

Perancangan *Bracket* Cetakan dan Simulasi *Injection Molding* untuk Komponen *Slide Piece CVT*

Muhammad Khaidar R, Alfian Ekajati Latief*, Naufal Raihan M, Satria Budhi Dharma

Teknik Mesin Institut Teknologi Nasional Bandung, Indonesia

Jl. PHH. Mustafa No.23 Bandung 40124

e-mail korespondensi : alfian@itenas.ac.id*

Received 05 September 2021 | *Revised* 05 April 2022 | *Accepted* 11 April 2022

ABTRAK

Sepeda motor adalah moda transportasi ter-favorit di masyarakat, dimana jumlahnya mencapai 106.657.952 unit atau sekitar 84 persen dari total kendaraan di Indonesia khususnya sepeda motor dengan automatic transmission. Hal ini berbanding lurus dengan banyaknya pengembangan atau penelitian di industri otomotif salah satunya yaitu pemanfaatan polypropilane high impact (PPHI) dan serat alam sebagai material atau bahan dasar sebuah produk. Oleh karena itu, dalam penelitian ini dirancang bracket cetakan yang merupakan pengembangan dari cetakan injection molding hand press sebelumnya. Penelitian ini bertujuan agar slide piece dapat diproduksi secara masal. Dalam penelitian ini dilakukan simulasi injection molding untuk slide piece berserat nanas dengan fraksi volume 20%, mesh 170 dengan perekat berupa polypropilane high impact (PPHI), melalui tahapan-tahapan perancangan, seperti penentuan kriteria kebutuhan, simulasi pembebanan, penentuan material, serta analisis hasil simulasi. Hasil dari perancangan adalah gambar teknik bracket cetakan yang menggunakan material AL 7075 T-7 serta parameter proses injection molding dari hasil simulasi berupa temperatur proses yang disarankan dari 180°C hingga 200°C dengan tekanan sebesar 24 MPa hingga 30 MPa.

Kata kunci: 3-5 ; Slide piece, Injection molding, Serat Nanas, polypropilane high impact (PPHI).

ABSTRACT

Motorcycles are the most popular mode of transportation in the community, where the number reaches 106,657,952 units or about 84 percent of the total vehicles in Indonesia, especially motorcycles with automatic transmission. This is directly proportional to the number of developments or researches in the automotive industry, one of which is the use of high impact polypropylene (PPHI) and natural fibers as the basic material for a product. Therefore, in this study, a mold bracket was designed which is a development of the previous hand press injection molding mold. This study aims to make slide pieces mass-produced. In this study, injection molding simulations were carried out for pineapple fibrous slide pieces with a volume fraction of 20%, mesh 170 with an adhesive in the form of high impact polypropylene (PPHI), through design stages, such as determining requirement criteria, loading simulation, determining material, and analyzing results. simulation. The results of the design are technical drawings of mold brackets using AL 7075 T-7 material and the injection molding process parameters from the simulation results in the form of a recommended process temperature from 180°C to 200°C with a pressure of 24 MPa to 30 MPa.

Key words: 3-5; Slide piece, Injection molding, Pineapple Fiber, polypropilane high impact (PPHI).

1. Pendahuluan

Teknologi ramah lingkungan sudah menjadi topik perbincangan dimana-mana baik dari kalangan khalayak umum hingga para cendekiawan, Saat ini perkembangan teknologi semakin pesat, mulai dibidang pertanian, industri besar, dan industri skala rumah tangga ("Teknologi Ramah Lingkungan Kompas.com", 2020), juga pemahaman masyarakat yang sadar akan pentingnya sustainability, dimana sustainability sendiri merupakan sebuah konsep yang berkaitan dengan kelangsungan berbagai aspek keberlangsungan hidup[1]. Salah satu teknologi ramah lingkungan yaitu dengan memanfaatkan potensi serat alam yang dijadikan biokomposit, dapat menyelesaikan masalah pengemasan industri selain itu dapat dimanfaatkan juga untuk konstruksi berkelanjutan di industri automotive[2], salah satu serat alam yang digunakan adalah serat daun nanas yang memiliki kekuatan dan kekakuan yang tinggi salah satunya dikarenakan memiliki kandungan selulosa yang tinggi[3]. Pada tahun 2014 Indonesia mampu melakukan panen daun nanas 1,8 Juta ton, sedangkan berat dari daun nanas rata-rata 7 % nya sehingga Indonesia mampu menghasilkan 126.000 ton daun nanas setiap tahun nya [4], Berdasarkan hal itu penulis berharap dapat memanfaatkan bahan alam tersebut untuk teknologi ramah lingkungan dibidang industri khususnya otomotif.

