

Terbit online pada laman web jurnal : <http://metal.ft.unand.ac.id>

## METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal

| ISSN (Print) 2598-1137 | ISSN (Online) 2597-4483 |



Artikel Penelitian

# Perancangan Cetakan *Injection Molding Hand Press* Untuk Produk Slide Piece CVT Menggunakan FEM

Alfan Ekajati Latief, Lutfi Darusman, Wibowo Pria Fahla, Ahmad Dzilfairuz Zaidan, Nuha Desi Anggraeni\*

Program Studi Teknik Mesin, Institut Teknologi Nasional Bandung, Jl. PHH. Mustopa No. 23, Bandung 40124, Indonesia

### INFORMASI ARTIKEL

#### Sejarah Artikel:

Diterima Redaksi: 3 September 2021

Revisi Akhir: 29 September 2021

Diterbitkan Online: 21 Oktober 2021

### KATA KUNCI

Injection Molding

Mold

Slide Piece

Solidworks

### KORSPONDENSI

E-mail: [nuha@itenas.ac.id](mailto:nuha@itenas.ac.id)

### A B S T R A C T

The development of composite materials in the automotive industry has reached the stage of utilizing natural fibers to pursue relatively low material prices with the same quality. One method for product formation is injection molding. This study aims to design the most efficient mold from a variety of shapes, dimensions, and runner types used with the help of SolidWorks software. The tool used to support the design of the mold is a low-pressure injection molding hand press with a barrel temperature specification of 200 C - 250 C, barrel volume of 270 cm<sup>3</sup>, and an out-of-nozzle diameter of 8 mm. The most efficient design is determined from three multi-cavity models with different shapes. This research produces a two-plate mold with multi-cavity modeling which has a low-pressure parameter of 1.89 MPa and the shrinkage factor is still within the standard range of PPHI material (< 1%).

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi membuat material komposit banyak dipergunakan untuk kebutuhan tertentu. Salah satu bidang yang memanfaatkan material komposit yaitu bidang otomotif, banyak industri otomotif berlomba-lomba untuk membuat komponen sparepart kendaraan dengan material komposit berbahan dasar polimer. [1]

Seiring berkembangnya teknologi dan zaman membuat regulasi pada dunia otomotif berubah, banyak komponen-komponen kendaraan roda empat maupun roda dua memiliki karakteristik cenderung lebih ramah lingkungan. Selain dari industri besar yang bergerak dalam bidang otomotif, banyak industri kecil mulai memasarkan produk-

produk sparepart dengan bentuk dan kualitas hampir menyerupai original dengan harga yang lebih rendah.[2]

Proses pembentukan material komposit berbahan dasar polimer dan serat alam yaitu dengan metode *hand lay-up* dan *injection Molding*. [3] *Injection molding* merupakan metode penyempurnaan dari *hand lay-up* untuk membentuk produk berbahan komposit serat alam. [4] Proses injeksi bahan campuran polimer dan serat alam yang dilelehkan akibat pemanasan lalu diinjeksikan ke dalam cetakan sehingga material komposit dapat mengeras. [5] Material Komposit pada bidang otomotif biasanya berbahan dasar polimer menggunakan serat sintesis seperti : fiberglass, carbon fiber, dan aramid. [6]

Pada penelitian ini akan dilakukan proses perancangan cetakan (*mold*) yang akan menghasilkan produk *spare part* otomotif *slide piece* [7]. *Slide piece* adalah komponen *continuous variable transmission* yang berfungsi untuk menjaga posisi rumah roller yang bergerak secara translasi.

## 2. METODOLOGI

Tahap pertama diawali dengan pengumpulan data mengenai proses perancangan cetakan untuk menghasilkan produk *spare part slide piece* dengan menggunakan metode *injection molding*. Pengumpulan data meliputi spesifikasi mesin, jenis material, dan dilanjutkan untuk tahap proses simulasi menggunakan software solidworks.

Proses simulasi menghasilkan 3 jenis pemodelan yang akan diterapkan pada cetakan. Hasil simulasi dipilih berdasarkan jenis pemodelan yang memiliki kriteria paling sesuai untuk diaplikasikan pada mesin injeksi molding *hand press*. [8]

### 2.1. Mesin Injection Molding

Proses injection molding menggunakan mesin bertipe manual *hand press* dengan spesifikasi yang dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Spesifikasi Mesin injection Molding

Spesifikasi	Values
Kapasitas Barrel	270 cm <sup>3</sup>
Tekanan maksimal nozzle cylinder	34,83 Mpa
Temperatur Barrel	100 °C - 300 °C
Diameter Out Nozzle	8 mm

(sumber : Rhamdani, 2020)

