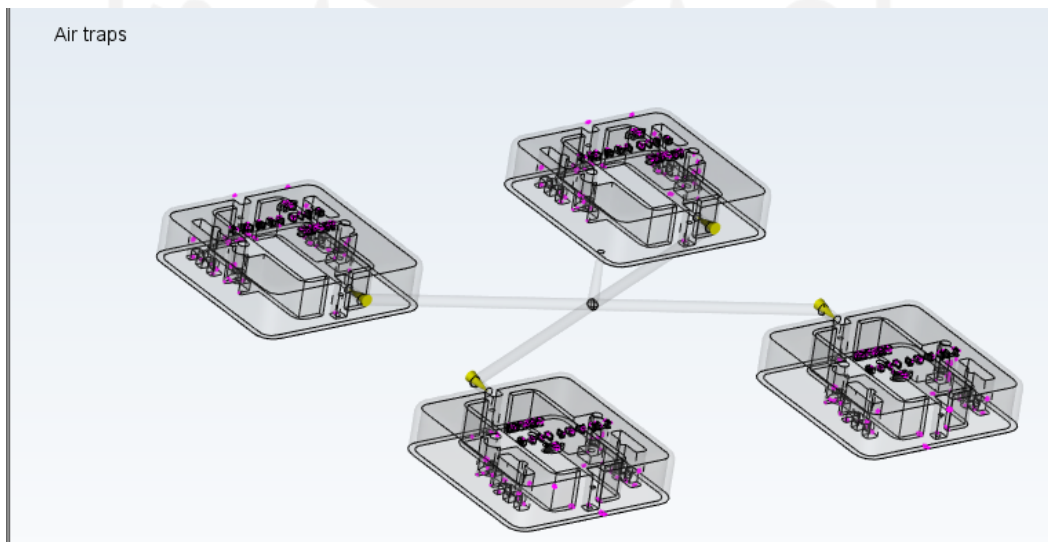
8. Parameter *layout star* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 29, Gambar 4- 30, Gambar 4- 31, Gambar 4- 32 yang memiliki *fill time* sebesar 2,796 detik dan *quality prediction* sebesar 89,9%.



Gambar 4- 29 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

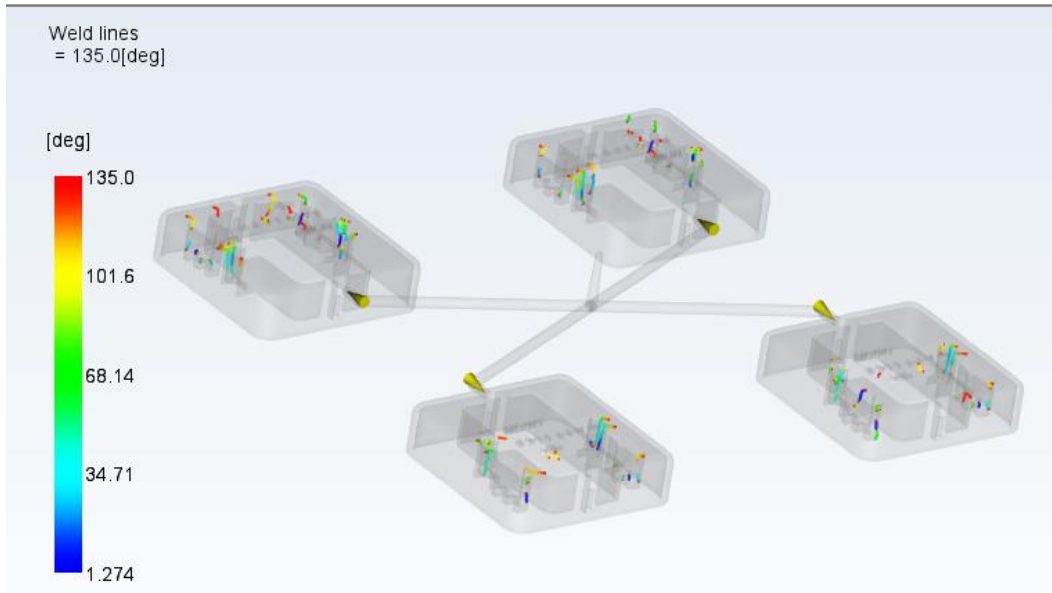


Gambar 4- 30 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm



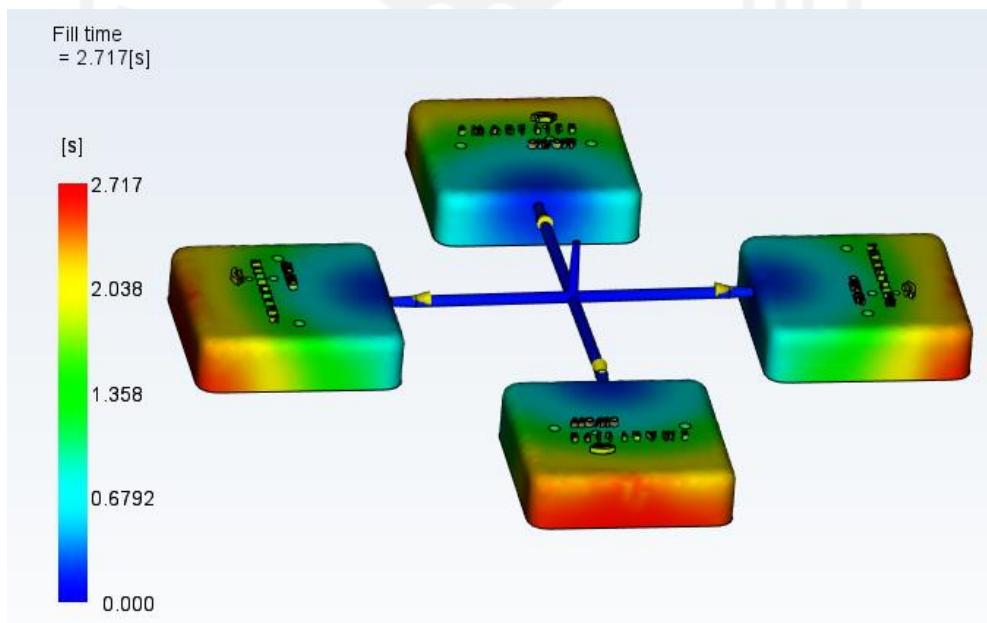
Gambar 4- 31 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm



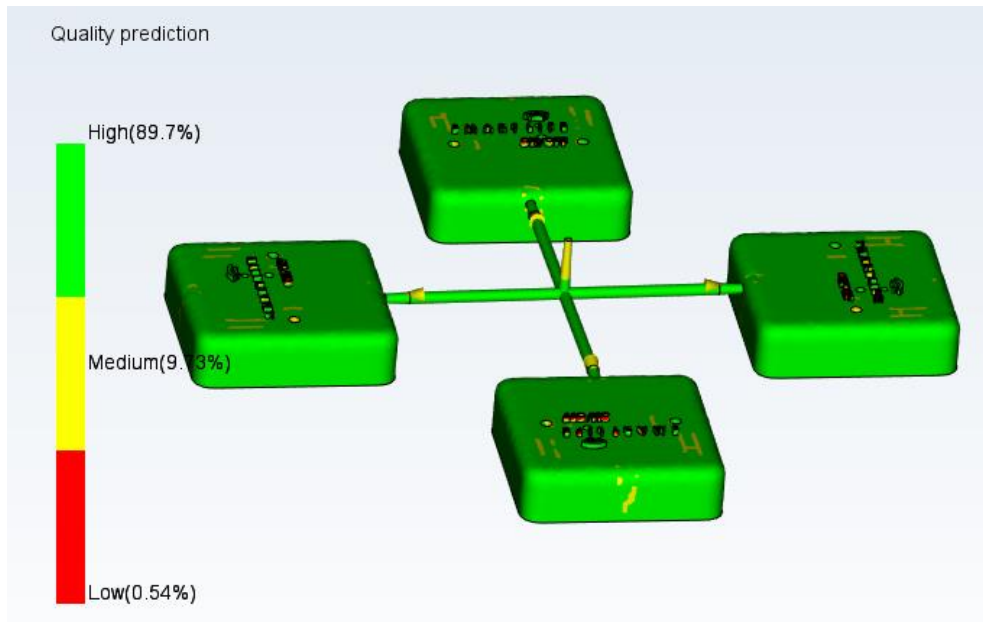


Gambar 4- 32 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

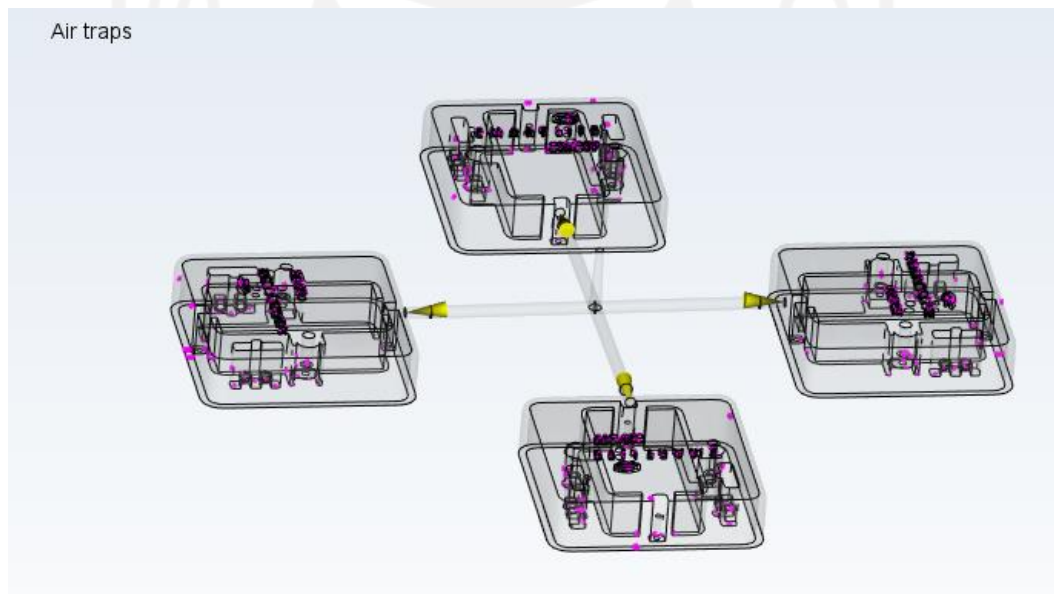
9. Parameter *layout radial* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 33, Gambar 4- 34, Gambar 4- 35, dan Gambar 4- 36 yang memiliki *fill time* sebesar 2,717 detik dan *quality prediction* sebesar 89,7%.



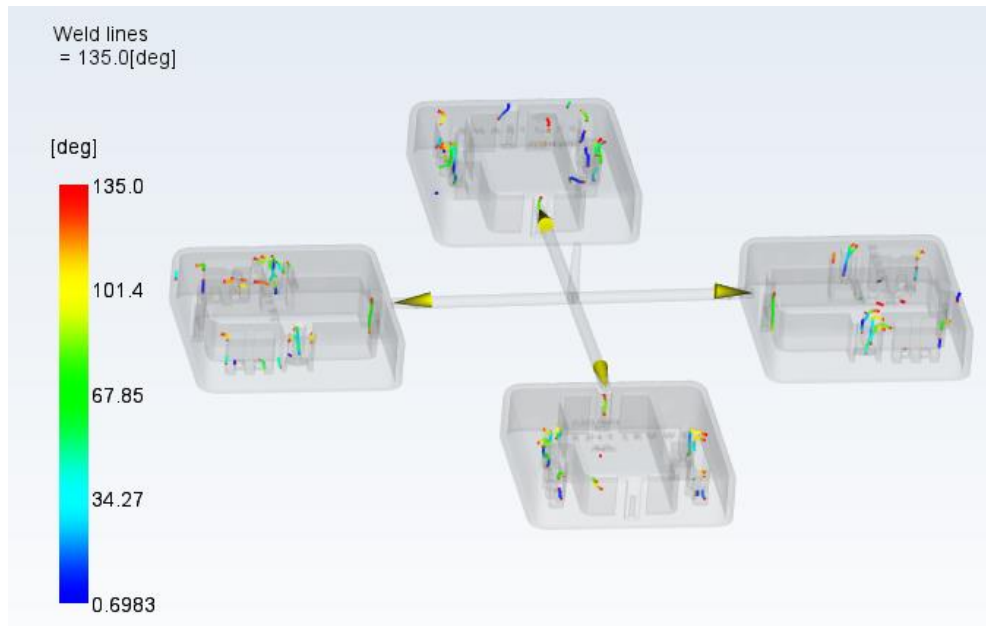
Gambar 4- 33 *Fill time body* saklar dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 34 *Quality prediction body saklar* dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 35 *Air trap body saklar* dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 36 *Weld line body* saklar dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm

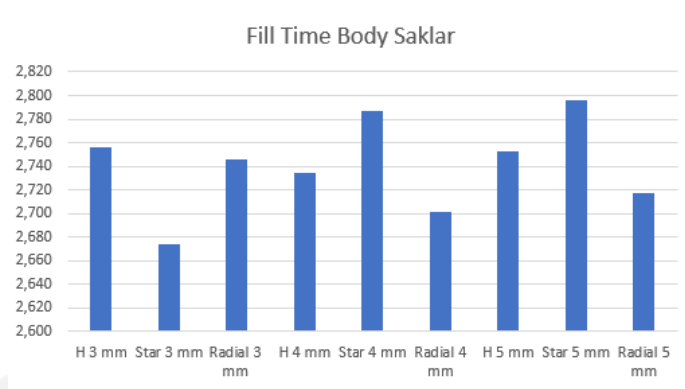
Perbandingan hasil simulasi, grafik *fill time* dan *quality prediction body* saklar dapat dilihat pada Tabel 4- 1, Gambar 4- 37, Gambar 4- 38.

Tabel 4- 1 Perbandingan hasil simulasi *body* saklar

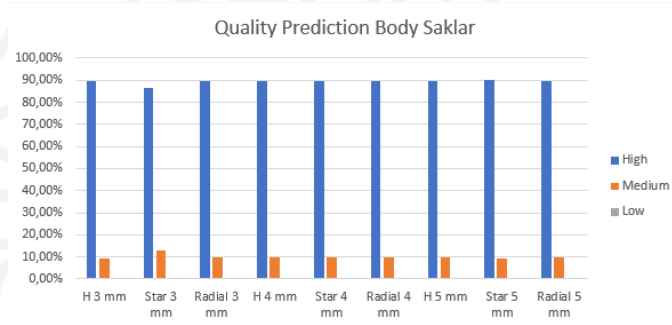
No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter (mm)		High	Medium	Low
1	H 3 mm	3	2,756	89,80%	9,52%	0,67%
2	Star 3 mm	3	2,674	86,50%	12,80%	0,66%
3	Radial 3 mm	3	2,746	89,80%	9,59%	0,63%
4	H 4 mm	4	2,734	89,60%	9,64%	0,73%
5	Star 4 mm	4	2,787	89,70%	9,64%	0,69%
6	Radial 4 mm	4	2,701	89,70%	9,73%	0,61%
7	H 5 mm	5	2,753	89,70%	9,61%	0,70%
8	Star 5 mm	5	2,796	89,90%	9,50%	0,69%
9	Radial 5 mm	5	2,717	89,70%	9,73%	0,54%

■	Fill time tercepat
■	Persentase tertinggi
■	Persentase tertinggi
■	Persentase terendah



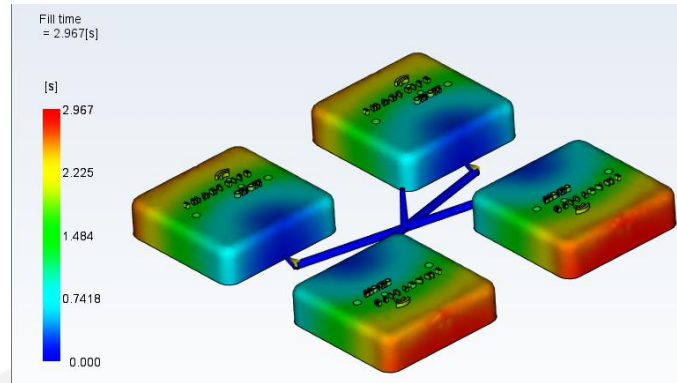
Gambar 4- 37 Grafik *fill time body saklar*



Gambar 4- 38 Grafik *quality prediction body saklar*

Berdasarkan hasil dari simulasi-simulasi tersebut, maka parameter yang paling optimal adalah *layout star* dengan diameter 5 mm karena mendapatkan hasil *quality prediction* yang paling tinggi yaitu sebesar 89,90%.

Selain simulasi dengan parameter di atas, dilakukan juga simulasi dengan perbedaan pada penempatan *gate* yang terletak di bawah seperti yang terlihat pada Gambar 4- 39. Hal ini dilakukan karena mengikuti penempatan *gate* aktual pada karakter produk seperti ini, dan Tabel 4- 2 Merupakan hasil simulasi dengan penempatan *gate* yang berada di bawah.



Gambar 4- 39 Simulasi dengan penempatan *gate* di bawah pada *body* saklar

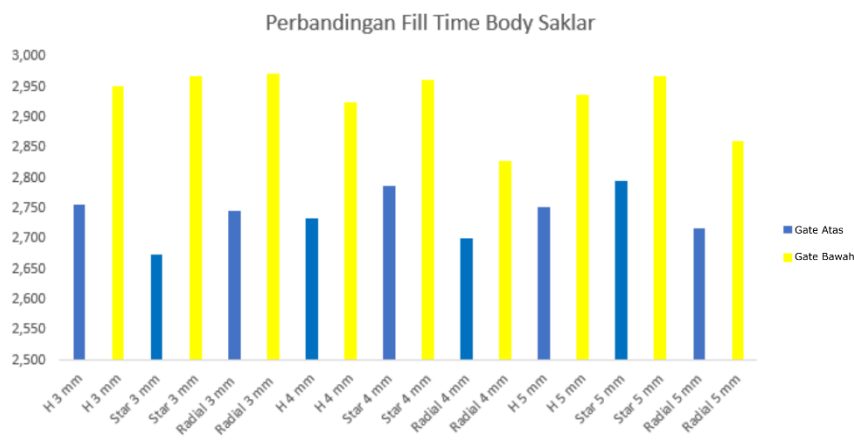
Tabel 4- 2 Hasil simulasi dengan penempatan *gate* di bawah pada *body* saklar

No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter		High	Medium	Low
1	H 3 mm	3	2,939	90,00%	9,91%	0,06%
2	Star 3 mm	3	2,959	90,10%	9,88%	0,05%
3	Radial 3 mm	3	2,828	89,30%	10,10%	0,64%
4	H 4 mm	4	2,927	90,10%	9,84%	0,05%
5	Star 4 mm	4	2,973	90,20%	9,77%	0,05%
6	Radial 4 mm	4	2,722	89,30%	10,10%	0,64%
7	H 5 mm	5	2,926	90,20%	9,79%	0,05%
8	Star 5 mm	5	2,969	90,30%	9,71%	0,04%
9	Radial 5 mm	5	2,852	89,30%	10,00%	0,70%

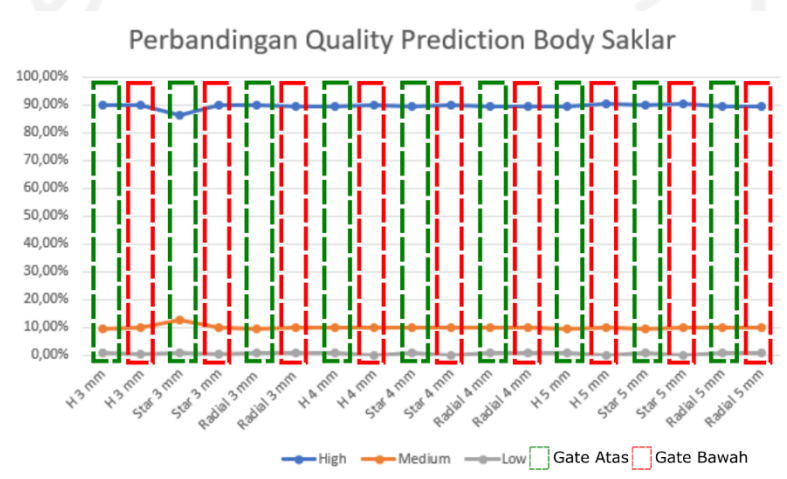
  

	Fill time tercepat
	Persentase tertinggi
	Persentase tertinggi
	Persentase terendah

Berdasarkan hasil simulasi dengan penempatan *gate* di bawah, hasil *quality prediction* yang didapatkan menjadi lebih baik dari hasil simulasi yang pertama yaitu 90.30%. Gambar 4- 40 dan Gambar 4- 41 merupakan grafik perbandingan *fill time* dan *quality prediction* antara penempatan *gate* di atas dan penempatan *gate* di bawah.



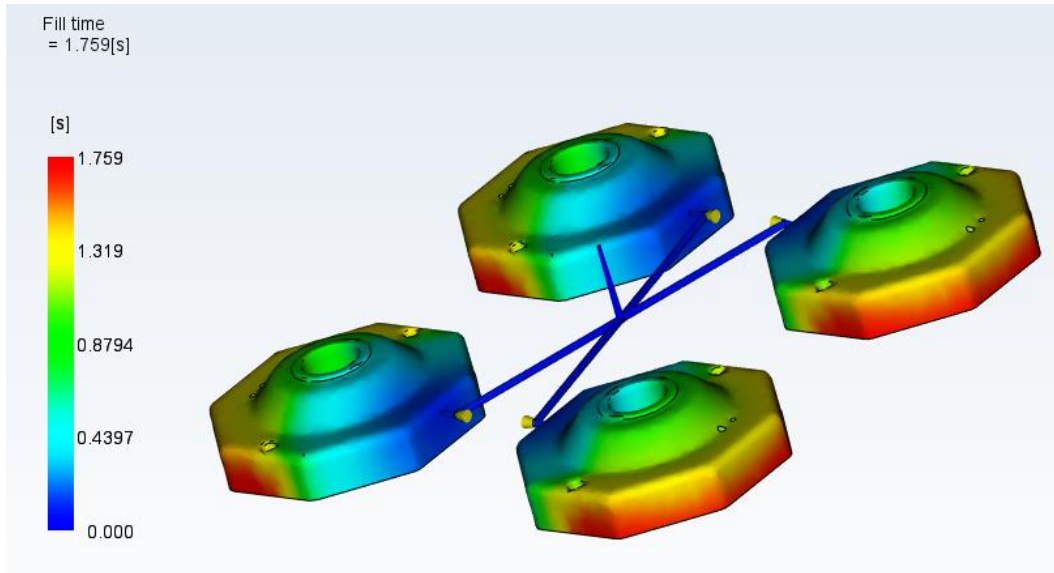
Gambar 4- 40 Perbandingan *fill time* body saklar antara *gate* atas dan *gate* bawah



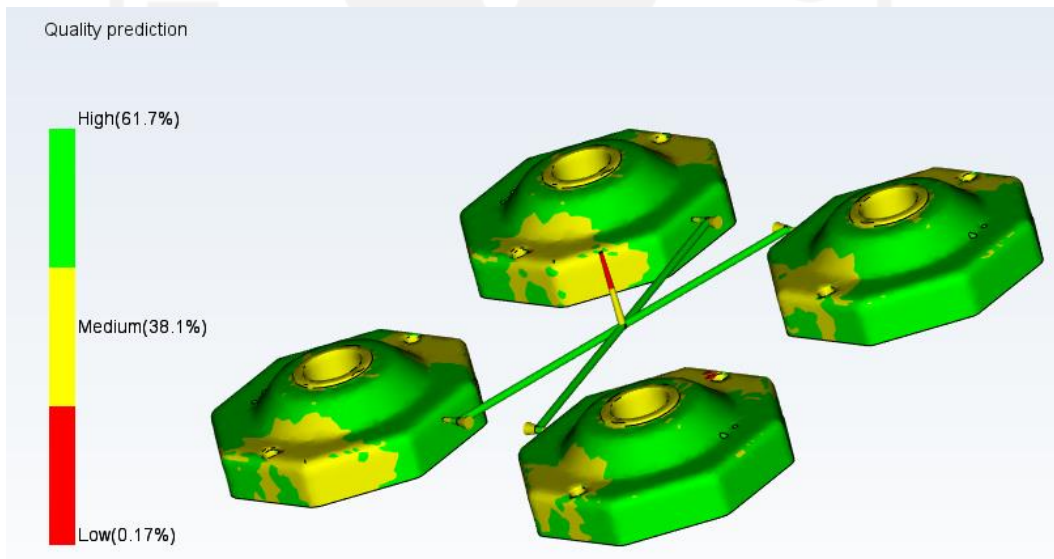
Gambar 4- 41 Perbandingan *quality prediction* body saklar antara *gate* atas dan *gate* bawah

#### 4.1.2 Fitting Lampu

1. Parameter *layout star* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 42, Gambar 4- 43, Gambar 4- 44, dan Gambar 4- 45 yang memiliki *fill time* sebesar 1,759 detik dan *quality prediction* sebesar 61,7%.

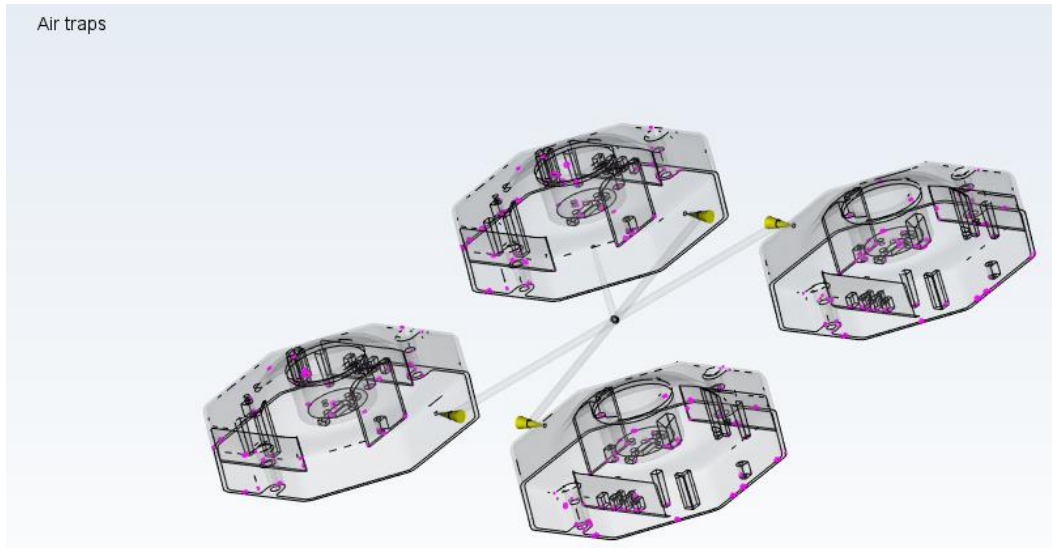


Gambar 4- 42 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

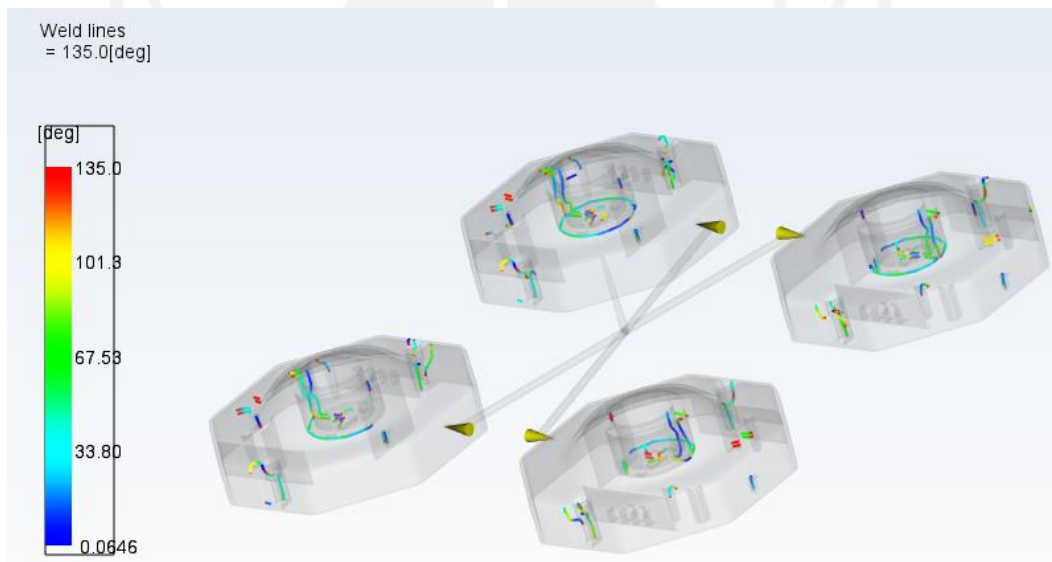


Gambar 4- 43 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm





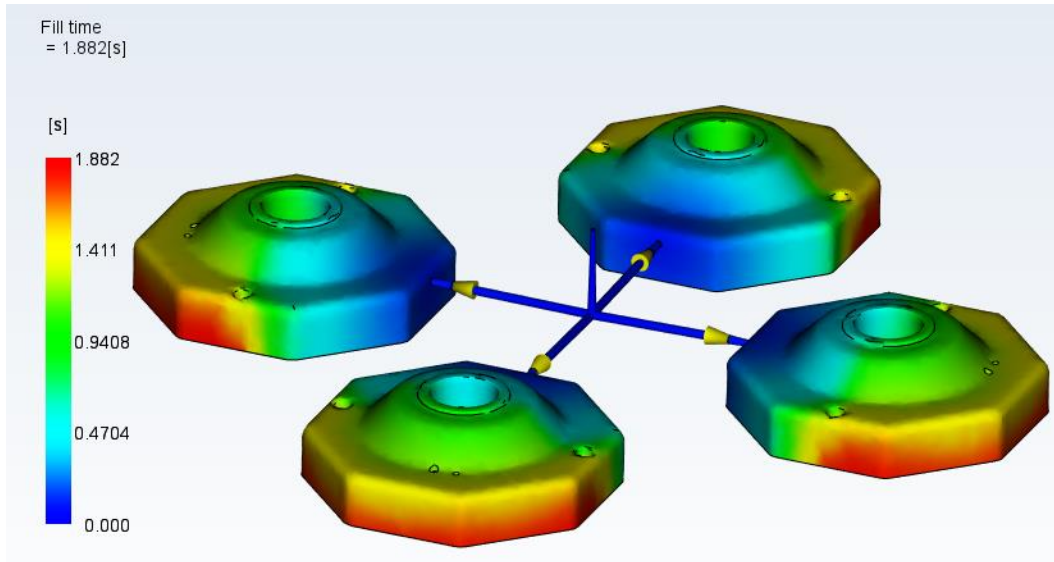
Gambar 4- 44 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm



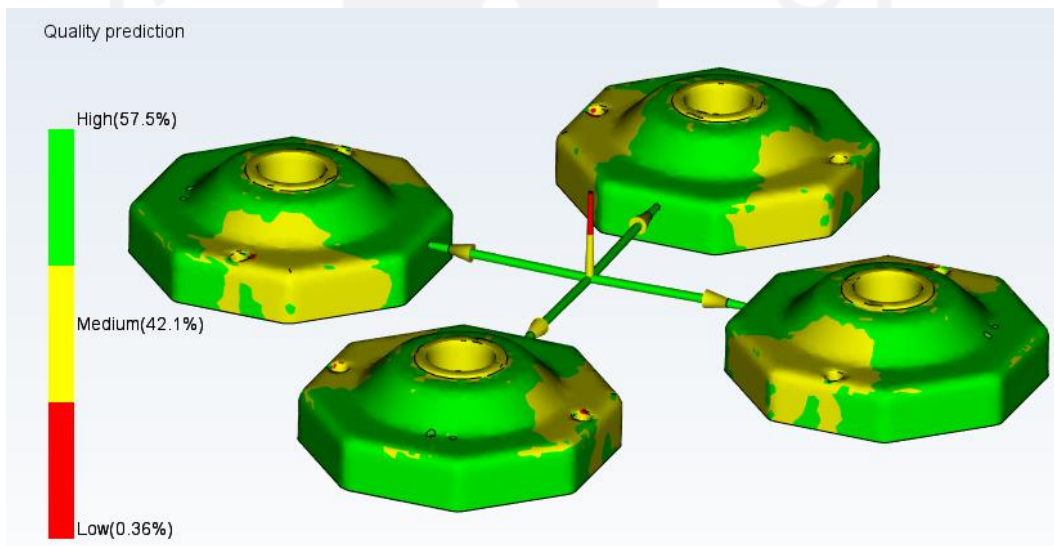
Gambar 4- 45 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

2. Parameter radial dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 46, Gambar 4- 47, Gambar 4- 48, dan Gambar 4- 49 yang memiliki *fill time* sebesar 1,882 detik dan *quality prediction* sebesar 57,5%.