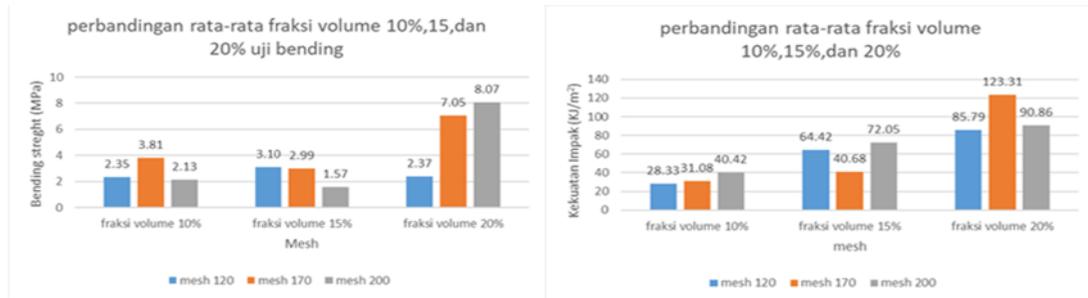
Pada tahun 2018 sepeda motor masih menjadi moda transportasi ter-favorit di masyarakat Indonesia dimana tercatat 106.657.952 unit kendaraan adalah sepeda motor dari total kendaraan yang ada di Indonesia yakni sebanyak 126.508.776 unit (Jumlah kendaraan bermotor, bps.go.id", 2018). Salah satu jenis sepeda motor berjenis matic, yang dalam mekanisme kerjanya sepeda motor matic ini menggunakan mekanisme CVT (*Continuously Variable Transmission*), mekanisme sistem ini bertujuan meningkatkan ekonomi bahan bakar di kendaraan dengan cara pengoperasian engine mendekati kondisi kecepatan daya efisiensi maksimum [5] dimana salah satu komponen utamanya adalah *slide piece*.

Oleh karenanya penulis akan melakukan perancangan dan pengembangan simulasi dari penelitian cetakan *slide piece* metode *hand press* [6] sedangkan yang akan digunakan sekarang yaitu mesin *injection molding* skala industri yang bertujuan untuk mendapatkan kualitas hasil produk cetakan berupa *sparepart slide piece* berbahan serat nanas dengan fraksi volume 20%, mesh 170 dan perekat berupa *polypropilane high impact*, menggunakan metode *injection molding* yang dapat menurunkan persentase porositas yang terjadi[7]. atau yang lebih baik dibandingkan dengan *slide piece* yang beredar dipasaran, penelitian sebelumnya dengan menggunakan *injection molding handpress* dan dapat diproduksi secara masal.

Tujuan dari perancangan dan simulasi ini adalah mendapat rancangan *bracket* cetakan serta parameter mesin *injection molding* yang memenuhi kriteria perancangan dalam bentuk gambar teknik dan variabel input pada mesin *injection molding* berdasarkan *filling time*, *volumetric shrinkage* dan *cooling*[8]. Dari data tersebut jika sudah diperoleh dari pihak perancang maka akan langsung di serahkan kepada pihak produksi untuk segera diproduksi sesuai dengan hasil dari perancangan. [9][10].

2. Metodologi

Tahap pertama yaitu pengumpulan data untuk memperoleh dimensi produk, spesifikasi mesin *Injection molding* dan material PPHI sebagai bahan dasar pembentuk *Slide Piece* berdasarkan data yang diperoleh lalu dibuatlah kriteria-kriteria perancangan sesuai kebutuhan. Setelah itu membuat *slide piece* model 3D menggunakan *software Solidworks* serta *meshing* menggunakan *Solidworks plastic* untuk memperoleh *polygon* segitiga agar dapat dilakukannya proses simulasi. Hasil dari simulasi tersebut dibandingkan dengan perhitungan secara manual dengan parameter *filling time*, *volumetric shrinkage* dan *cooling time*. Selanjutnya membuat model *bracket* cetakan produk *slide piece* dan melakukan simulasi pembebanan pada *bracket* tersebut. Terakhir yaitu



Gambar 2. Tabel perbandingan serat PPHI [7]

2.4. Kriteria Perancangan *bracket* cetakan

Data kriteria perancangan *bracket* cetakan berdasarkan kondisi kerja dan pengguna mesin *injection molding* yang didapatkan adalah sebagai berikut:

- 1) Bentuk menyesuaikan dengan Ukuran *nozzle* dan cekam mesin *injection molding*.
- 2) Sistem Material *bracket* cetakan mampu menghantarkan panas dengan baik..
- 3) Tahan terhadap korosi mengingat bahan termoplastik akan di alirkan ke rongga cetakan.
- 4) Material *bracket* cetakan tidak melebihi titik leleh PPHI.
- 5) Dapat menanah beban dari *injection molding*.
- 6) Ringan dan mudah dipasangkan pada mesin *injectionmolding*.
- 7) Aman dalam pengoperasian.
- 8) Mudah dan cepat dalam proses pemesinan produksi.