### 2.2. Kriteria Perancangan Cetakan

Perencanaan cetakan (*mold*) memiliki beberapa kriteria agar dapat diaplikasikan pada mesin injeksi molding *hand press*. [9]

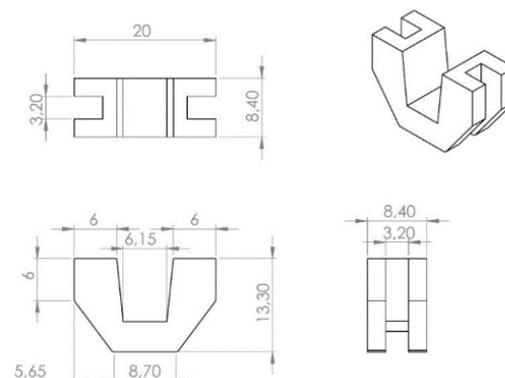
Tabel 1 menunjukkan beberapa kriteria yang ditetapkan pada cetakan (*mold*).

Tabel 2. Kriteria Perancangan Cetakan

Spesifikasi	Persyaratan yang Diperoleh
Geometry	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bentuk menyesuaikan dengan mesin injeksi manual Ukuran <i>nozzle</i> menyesuaikan dengan mesin injeksi manual.</li> <li><i>Support plate</i> yang dapat dilepas atau dipasang.</li> </ul>
Energi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menggunakan energi listrik untuk mengoperasikan <i>heater</i> dan termokopel</li> </ul>
Material	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material cetakan mampu menghantarkan panas dengan baik.</li> <li>Tahan terhadap korosi mengingat bahan termoplastik akan dialirkan ke rongga cetakan.</li> <li>Material cetakan melebihi titik leleh PPHI</li> <li>Memiliki umur pakai yang panjang</li> </ul>
Ergonomi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah diaplikasikan pada mesin injeksi <i>molding</i>.</li> <li>Dapat dipergunakan untuk alat injeksi dengan tekanan rendah.</li> <li><i>Assembly</i> cetakan mudah dan simpel.</li> <li>Terdapat mekanisme untuk mengeluarkan produk, sehingga mempermudah proses Injeksi <i>Molding</i>.</li> </ul>
Keselamatan	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah dalam perawatan.</li> <li>Aman dalam pengoperasian.</li> </ul>
Produksi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mudah dan cepat dalam proses permesinan produksi.</li> </ul>

### 2.3. Pemodelan Slide piece

Pembuatan serta penentuan dimensi komponen *slide piece* menggunakan pengukuran manual dan didesain menggunakan aplikasi Solidworks. Berikut merupakan pemodelan *slide piece* yang diperoleh dari komponen *slide piece* motor Honda Beat 110 original AHM. [6]. Gambar 1 menunjukkan bentuk 3d *Slide Piece*



Gambar 1. Pemodelan *Slide Piece* 3d

Penentuan hasil dimensi dan volume dapat diketahui melalui software solidwork. Diketahui volume dari komponen Slide Piece adalah 1036 mm<sup>3</sup>

#### 2.4. Material Slide Piece

Prinsip kerja komponen slide piece menurut BPR ( Buku Pedoman Reparasi ) Honda BeAT 110 cc sebagai penjaga stabilitas pergerakan Ram Plate ketika mendapat dorongan dari roller agar tetap bergerak pada jalur yang telah ditetapkan. Mengamati dari prinsip kerja tersebut dibutuhkan material yang solid dan tahan gesekan. Untuk memenuhi kebutuhan di pilih material komposit berbahan dasar PPHI.

#### 2.5. Material Cetakan Slide Piece

Didasari dengan pertimbangan untuk menentukan material yang akan digunakan sebagai bahan cetakan dan mesin injeksi molding berupa alat injeksi manual, beberapa hal harus diperhatikan diantaranya : cepat rambat panas, sifat dasar material dan kemampuan mudah dibentuk. Mengamati dari hal-hal tersebut, material yang dapat diaplikasikan pada pembuatan cetakan slide piece adalah material aluminium. Pada Tabel 3 diperlihatkan karakteristik material aluminium yang digunakan untuk cetakan.