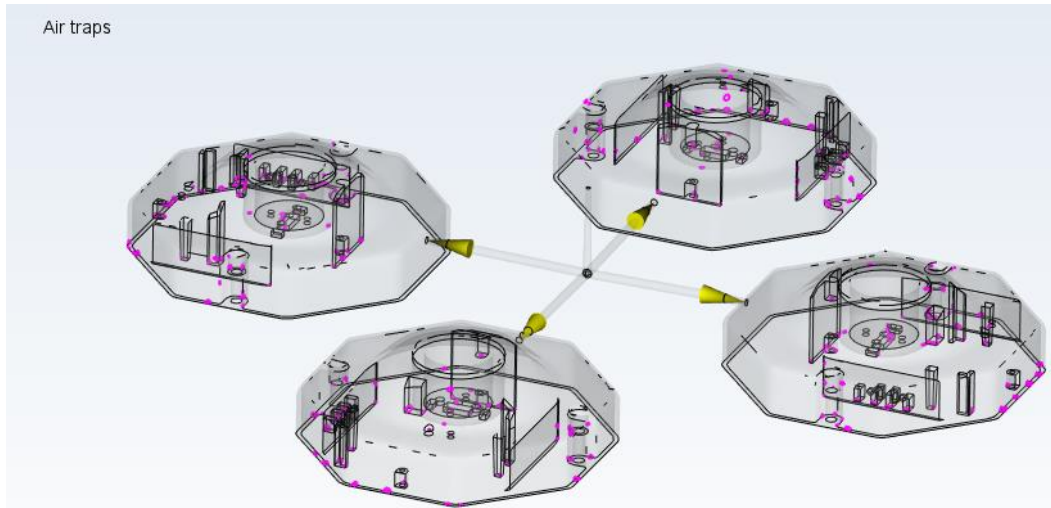




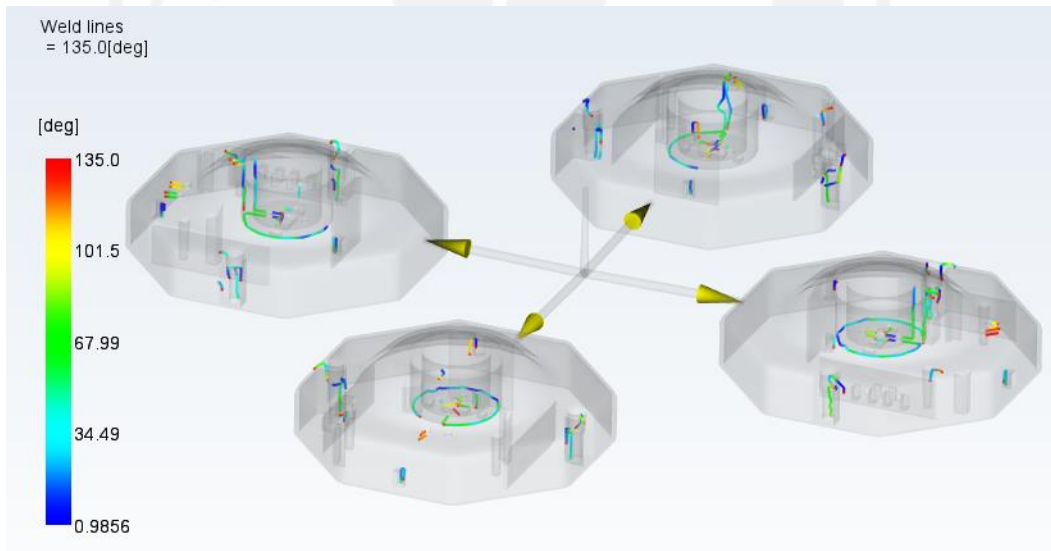
Gambar 4- 46 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm



Gambar 4- 47 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm

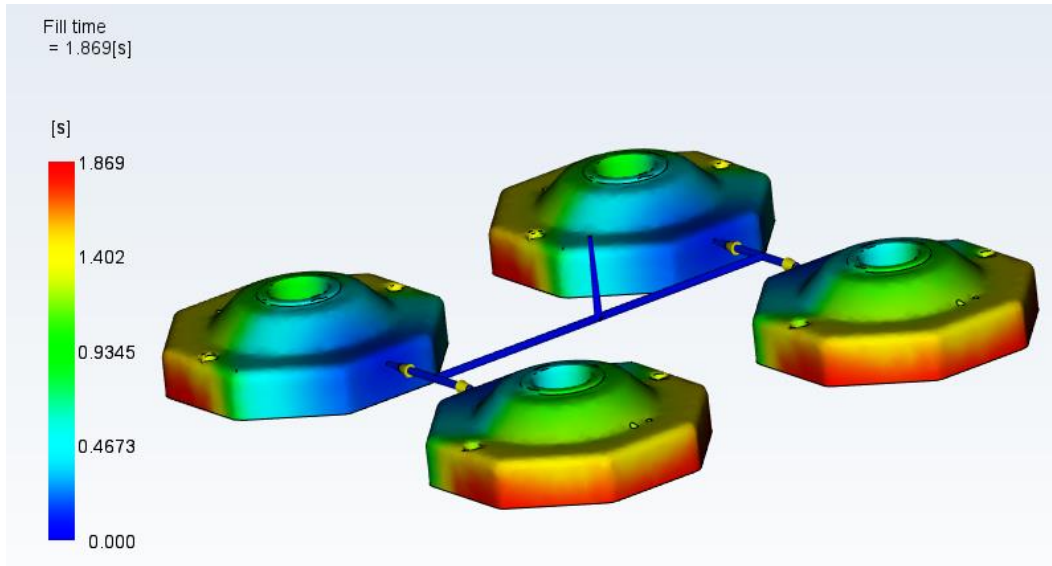


Gambar 4- 48 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

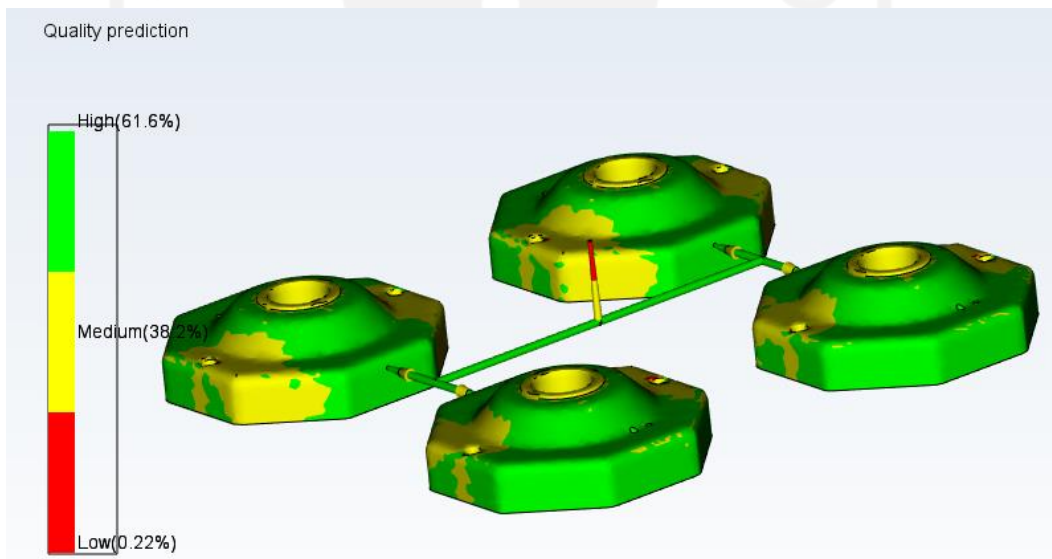


Gambar 4- 49 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

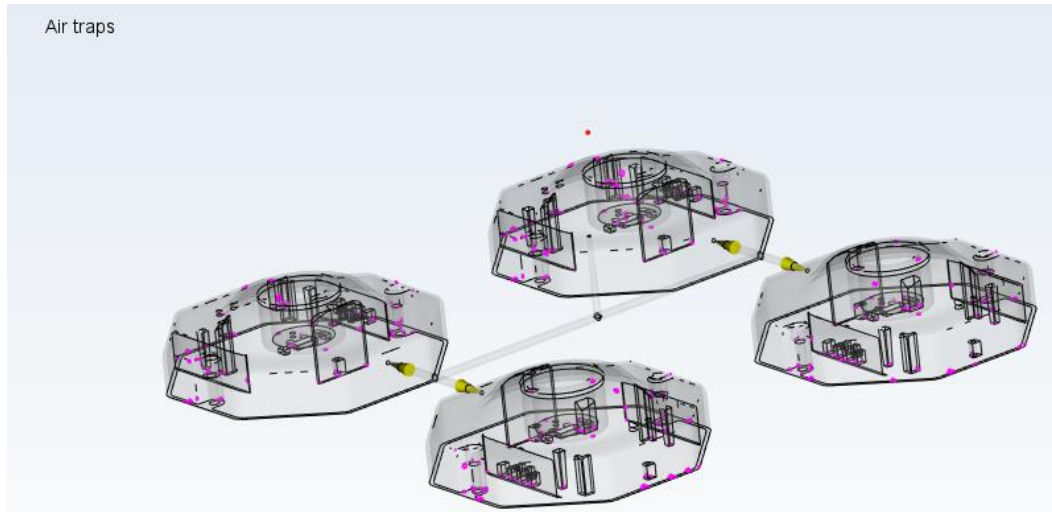
3. Parameter *layout* H dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 50, Gambar 4- 51, Gambar 4- 52, dan Gambar 4- 53 yang memiliki *fill time* sebesar 1,869 detik dan *quality prediction* sebesar 61,6%.



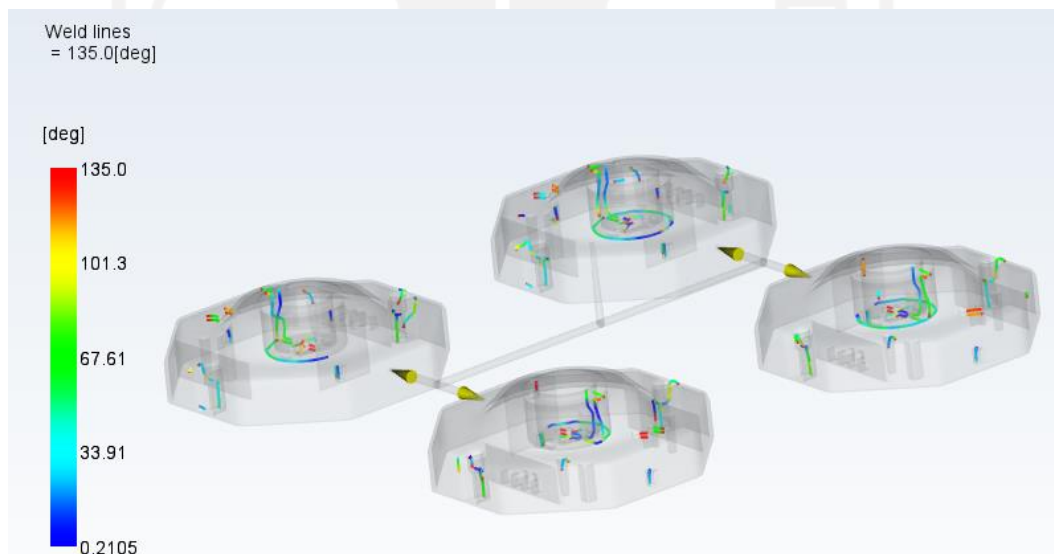
Gambar 4- 50 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm



Gambar 4- 51 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

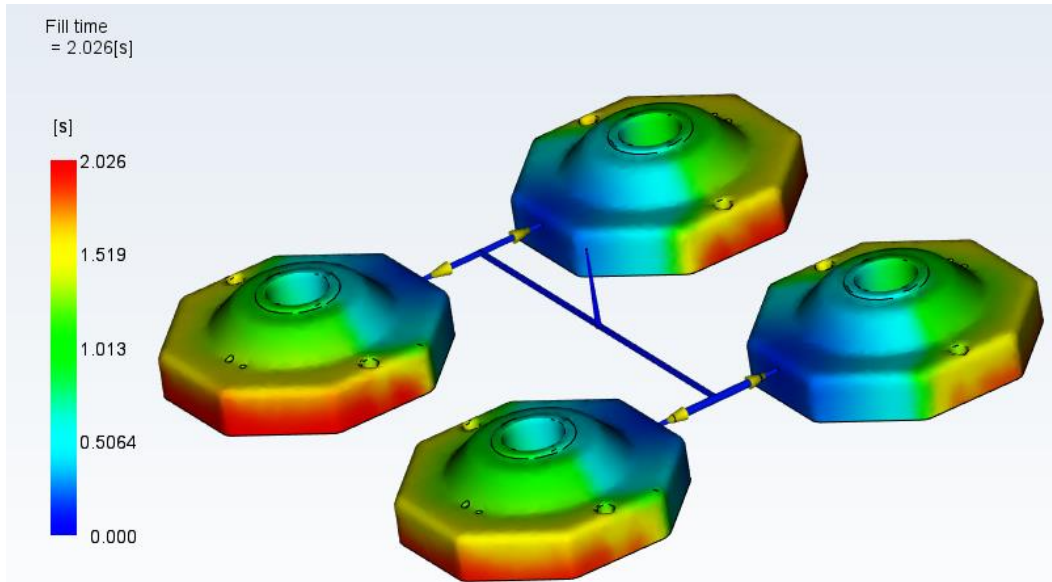


Gambar 4- 52 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

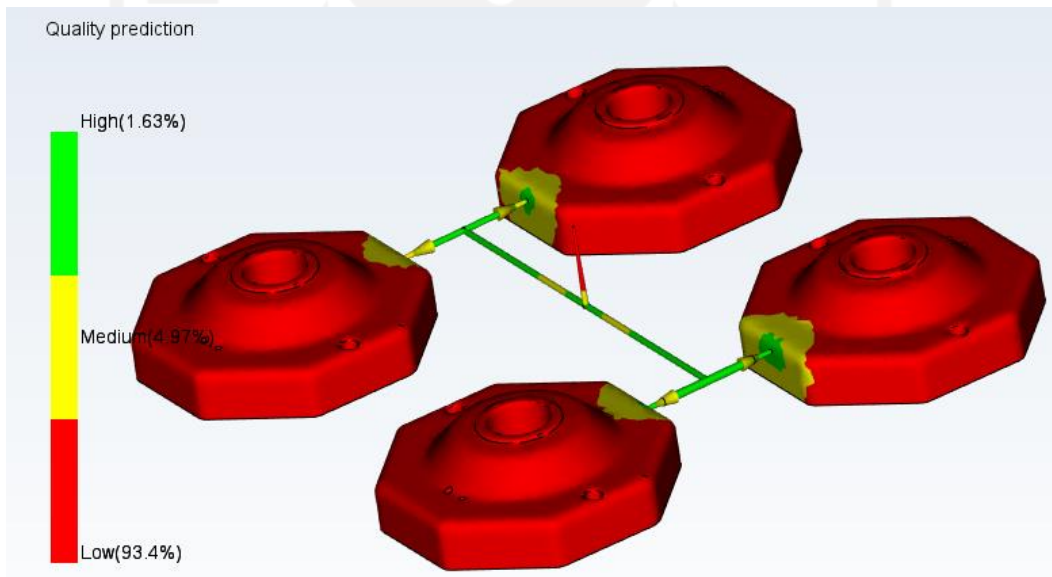


Gambar 4- 53 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

4. Parameter *layout H* dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 54, Gambar 4- 55, Gambar 4- 56, dan Gambar 4- 57 yang memiliki *fill time* sebesar 2,026 detik dan *quality prediction* sebesar 1,63%. Hasil *quality prediction* yang rendah ini disebabkan diameter sebesar 3 mm terlalu kecil untuk produk *fitting* lampu ini yang memiliki dimensi 130x130x41 mm.

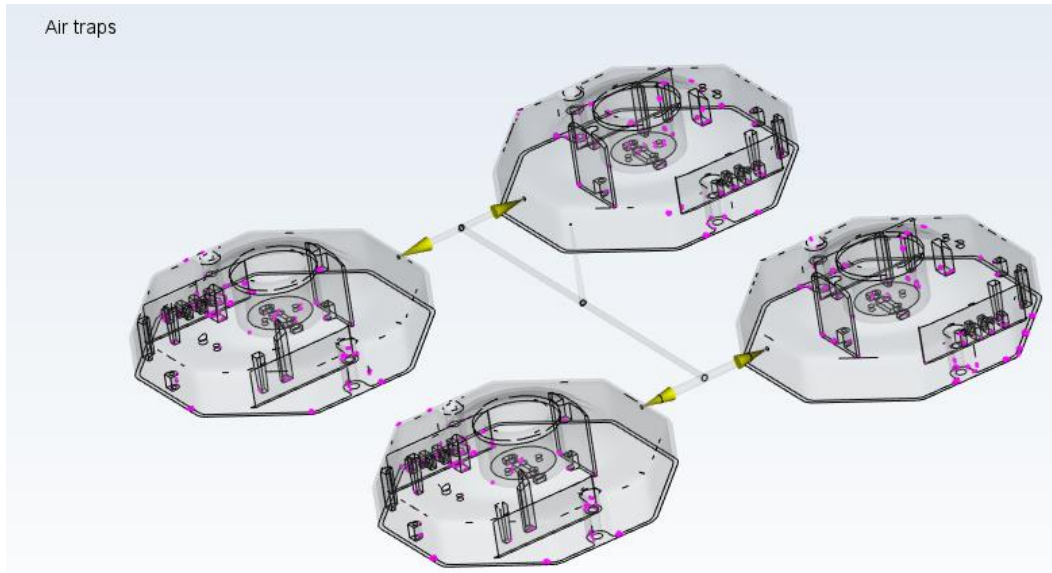


Gambar 4- 54 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

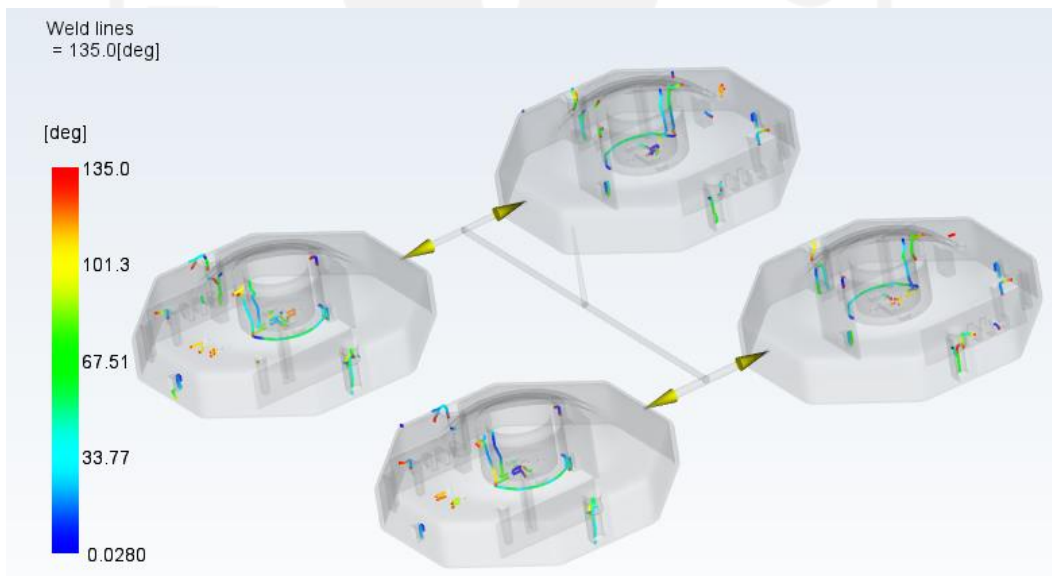


Gambar 4- 55 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm



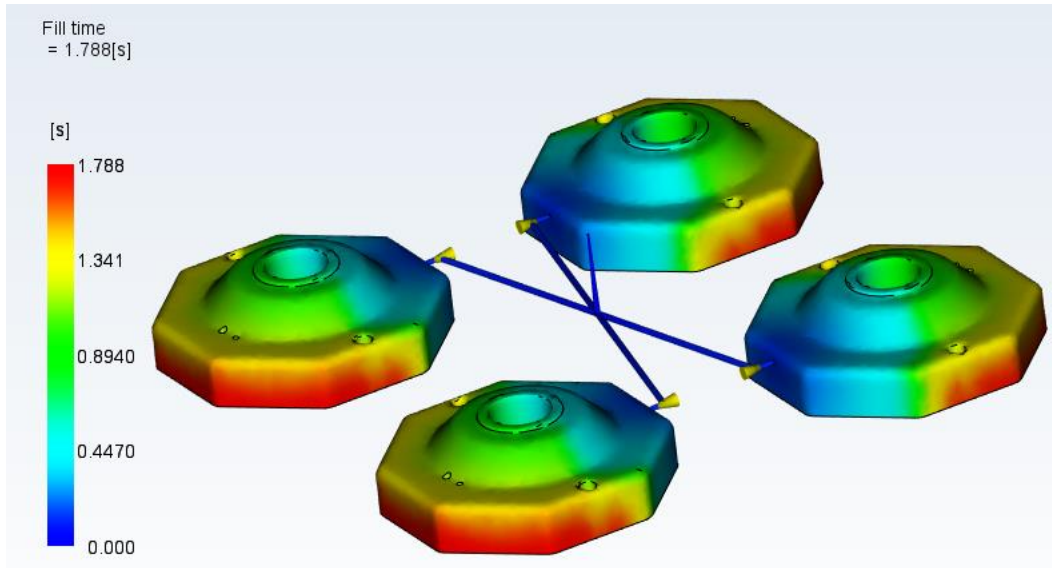


Gambar 4- 56 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

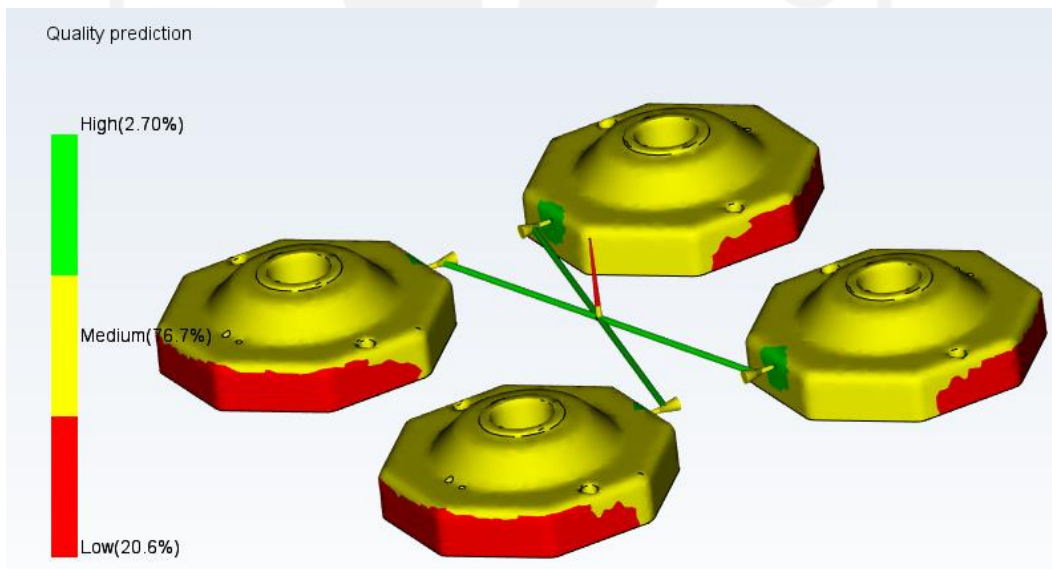


Gambar 4- 57 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

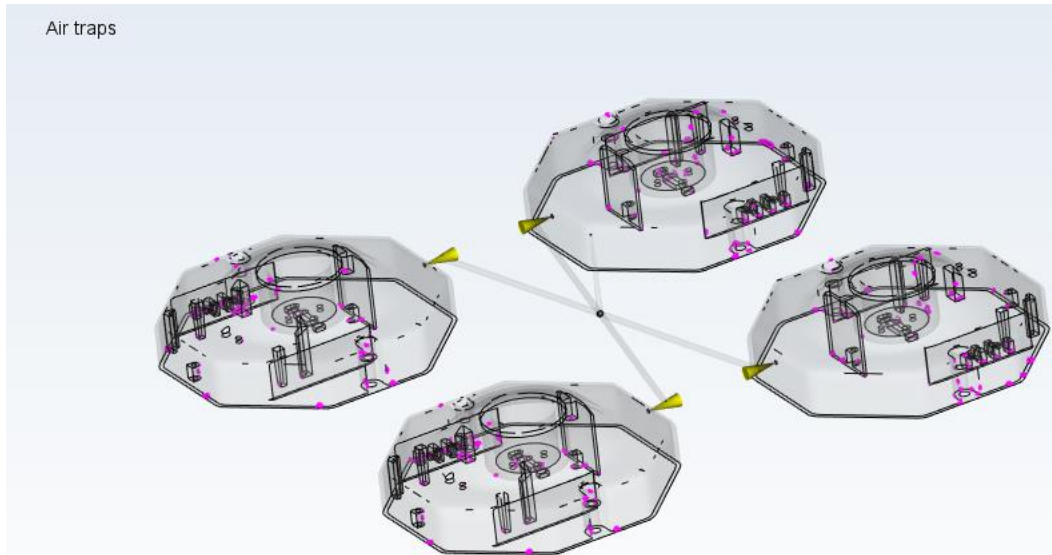
5. Parameter *layout star* dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 58, Gambar 4- 59, Gambar 4- 60, dan Gambar 4- 61 yang memiliki *fill time* sebesar 1,788 detik dan *quality prediction* sebesar 2,70%. Hasil *quality prediction* yang rendah ini disebabkan diameter sebesar 3 mm terlalu kecil untuk produk *fitting* lampu ini yang memiliki dimensi 130x130x41 mm.



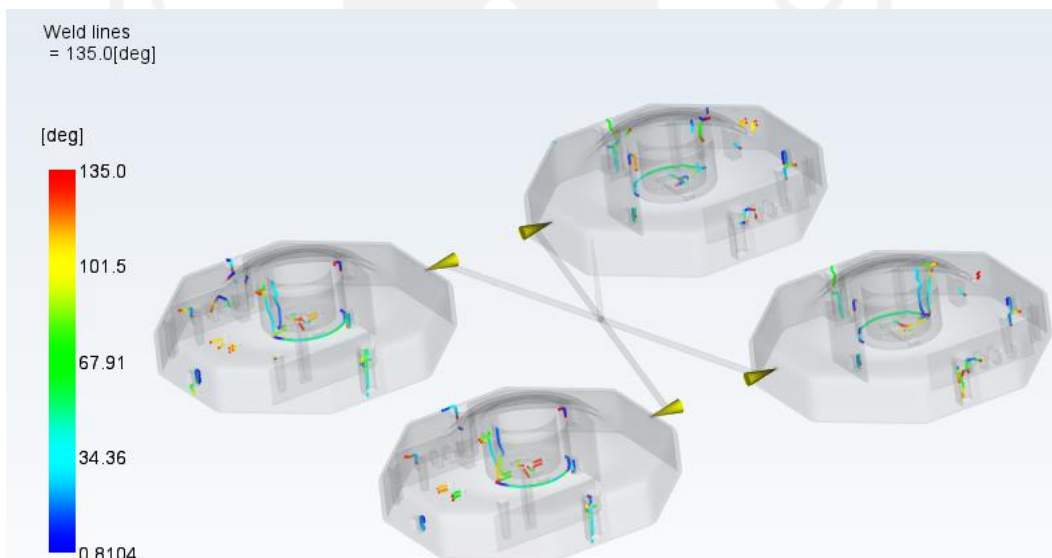
Gambar 4- 58 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm



Gambar 4- 59 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm



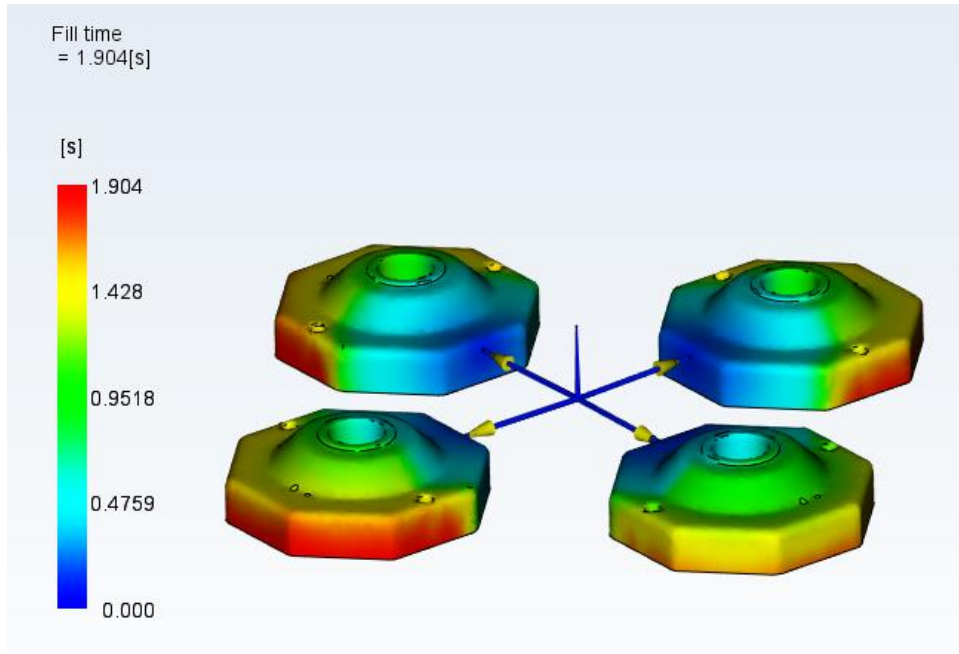
Gambar 4- 60 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm



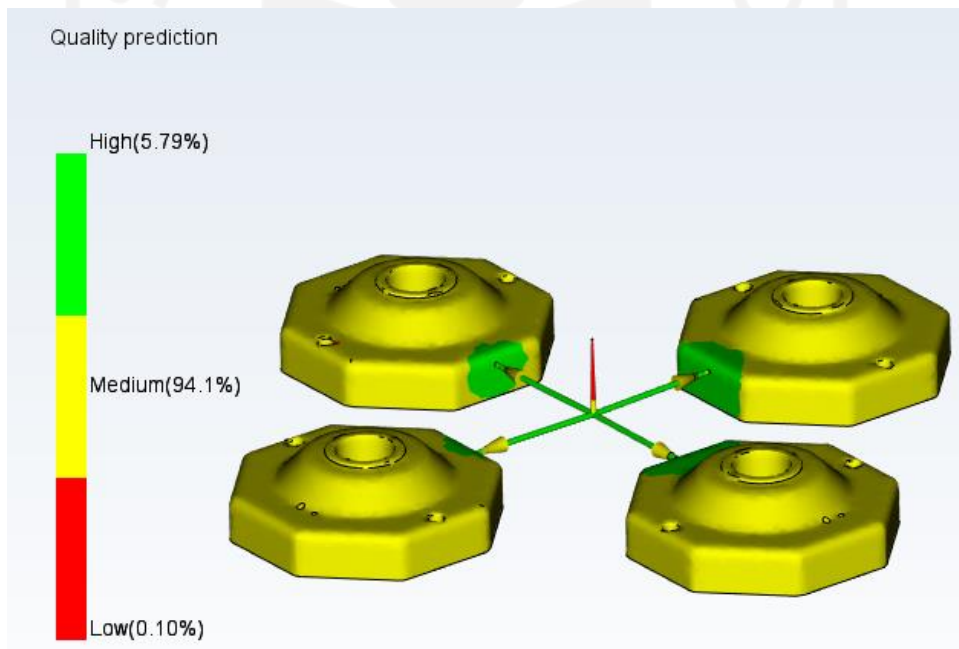
Gambar 4- 61 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

6. Parameter *layout radial* dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 62, Gambar 4- 63, Gambar 4- 64, dan Gambar 4- 65 yang memiliki *fill time* sebesar 1,904 detik dan *quality prediction* sebesar 5,79%. Hasil *quality prediction* yang rendah ini disebabkan diameter sebesar 3 mm terlalu kecil untuk produk *fitting* lampu ini yang memiliki dimensi 130x130x41 mm.

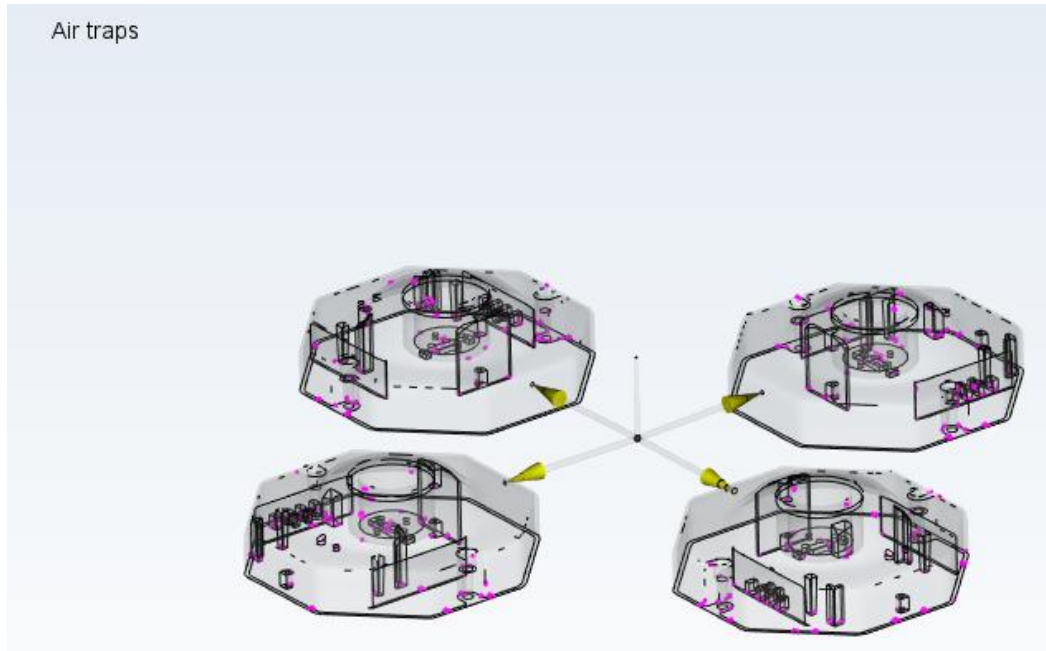




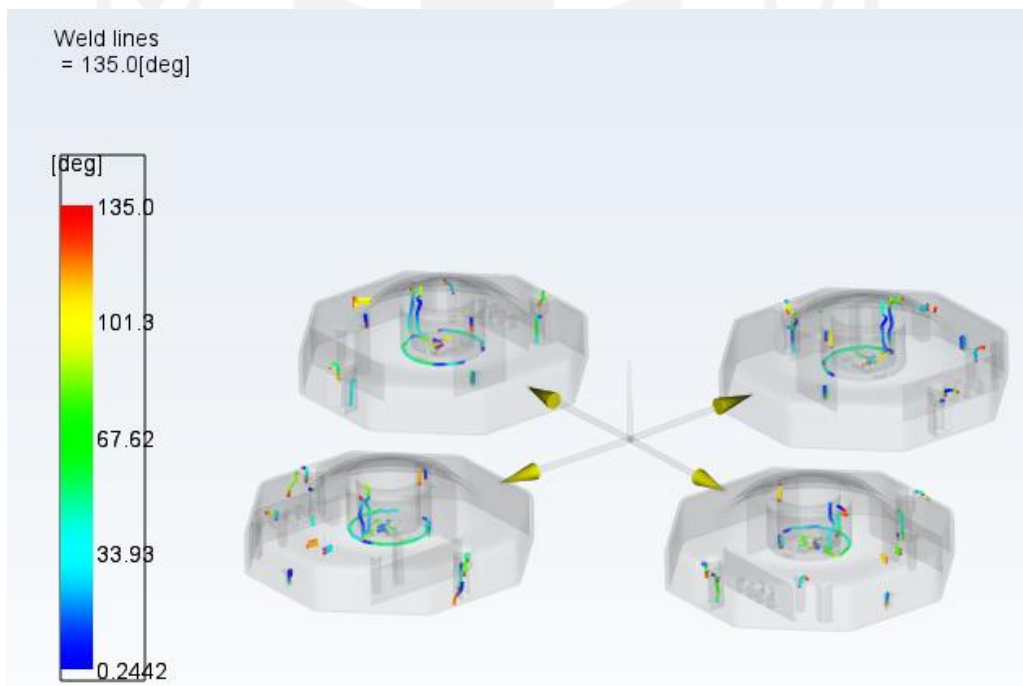
Gambar 4- 62 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm



Gambar 4- 63 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm

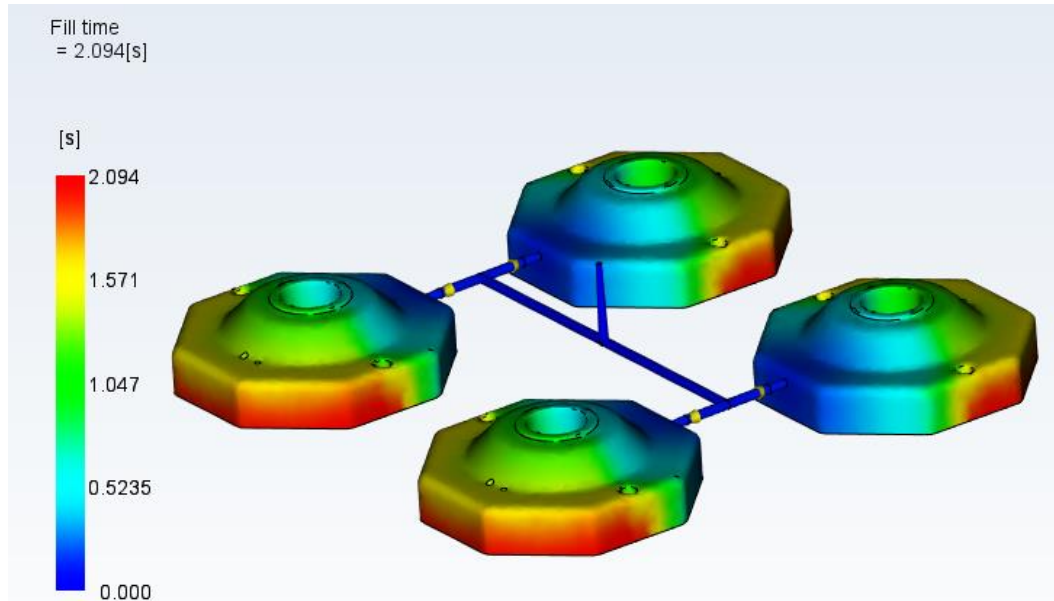


Gambar 4- 64 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

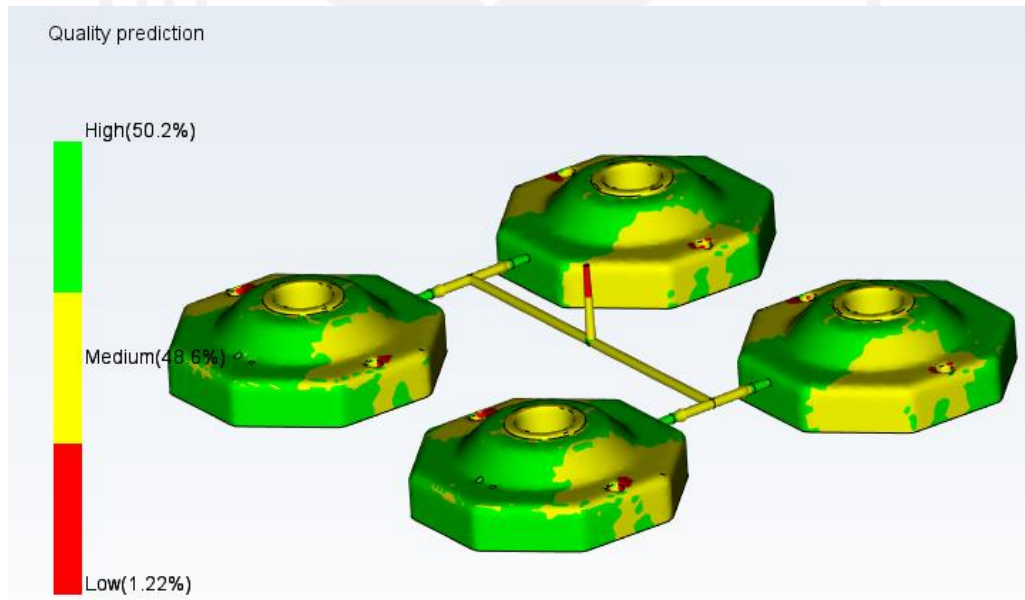


Gambar 4- 65 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

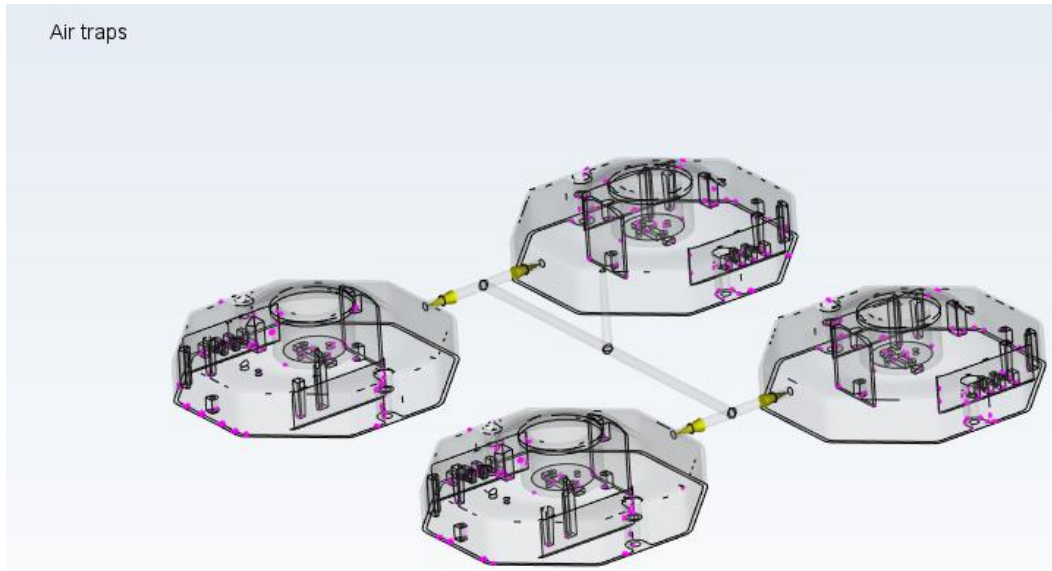
7. Parameter *layout H* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 66, Gambar 4- 67, Gambar 4- 68, dan Gambar 4- 69 yang memiliki *fill time* sebesar 2,094 detik dan *quality prediction* sebesar 50,2%.