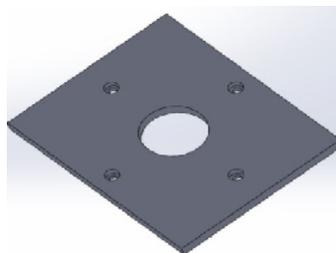
2.5. Perancangan *Bracket* Cetakan

Material yang dipilih untuk menjadi bahan *bracket* cetakan adalah alumunium seri T-7. Material ini dipilih karena memiliki konduktivitas *thermal* yang tinggi jika diberikan *heat treatment* yang sesuai serta memiliki keuntungan dari segi performa dan biaya jika *thermal management* menjadi kunci tinjauan perancangan [9].

Tabel 2. Material Cetakan

Jenis Material	Alumunium
Tipe Alumunium	Al 7075 T-7
Konduktivitas Termal	$155 \frac{W}{m \cdot K}$
Titik Lebur	477 °C - 635 °C

Berikut ini merupakan hasil perancangan dengan menghasilkan bentuk 3D Menggunakan *softwaresolidwork*. Dimensi dari *Bracket Plate* = 180 mm x 150 mm x 10 mm.

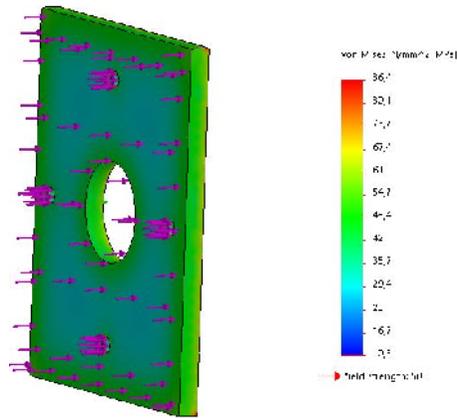


Gambar 3. *Bracket* Cetakan

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Simulasi Pembebanan *Bracket* Cetakan

Pada proses analisis ini, analisis yang digunakan adalah *stress analysis* pada *software Solidworks*. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui tegangan pada *molding* dengan material Aluminium 7075 T-7 yang digunakan pada *bracket* cetakan yang diperuntukkan untuk mesin *injection molding* yang bertekanan maksimal 1300 kN,



Gambar 4. *Bracket* Cetakan

Hasil simulasi tegangan *von mises stress* dengan tekanan 1300 kN yang terlihat pada **Gambar 4.** menunjukkan tegangan maksimal maksimal yang terjadi sebesar 86.4 MPa. Berdasarkan hasil simulasi pembebanan dapat dinyatakan bahwa Aluminium 7075 T-7 adalah material yang sesuai untuk diguganankan sebagai material *bracket injection molding* dikarenakan Aluminium 7075 T-7 memiliki *yield strength* sebesar 505 MPa.

3.2. Simulasi *Injection Molding*

Penentuan temperatur dan tekanan yang akan di aplikasikan pada cetakan ditentukan dari proses simulasi setiap variabel akan menghasilkan parameter injeksi yang bervariasi.

1) Variasi Temperatur *Slide Piece*

Tabel 3. Variasi Temperatur

Temperatur	180	200	220	240	260	280
Fill Time	2.034 sec	2,019 sec	2,005 sec	1,984 sec	1,931 sec	1,851 sec
Volumetric Shrinkage At End Of Fill	0,031– 0,1164 %	0,0302 – 0,1601 %	0,033– 0,1523 %	0,039 – 0,1437 %	0, – 0,0948 %	0,– 0,0891 %
Cooling Time	2.8087 – 39.93 sec	2.9896 – 50.87 sec	3.018– 80.5187 sec	9,1171 – 120,21sec	26,88 – 143.52 sec	30,04 – 144,72 sec

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *softwaresolidworks* dengan variasi temperatur 180 , 200 , 220 , 240 , 260 , dan 280 didapatkan *fill time* tercepat berada pada temperatur 280 yaitu dengan waktu 1,851 detik juga jika dilihat dari *volumetric shrinkage* terlihat bahwa nilai penyusutan yang paling rendah berada pada temperatur 280 yaitu dengan penyusutan maksimal sebesar 0,0891 % dan juga *cooling time* tercepat pada temperatur 180 dengan waktu 2.8087 sampai 39.93 detik.