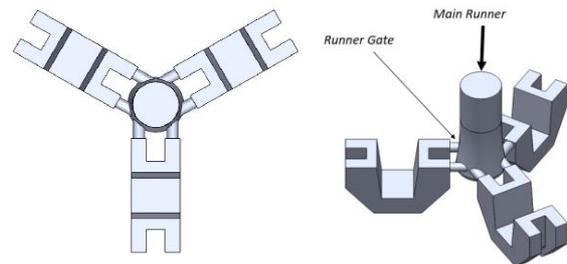
Tabel 3. Material Cetakan *Slide Piece*

Jenis Material	Aluminium
Tipe Aluminium	Al 7075
Konduktivitas Termal	$155 \frac{W}{m \cdot K}$
Titik Lebur	477 °C - 635 °C

#### 2.6. Multy Cavity Slide Piece

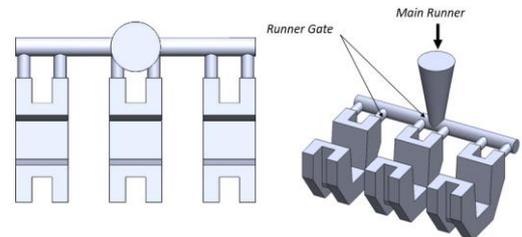
Pada proses penentuan sistem multy cavity yang akan diaplikasikan pada cetakan. Berikut merupakan 3 jenis pemodelan bentuk multy cavity yang akan dipilih berdasarkan simulasi diantaranya:

Pemodelan Circular Runner Gate, memiliki karakteristik dimana posisi cavity berada melingkar diantara main runner seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



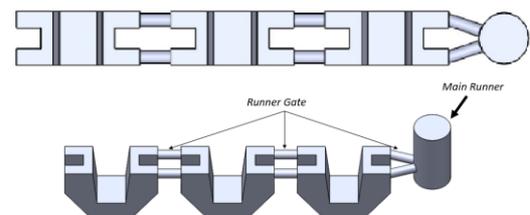
Gambar 2. *Circular Runner Gate*

Pemodelan Parallel Runner Gate, memiliki karakteristik dimana posisi cavity berada sejajar dan berhadapan dengan main runner seperti ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. *Parallel Runner Gate*

Pemodelan Seri Runner Gate, memiliki karakteristik dimana posisi cavity saling terhubung dan sejajar dengan main runner seperti ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. *Seri Runner Gate*

Dimensi *Main Runner* dari ketiga pemodelan dapat dilihat pada Tabel 4.

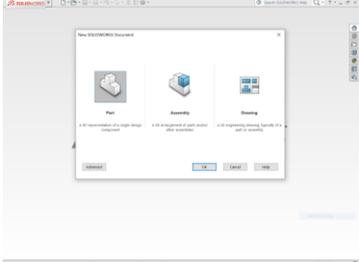
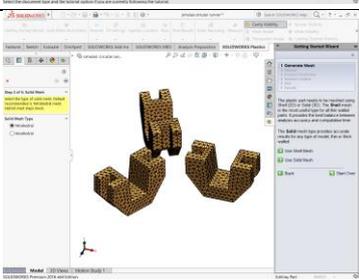
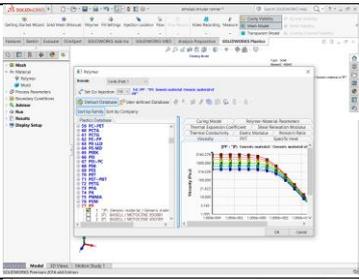
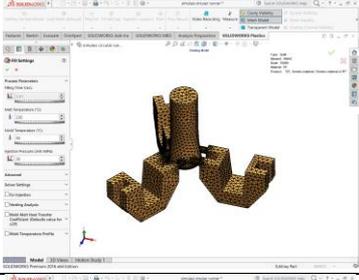
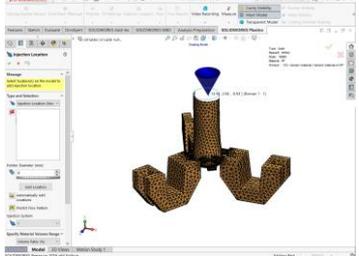
Tabel 4. Spesifikasi *Multy Cavity*

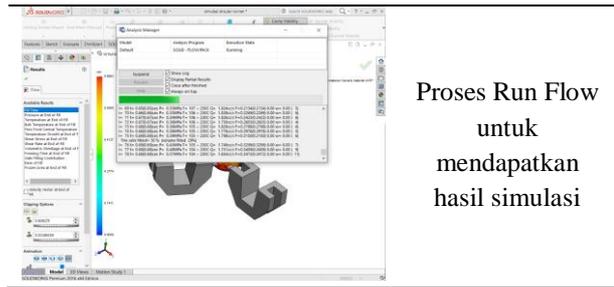
Spesifikasi	Seri Runner Gate	Circular Runner Gate	Parallel Runner Gate
Jumlah Runner	6	6	7
Dimensi Main Runner (mm)	Ø20mm ×20mm	Ø20mm ×20mm	Ø 20mm × 20mm
Dimensi Gate Runner (mm)	Ø 2mm × 5mm	Ø2mm ×5mm	Ø 2mm × 5mm