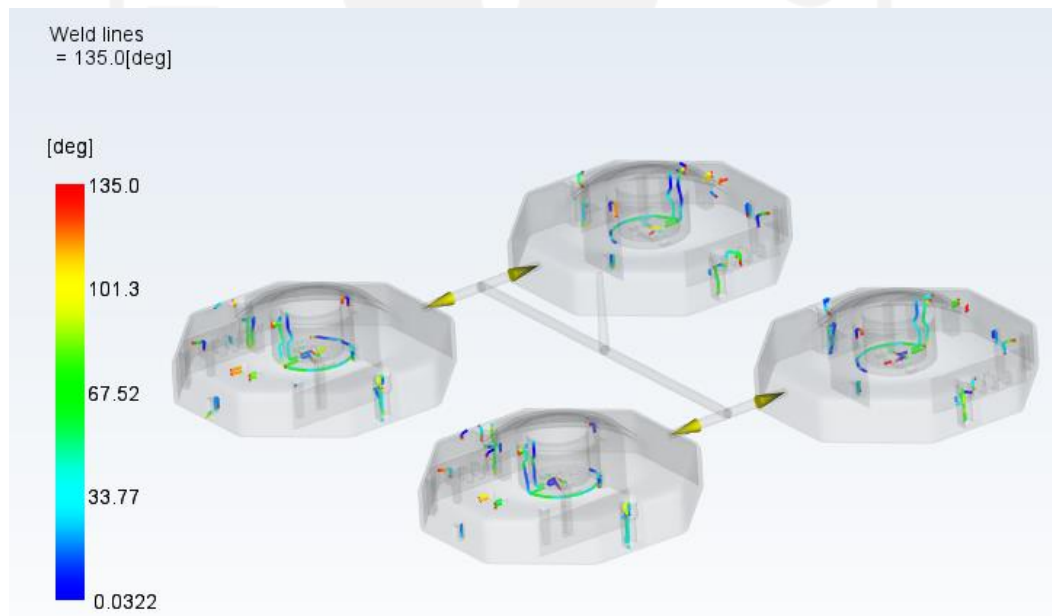
Gambar 4- 66 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 67 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

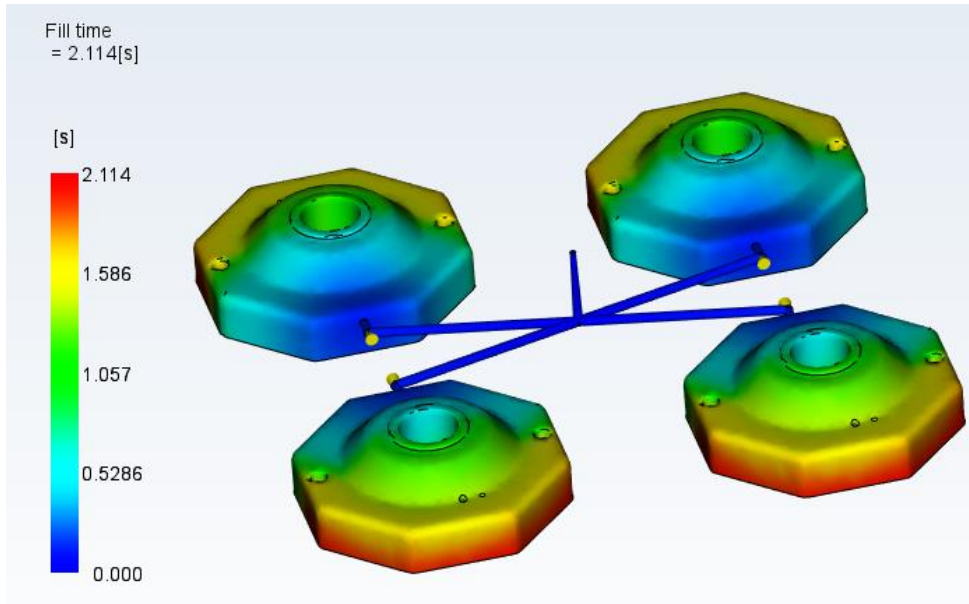


Gambar 4- 68 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

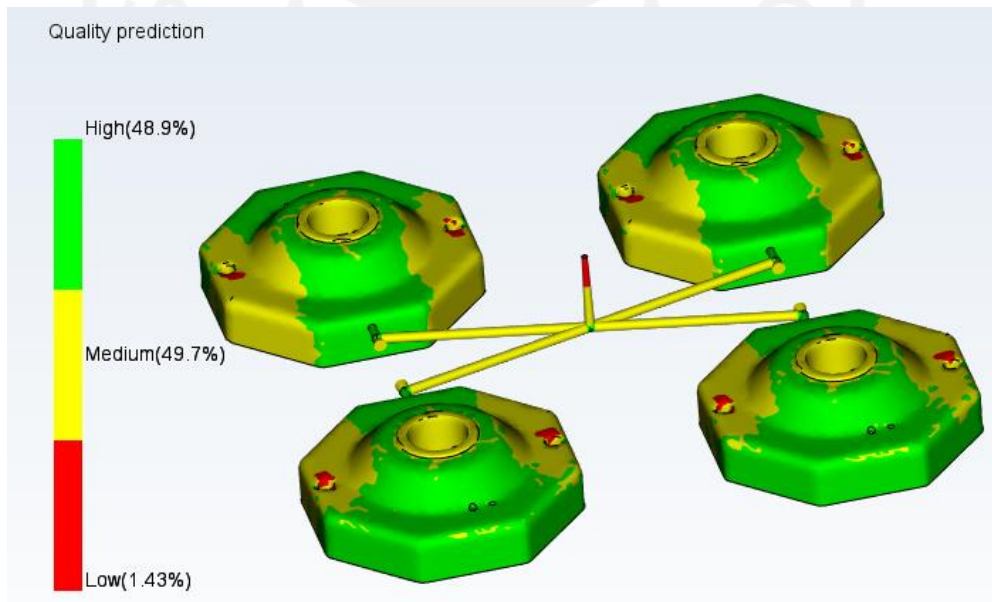


Gambar 4- 69 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

8. Parameter *layout star* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 70, Gambar 4- 71, Gambar 4- 72, dan Gambar 4- 73 yang memiliki *fill time* sebesar 2,114 detik dan *quality prediction* sebesar 48,9%.

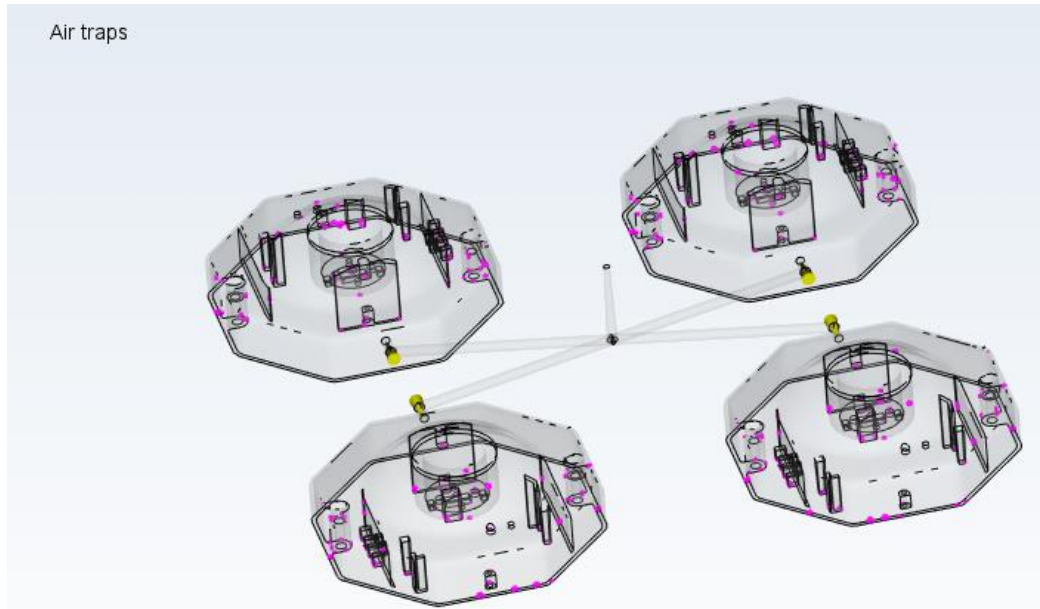


Gambar 4- 70 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

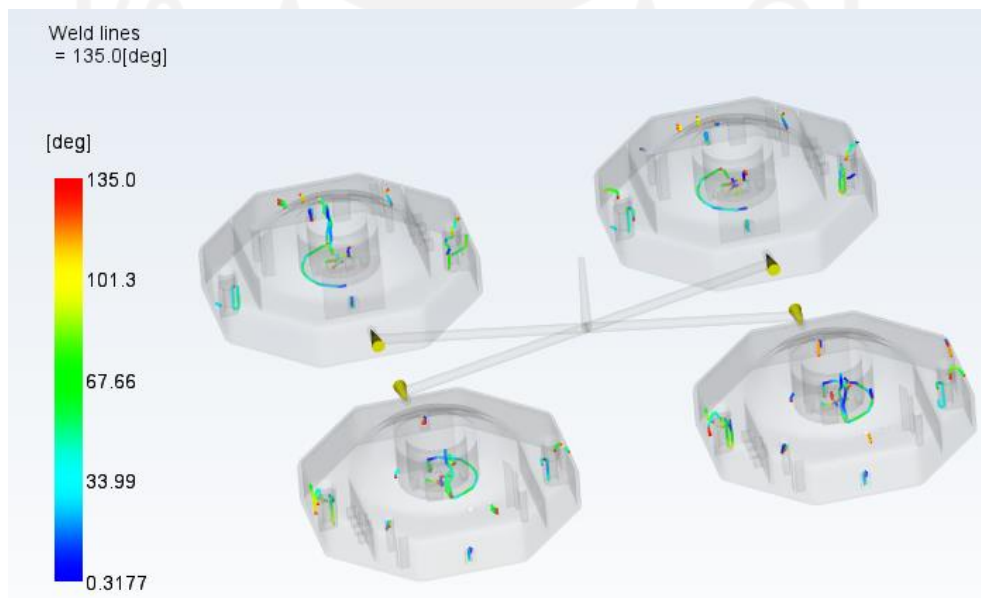


Gambar 4- 71 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm



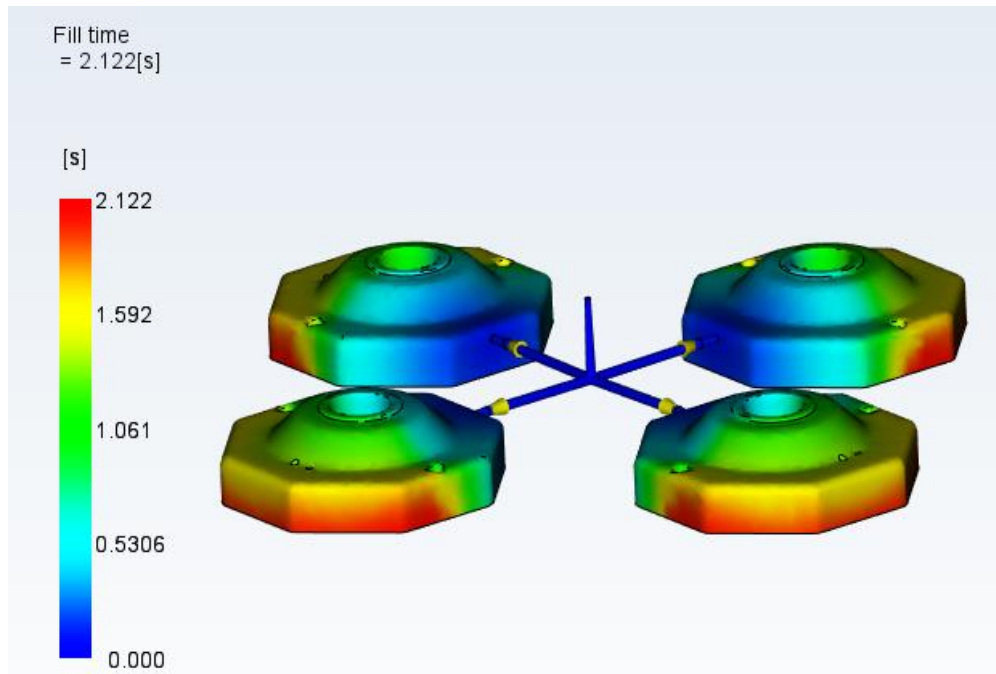


Gambar 4- 72 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

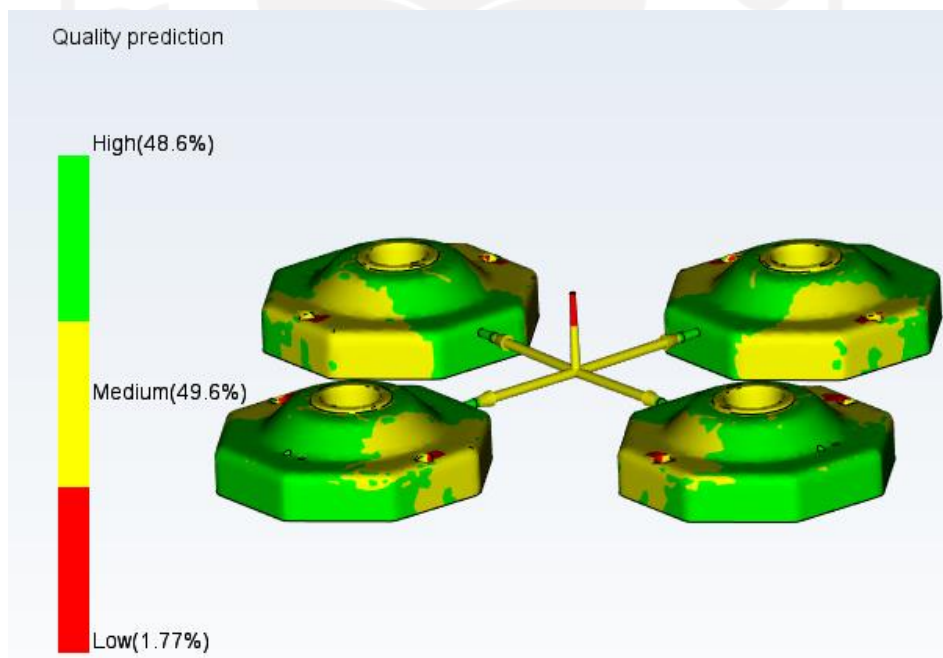


Gambar 4- 73 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

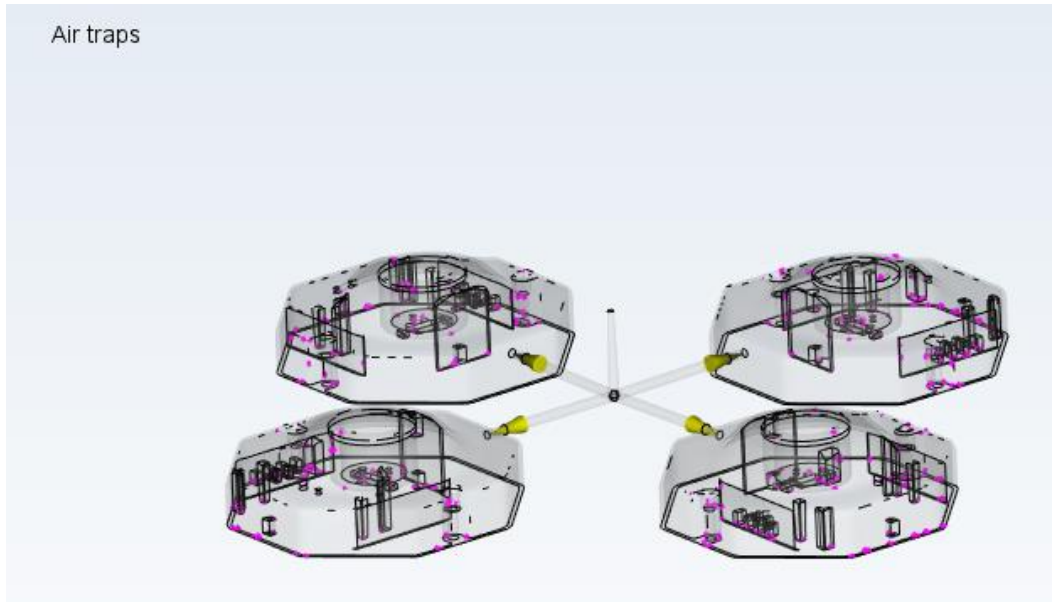
9. Parameter *layout radial* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 74, Gambar 4- 75, Gambar 4- 76, dan Gambar 4- 76 yang memiliki *fill time* sebesar 2,122 detik dan *quality prediction* sebesar 48,6%.



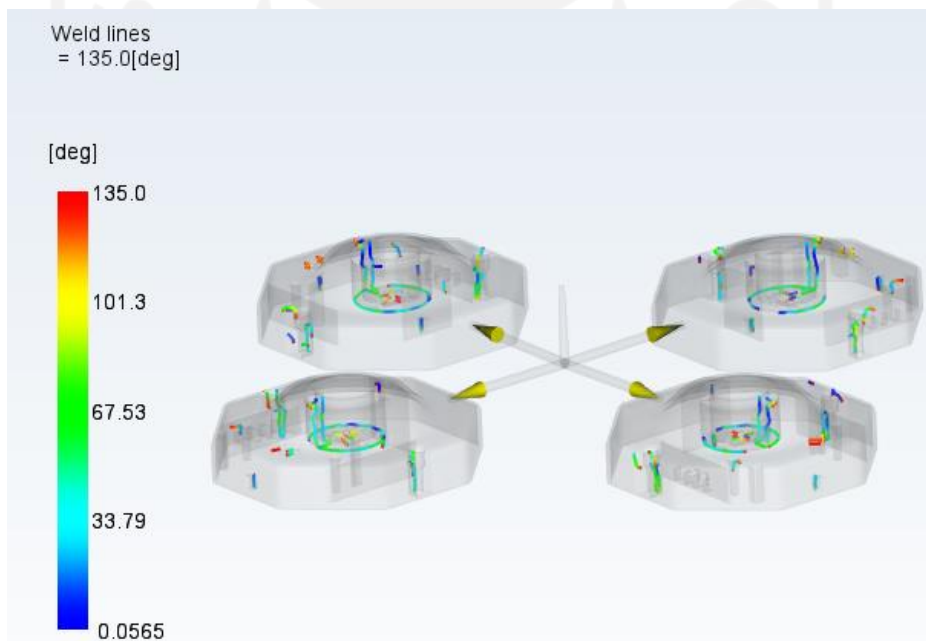
Gambar 4- 74 *Fill time fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm



Gambar 4- 75 *Quality prediction fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm



Gambar 4- 76 *Air trap fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm



Gambar 4- 77 *Weld line fitting* lampu dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm

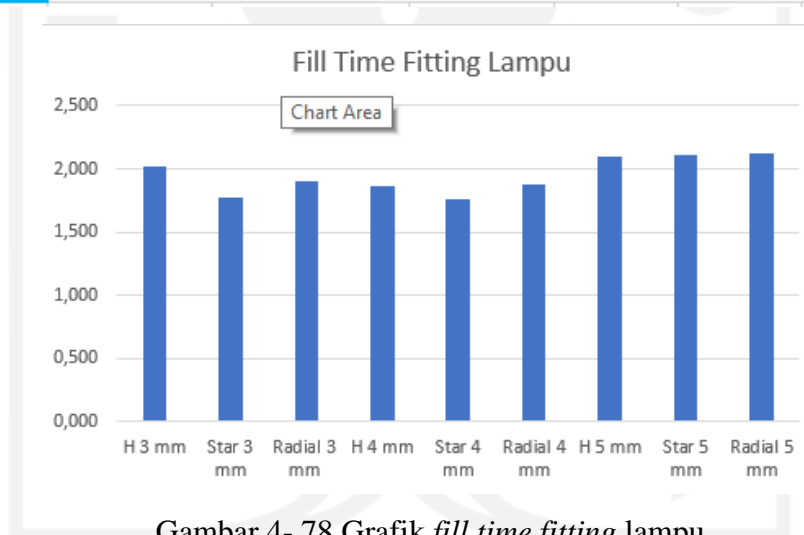
Perbandingan hasil simulasi, grafik *fill time*, dan grafik *quality prediction fitting* lampu tertera pada Tabel 4- 3, Gambar 4- 78, dan Gambar 4- 79.



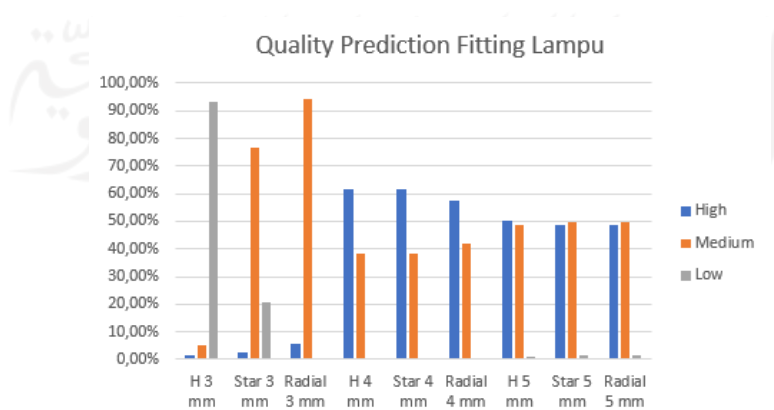
Tabel 4- 3 Perbandingan hasil simulasi fitting lampu

No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter (mm)		High	Medium	Low
1	H 3 mm	3	2,026	1,63%	4,97%	93,40%
2	Star 3 mm	3	1,780	2,70%	76,70%	20,60%
3	Radial 3 mm	3	1,904	5,79%	94,10%	0,10%
4	H 4 mm	4	1,869	61,60%	38,20%	0,22%
5	Star 4 mm	4	1,759	61,70%	38,10%	0,17%
6	Radial 4 mm	4	1,882	57,50%	42,10%	0,36%
7	H 5 mm	5	2,094	50,20%	48,60%	1,22%
8	Star 5 mm	5	2,114	48,90%	49,70%	1,43%
9	Radial 5 mm	5	2,122	48,60%	49,60%	1,77%

	Fill time tercepat
	Persentase tertinggi
	Persentase tertinggi
	Persentase terendah



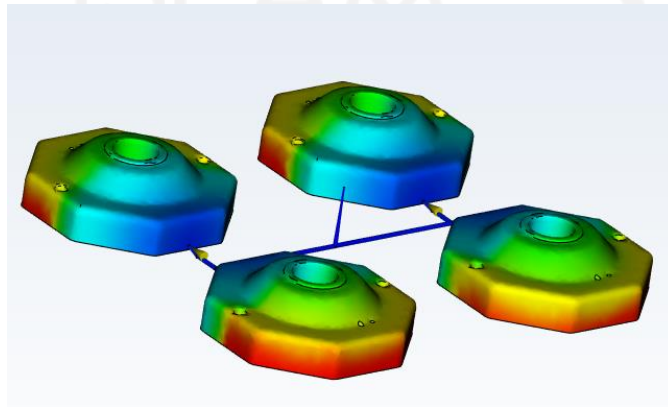
Gambar 4- 78 Grafik fill time fitting lampu



Gambar 4- 79 Grafik quality prediction fitting lampu

Berdasarkan dari hasil simulasi, parameter yang optimal adalah parameter *layout star* dan diameter 4 mm dengan hasil *quality prediction* sebesar 61,70%.

Selain simulasi dengan parameter di atas, dilakukan juga simulasi dengan perbedaan pada penempatan *gate* yang terletak di bawah seperti yang terlihat pada Gambar 4- 80. Hal ini dilakukan karena mengikuti penempatan *gate* actual pada karakter produk seperti ini, dan Tabel 4- 4 merupakan hasil simulasi dengan penempatan *gate* yang berada di bawah.



Gambar 4- 80 Simulasi dengan penempatan *gate* di bawah pada *fitting* lampu

Tabel 4- 4 Hasil simulasi dengan penempatan *gate* di bawah pada *fitting* lampu

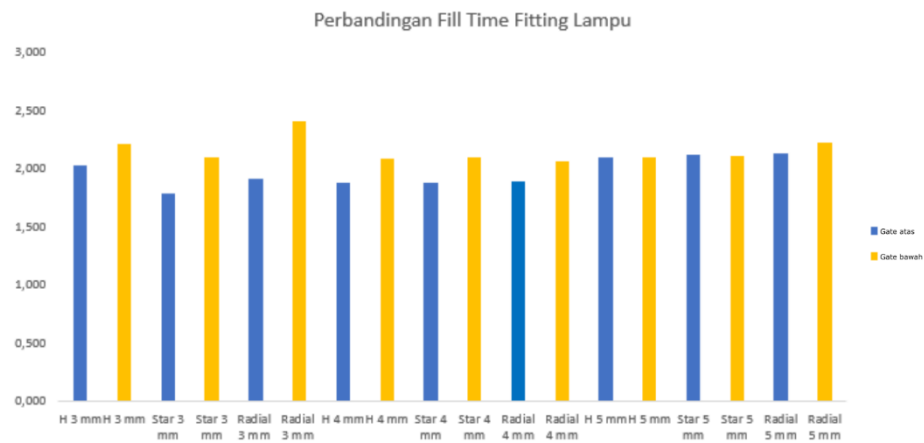
No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter (mm)		High	Medium	Low
1	H 3 mm	3	2,040	1,88%	8,72%	89,40%
2	Star 3 mm	3	1,897	3,93%	95,90%	0,15%
3	Radial 3 mm	3	2,011	7,77%	92,00%	0,26%
4	H 4 mm	4	2,038	54,10%	43,90%	2,01%
5	Star 4 mm	4	2,189	52,30%	45,20%	2,55%
6	Radial 4 mm	4	2,283	49,50%	47,50%	3,04%
7	H 5 mm	5	2,369	47,80%	48,90%	3,32%
8	Star 5 mm	5	2,434	47,40%	49,20%	3,36%
9	Radial 5 mm	5	2,568	45,80%	50,30%	3,86%

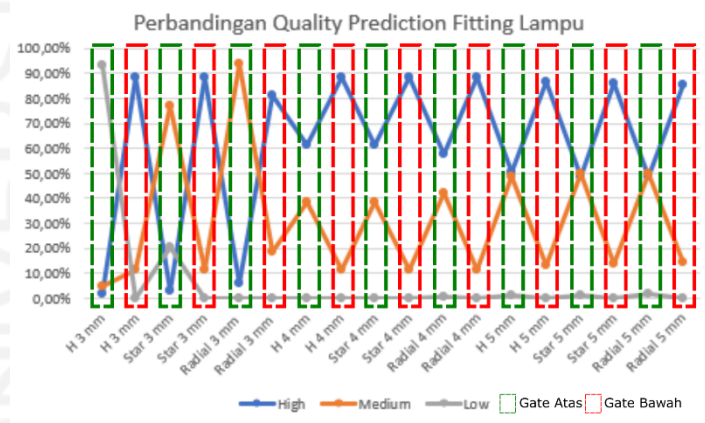
	Fill time tercepat
	Persentase tertinggi
	Persentase tertinggi
	Persentase terendah

Berdasarkan hasil simulasi dengan penempatan *gate* di bawah, hasil *quality prediction* terbaik yang didapatkan menjadi lebih rendah dari hasil simulasi yang pertama yaitu 54.10%. Gambar 4- 81 dan Gambar 4- 82 merupakan

perbandingan *fill time* dan *quality prediction fitting* lampu antara penempatan *gate* di bawah dan *gate* di atas.



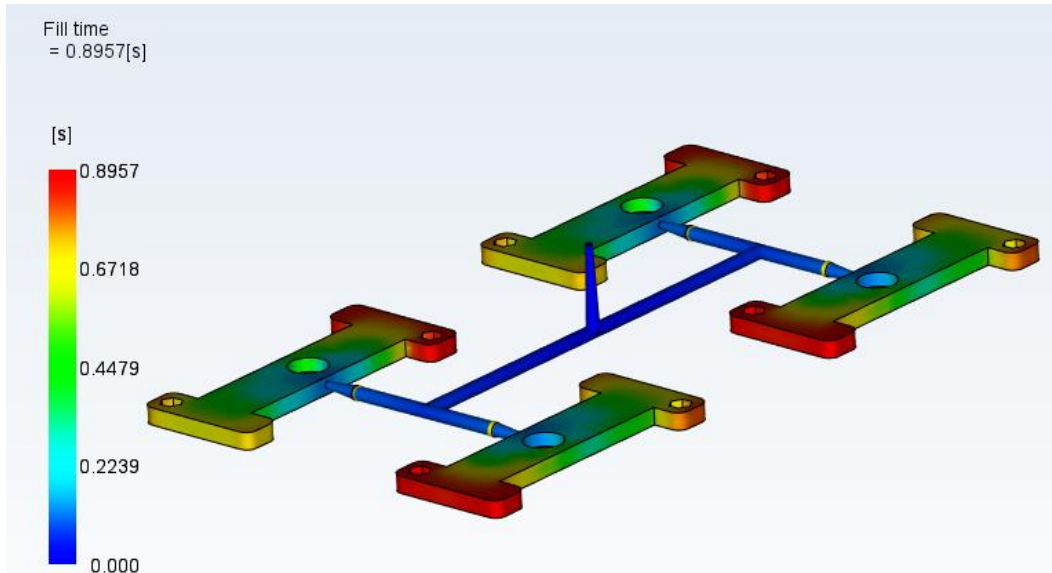
Gambar 4- 81 Perbandingan *fill time fitting* lampu antara *gate* atas dan *gate* bawah



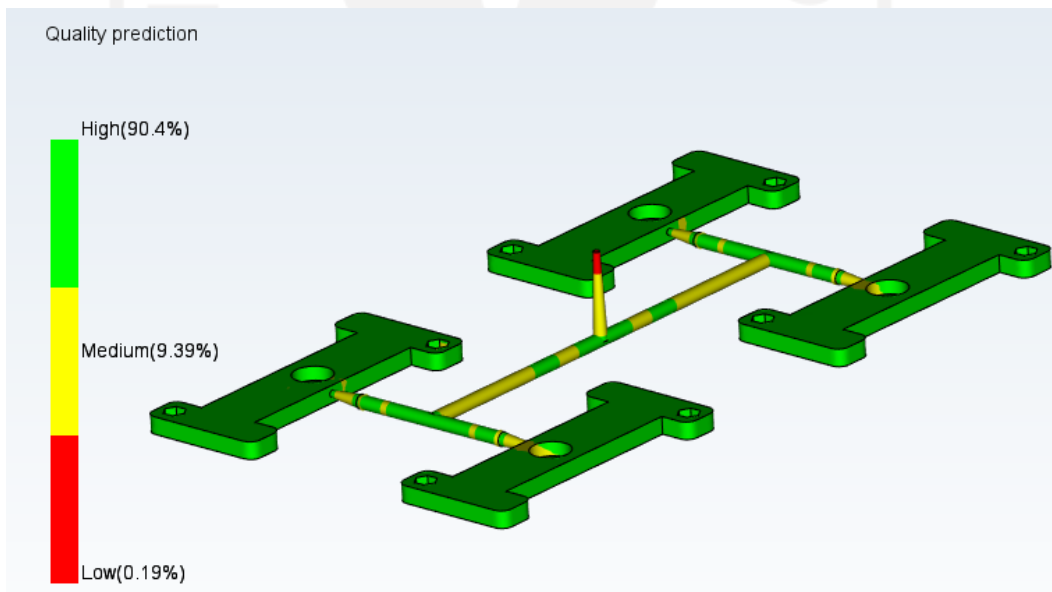
Gambar 4- 82 Perbandingan *quality prediction fitting* lampu antara *gate* bawah dan *gate* atas

#### 4.1.3 Bracket Atas

1. Parameter *layout H* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 83, Gambar 4- 84, Gambar 4- 85, dan Gambar 4- 86 yang memiliki *fill time* sebesar 0,8957 detik dan *quality prediction* sebesar 90,4%.