A. Variasi Tekanan *Slide Piece*

Tabel 4. Variasi Tekanan

Tekanan	3 MPa	9 MPa	24 MPa	30 MPa
<i>Fill Time</i>	2,214 sec	2,092 sec	1,982 sec	1,939 sec
<i>Volumetric Shrinkage At End Of Fill</i>	0,127 – 1,032 %	0,142 – 1,825 %	0 – 0,510 %	0 – 0,289 %
<i>Cooling Time</i>	2.9804 – 40.93 sec	3.524 – 41.09 sec	3.631 – 42.31 sec	3.573 – 41.97 sec

Berdasarkan hasil simulasi menggunakan *softwaresolidworks* dengan variasi tekanan 3 MPa, 9 MPa, 24 MPa dan 30 MPa didapatkan *fill time* tercepat berada pada tekanan 30 MPa yaitu dengan waktu 1,939 detik akan dan jika dilihat dari *volumetric shrinkage* terlihat bahwa nilai penyusutan yang paling rendah berada pada tekanan 30 MPa yaitu dengan penyusutan maksimal sebesar 0,289 % juga *cooling time* tercepat pada tekanan 3 MPa dengan waktu 2.9804 sampai 40.93 detik.

B. Simulasi *Fill Time Dan Volumetric Shirkage Injection Molding Optimal*

Tabel 5. *Fill Time Dan Volumetric Shirkage Optimal*

Tekanan	30 MPa
Temperatur	280
<i>Fill Time</i>	1,586 sec
<i>Volumetric Shrinkage At End Of Fill</i>	0 – 0,0941 %
<i>Cooling Time</i>	26,88 sec – 143.52 sec

Berdasarkan **Tabel 5.** perbandingan hasil simulasi *injection molding* yang sudah disimulasikan maka *fill time* dan *volumetric shirkage* optimal adalah pada temperatur 280 dan dengan tekanan 30 MPa.

C. Simulasi *Cooling Time Injection Molding Optimal*

Tabel 6. *Cooling Time Optimal*

Tekanan	3 MPa
Temperatur	180
<i>Fill Time</i>	2,1 sec
<i>Volumetric Shrinkage At End Of Fill</i>	0 – 0,1771 %
<i>Cooling Time</i>	3,0375 sec – 49,1545 sec

Berdasarkan **Tabel 6**. perbandingan hasil simulasi *injection molding* yang sudah disimulasikan maka *fill time* dan *volumetric shrinkage* optimal adalah pada temperatur 180 dan dengan tekanan 3 MPa.

3.3. Perhitungan *Injection Molding*

Berikut merupakan perhitungan secara manual untuk menghitung parameter parameter *Injection molding*:

1) *fill time*

$$t_f = \frac{2V_s \times P_j}{P_j}$$

(1)

Dimana :

t_f : *Filling time* / waktu pengisian

V_s : Volume *shot*

P_j : Tekanan yang direkomendasikan

P_j : Daya injeksi

$$t_f = \frac{2 \times 4,296 \times 10^{-6} m^3 \times 965 \times 10^6 n/m^2}{5,5 \times 10^3 w}$$

$$t_f = 1.5075 s$$

2) Menghitung Laju Aliran

$$Q = \frac{V}{t}$$

(2)

Dimana :

Q : Laju Aliran Massa

V : Volume *s*

t : Waktu *filling time*

$$Q = \frac{0.004296 m^3}{1.5075 s}$$

$$Q = 0.002849 m^3/s$$

3) *Cooling Time*

$$t_{Cooling} = \frac{h^2}{2\pi \times \alpha} \times \ln \left[\frac{4}{\pi} \times \left(\frac{TMelt - TMold}{TEject - TMold} \right) \right] \quad (3)$$

$$t_{Cooling} = \frac{h^2}{2\pi \times \left(\frac{\lambda}{\rho \times C_p} \right)} \times \ln \left[\frac{4}{\pi} \times \left(\frac{TMelt - TMold}{TEject - TMold} \right) \right] \quad (4)$$

Dimana :