### 2.7. Proses Simulasi

Proses simulasi menggunakan software Solidwork Plastic simulation dengan tahapan yang dapat dilihat pada tabel 5. [10]

Tabel 5. Proses Simulasi *Injection Molding*

Gambar	Uraian
	Langkah Penyiapan pemodelan
	Proses Meshing pemodelan <i>multy cavity</i>
	Pemilihan Material <i>slide piece</i> dan cetakan( <i>mold</i> )
	Memasukkan parameter-parameter proses <i>injection molding</i>
	Penentuan lokasi <i>main runner</i> pada pemodelan yang sudah dibuat

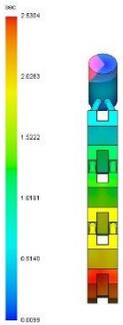
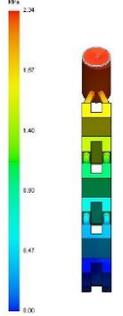


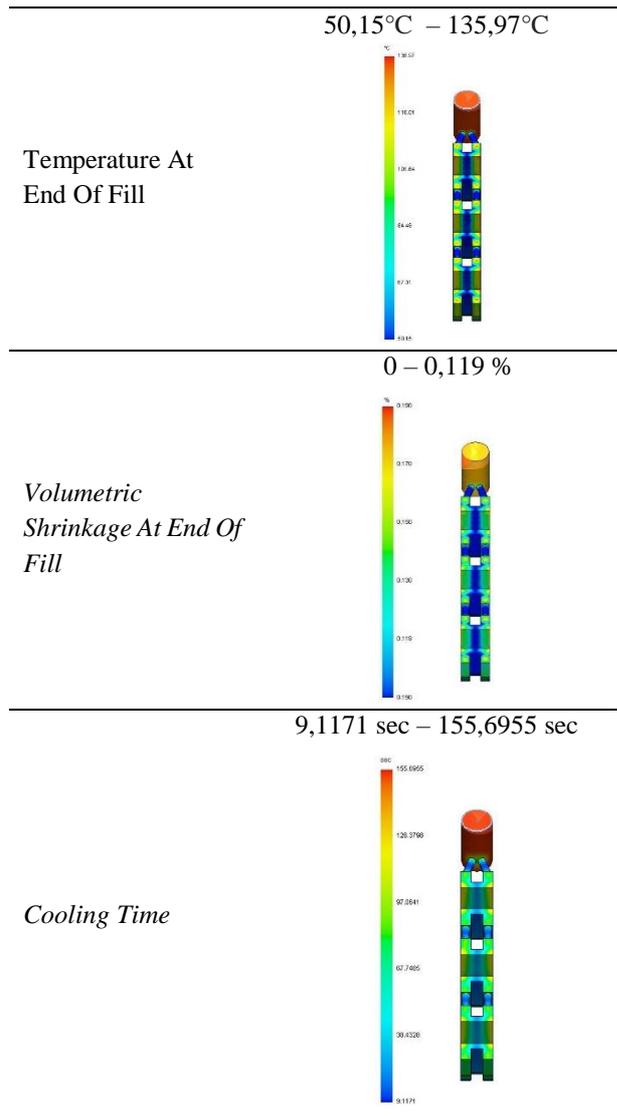
Proses Run Flow untuk mendapatkan hasil simulasi

### 2.8. Simulasi Pemodelan *Multy Cavity*

Pada pengujian menggunakan software Plastic Simulation Solidworks didapatkan beberapa parameter hasil simulasi. Berikut ini merupakan parameter yang diperoleh dari hasil simulasi diantaranya : *fill time, pressure at end of fill, temperature at end of fill, volumetric shrinkage at end of fill, cooling time*. Temperatur kerja dari cetakan ditentukan 50-80°C dengan temperatur leleh material PPHI 200-230 °C