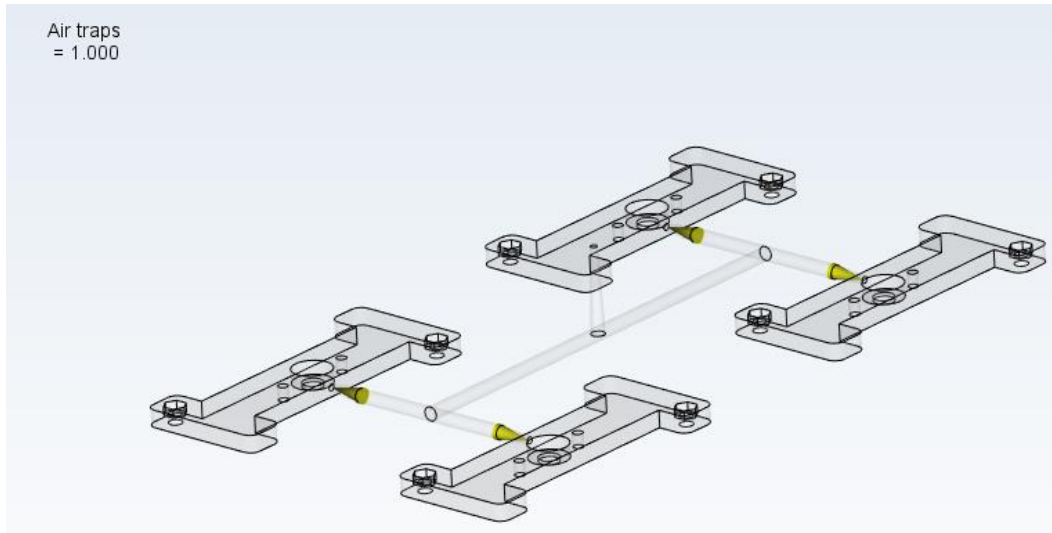


Gambar 4- 83 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

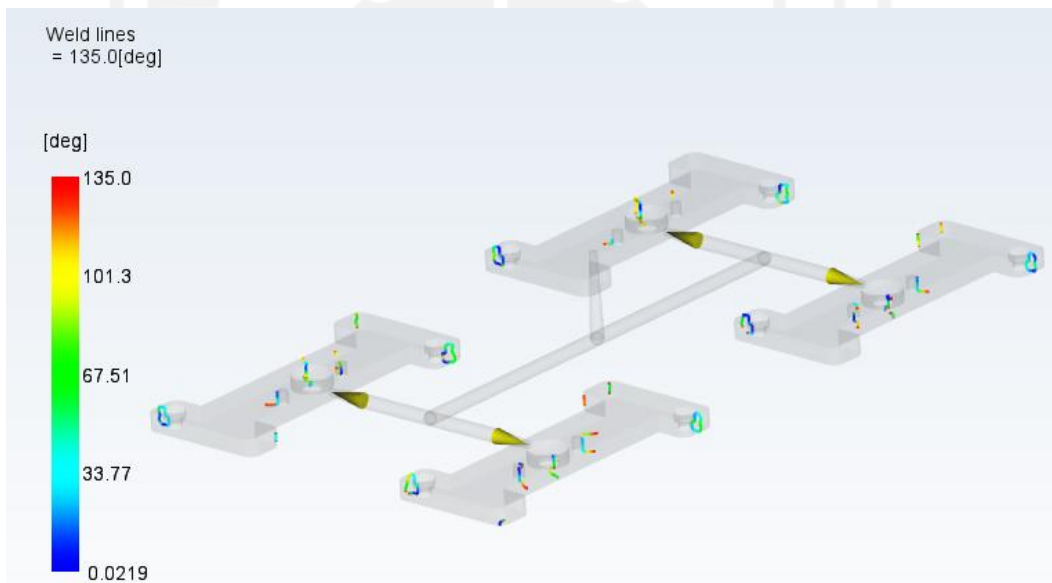


Gambar 4- 84 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

Terlihat pada *runner* terjadi fenomena *jetting*. *Jetting* adalah munculnya garis seperti ular pada produk *injection molding* yang disebabkan material yang diinjeksikan pada kecepatan yang tinggi.

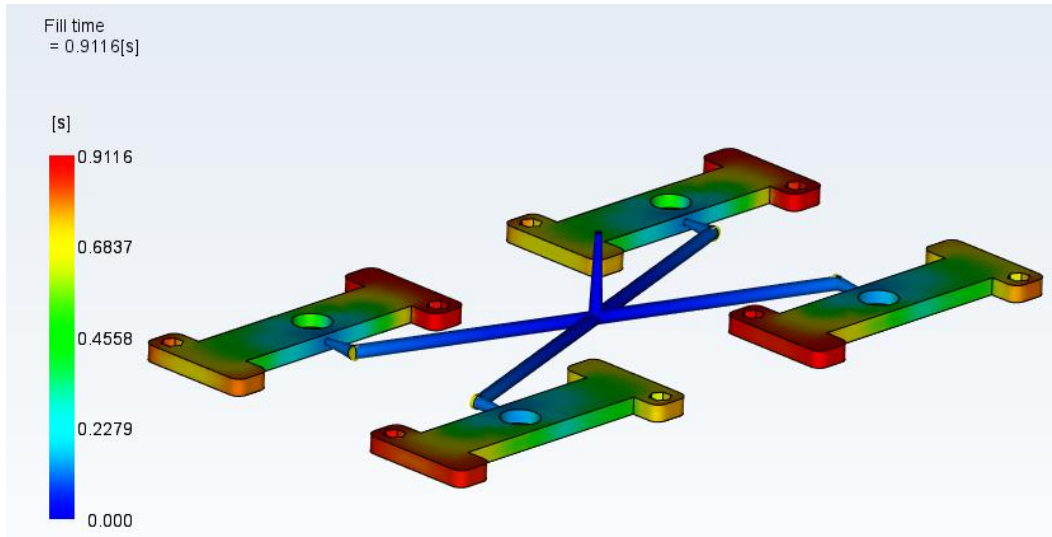


Gambar 4- 85 Air trap bracket atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

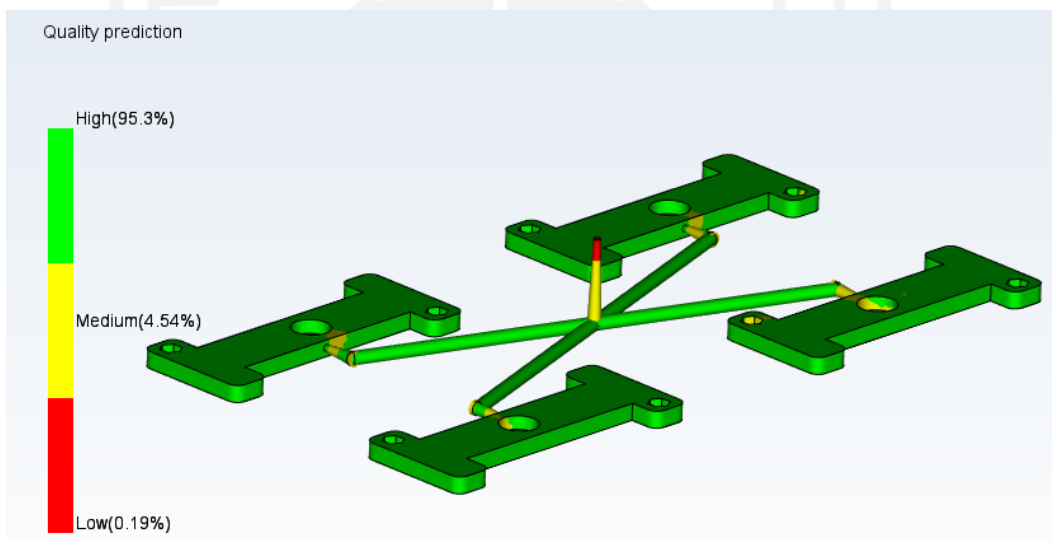


Gambar 4- 86 Weld line bracket atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

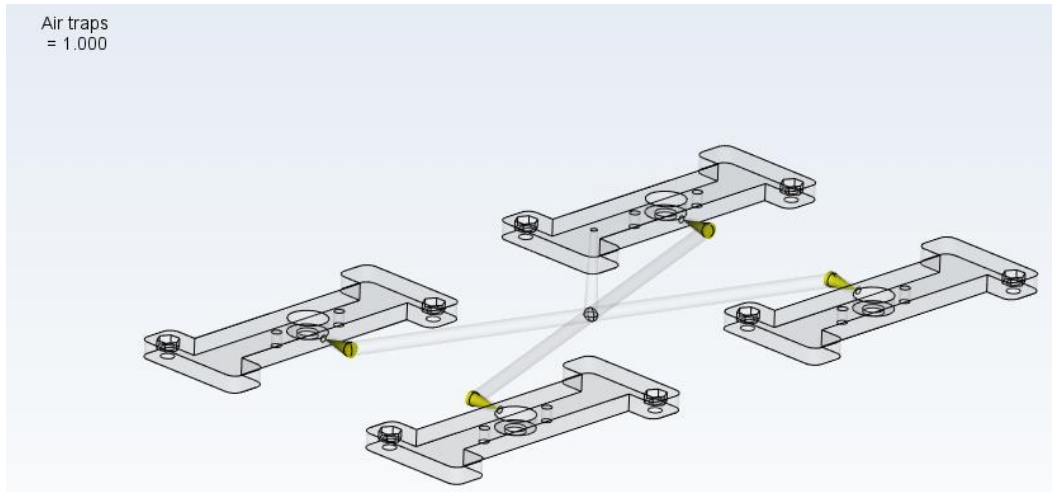
2. Parameter *layout star* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 87, Gambar 4- 88, Gambar 4- 89, dan Gambar 4- 90 yang memiliki *fill time* sebesar 0,9116 detik dan *quality prediction* sebesar 95,3%.



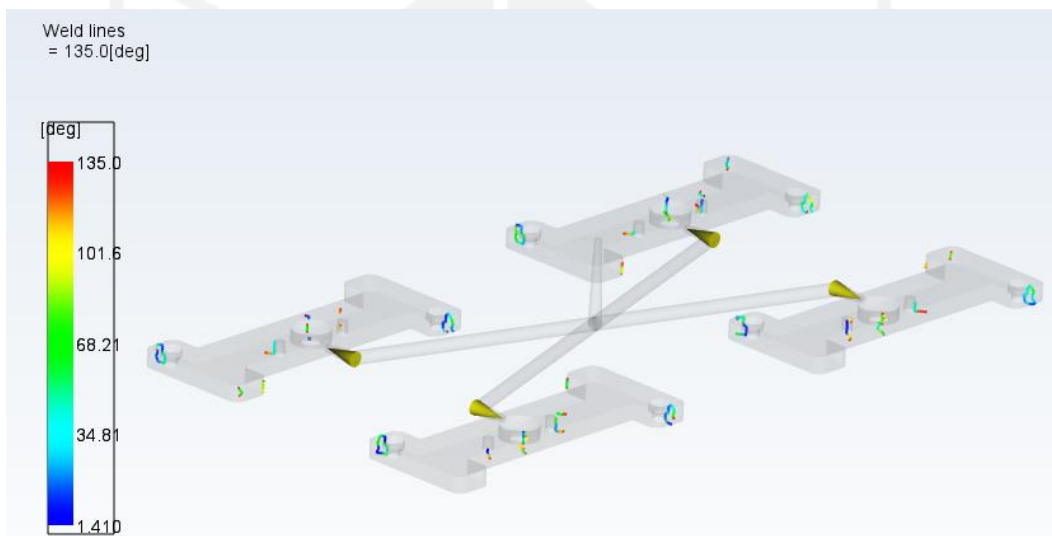
Gambar 4- 87 *Fill time bracket atas* dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm



Gambar 4- 88 *Quality prediction bracket atas* dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

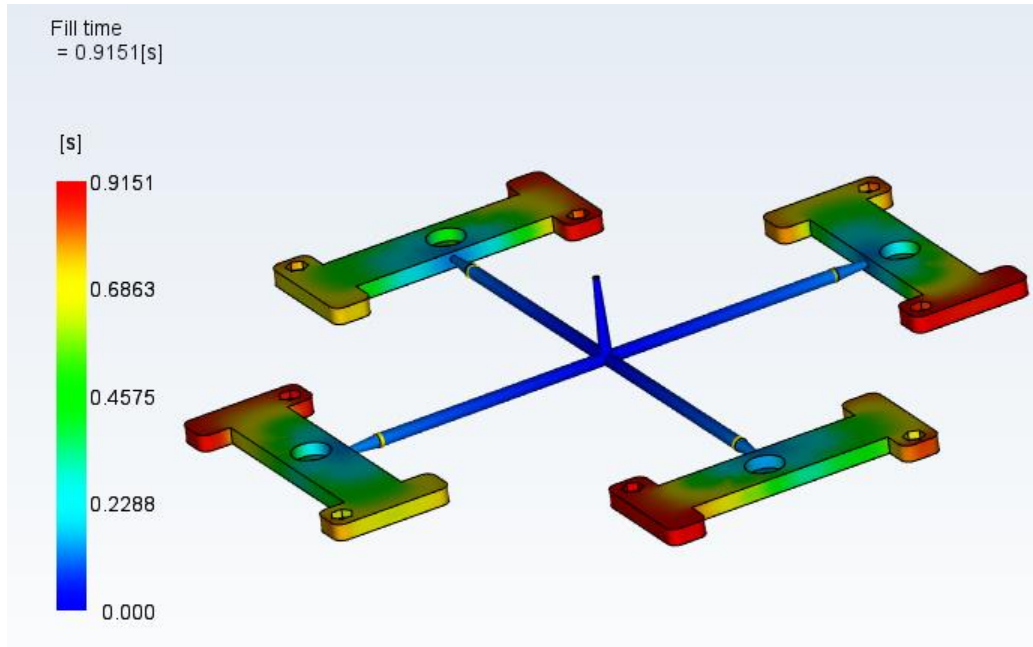


Gambar 4- 89 Air trap bracket atas dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

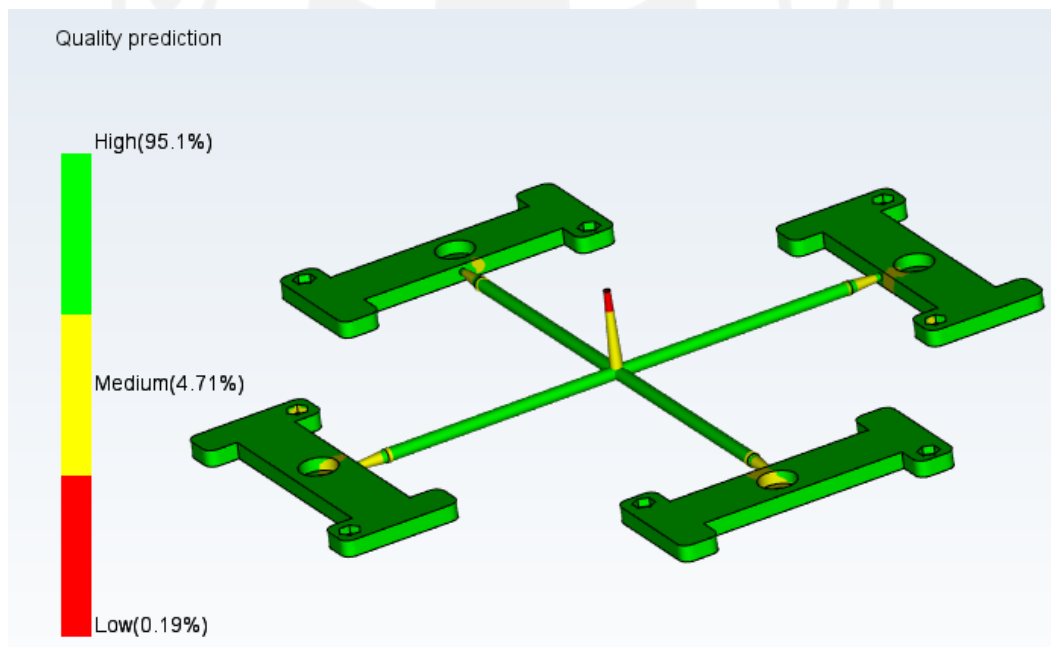


Gambar 4- 90 Weld line bracket atas dengan parameter *layout star* dan diameter 4 mm

3. Parameter *layout radial* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 91, Gambar 4- 92, Gambar 4- 93, dan Gambar 4- 94 yang memiliki *fill time* sebesar 0,9151 detik dan *quality prediction* sebesar 95,1%.

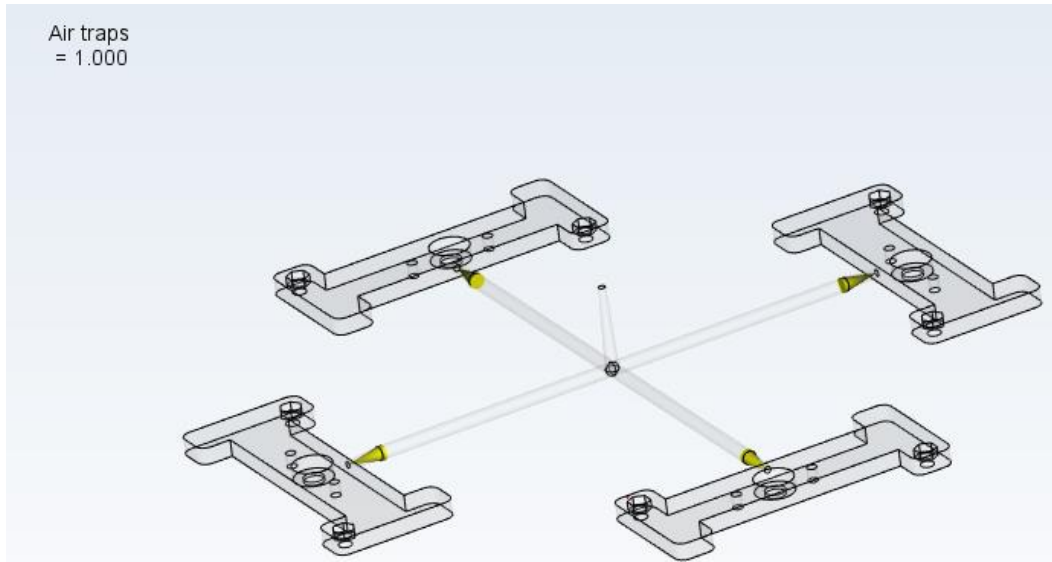


Gambar 4- 91 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm

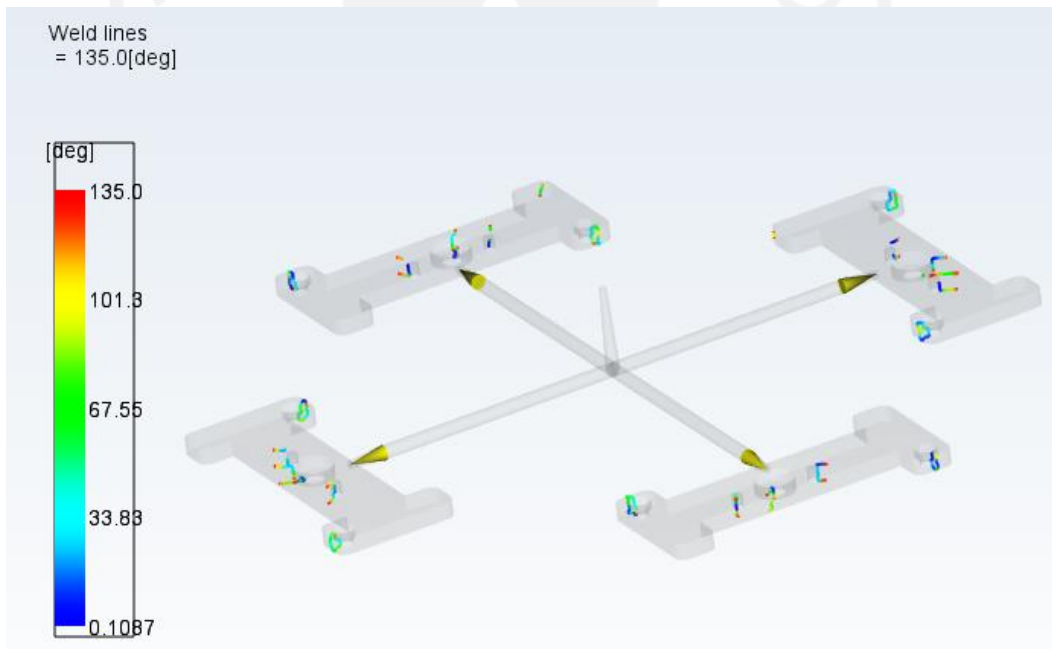


Gambar 4- 92 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 4 mm



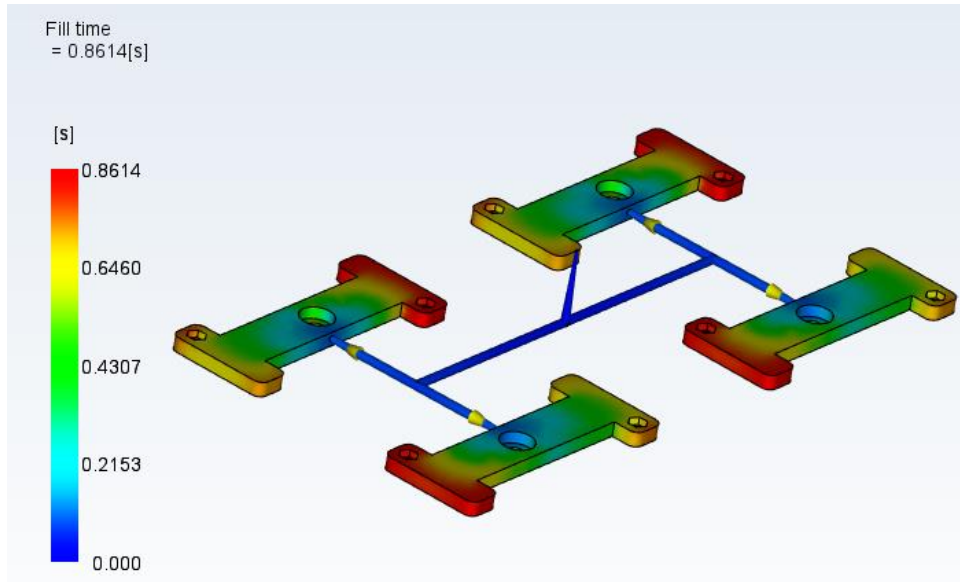


Gambar 4- 93 *Air trap bracket* atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

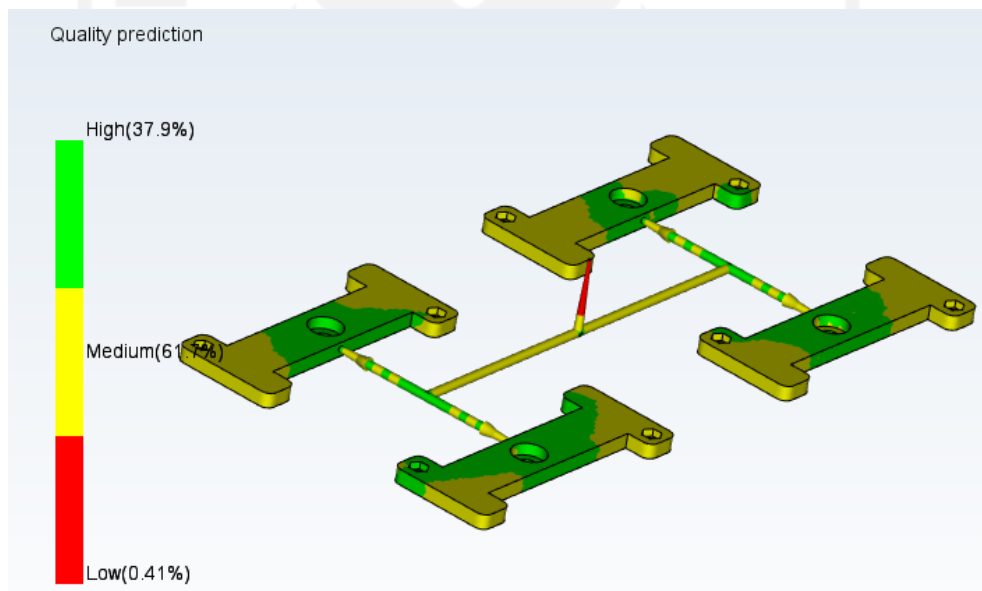


Gambar 4- 94 *Weld line bracket* atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

4. Parameter *layout* H dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 95, Gambar 4- 96, Gambar 4- 97, dan Gambar 4- 98 yang memiliki *fill time* sebesar 0,8614 detik dan *quality prediction* sebesar 37,9%.

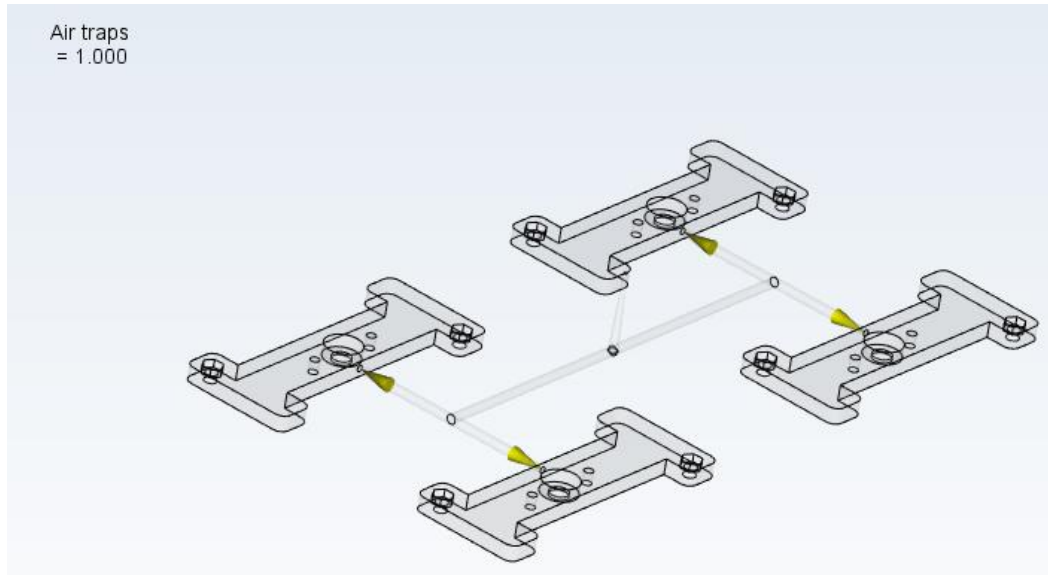


Gambar 4- 95 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

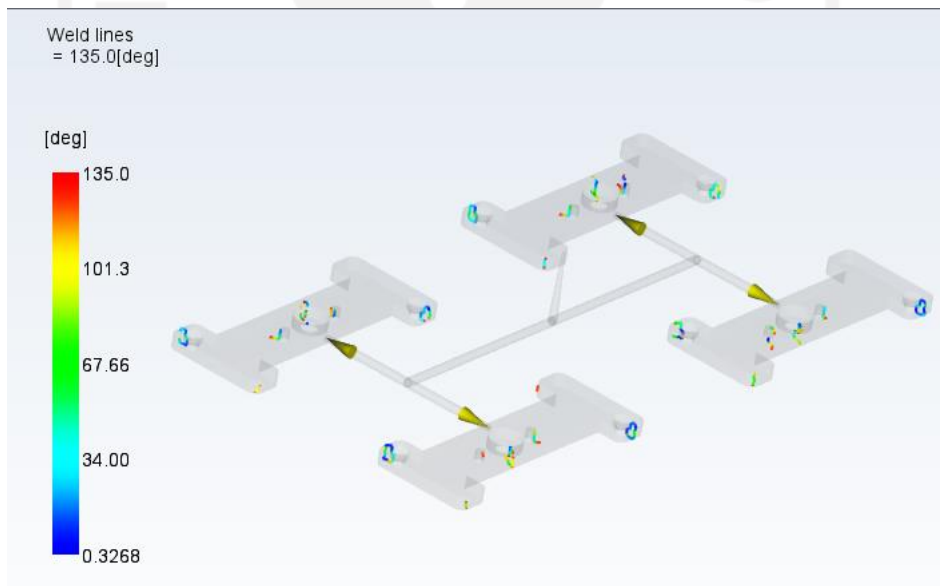


Gambar 4- 96 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

Terlihat pada *runner* terjadi fenomena *jetting* disebabkan material yang diinjeksikan pada kecepatan yang tinggi.

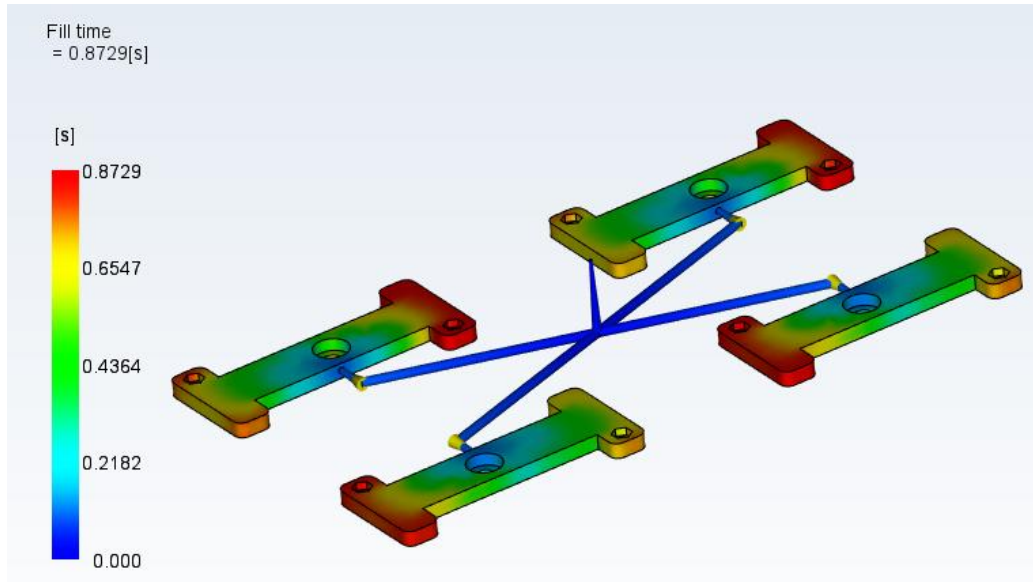


Gambar 4- 97 *Air trap bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

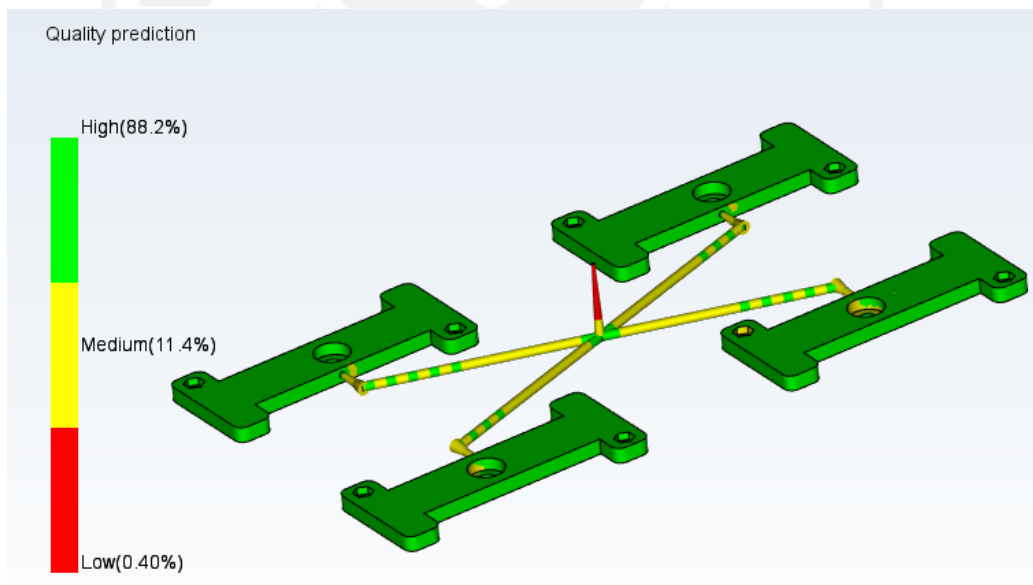


Gambar 4- 98 *Weld line bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

5. Parameter *layout star* dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 99, Gambar 4- 100, Gambar 4- 101, dan Gambar 4- 102 yang memiliki *fill time* sebesar 0,8729 detik dan *quality prediction* sebesar 88,2%.

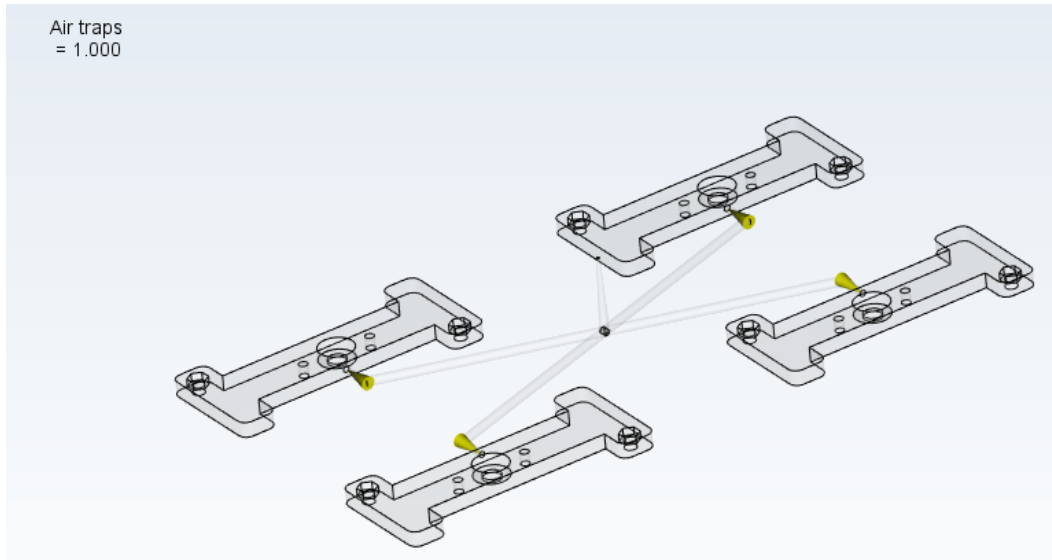


Gambar 4- 99 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

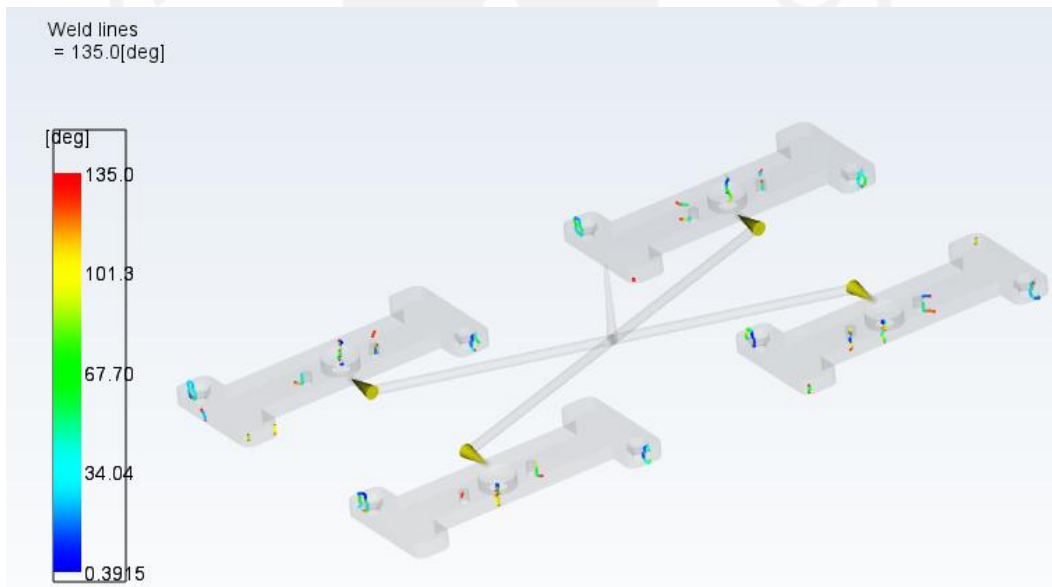


Gambar 4- 100 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

Terlihat pada *runner* terjadi fenomena *jetting* disebabkan material yang diinjeksikan pada kecepatan yang tinggi.

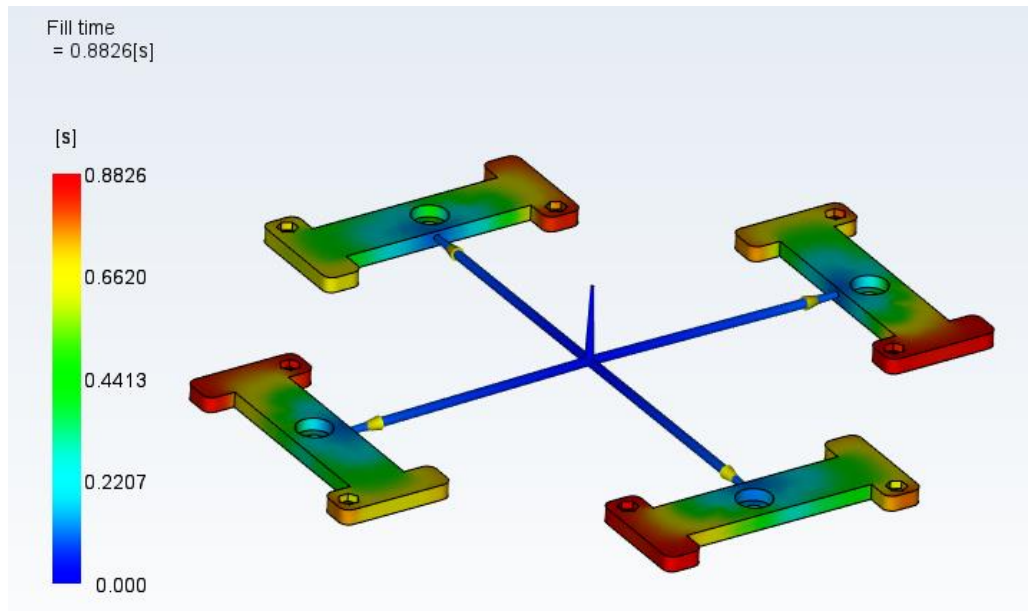


Gambar 4- 101 *Air trap bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

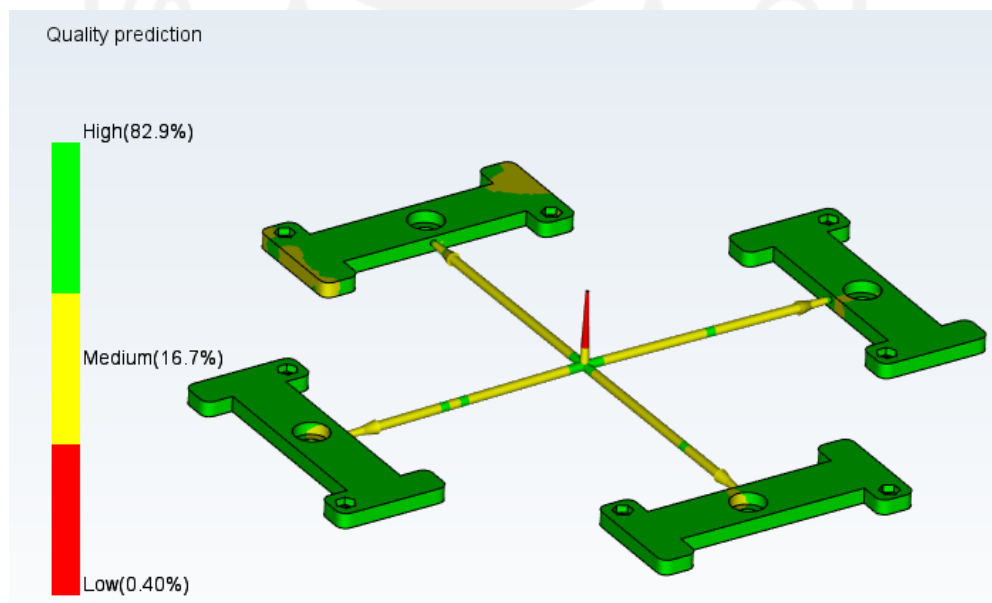


Gambar 4- 102 *Weld line bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 3 mm

6. Parameter radial dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 103, Gambar 4- 104, Gambar 4- 105, dan Gambar 4- 106 yang memiliki *fill time* sebesar 0,8826 detik dan *quality prediction* sebesar 82,9%.

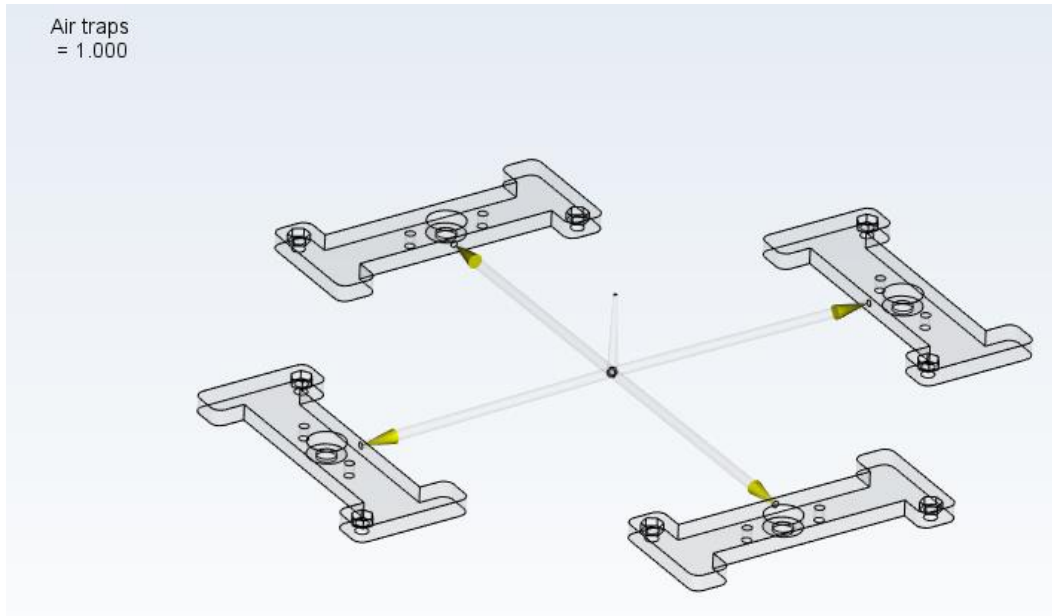


Gambar 4- 103 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm

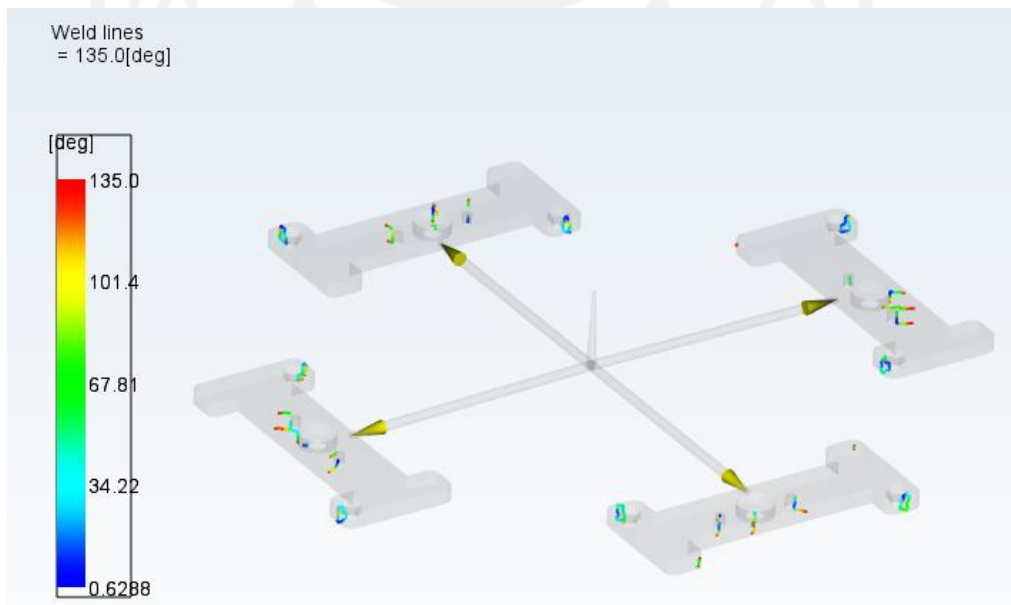


Gambar 4- 104 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 3 mm

Terlihat pada *runner* terjadi fenomena *jetting* disebabkan material yang diinjeksikan pada kecepatan yang tinggi.

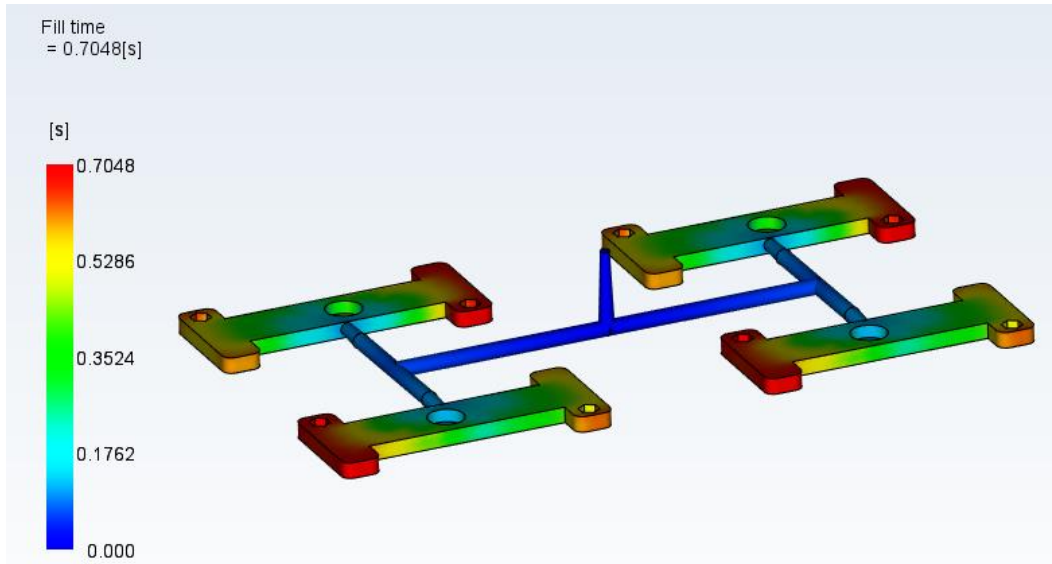


Gambar 4- 105 Air trap bracket atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

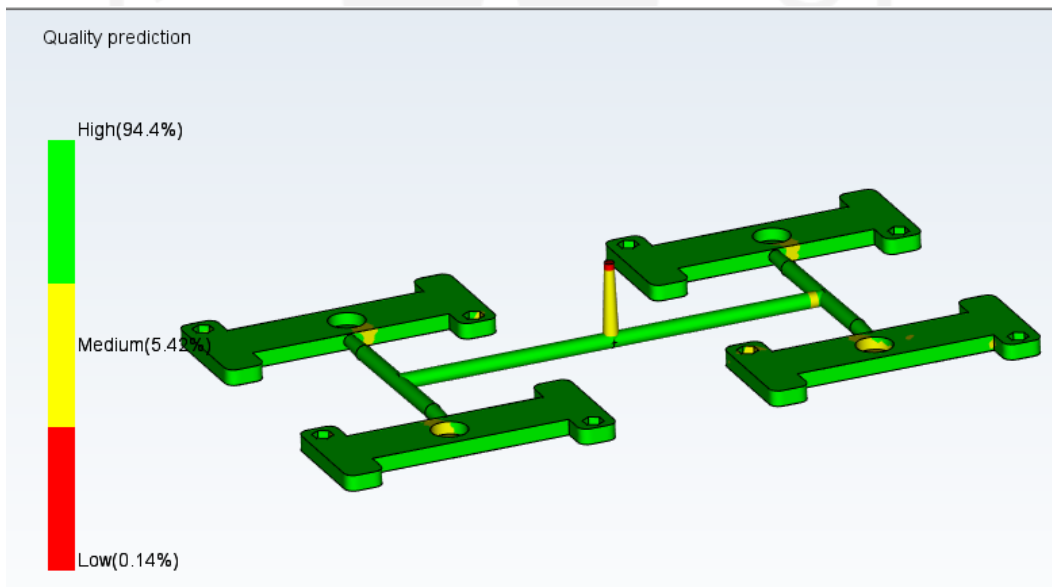


Gambar 4- 106 Weld line bracket atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

7. Parameter *layout* H dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 107, Gambar 4- 108, Gambar 4- 109, dan Gambar 4- 110 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7048 detik dan *quality prediction* sebesar 94,4%.

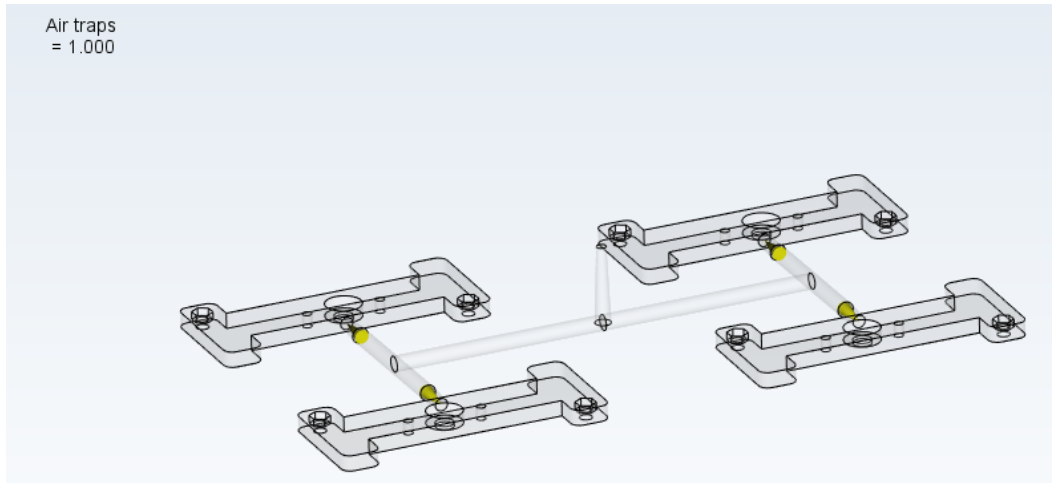


Gambar 4- 107 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

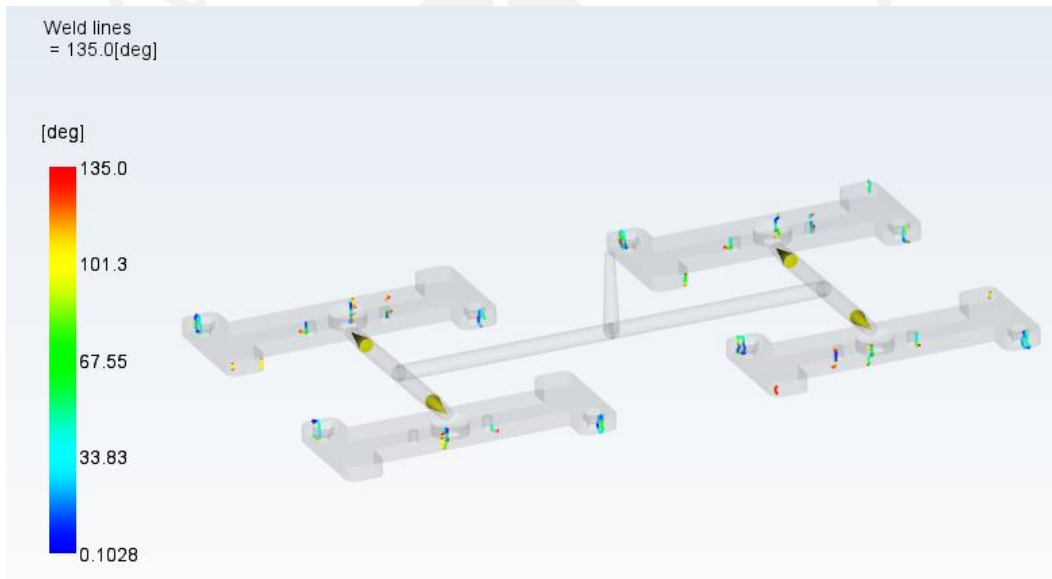


Gambar 4- 108 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm



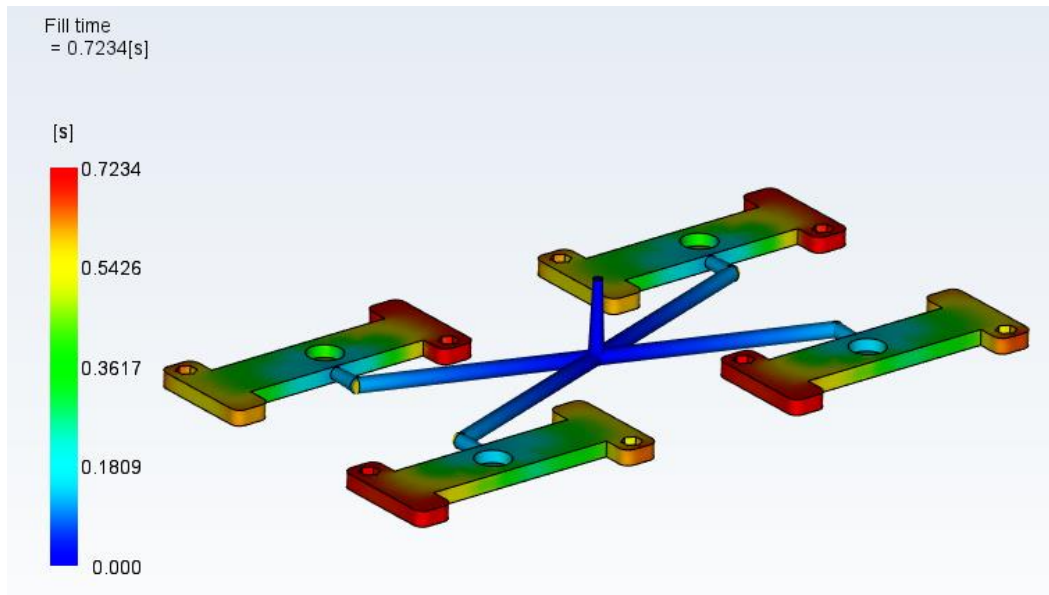


Gambar 4- 109 *Air trap bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

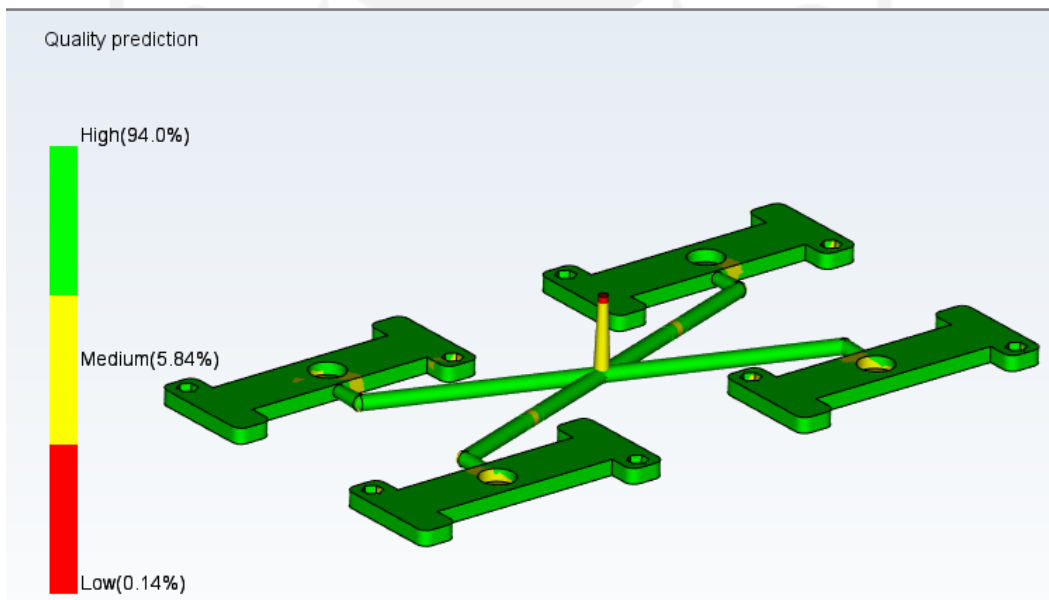


Gambar 4- 110 *Weld line bracket* atas dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

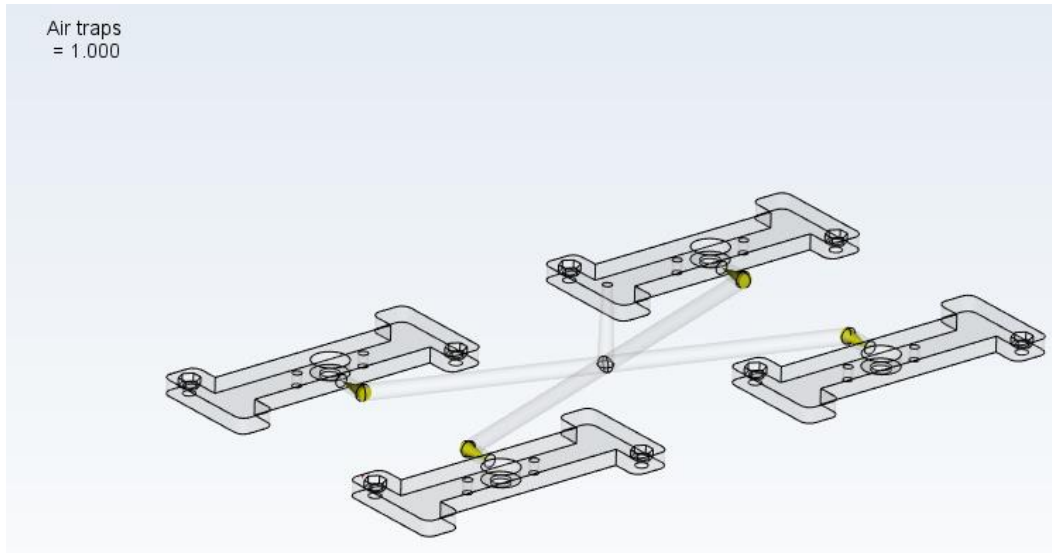
8. Parameter *layout star* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 111, Gambar 4- 112, Gambar 4- 113, dan Gambar 4- 114 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7234 detik dan *quality prediction* sebesar 94,0%.



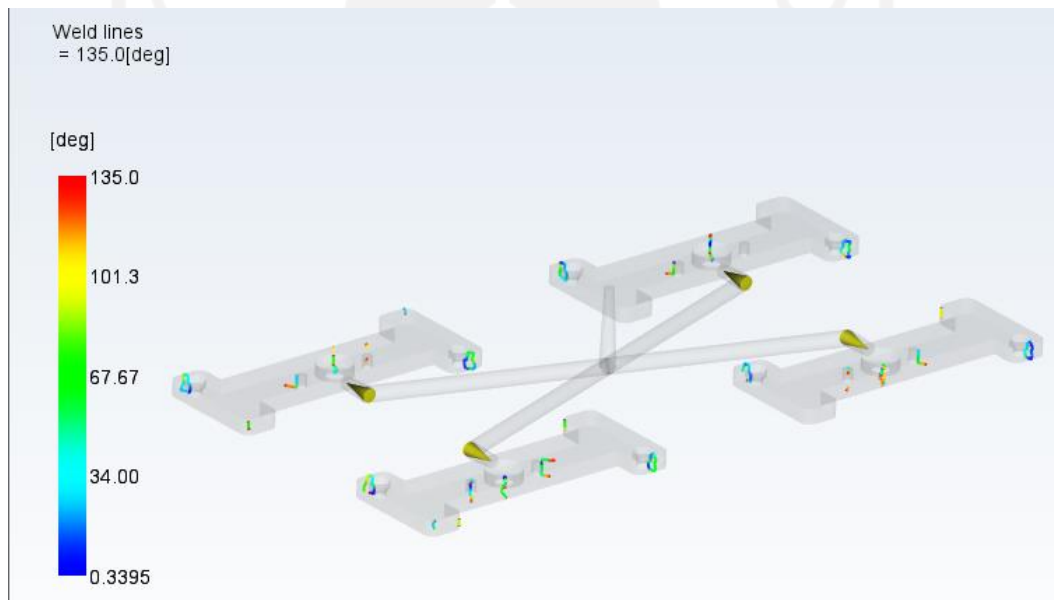
Gambar 4- 111 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 112 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

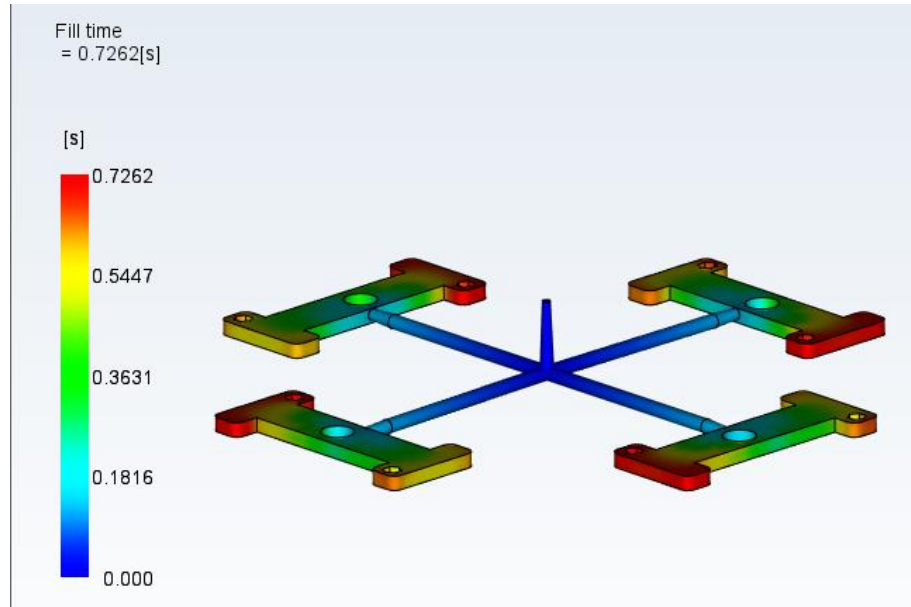


Gambar 4- 113 *Air trap bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

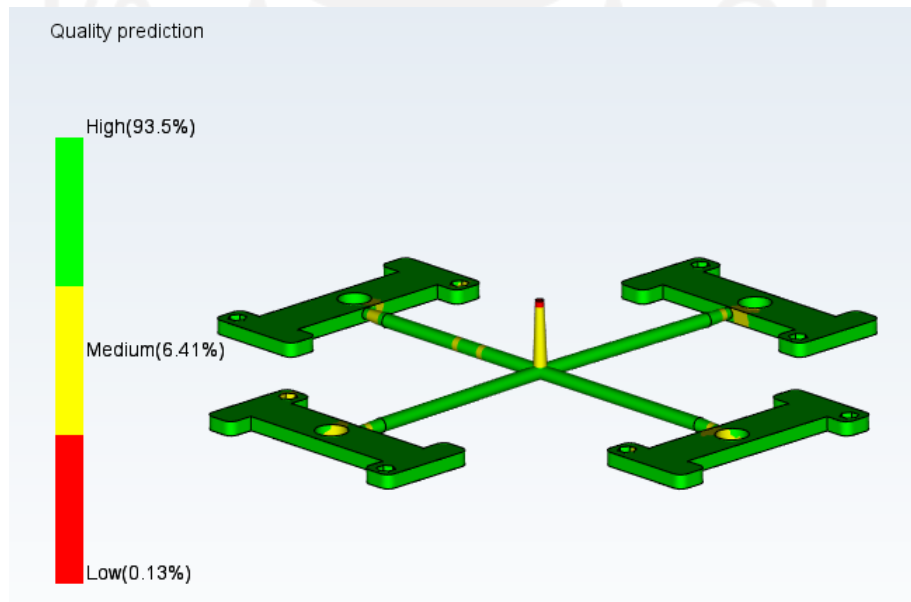


Gambar 4- 114 *Weld line bracket* atas dengan parameter *layout star* dan diameter 5 mm

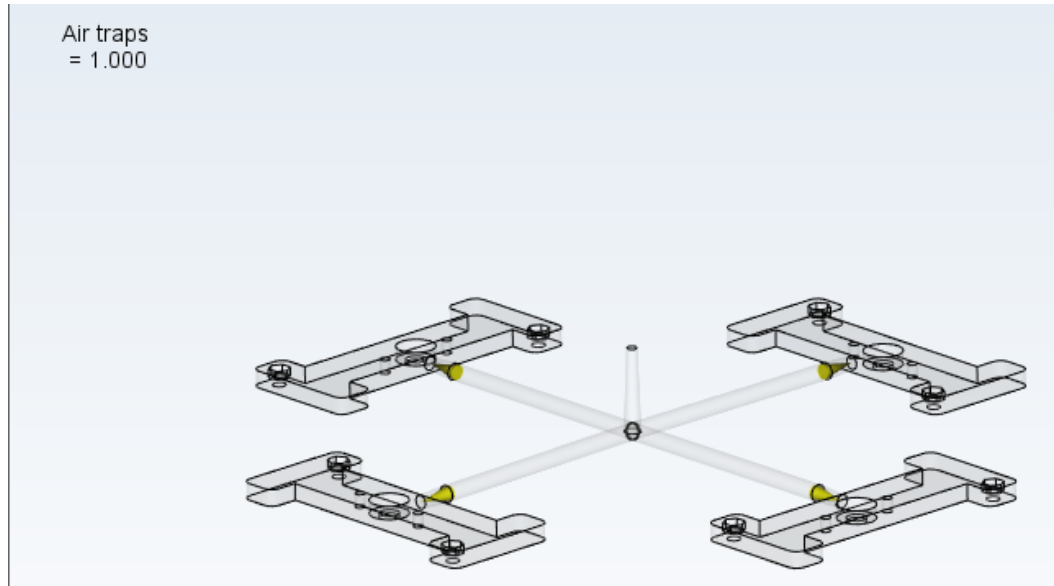
9. Parameter *layout radial* dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 115, Gambar 4- 116, Gambar 4- 117, dan Gambar 4- 118 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7262 detik dan *quality prediction* sebesar 93,5%.



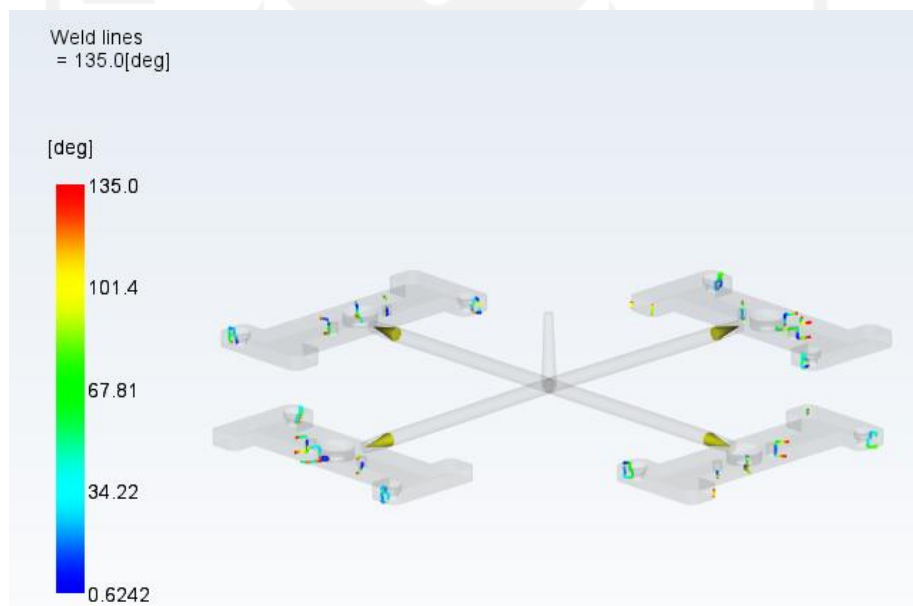
Gambar 4- 115 *Fill time bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 116 *Quality prediction bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 117 *Air trap bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm



Gambar 4- 118 *Weld line bracket* atas dengan parameter *layout radial* dan diameter 5 mm

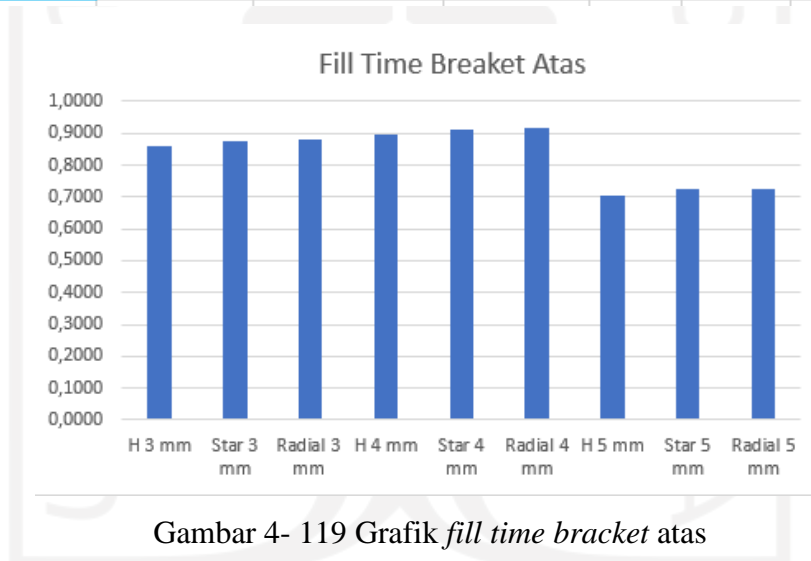
Perbandingan hasil simulasi, grafik *fill time*, dan grafik *quality prediction bracket* atas tertera pada Tabel 4- 5, Gambar 4- 119, dan Gambar 4- 120.