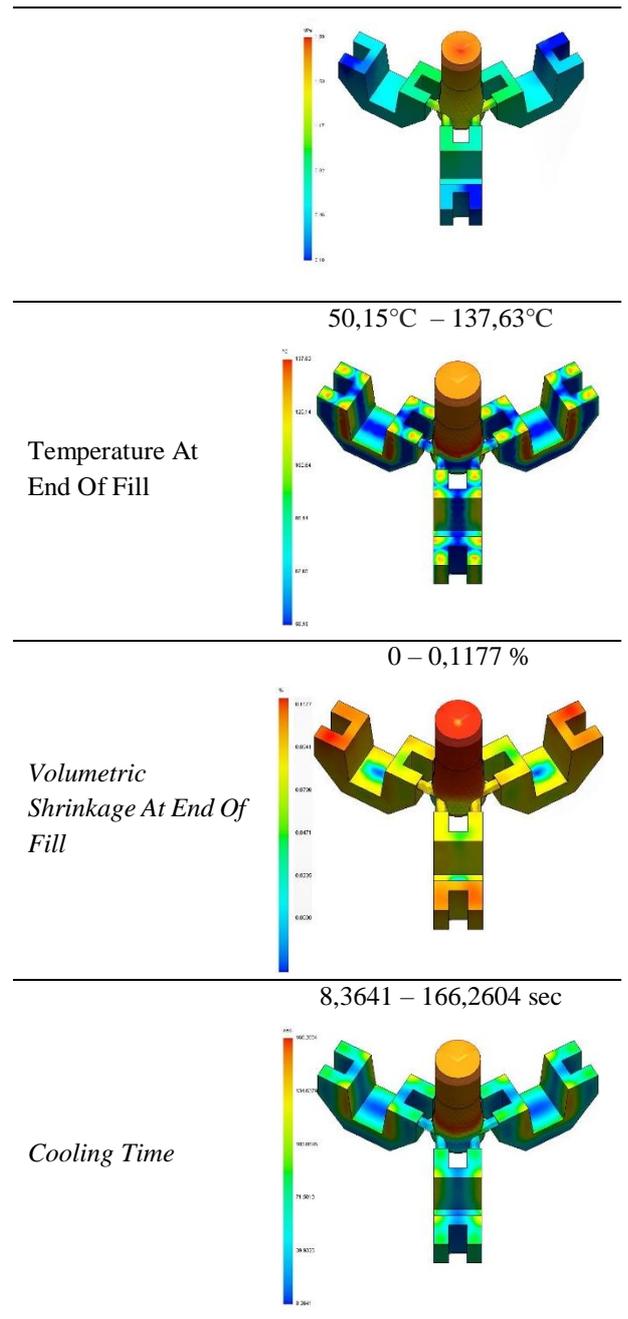
Tabel 6. Simulasi Tipe *Seri Runner Gate*

Parameter	Hasil
<i>Fill Time</i>	<p>2,5304 sec</p> 
<i>Pressure At End Of Fill</i>	<p>2,34 Mpa</p> 



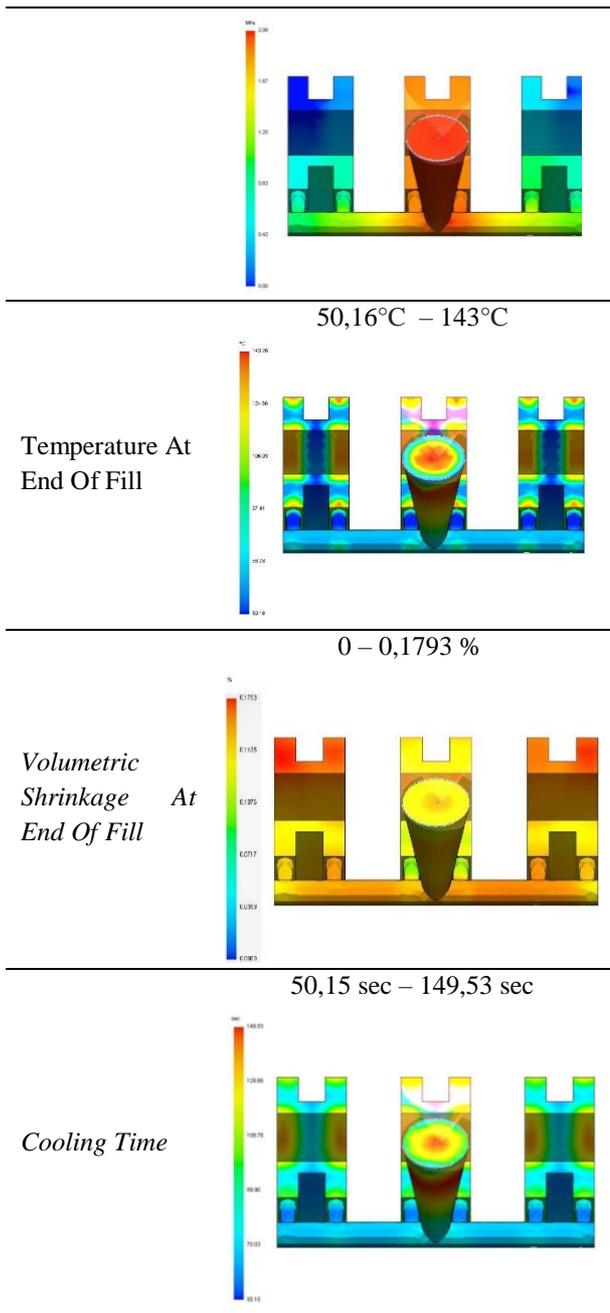
Tabel 7. Simulasi Tipe *Circular Runner Gate*