Tabel 4- 5 Perbandingan hasil simulasi *bracket* atas

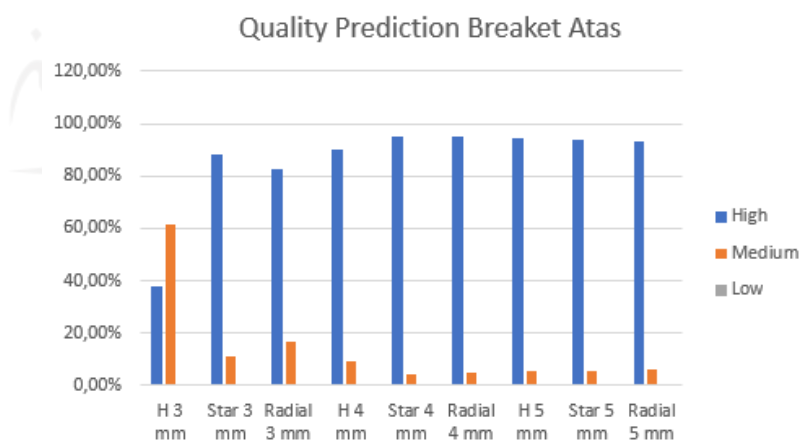
No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter (mm)		High	Medium	Low
1	H 3 mm	3	0,8614	37,90%	61,70%	0,41%
2	Star 3 mm	3	0,8729	88,20%	11,40%	0,40%
3	Radial 3 mm	3	0,8826	82,90%	16,70%	0,40%
4	H 4 mm	4	0,8957	90,40%	9,39%	0,19%
5	Star 4 mm	4	0,9116	95,30%	4,54%	0,19%
6	Radial 4 mm	4	0,9151	95,10%	4,71%	0,19%
7	H 5 mm	5	0,7048	94,40%	5,42%	0,14%
8	Star 5 mm	5	0,7234	94,00%	5,84%	0,14%
9	Radial 5 mm	5	0,7262	93,50%	6,41%	0,13%

	Fill time tercepat
	Persentase tertinggi
	Persentase tertinggi
	Persentase terendah



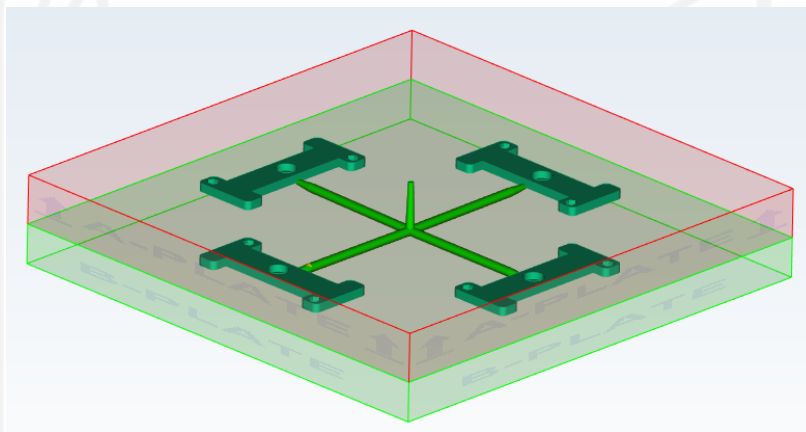
Gambar 4- 119 Grafik *fill time bracket* atas



Gambar 4- 120 Grafik *quality prediction bracket* atas

Dari hasil simulasi produk tersebut, parameter yang paling optimal yaitu parameter dengan *layout star* dengan diameter 4 yang memiliki nilai *quality prediction* sebesar 95,30%.

Selain simulasi dengan parameter di atas, dilakukan juga simulasi dengan perbedaan pada penempatan *gate* yang terletak di bawah seperti yang terlihat pada Gambar 4- 121. Hal ini dilakukan karena mengikuti penempatan *gate* actual pada karakter produk seperti ini, dan Tabel 4- 6 merupakan hasil simulasi dengan penempatan *gate* yang berada di bawah.



Gambar 4- 121 Simulasi dengan *gate* bawah pada produk *bracket* atas.

Tabel 4- 6 Hasil simulasi produk *bracket* atas dengan *gate* bawah.

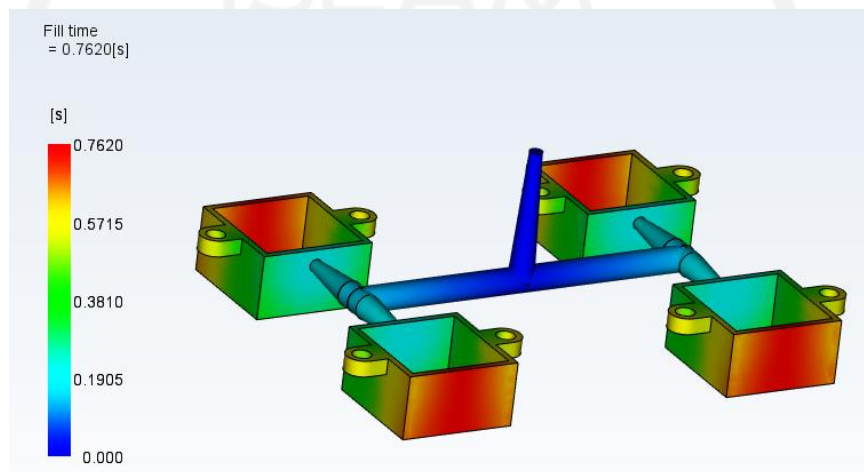
No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter (mm)		High	Medium	Low
1	H	3	0,8643	12,70%	66,20%	21,10%
2	Star	3	0,8863	15,30%	84,00%	0,71%
3	Radial	3	1,0380	30,50%	68,80%	0,66%
4	H	4	0,8957	91,40%	8,37%	0,19%
5	Star	4	0,9246	91,90%	7,92%	0,19%
6	Radial	4	0,9322	91,60%	8,24%	0,19%
7	H	5	0,8270	89,90%	10,00%	0,05%
8	Star	5	0,8456	94,70%	5,27%	0,00%
9	Radial	5	0,8477	94,90%	5,06%	0,00%
	Fill time tercepat					
	Persentase tertinggi					
	Persentase tertinggi					
	Persentase terendah					



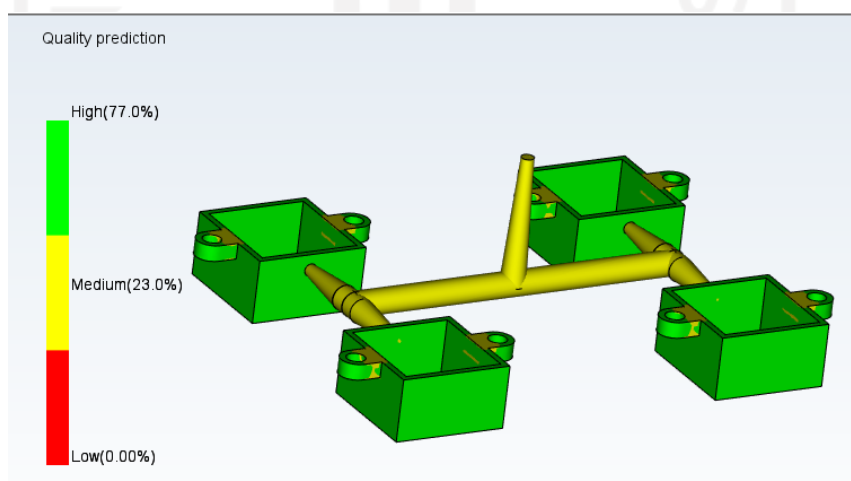
Berdasarkan hasil simulasi dengan penempatan *gate* di bawah, hasil *quality prediction* terbaik yang didapatkan menjadi lebih rendah dari hasil simulasi yang pertama yaitu 94,90%.

#### 4.1.4 Kotak Atas

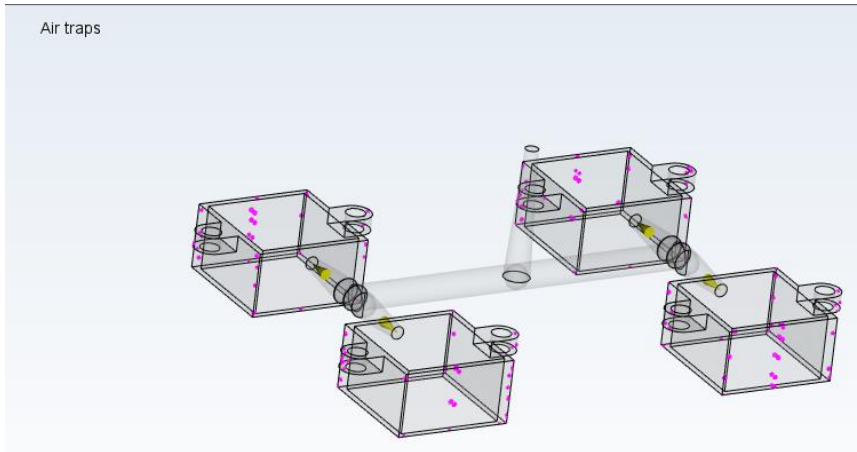
1. Parameter *layout H* dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 122, Gambar 4- 123, Gambar 4- 124, dan Gambar 4- 125 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7620 detik dan *quality prediction* sebesar 77,0%.



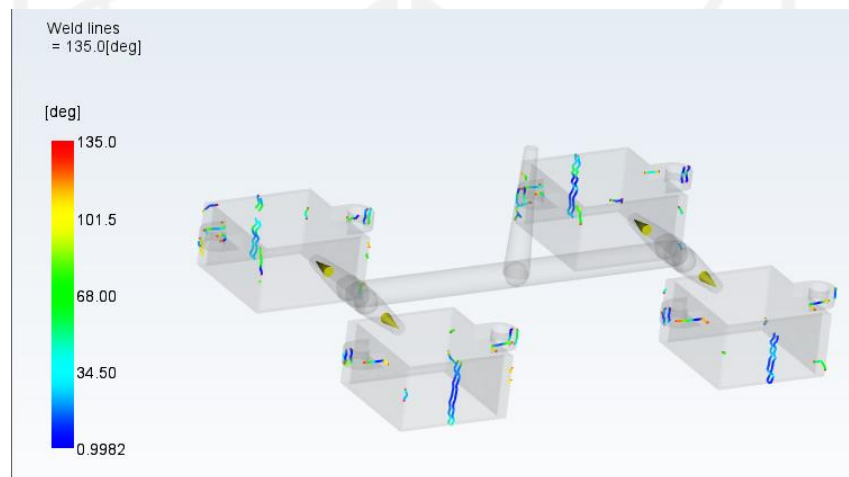
Gambar 4- 122 *Fill time* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm



Gambar 4- 123 *Quality prediction* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

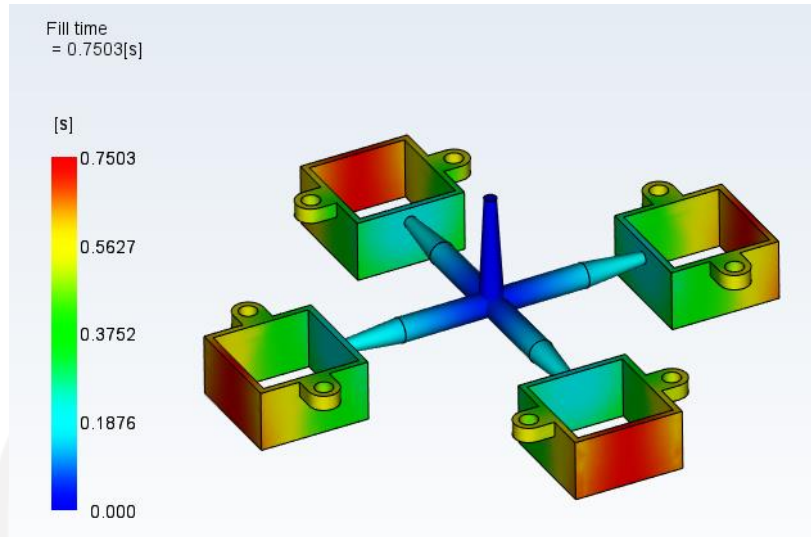


Gambar 4- 124 *Air trap* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

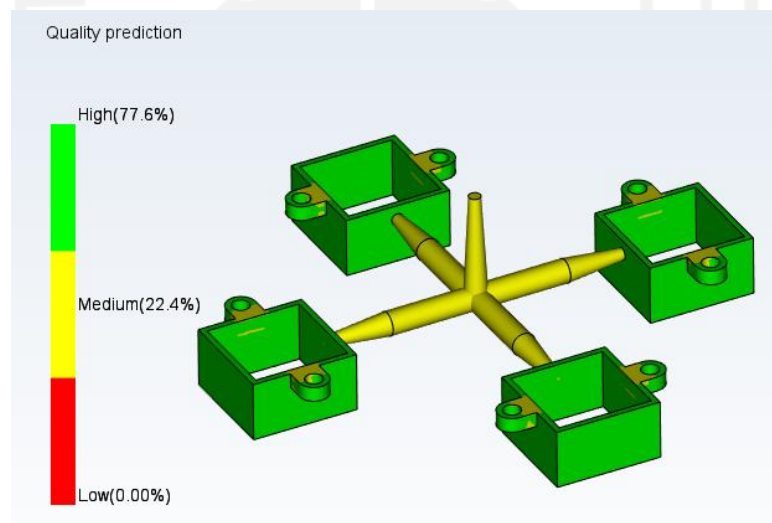


Gambar 4- 125 *Weld line* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 4 mm

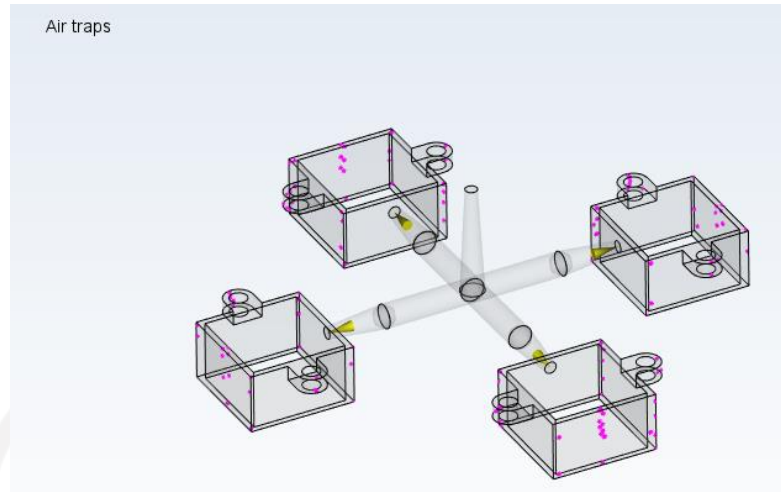
2. Parameter *layout* radial dan diameter 4 mm tertera pada Gambar 4- 126, Gambar 4- 127, Gambar 4- 128, dan Gambar 4- 129 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7503 detik dan *quality prediction* sebesar 77,6%.



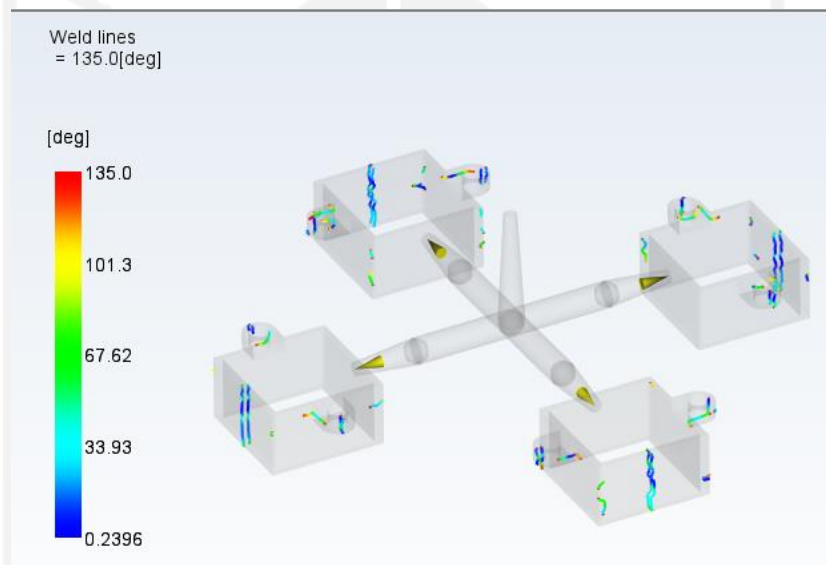
Gambar 4- 126 *Fill time* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm



Gambar 4- 127 Quality prediction kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

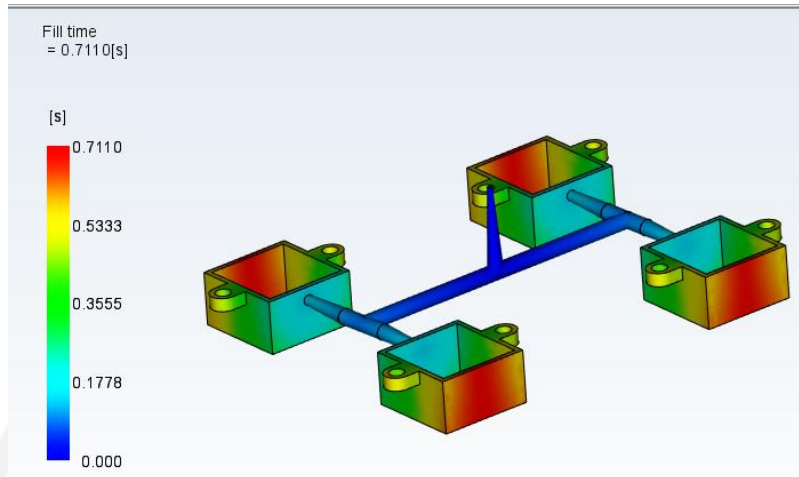


Gambar 4- 128 *Air trap* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

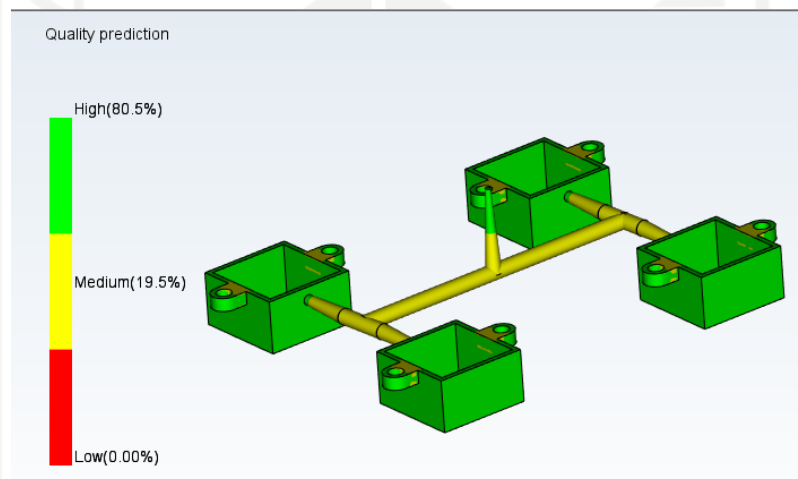


Gambar 4- 129 *Weld line* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 4 mm

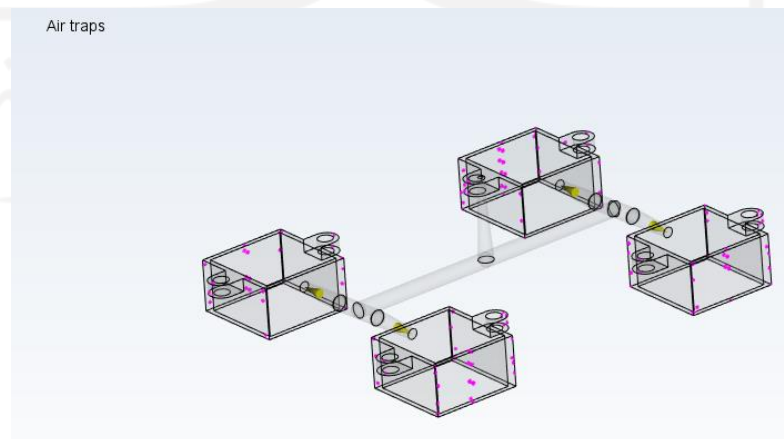
3. Parameter *layout* H dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 130, Gambar 4- 131, Gambar 4- 132, dan Gambar 4- 133 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7110 detik dan *quality prediction* sebesar 80,5%.



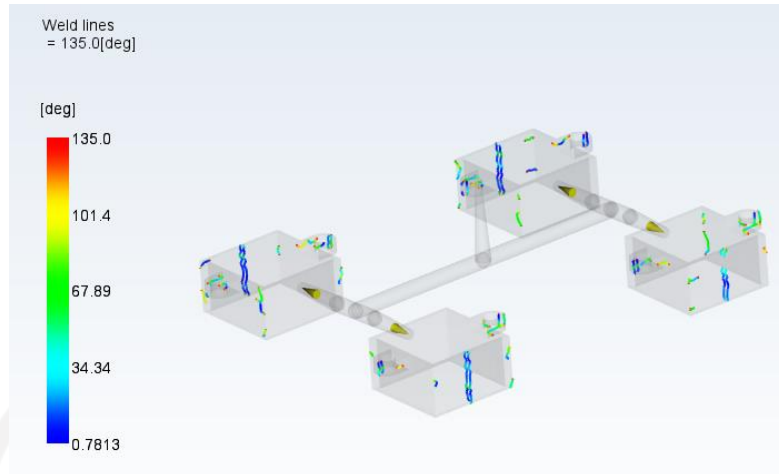
Gambar 4- 130 *Fill time* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm



Gambar 4- 131 *Quality prediction* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

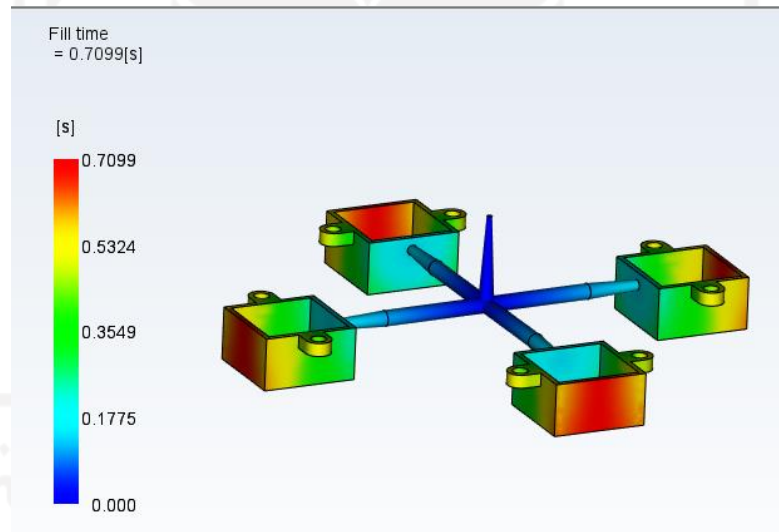


Gambar 4- 132 *Air trap* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 3 mm

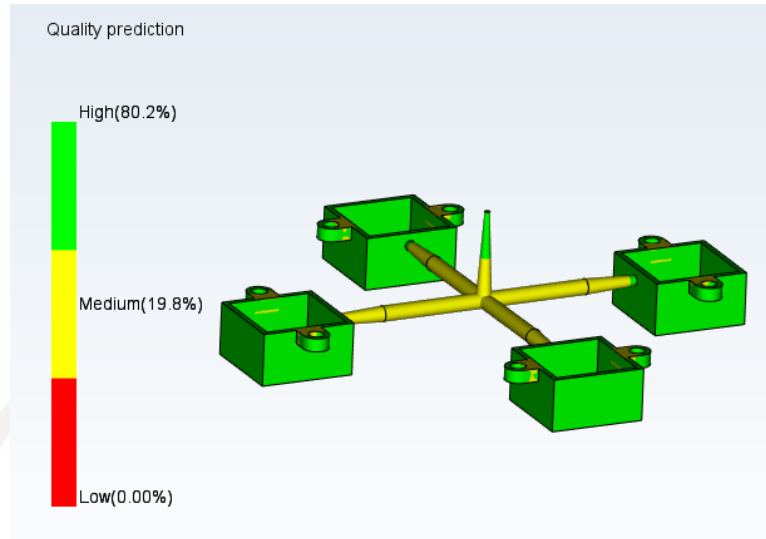


Gambar 4- 133 *Weld line* kotak atas dengan parameter *layout* H dan diameter 3 mm

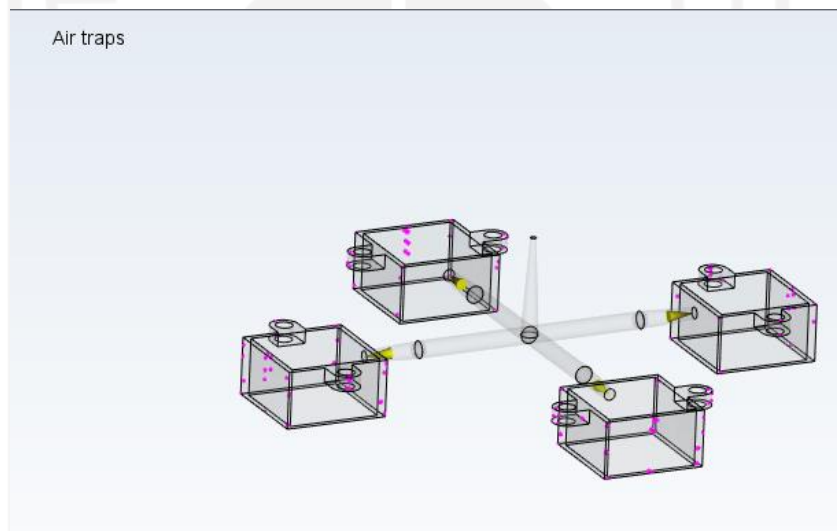
4. Parameter *layout* radial dan diameter 3 mm tertera pada Gambar 4- 134, Gambar 4- 135, Gambar 4- 136, dan Gambar 4- 137 yang memiliki *fill time* sebesar 0,7099 detik dan *quality prediction* sebesar 80,2%.



Gambar 4- 134 *Fill time* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

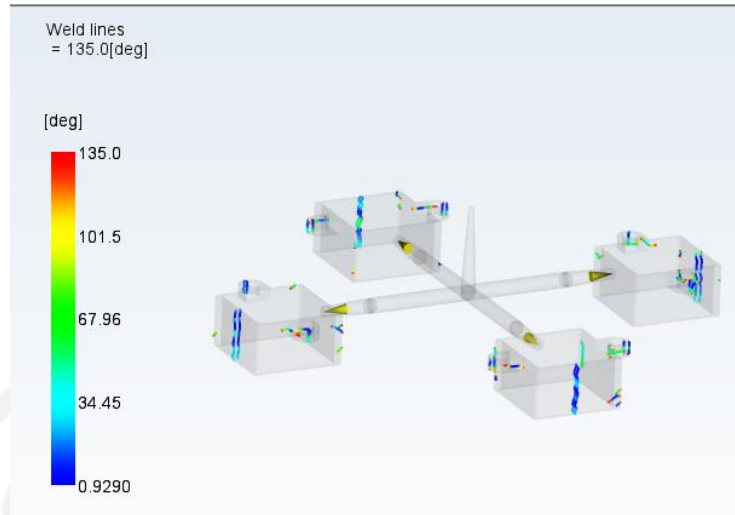


Gambar 4- 135 *Quality prediction* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm



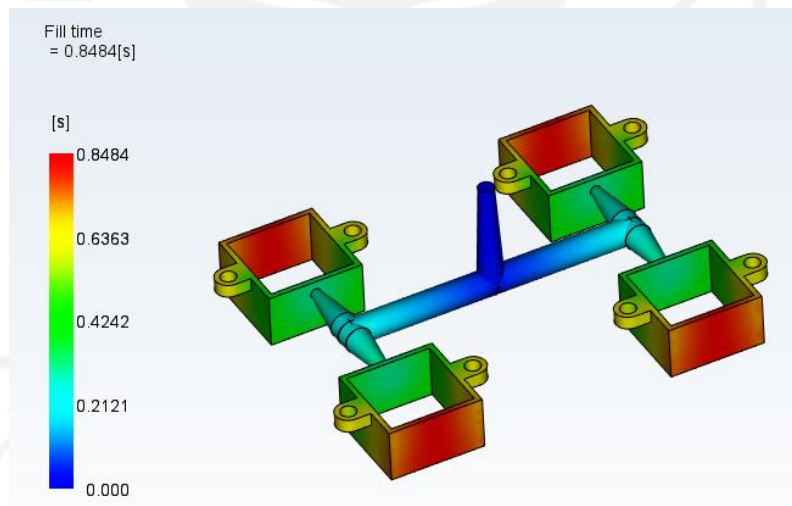
Gambar 4- 136 *Air trap* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm



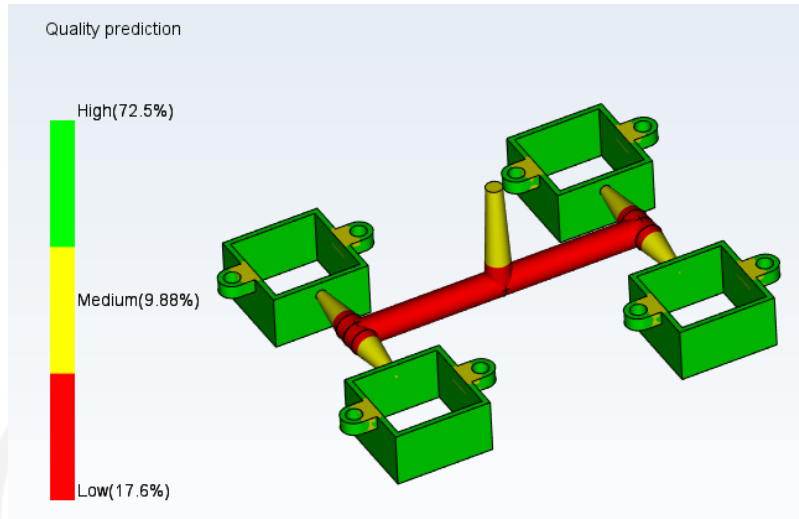


Gambar 4- 137 *Weld line* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 3 mm

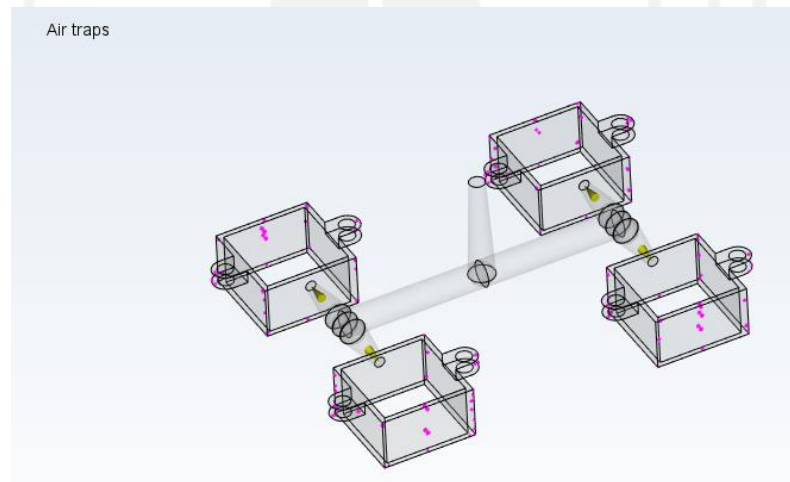
5. Parameter *layout* H dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 138, Gambar 4- 139, Gambar 4- 140, dan Gambar 4- 141 yang memiliki *fill time* sebesar 0,8484 detik dan *quality prediction* sebesar 72,5%.



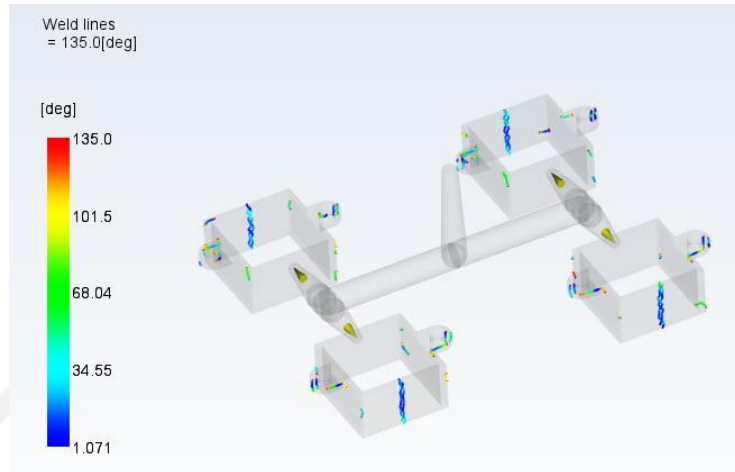
Gambar 4- 138 *Fill time* kotak atas dengan parameter *layout* H dan diameter 5 mm



Gambar 4- 139 *Quality prediction* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

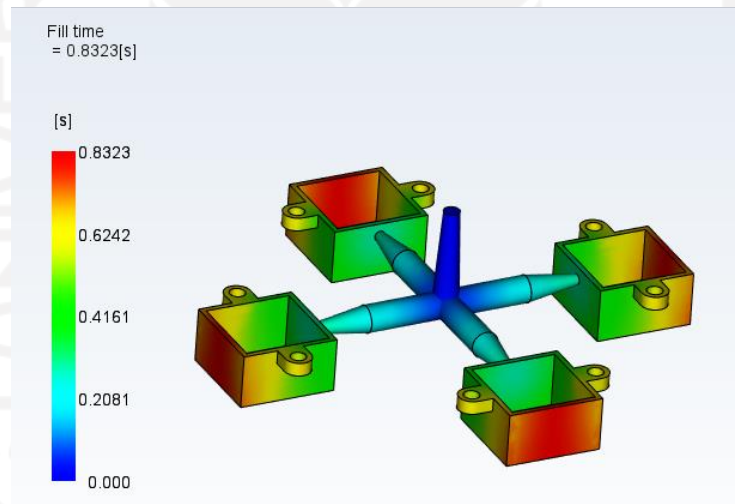


Gambar 4- 140 *Air trap* kotak atas dengan parameter *layout H* dan diameter 5 mm

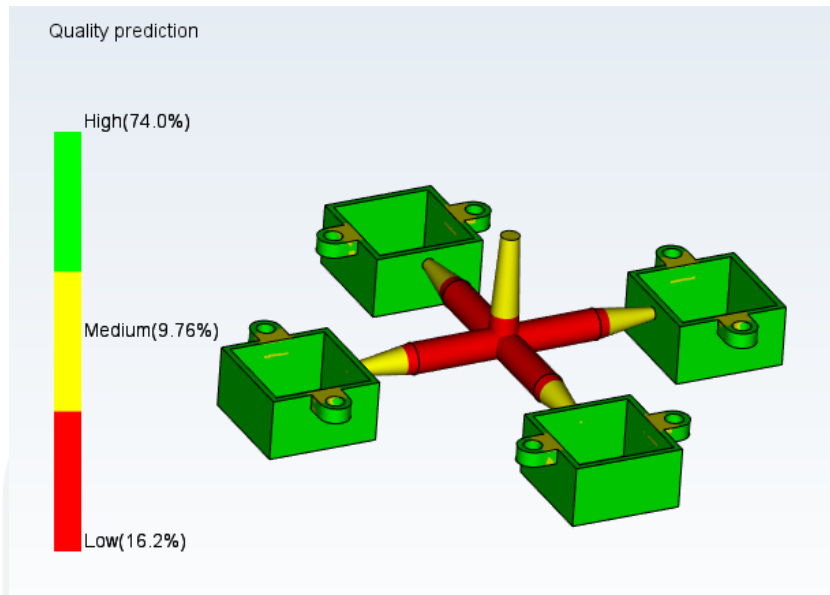


Gambar 4- 141 *Weld line* kotak atas dengan parameter *layout* H dan diameter 5 mm

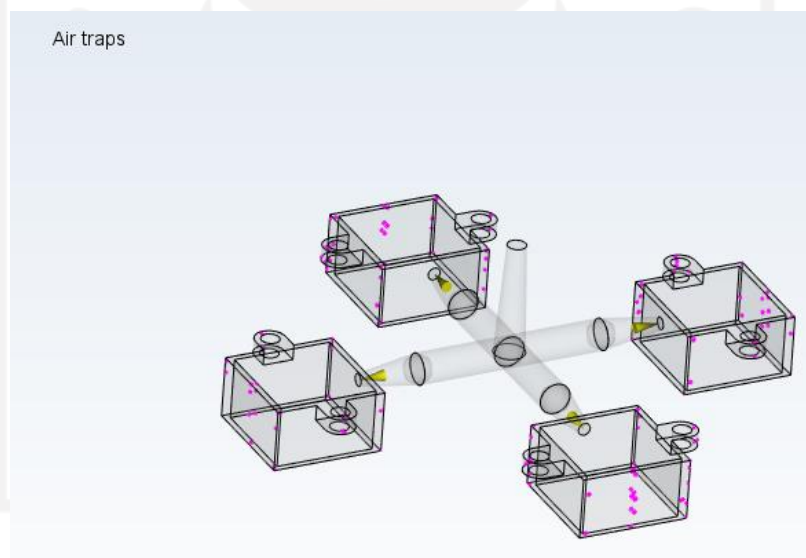
6. Parameter *layout* radial dan diameter 5 mm tertera pada Gambar 4- 142, Gambar 4- 143, Gambar 4- 144, dan Gambar 4- 145 yang memiliki *fill time* sebesar 0,8323 detik dan *quality prediction* sebesar 74,0%.



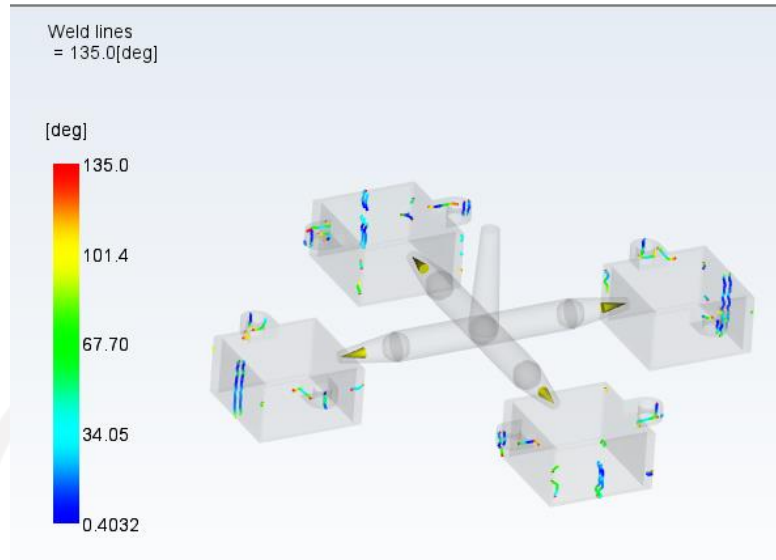
Gambar 4- 142 *Fill time* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm



Gambar 4- 143 *Quality prediction* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm



Gambar 4- 144 *Air trap* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm

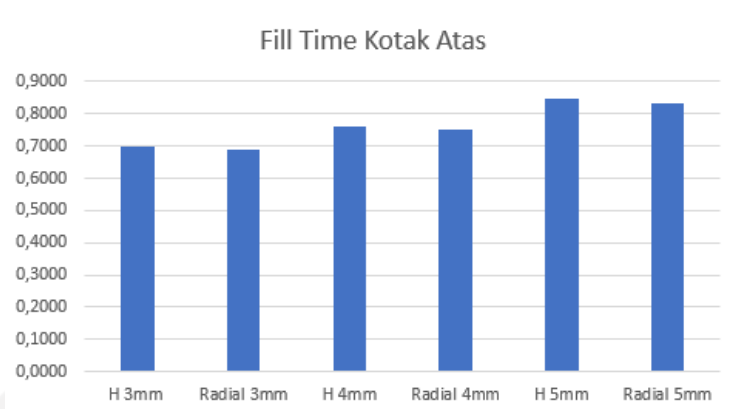


Gambar 4- 145 *Weld line* kotak atas dengan parameter *layout* radial dan diameter 5 mm

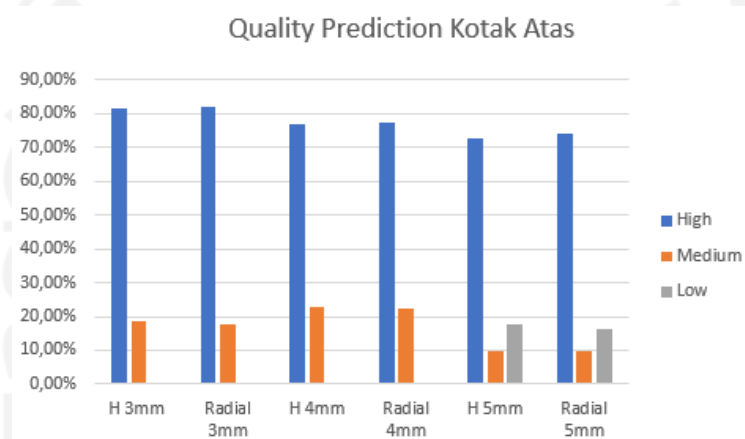
Perbandingan hasil simulasi, grafik *fill time*, dan grafik *quality prediction* kotak atas terlihat pada Tabel 4- 7, Gambar 4- 146, dan Gambar 4- 147.

Tabel 4- 7 Perbandingan hasil simulasi kotak atas

No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter (mm)		High	Medium	Low
1	H	3	0,6992	81,60%	18,40%	0,00%
2	Radial	3	0,6909	82,10%	17,90%	0,00%
3	H	4	0,7620	77,00%	23,00%	0,00%
4	Radial	4	0,7503	77,60%	22,40%	0,00%
5	H	5	0,8484	72,50%	9,88%	17,60%
6	Radial	5	0,8323	74,00%	9,76%	16,20%
	Fill time tercepat					
	Persentase tertinggi					
	Persentase tertinggi					
	Persentase tertinggi					



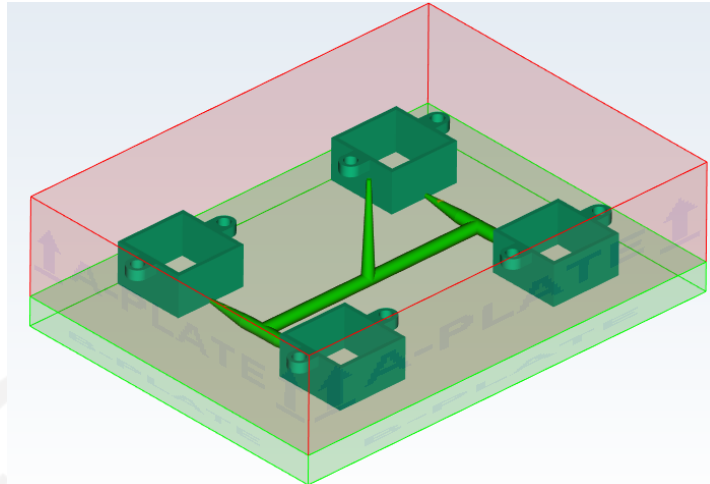
Gambar 4- 146 Grafik *fill time* untuk kotak atas



Gambar 4- 147 Grafik *quality prediction* untuk kotak atas

Dari hasil simulasi, parameter yang paling optimal adalah *layout radial* dengan diameter 3 mm yang memiliki *quality prediction* sebesar 82.10%.

Selain simulasi dengan parameter di atas, dilakukan juga simulasi dengan perbedaan pada penempatan *gate* yang terletak di bawah seperti yang terlihat pada Gambar 4- 121. Hal ini dilakukan karena mengikuti penempatan *gate* actual pada karakter produk seperti ini, dan Tabel 4- 6 merupakan hasil simulasi dengan penempatan *gate* yang berada di bawah.



Gambar 4- 148 Simulasi dengan gate bawah pada produk kotak atas.

Tabel 4- 8 Hasil simulasi produk kotak atas dengan gate bawah.

No	Parameter		Fill Time (s)	Quality Prediction (%)		
	Layout	Diameter		High	Medium	Low
1	H	3	0,7111	81,70%	18,30%	0,00%
2	Radial	3	0,7145	81,40%	18,60%	0,00%
3	H	4	0,7771	76,00%	24,00%	0,00%
4	Radial	4	0,7698	76,80%	23,20%	0,00%
5	H	5	0,8822	71,30%	10,40%	18,40%
6	Radial	5	0,8711	72,30%	10,40%	17,30%

	Fill time tercepat
	Persentase tertinggi
	Persentase tertinggi
	Persentase tertinggi

Berdasarkan hasil simulasi dengan penempatan *gate* di bawah, hasil *quality prediction* terbaik yang didapatkan menjadi lebih rendah dari hasil simulasi yang pertama yaitu 81,70%.

Setelah semua simulasi pada produk-produk tersebut dilakukan, terlihat bahwa semakin besar diameter dari *runner*, *sprue*, dan *gate* pada *layout injection molding*, maka *fill time* memiliki kecenderungan mengalami kenaikan atau dengan kata lain semakin lama waktu yang dibutuhkan untuk menginjeksi produk tersebut.

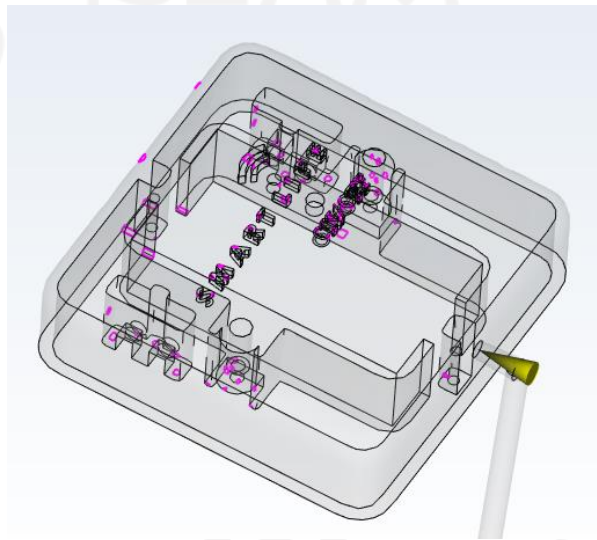
Sementara untuk *quality prediction* memiliki kecenderungan untuk turun seiring dengan membesarnya diameter dari *sprue*, *runner*, dan *gate* kecuali pada produk *bracket* atas.



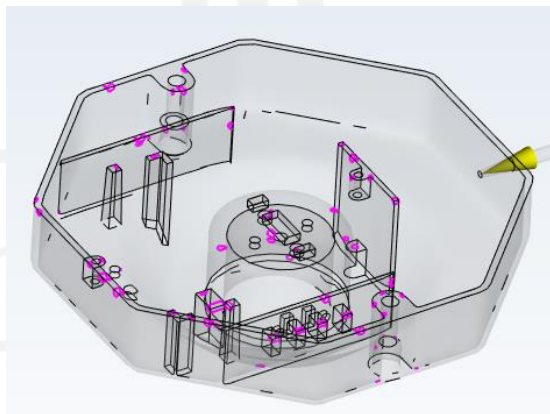
## 4.2 Cacat-Cacat Yang Terjadi

### 4.2.1 *Air Trap*

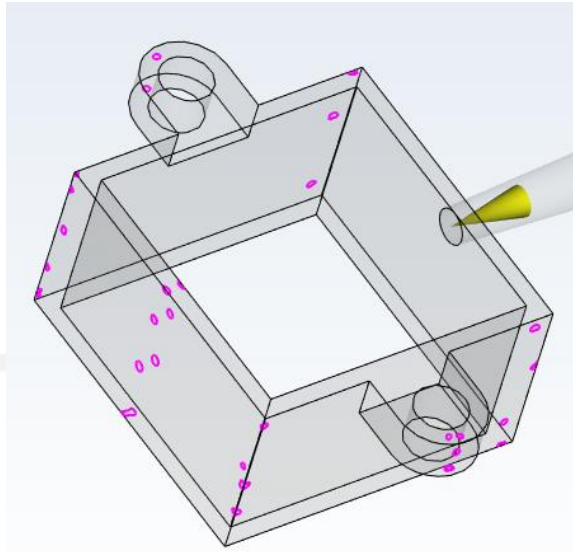
*Air Trap* adalah cacat yang terjadi disebabkan gelembung udara yang terperangkap di dalam produk *injection molding*. Gambar 4- 149, Gambar 4- 150, dan Gambar 4- 151 merupakan *air trap* yang terjadi pada *body* saklar, *fitting* lampu, dan kotak atas pada tempering parameter yang terbaik dari masing-masing produk tersebut.



Gambar 4- 149 *Air trap* pada *body* saklar



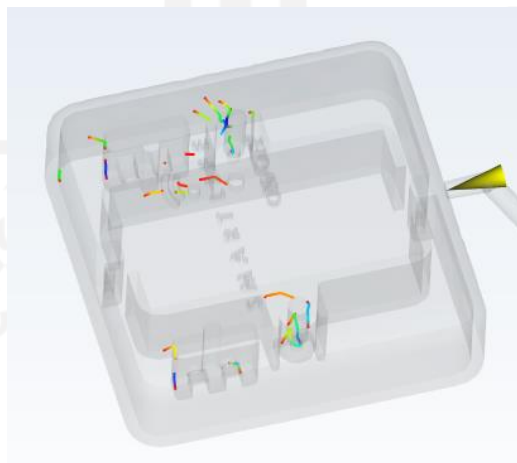
Gambar 4- 150 *Air trap* pada *fitting* lampu



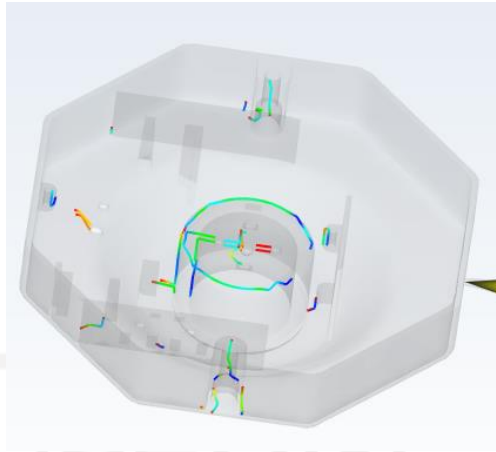
Gambar 4- 151 *Air trap* pada kotak atas

#### 4.2.2 *Weld Lines*

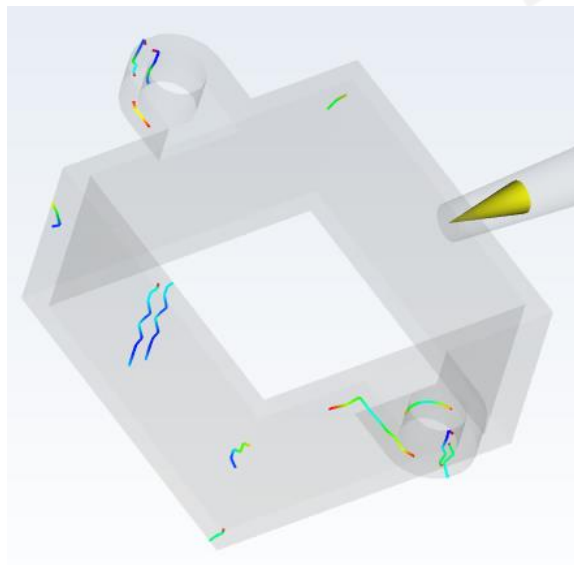
*Weld lines* adalah pertemuan dua aliran plastik yang telah dingin pada sambungan produk yang dapat memengaruhi kekuatan dari produk tersebut dan menyebabkan terbentuknya huruf “V” pada pertemuan dua aliran lelehan. Gambar 4- 152, Gambar 4- 153, dan Gambar 4- 154 merupakan *weld lines* yang terjadi pada *body* saklar, *fitting* lampu, dan kotak atas pada Kekua tan parameter yang terbaik dari masing-masing produk tersebut.



Gambar 4- 152 *Weld lines* pada *body* saklar



Gambar 4- 153 *Weld lines* pada *fitting* lampu



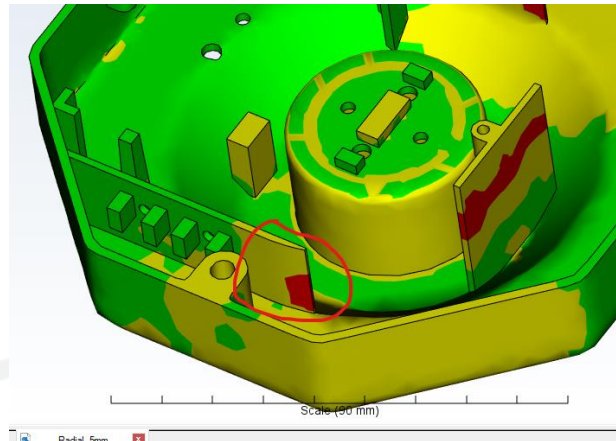
Gambar 4- 154 *Weld lines* pada kotak atas

### 4.3 Kekurangan Desain

Setiap produk yang telah disimulasi memiliki yang dapat menyebabkan cacat pada produk tersebut, sehingga diperlukan masukan-masukan untuk memperbaiki desain dari produk-produk tersebut agar mendapat hasil yang lebih maksimal ketika diproduksi dengan *injection molding*.

#### 4.3.1 *Fitting* lampu

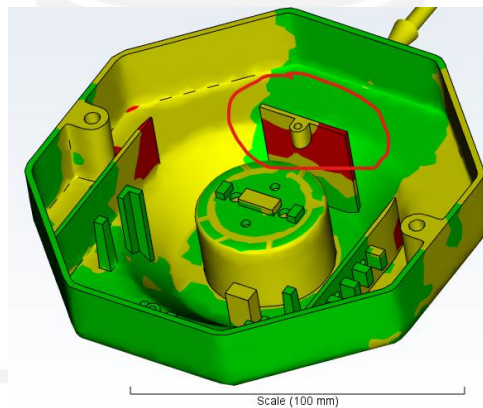
1. *Thickness* Tidak Seragam



Gambar 4- 155 Kekurangan desain pada *fitting* lampu: *Thickness* tidak seragam

Pada Gambar 4- 155, *thickness* yang tidak seragam menyebabkan hasil *injection molding* kurang maksimal, sehingga sebaiknya menggunakan *thickness* yang seragam.

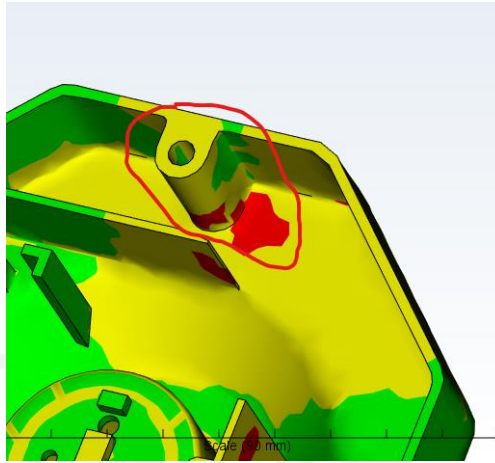
## 2. *Fillet*



Gambar 4- 156 Kekurangan desain *fitting* lampu: *fillet*

Seperti yang terlihat pada Gambar 4- 156, produk yang akan diproduksi dengan *injection molding* hendaknya tidak memiliki sudut-sudut yang tajam dan hendaknya diberi *fillet*, karena sudut-sudut yang tajam tersebut akan menyebabkan nilai *stress concentration* yang tinggi.

## 3. *Boss*



Gambar 4- 157 Kekurangan desain *fitting lampu: Boss*

Pada gambar Gambar 4- 157, sebaiknya *boss* dihubungkan dengan sebuah *rib* untuk mendapat hasil *injection molding* yang lebih optimal.

#### 4.4 Modifikasi Desain dan/atau Perubahan *Layout*

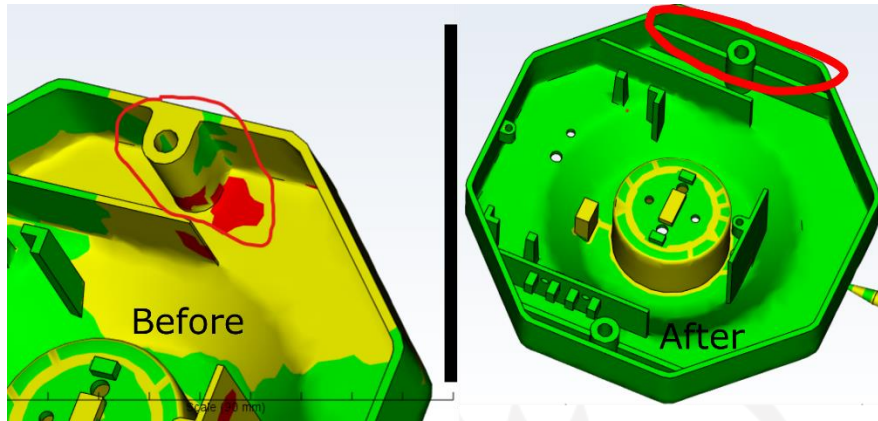
Setelah dilakukan simulasi, dilakukan perbaikan desain yang tidak mengubah fungsi serta *assembly* produk secara keseluruhan dan/atau melakukan perubahan pada *layout* untuk produk yang memiliki nilai *quality prediction* <80%. Produk yang hasil simulasi awalnya memiliki nilai *quality prediction* <80% adalah produk *fitting* lampu.

##### 4.4.1 *Fitting* Lampu

Perbaikan desain pada *fitting* lampu yaitu sebagai berikut:

1. Menghubungkan lubang baut dengan *rib*

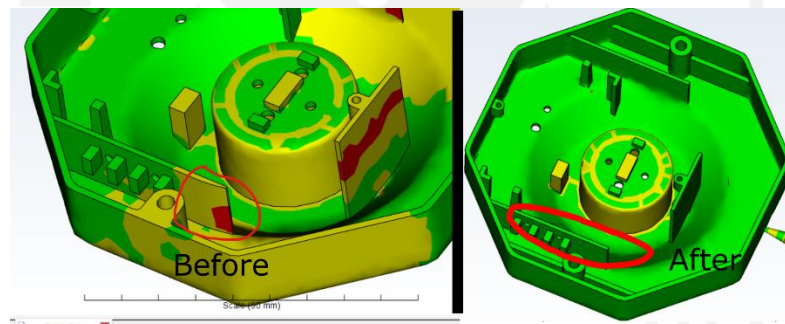
Perbaikan desain pertama yang dilakukan adalah memberi *rib* yang dihubungkan dengan lubang baut sebagaimana pada **Gambar 4- 158**, agar lubang baut memiliki penyangga untuk lubang baut tersebut dapat berdiri.



**Gambar 4- 158** Menghubungkan lubang baut dengan *rib*

2. Menyeragamkan *thickness*

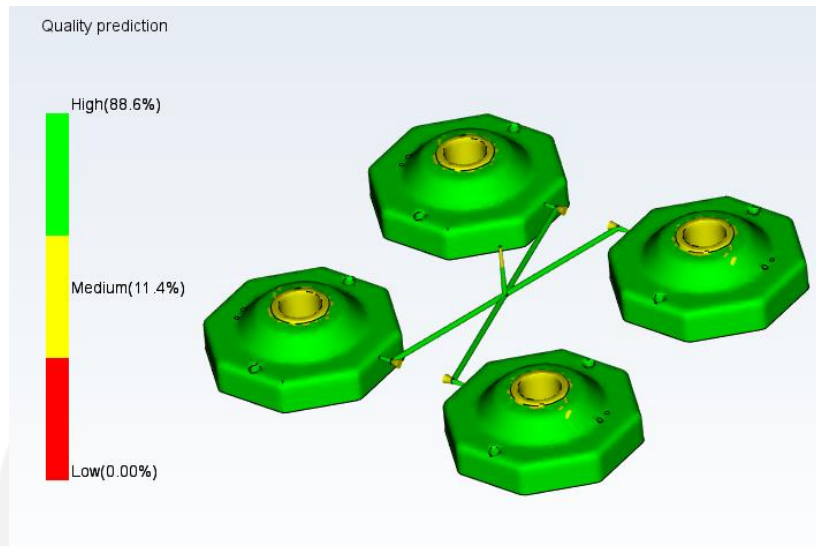
Perbaikan desain berikutnya yang dilakukan adalah menyeragamkan *thickness* pada bagian yang tidak dibutuhkan adanya perbedaan *thickness* sebagaimana pada Gambar 4- 159.



**Gambar 4- 159** Menyeragamkan *thickness*

Kemudian, dilakukan simulasi ulang dengan parameter yang sama sebagaimana pada simulasi pertama, didapati hasil terbaik ada pada parameter dengan *layout star* dan diameter 4 mm yang hasil *quality prediction* mengungguli hasil *quality prediction* dari seluruh simulasi awal yaitu sebesar 88,6% sebagaimana pada Gambar 4- 160.

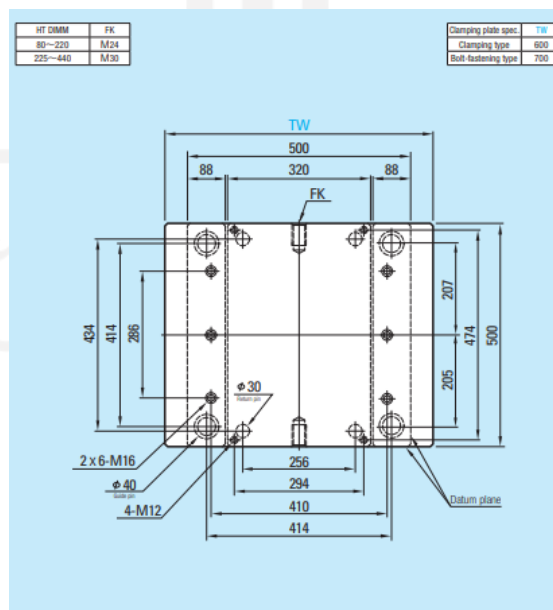




Gambar 4- 160 Hasil simulasi ulang pada *fitting* lampu

#### 4.5 Perancangan *Mold*

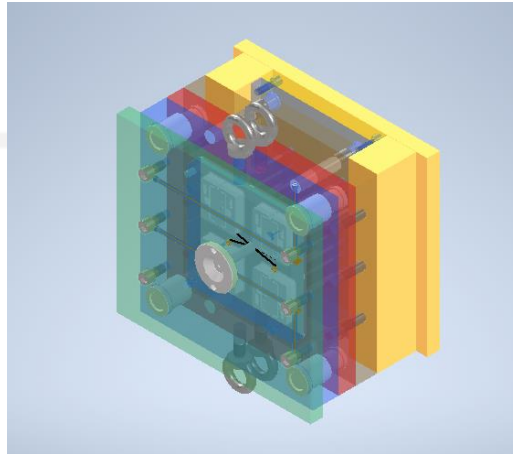
Setelah melakukan simulasi dan mendapatkan layout terbaik untuk masing-masing produk, selanjutnya dilakukan perancangan *mold* menggunakan perangkat lunak *Autodesk Inventor Professional 2022* dengan menggunakan standar *moldbase Futaba SA-S series 5060* sebagaimana pada Gambar 4- 161.



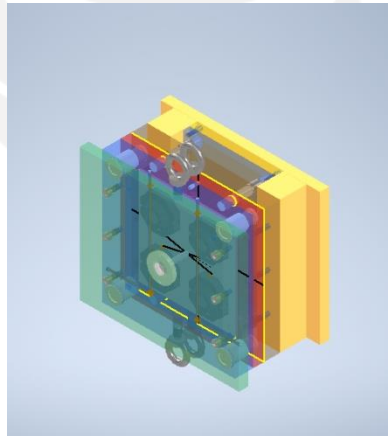
Gambar 4- 161 Standar *moldbase Futaba SA series 5060*



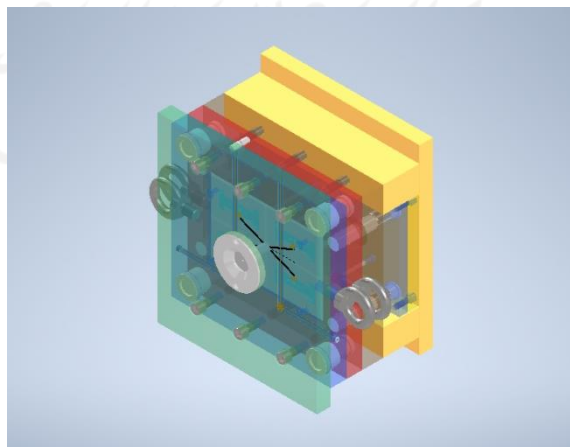
Hasil perancangan *mold* untuk produk *body* saklar, *fitting* lampu, *bracket* atas, dan kotak atas dapat dilihat masing-masing pada Gambar 4- 162, Gambar 4- 163, Gambar 4- 164, dan Gambar 4- 165.



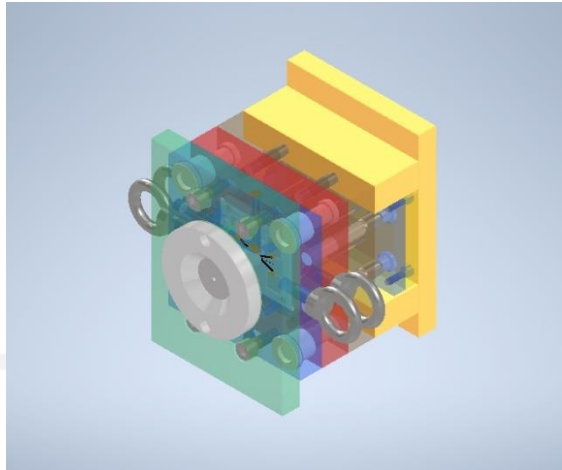
Gambar 4- 162 *Mold design* untuk produk *body* saklar



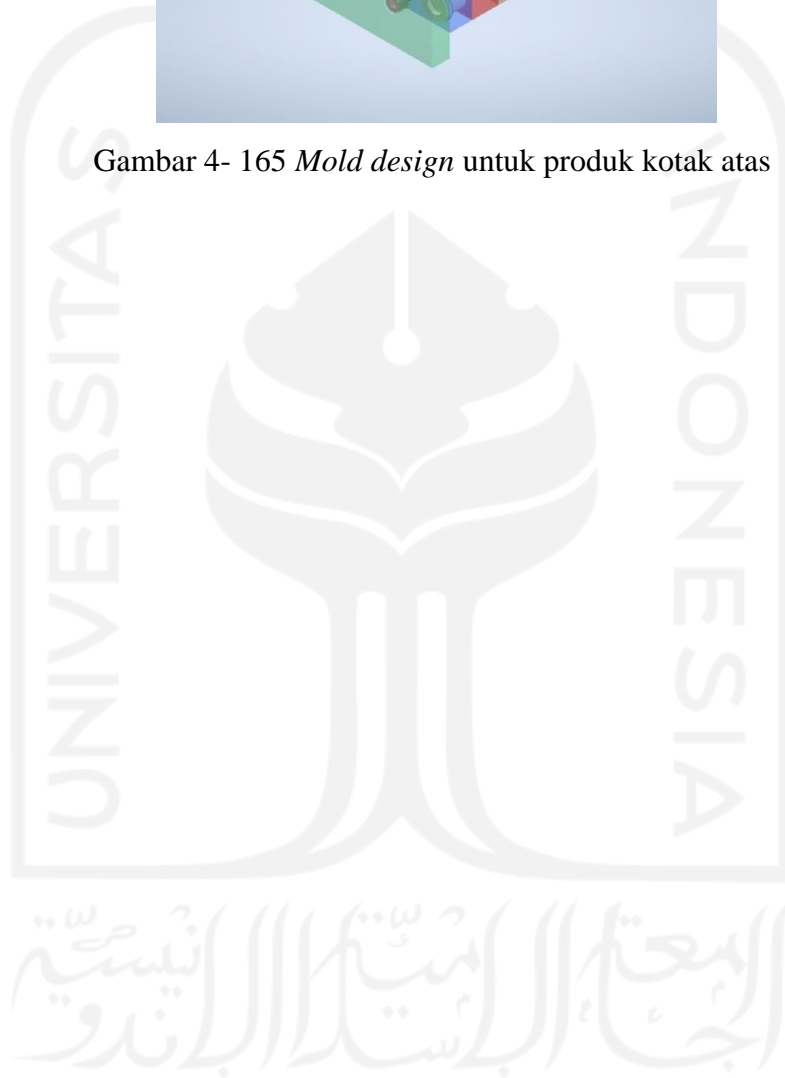
Gambar 4- 163 *Mold design* untuk produk *fitting* lampu



Gambar 4- 164 *Mold design* untuk produk *bracket* atas



Gambar 4- 165 *Mold design* untuk produk kotak atas



## **BAB 5**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan simulasi dengan perangkat lunak *Autodesk Moldflow Adviser* 2019, dapat disimpulkan:

1. Semakin besar diameter dari *runner*, *sprue*, dan *gate* pada *layout injection molding*, maka *fill time* memiliki kecenderungan mengalami kenaikan. Kecuali untuk produk *fitting* lampu yang fluktuatif terhadap perubahan diameter.
2. *Quality prediction* memiliki kecenderungan untuk turun seiring dengan membesarnya diameter dari *sprue*, *runner*, dan *gate* kecuali pada produk *bracket* atas.
3. Parameter simulasi terbaik untuk produk *body* saklar adalah *layout star* dengan diameter 5 mm dengan penempatan *gate* di bawah yang mendapat nilai *quality prediction* bagian *high* sebesar 90,30%. Kemudian untuk produk *fitting* lampu, *layout star* dengan diameter 4 mm menjadi parameter terbaik dengan nilai *quality prediction* bagian *high* sebesar 61.70%. Lalu untuk produk *bracket* atas, *layout star* dengan diameter 4 mm menjadi parameter terbaik dengan nilai *quality prediction* bagian *high* mencapai 95.30%. Selanjutnya pada produk kotak atas, *layout radial* dengan diameter 3 mm menjadi parameter terbaik yang mendapat nilai *quality prediction* bagian *high* sebesar 82,10%.
4. Terdapat satu produk yang memiliki hasil *quality prediction* kurang dari 80% yaitu *fitting* lampu, kemudian dilakukan modifikasi desain pada *fitting* lampu sehingga hasil simulasi kedua mendapat nilai *quality prediction* sebesar 88,6%.