Parameter	Hasil
Fill Time	2,5313 sec
Pressure At End Of Fill	1,89 Mpa



Tabel 8. Simulasi Tipe *Parallel Runner Gate*

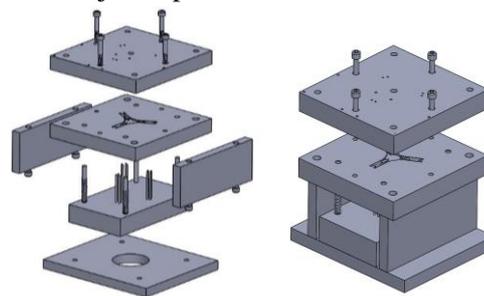
Parameter	Hasil
Fill Time	2,5333 sec
Pressure At End Of Fill	2,08 Mpa



### 2.9. Pembuatan cetakan (mold)

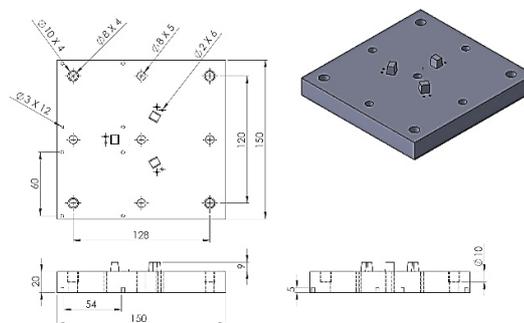
Bentuk dan geometri cetakan dibuat dengan jenis two plate mold, hal tersebut dibuat berdasarkan jenis mesin yang digunakan. Berikut merupakan bentuk cetakan yang tersusun dari beberapa bagian didalamnya, diantaranya merupakan bagian core

plate, cavity plate, wall, ejector plate, dan base seperti ditunjukkan pada Gambar 5.



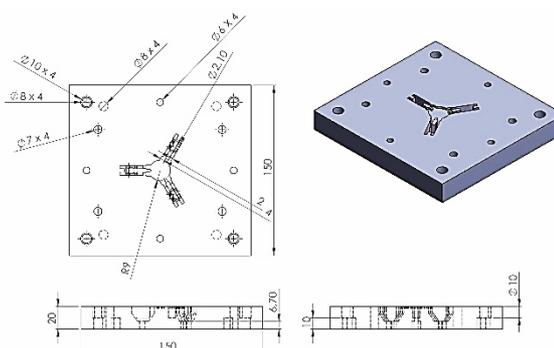
Gambar 5. Cetakan Two Plate Mold

Pada bagian core plate, dimensi dibuat berdasarkan diameter nozzle dari mesin injection mold hand press yaitu sebesar 8 mm seperti terlihat pada Gambar 6



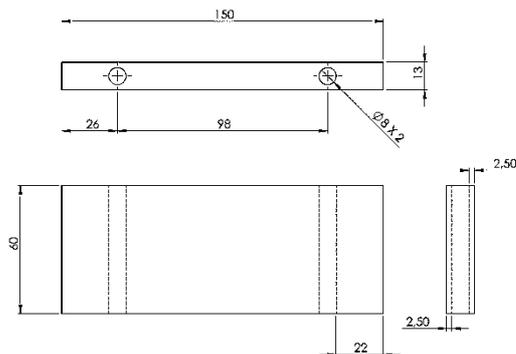
Gambar 6. Core Plate

Pada bagian cavity plate, dimensi dibuat dengan acuan bentuk *multy cavity* yang akan dipilih berdasarkan hasil analisis seperti ditunjukkan pada Gambar 7.



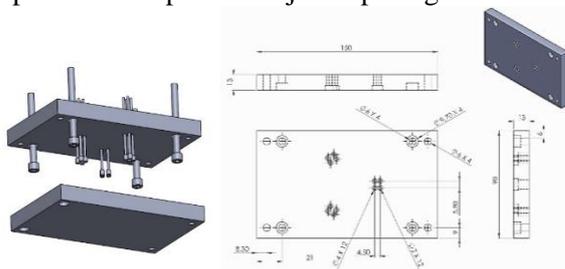
Gambar 7. Cavity Plate

Pada bagian *ejector plate*, bentuk dibuat berdasarkan jenis *multy cavity* yang akan diaplikasikan seperti terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Wall Plate

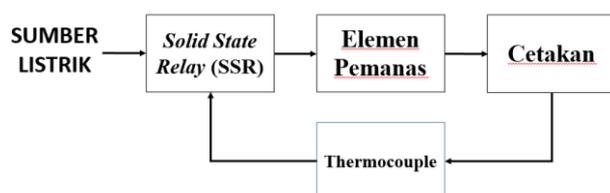
Pada bagian *ejector plate*, bentuk dibuat berdasarkan jenis *multy cavity* yang akan diaplikasikan seperti ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9. Ejector Plate

### 2.10. Sistem Kontrol Temperatur

Pemanfaatan sistem kontrol untuk mengatur temperatur cetakan agar sesuai dengan parameter yang akan diaplikasikan pada cetakan. Pada Gambar 10 diperlihatkan diagram kontrol temperature yang akan digunakan



Gambar 10. Diagram kontrol temperatur

Diagram kontrol pada Gambar 10, memiliki penjelasan ketika *solid state relay(SSR)* mendapatkan aliran listrik maka elemen pemanas mulai aktif dengan menaikkan temperatur di permukaan cetakan(*mold*), setelah mencapai temperatur yang ditentukan maka *thermocouple* akan memutus aliran listrik dari pusat ke *solid state relay(SSR)*, sistem tersebut akan terjadi berulang untuk menjaga kestabilan temperatur di permukaan

Komponen-komponen pada diagram kontrol memiliki spesifikasi seperti diperlihatkan pada Tabel 9 berikut:

Tabel 9. Spesifikasi komponen sistem kontrol

Komponen	Spesifikasi	
<i>Solid State Relay (SSR)</i>	<i>Input Control Voltage</i>	3-32VDC
	<i>Output Load Voltage</i>	24-380VAC
	<i>Output Load Current</i>	40A
	<i>Working Voltage</i>	250V
	<i>Size</i>	5,9x4,5x2,3cm
Elemen Pemanas	Tegangan	220-240Volt
	Daya	50W
	Arus	227 mA
	Diameter Kabel	2,66mm
<i>Thermocouple</i>	<i>Model</i>	TCG-6131 PC
	<i>Range</i>	(K) 0-1200°C
	<i>Supply</i>	220VAC, 50/60Hz
	<i>AMB. Temp</i>	50°C MAX

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses analisis terhadap pemodelan *Multy Cavity* yang telah dibuat dengan jenis *multy cavity seri runner gate*, *multy cavity parallel runner gate*, dan *multy cavity circular runner gate*. Setiap bentuk menghasilkan parameter *injection molding* yang bervariasi diperlihatkan pada tabel 10.

Tabel 10. Hasil simulasi *multy cavity*

Hasil Analisis	Seri Runner Gate	Circular Runner Gate	Parallel Runner Gate
Fill time (s)	2,5403	2,5313	2,533
Pressure at end of fill (MPa)	2,34	1,89	2,08
Temperature at end of fill	135,97	137,63	143

( °C )			
Volumetric shrinkage (%)	0,1190	0,1177	0,1793
Cooling time ( s )	155,69 55	166,26 04	149,53

Simulasi tersebut menghasilkan parameter *fill time*(waktu pengisian), parameter *Pressure at end of fill*(tekanan akhir yang diperlukan), parameter *Temperature at end of fill*(temperatur akhir yang dihasilkan), parameter *Volumetric shrinkage*(faktor penyusutan), dan parameter *Cooling time*(waktu pendinginan). Setelah mendapatkan hasil simulasi secara menyeluruh kemudian dilakukan perbandingan untuk menentukan parameter yang dapat diaplikasikan pada mesin *injection molding hand press*.

Parameter *fill time* yang dihasilkan dari ketiga pemodelan yaitu, *seri runner gate* sebesar 2,5403s, *circular runner gate* sebesar 2,5313s, dan *parallel runner gate* sebesar 2,533s. Parameter *Pressure at end of fill* yang dihasilkan dari ketiga pemodelan yaitu, *seri runner gate* sebesar 2,34 Mpa, *circular runner gate* sebesar 1,89 MPa, dan *parallel runner gate* sebesar 2,08 MPa. Parameter *Temperature at end of fill* yang dihasilkan dari ketiga pemodelan yaitu, *seri runner gate* sebesar 135,97°C, *circular runner gate* sebesar 137,63 °C, dan *parallel runner gate* sebesar 143 °C. Parameter *Volumetric shrinkage* yang dihasilkan dari ketiga pemodelan yaitu, *seri runner gate* sebesar 0,1190%, *circular runner gate* sebesar 0,1177%, dan *parallel runner gate* sebesar 0,1793%. Parameter *Cooling time* yang dihasilkan dari ketiga pemodelan yaitu, *seri runner gate* sebesar 155,6955s, *circular runner gate* sebesar 166,2604s, dan *parallel runner gate* sebesar 166,2604s.