#### **5.2 Saran atau Penelitian Selanjutnya**

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Melakukan simulasi dengan melibatkan parameter yang lebih banyak untuk mendapatkan hasil simulasi yang lebih baik.
2. Melakukan percobaan produksi produk-produk yang telah disimulasi dengan mesin *injection molding* sehingga bisa melihat secara langsung hasil produk ketika diproduksi dengan cara *injection molding*.



## DAFTAR PUSTAKA

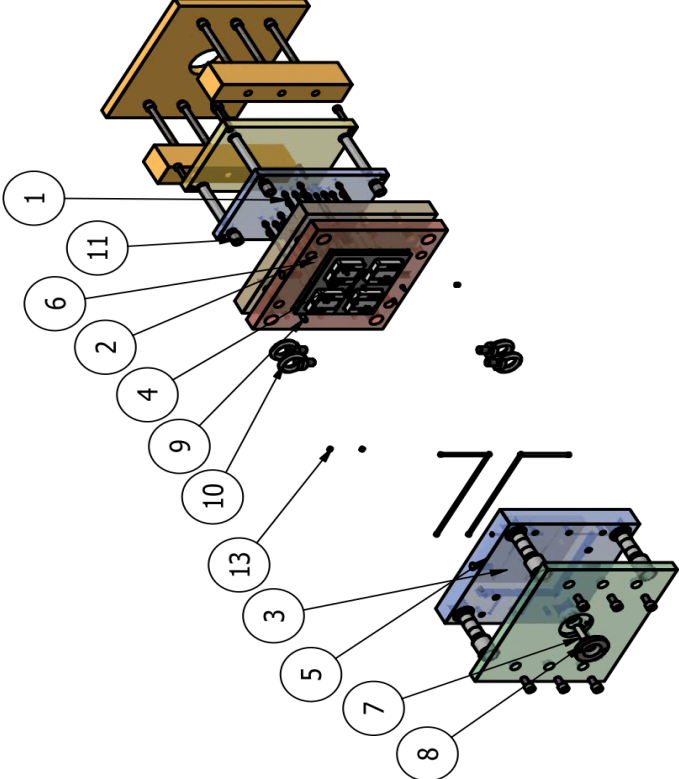
- Amiharjo, C. P. (2022). PERANCANGAN DAN PEMBUATAN PROTOTIPE FITTING LAMPU DENGAN FITUR MODUL TIMER OTOMATIS MENGGUNAKAN 3D PRINT. *Tugas Akhir Teknik Mesin UII*.
- Cahyadi, D. (2008). Parameter Proses Plastik Injection Molding untuk Pengendalian Cacat Produk. *SINTEK VOL 8 NO 2*.
- Farotti, E., & Natalini, M. (2018). Injection Molding. Influence of process Parameters on Mechanical Properties of Polypropylene Polymer. A First Study. *Departement of Industrial Engineering and Mathematical Science Universita Politecnica delle Marche*.
- Fu, J., Liu, J., Quan, L., & Ma, Y. (2021). Partial Solidification Ejection Criteria for Injection Molding Production to Reduce Cycle Time. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing 74*.
- Muchlis. (2019). Pengaruh Variasi Layout Runner dan Melt Temperature Terhadap Fill Time dan Catat Pada Produk Gabungan Sendok dan Garpu.
- Othman, M., Hasan, S., Khamis, S., Ibrahim, M., & M.Amin, S. (2017). Optimisation of Injection Moulding Parameter towards Shrinkage and Warp for Polypropylene-Nanoclay-Gigantochloa. *Advances in Material & Processing Technologies Conference*.
- Permadi, R. (2020). SIMULASI INJEKSI MOLDING UNTUK PEMBUATAN PRODUK PLASTIK (GELAS PLASTIK) DENGAN SOFTWARE INVENTOR. *JURUSAN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI INSTITUT SAINS & TEKNOLOGI AKPRIND*.
- Putra, R. A. (2022). BOX MCB DENGAN MODUL SMART BREAKER DAN . *Tugas Akhir Teknik Mesin UII*.
- Setiawan, T. (2022). Perancangan dan Pembuatan Prototipe Saklar dengan Modul Timer Otomatis Menggunakan 3D Print. *Tugas Akhir Teknik Mesin UII*.
- Wibowo, M. D., & Wahyuningsih, K. (2022). ANALISIS PENGARUH TEMPERATUR MOLD DAN TEMPERATUR MELT TERHADAP FILL TIME DAN QUALITY PREDICTION PRODUK PLASTIK DALAM PROSES INJECTION MOLDING MENGGUNAKAN SOFTWARE

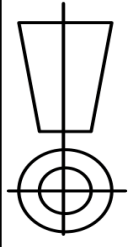
AUTODESK MOLDFLOW ADVISER. *BERKALA PENELITIAN TEKNOLOGI KULIT, SEPATU, DAN PRODUK KULIT POLITEKNIK ATK YOGYAKARTA, VOL. 21, EDISI 2 (2022) .*



## Lampiran 1

### Explode View dan List of Materials Mold Design Produk Body Saklar





PARTS LIST		DESCRIPTION
ITEM	QTY	PART NUMBER
1	1	Body Saklar_Body Saklar(2)_LY
2	1	Body Saklar_RG
3	1	Body Saklar_Combined CV1
4	1	Body Saklar_Combined CR1
5	1	Body Saklar_MB
6	5	AH 4 -160 Ejector pins-hardened
7	1	Z51/18x76/4,5 Sprue Bushing
8	1	646-90-25-12,5 Locating Ring
9	1	Body Saklar_LS1
10	4	CNS 4491 - M20 x 30 Lifting Eyebolt
11	4	ISO 8752 - 28 x 30 (1) Spring-type straight pins, slotted
12	1	ISO 4762 - M3 x 20(1) Hexagon Socket Head Cap Screw
13	4	"Z94/10x1" Shut-off screw

Skala :

Satuan Ukuran : mm

Tanggal : 14-11-2022

Digambar : Galih Enggaryasto  
NIM : 17525059

Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.

Teknik Mesin-FTI UII

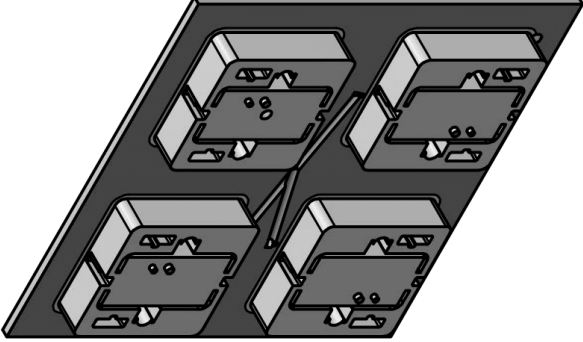
Mold Design Body Saklar

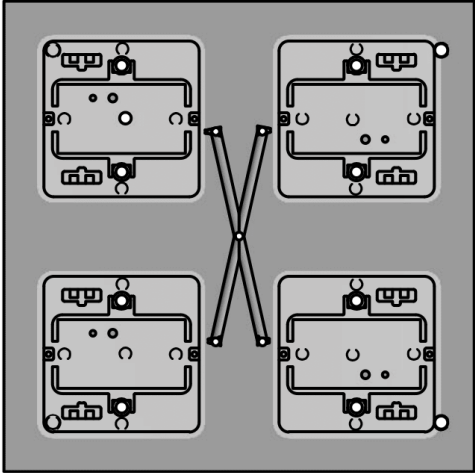
Keterangan:

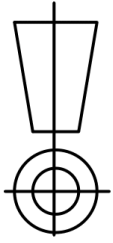
No. A4

## Lampiran 2

### Core Body Saklar



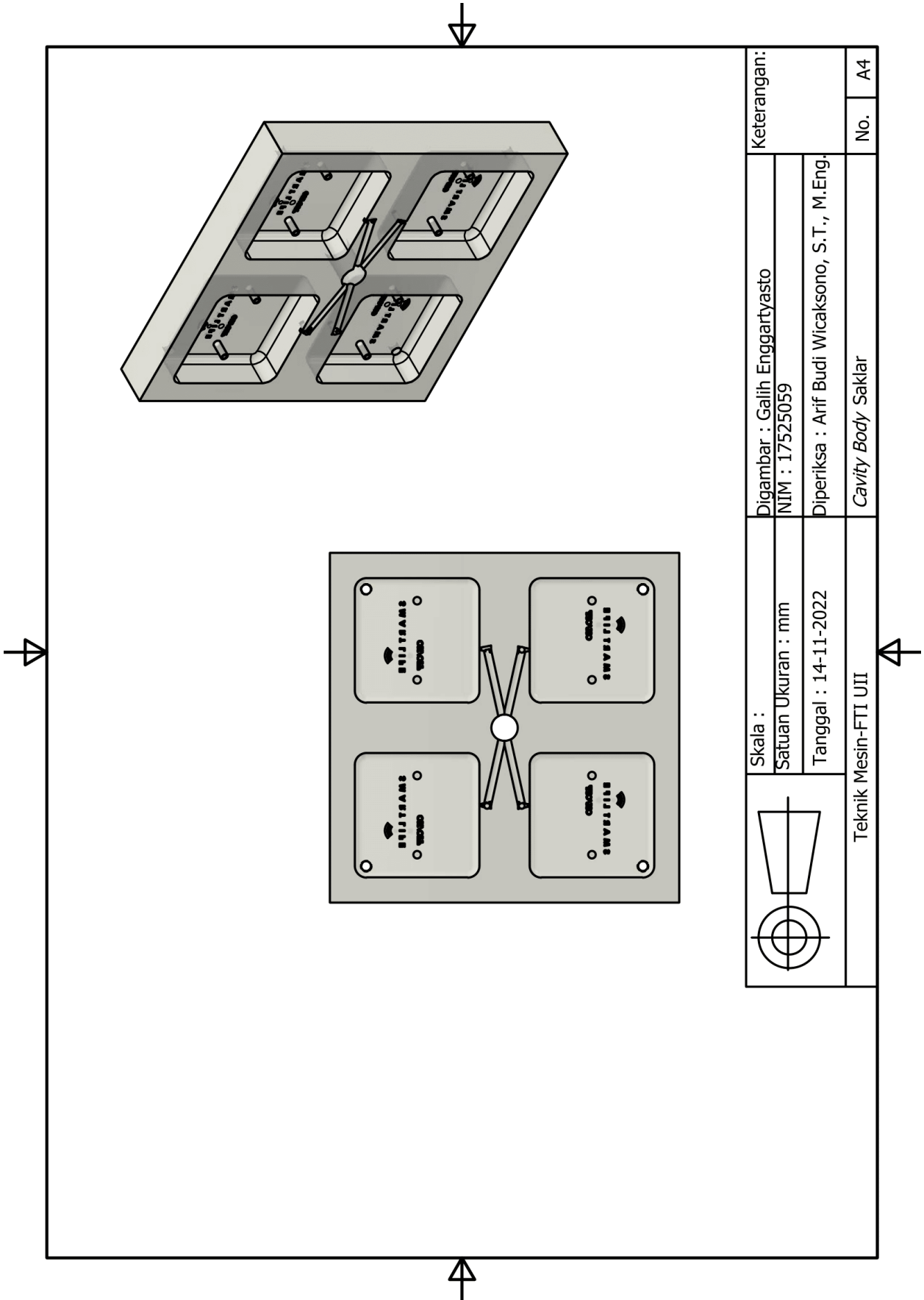


	Skala :	Digambar : Galih Enggaryasto	Keterangan:
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525059	
	Tanggal : 14-11-2022	Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.	
Teknik Mesin-FTI UII		Core Body Saklar	No. A4



### Lampiran 3

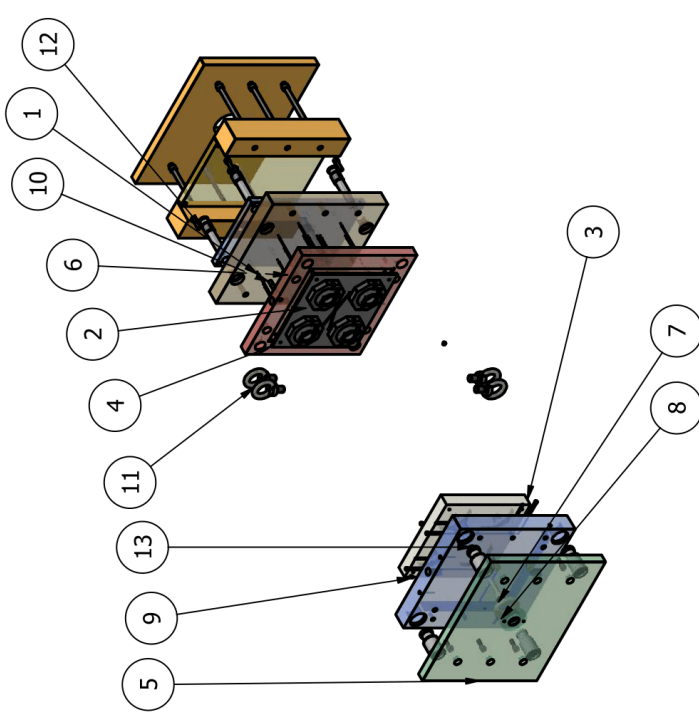
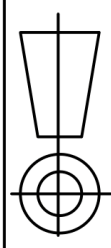
#### Cavity Body Saklar



	Skala :	Digambar : Galih Enggartyasto	Keterangan:
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525059	
	Tanggal : 14-11-2022	Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.	
Teknik Mesin-FTI UII		Cavity Body Saklar	No. A4

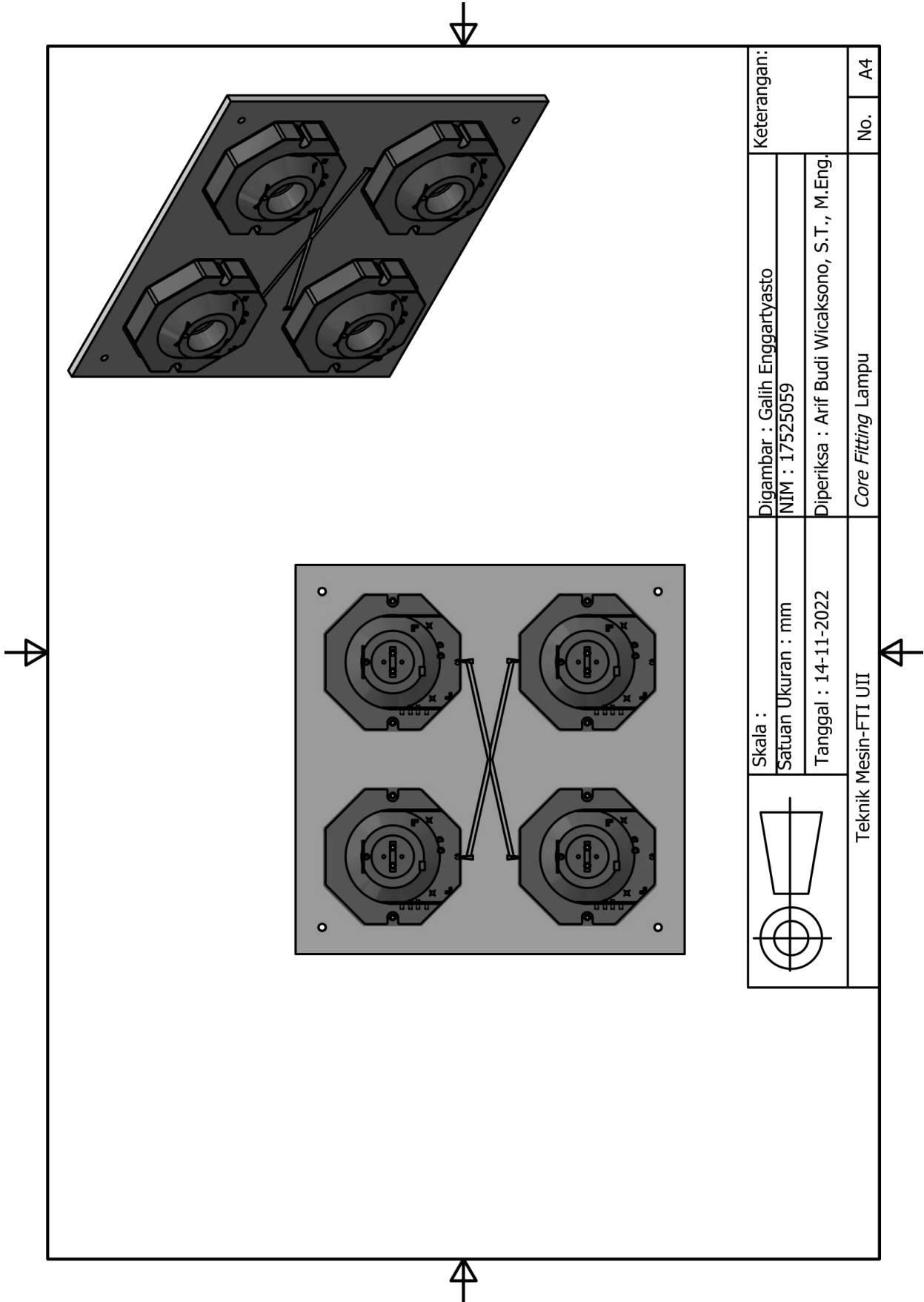
## Lampiran 4

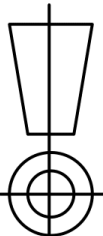
### *Explode View dan List of Materials Mold Design Produk Fitting Lampu*

PARTS LIST			
ITEM	QTY	PART NUMBER	DESCRIPTION
1	1	Fitting lampu Baru	
		Mold Design_Fitting	
		Lampu fix rev9_LY	
2	1	Fitting lampu Baru	
		Mold Design_RG	
3	1	Fitting lampu Baru	
		Mold	
		Design_Combined CV1	
4	1	Fitting lampu Baru	
		Mold	
		Design_Combined CR1	
5	1	Fitting lampu Baru	
		Mold Design_MB	
6	5	AH 1,5 -160	Ejector pins-hardened
7	1	Z51/18x76/3,5	Sprue Bushing
8	1	LR-100-36	Locating Ring
9	4	"Z94/10x1"	Shut-off screw
10	1	Fitting lampu Baru	
		Mold Design_LS1	
11	4	JIS B 1168 - M24	Lifting Eyebolt
12	4	ISO 13337 - 35 x 40(6)	Spring-type straight pins - slotted, light duty
13	1	ISO 4762 - M3 x 8(1)	Hexagon Socket Head Cap Screw
			
		Skala : Satuan Ukuran : mm Tanggal : 14-11-2022	
Teknik Mesin-FTI UII		Keterangan: Digambar : Galih Enggartyoasto NIM : 17525059 Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng. Mold Design Fitting Lampu	
		No.	A4

# Lampiran 5

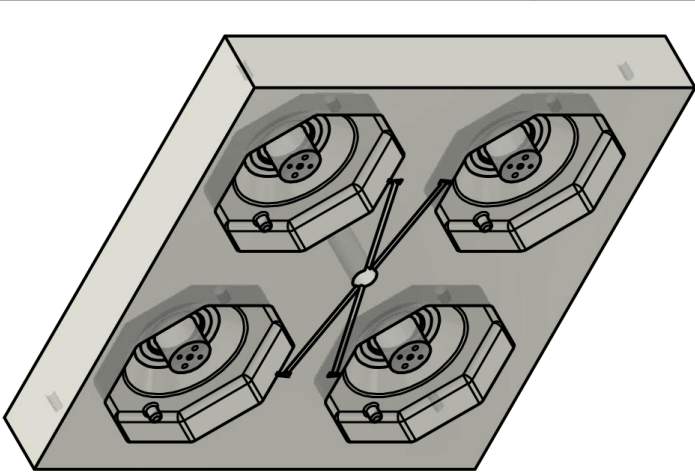
## Core Fitting Lampu

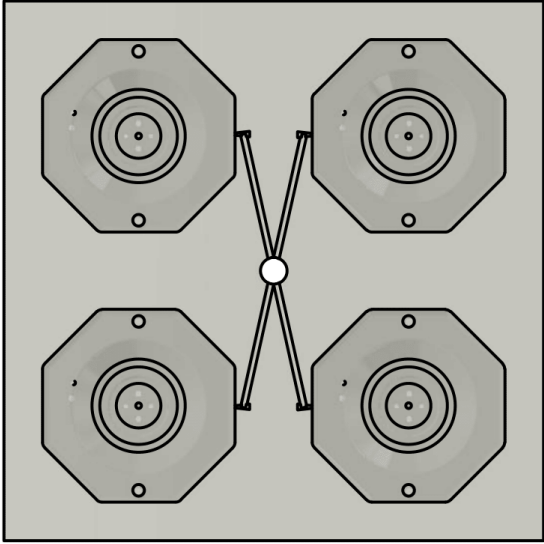


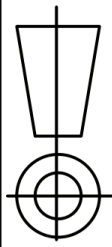
	Skala :	Digambar : Galih Enggartiyasto	Keterangan:
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525059	
	Tanggal : 14-11-2022	Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.	No. A4
Teknik Mesin-FTI UII		Core Fitting Lampu	

## Lampiran 6

### Cavity Fitting Lampu





	Skala : Satuan Ukuran : mm Tanggal : 14-11-2022	Digambar : Galih Enggartyasto NIM : 17525059 Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.	Keterangan: No. A4
Teknik Mesin-FTI UJI		Cavity Fitting Lampu	

## Lampiran 7

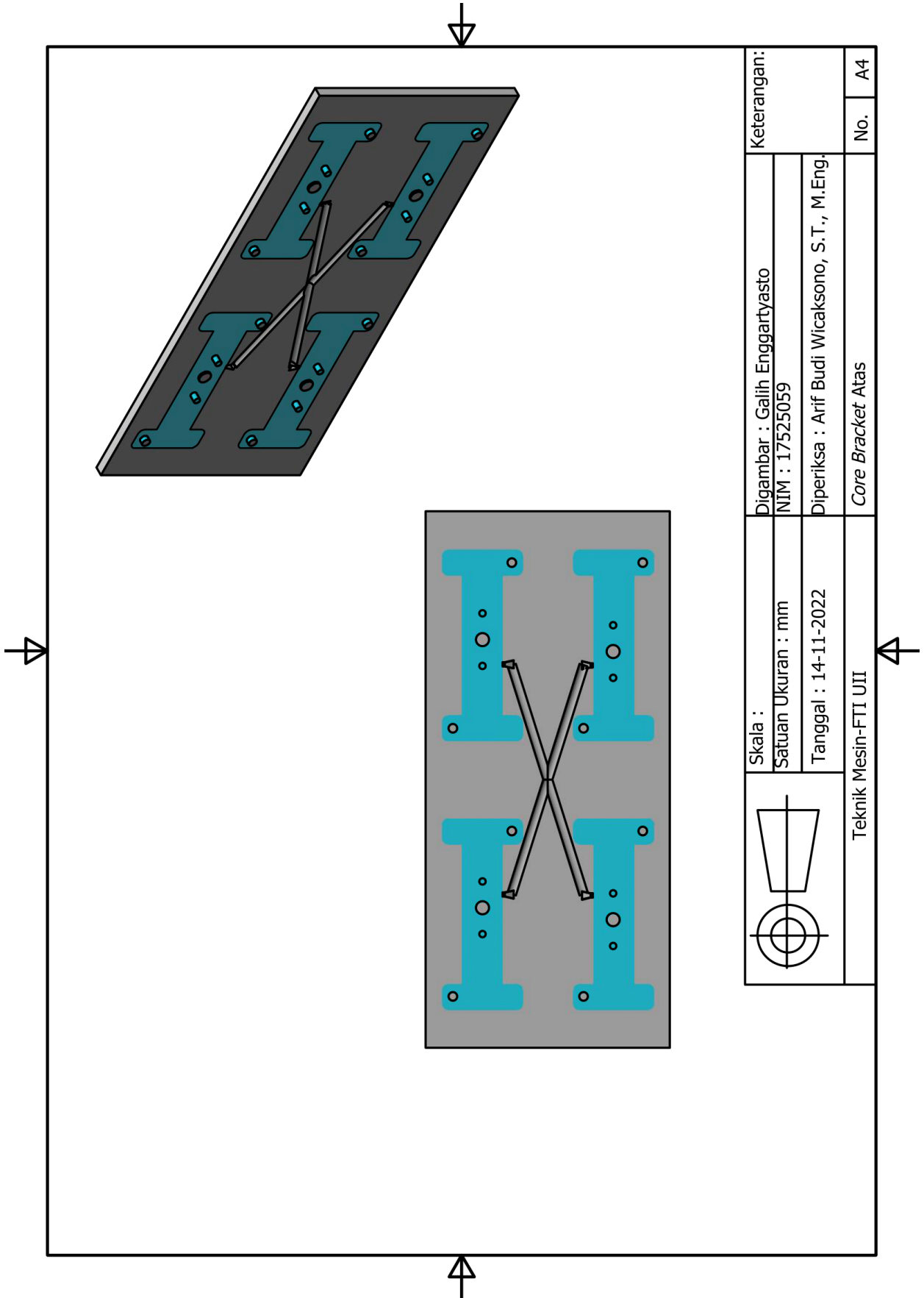
### *Explode View dan List of Materials Mold Design Produk Bracket Atas*

PARTS LIST		
ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	1	Bracket atas baru_BREAKET ATAS NEW_LY
2	1	Bracket atas baru_RG
3	1	Bracket atas baru_Combined CV1
4	1	Bracket atas baru_Combined CR1
5	1	Bracket atas baru_MB
6	5	AH 1,5 -125 Ejector pins-hardened
7	1	Bracket atas baru_LSI
8	1	Z51/18x46/3,5 Sprue Bushing
9	1	LR-100-36 Locating Ring
10	2	"Z94/10x1" Shut-off screw
11	4	JIS B 1168 - M20 Lifting Eyebolt
12	4	ISO 8752 - 28 x 30 (1) Spring-type straight pins, slotted
13	1	ISO 4762 - M6 x 25(1) Hexagon Socket Head Cap Screw

	Keterangan: Digambar : Galih Enggaryasto NIM : 17525059 Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.
Teknik Mesin-FTI UII	Mold Design Bracket Atas
No.	A4

# Lampiran 8

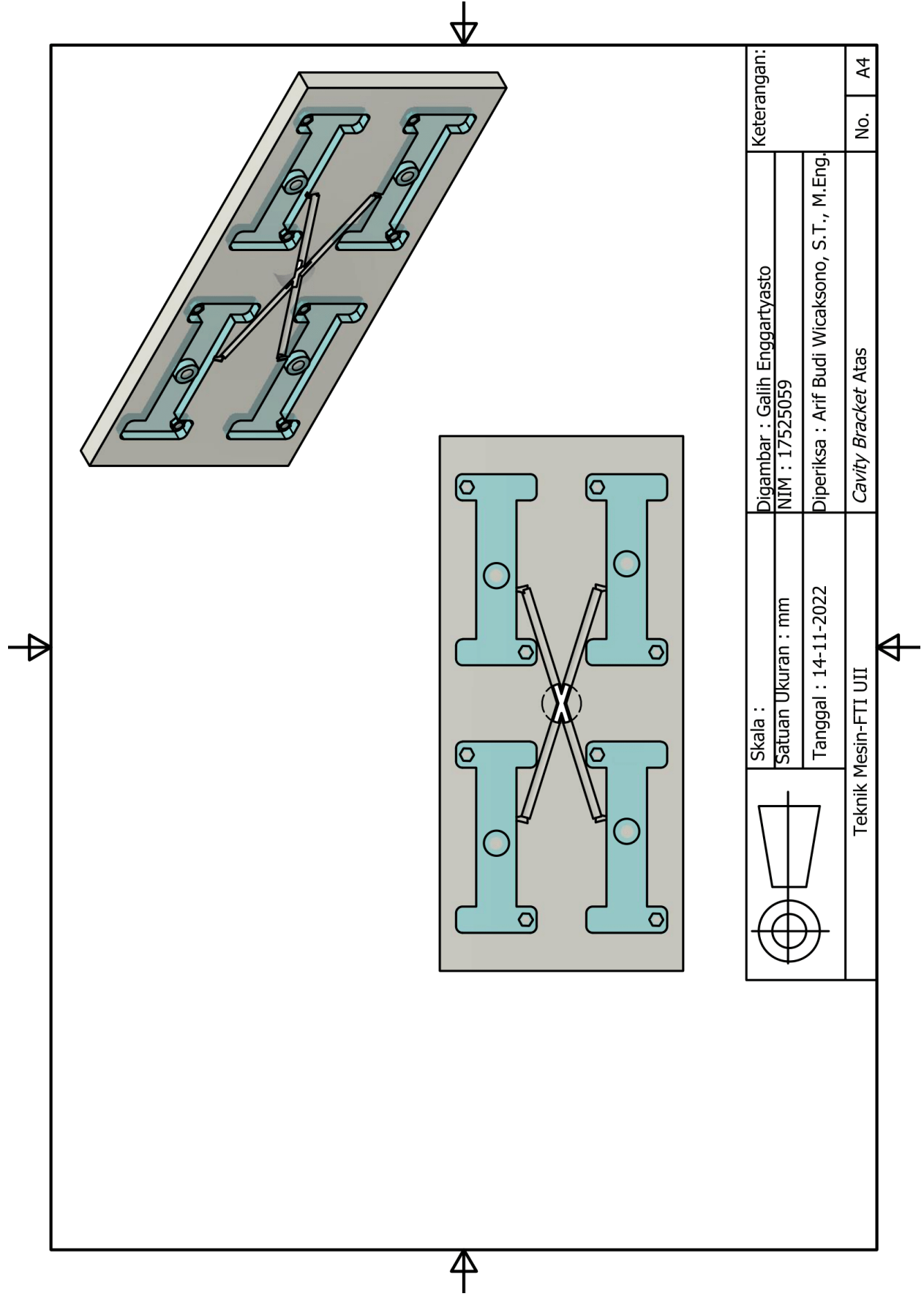
## Core Bracket Atas



	Skala :	Digambar : <u>Galih Enggartyasto</u>	Keterangan:	
	Satuan Ukuran : mm	NIM : <u>17525059</u>	Diperiksa : <u>Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.</u>	No. <u>A4</u>
	Tanggal : <u>14-11-2022</u>	Core Bracket Atas		
Teknik Mesin-FTI UII				

# Lampiran 9

## Cavity Bracket Atas



	Skala :	Digambar : Galih Enggartyasto	Keterangan:	
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525059	No.	A4
	Tanggal : 14-11-2022	Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.	Cavity Bracket Atas	
Teknik Mesin-FTI UII				

## Lampiran 10

### *Explode View dan List of Materials Mold Design Produk Kotak Atas*

118

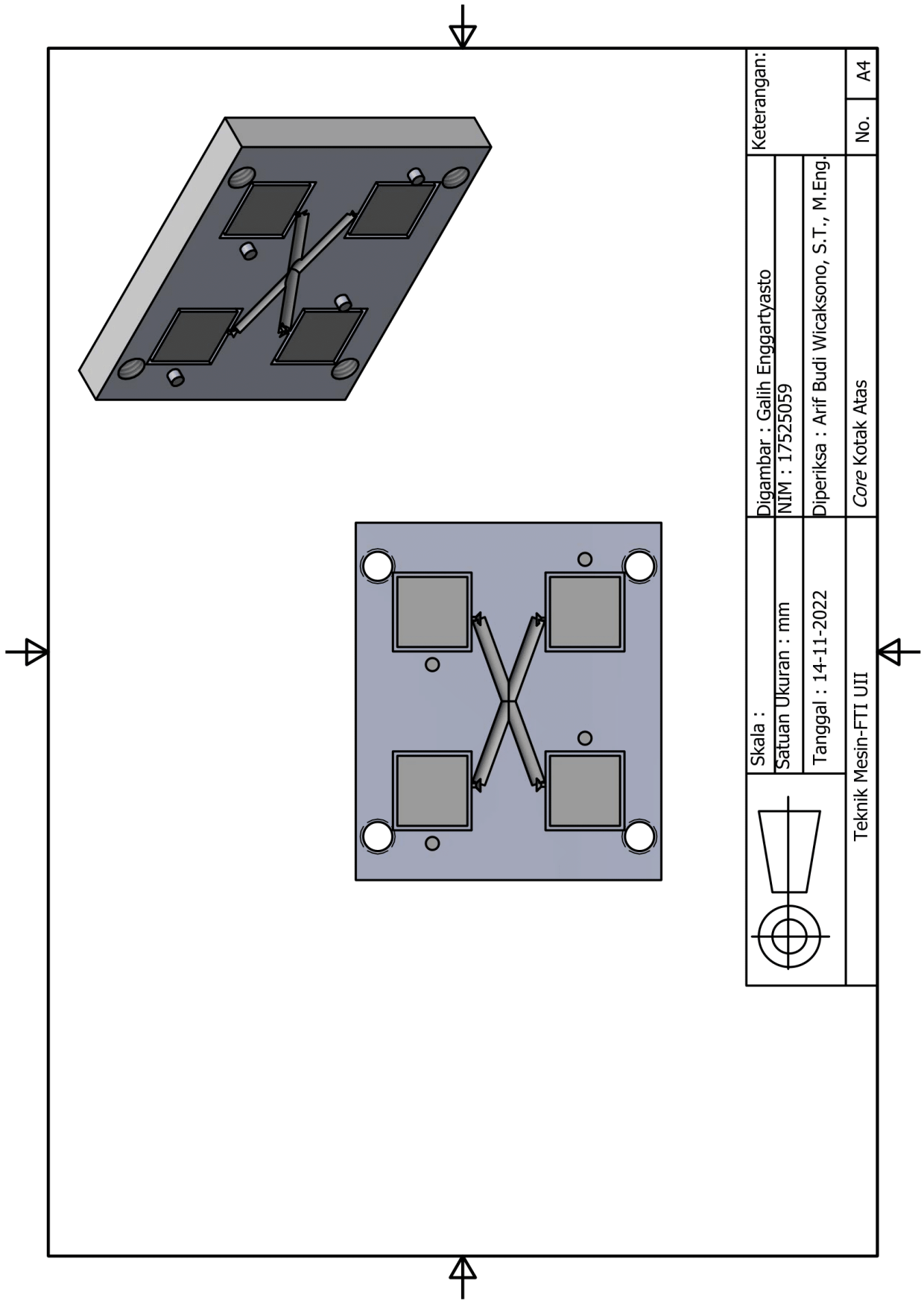
PARTS LIST		
ITEM	QTY	DESCRIPTION
1	1	Bracket Atas
2	1	Baru_kotak atas_LY
3	1	Bracket Atas
4	1	Baru_RG
5	1	Bracket Atas
6	5	Baru_MB AH 1,5 -100 Ejector pins-hardened
7	1	Z51/18x46/3,5 Sprue Bushing
8	1	LR-100-36 Locating Ring
9	4	JIS B 1168 - M10 Lifting Eyebolt
10	4	ISO 13337 - 13 x 28(6) Spring-type straight pins - slotted, light duty
11	1	Bracket Atas
12	1	Baru_LS1 ISO 4762 - M4 x 6(1) Hexagon Socket Head Cap Screw

	Skala : Satuan Ukuran : mm Tanggal : 14-11-2022	Digambar : Galih Enggaryasto NIM : 17525059 Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.	Keterangan: No. A4
Teknik Mesin-FTI UII			



# Lampiran 11

## Core Kotak Atas



	Skala :	Digambar : Galih Enggaryasto	Keterangan:	
	Satuan Ukuran : mm	NIM : 17525059		
	Tanggal : 14-11-2022	Diperiksa : Arif Budi Wicaksono, S.T., M.Eng.		
Teknik Mesin-FTI UII		Core Kotak Atas	No.	A4

**Lampiran 12**  
**Cavity Kotak Atas**