## 4. KESIMPULAN DAN SARAN

### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil dari proses simulasi *injection molding* dengan menganalisis tiga pemodelan *multy cavity* yang dihasilkan oleh software SolidWork Plastic Simulation, maka dapat disimpulkan bahwa nilai dari faktor penyusutan (*shrinkage*) ketiga

pemodelan *multy cavity* berada pada batas jangkauan standar material yang digunakan, dimana pemodelan *multy cavity* tipe seri, *circular*, dan paralel memiliki nilai 0,1190 %, 0,1177 %, dan 0,1793 %. Pemodelan *multy cavity* dengan sistem *circular runner gate* memiliki nilai *pressure at end of fill* (tekanan akhir yang dibutuhkan) sebesar 1,89 MPa, nilai tersebut merupakan nilai terendah dari ketiga pemodelan. Hasil tersebut menjadi acuan untuk penerapan bentuk *multy cavity* pada cetakan agar daya yang dibutuhkan pada proses injeksi molding dengan mesin manual tipe *hand press* relatif lebih rendah. Jenis cetakan *two plate mold* memiliki konstruksi yang paling sesuai dengan alat injeksi molding manual.

### 4.2. Saran

Perlu diperhatikan sebelum masuk tahap proses produksi, pemilihan proses pemesinan untuk membuat bentuk dari cetakan harus memiliki tingkat kepresisian yang tinggi dikarenakan ukuran dari *core* dan *cavity* cetakan memiliki ukuran relatif kecil. Pada saat proses produksi slide piece temperatur pada cetakan dipastikan harus berada pada range 50°C -80°C agar hasil dari proses injeksi sama dengan proses simulasi pada software Solidwork Plastic Simulation. Untuk memaksimalkan perubahan temperatur pada cetakan, dibutuhkan suatu sistem pendinginan agar ketika proses holding time dan proses pengeluaran produk dari cetakan dapat menghasilkan waktu yang lebih efisien.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] P. A. Dos Santos, J. C. Giriolli, J. Amarasekera, and G. Moraes, "Natural fibers plastic composites for automotive applications," 2008.
- [2] S. and M. Gopar, "Tinjauan Penelitian Terkini tentang Pemanfaatan Komposit Serat Alam," *J. Tropical Wood Science & Technology* Vol. 7, No. 2, 2009, pp. 92-97, 2009..
- [3] A. E. Latief, N. D. Anggraeni, and D. Hernady, "Karakterisasi Mekanik Komposit Matriks Polipropilena High Impact Dengan Serat Alam Acak Dengan Metode Hand Lay Up Untuk Komponen Automotive," *J. Rekayasa Hijau*, 2020, doi:

- 10.26760/jrh.v3i3.3434.
- [4] N. D. Anggraeni, A. E. Latief, M. J. Alfano and T. D. Aprilianto, "Analisis Bending pada Komposit PPHI (Polypropylene High Impact) Berpenguat Serat Nanas dengan Fraksi Volume 20% yang Dibuat Menggunakan Injection Molding," XIX Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri, 17 Desember 2020, 2020.
- [5] D. V. Rosato and G. Marlene, Injection Molding Handbook, New York, 2000
- [6] W. Sujana and . I. K. A. Widi, "Pemanfaatan Silicon Rubber Untuk Meningkatkan Ketangguhan," Jurnal Energi dan Manufaktur Vol, 2013, pp. 37-42, 2013.
- [7] H. A. "Driven Pulley/Kick Stater/Kopling," in Buku Pedoman Reparasi Honda BeAT 110 FI, Indonesia, 2013, pp. 11-18.
- [8] A. E. Latief, N. D. Anggraeni, and W. Rhamdani, "Proses Pembuatan Mesin Injection Molding Hand Press Untuk Plastik Komposit", J. METAL : Jurnal Sistem Mekanik dan Termal, 2020, doi: 10.25077/metal.4.2.94-98.2020.
- [9] H. Darmawan Harsokoemo, Pengantar Perancangan Teknik (perancangan produk) Edisi Kedua, 2nd ed. Indonesia, Bandung: ITB PRESS, 2005.
- [10] D. Djuhana, A. D. Yulianto, and ..., "Plate Mold dengan Software Simulasi (Solidworks 3D)," Pist. J, vol. 3, no. 2, pp. 6–16, 2020, [Online]. Available: <http://openjournal.unpam.ac.id/index.php/Piston/article/view/7222>