$t_{Cooling}$: Waktu pendinginan

h^2 : Volume *mold*

: Difusivitas termal

λ : Konduktivitas termal

ρ : Massa jenis

C_p : Kalor Jenis

$TMelt$: Temperatur leleh

$TMold$: Temperatur *mold*

$TEject$: Temperatur eaksi

3.4. Perbandingan Parameter *Injection Molding*

Tabel 7. Perbandingan Parameter *Injection Molding*

Model	<i>Injection molding</i> (perhitungan)	<i>Injection molding</i> (simulasi 280 & 30 MPa)	<i>Injection molding</i> (simulasi 180 & 3 MPa)	Hand Press
<i>Fill Time</i>	1.5075 sec	1,586 sec	2,1 sec	2,392 sec
<i>Volumetric Shrinkage At End Of Fill</i>	x	0 – 0,0941 %	0 – 0,1394 %	0 – 0,1177 %
<i>Cooling Time</i>	47.93 sec	26,88 – 143.52 sec	3,0375 – 49,1545 sec	8,3641 – 166,260 sec

Jika melihat dari **Tabel 7**, perbandingan diatas maka dapat diketahui bahwa *Injection molding* baik pada temperatur 280 atau 180 dan tekanan 30 MPa dan 3 MPa menunjukkan angka yang lebih baik dibandingkan dengan *hand press manual* begitu pula jika dibandingkan dengan perhitungan manual menunjukan perbedaan yang tidak terlalu signifikan dalam hal ini dapat diartikan bahwa hasil simulasi yang dilakukan sesuai dengan perhitungan manual.

4. Kesimpulan

Berdasarkan alat *Injection molding* Apex 130 Easy didapatkan *bracket* cetakan menggunakan material Al 7075 T-7 dengan titik lebur 477 °C - 635 °C dan konduktivitas termal 155 W/(m . K) , dengan dimensi 150 x 180 mm dan menggunakan *bolt* m6 x 25 mm. Berdasarkan simulasi pembebanan *bracket* cetakan yang dirancang dapat menahan beban yang di berikan dari mesin *injection molding*. Hasil simulasi *Injection molding* sistem *circular runner gate* dengan variasi tekanan dan temperatur menunjukan bahwa *filling time* dan *volumetric shrinkage* yang ideal berada pada temperature 280°C dan dengan tekanan sebesar 30 MPa yang menunjukan *filling time* 1,586 detik dan *volumetric shrinkage* pada range 0 – 0,1394 %. Hasil simulasi *Injection molding* sistem *circular runner gate* dengan variasi tekanan dan temperatur menunjukan bahwa *cooling time* yang ideal berada pada temperatur 180°C dan dengan tekanan sebesar 30 MPa yang menunjukan *cooling time* pada range 3,0375 – 49,1545 sec. Jika ditinjau dari *filling time*, *volumetric shrinkage*, dan *cooling time* secara keseluruhan berdasarkan simulasi yang sudah dilakukan maka range penggunaan temperatur yang cocok berada pada 180°C hingga 200°C dan pada tekanan 24 MPa hingga 30 MPa.

5. Daftar Pustaka

- [1] A. Amri, “Pengaruh Pendinginan Dalam Proses Injection Molding Pembuatan Acetabular Cup Pada Sambungan Hip,” 2009.
- [2] G. S. Mann, L. P. Singh, P. Kumar, and S. Singh, “Green composites: A review of processing technologies and recent applications,” *J. Thermoplast. Compos. Mater.*, vol. 33, no. 8, pp. 1145–1171, 2020, doi: 10.1177/0892705718816354.
- [3] M. Asim *et al.*, “A review on pineapple leaves fibre and its composites,” *Int. J. Polym. Sci.*, vol. 2015, 2015, doi: 10.1155/2015/950567.
- [4] M. Mahardika, H. Abral, A. Kasim, S. Arief, and M. Asrofi, “Production of nanocellulose from pineapple leaf fibers via high-shear homogenization and ultrasonication,” *Fibers*, vol. 6, no. 2, pp. 1–12, 2018, doi: 10.3390/fib6020028.
- [5] M. Milazzo *et al.*, “A passively regulated full-toroidal continuously variable transmission,” *Meccanica*, vol. 55, no. 1, pp. 211–226, 2020, doi: 10.1007/s11012-019-01096-y.
- [6] A. E. Latief, L. Darusman, W. P. Fahla, A. D. Zaidan, and N. Desi, “Perancangan Cetakan Injection Molding Hand Press Untuk Produk Slide Piece CVT Menggunakan FEM,” vol. 2, pp. 105–113, 2021.
- [7] N. D. Anggraeni *et al.*, “Analisis Bending pada Komposit PPHI (Polypropylene High Impact) Berpenguat Serat Nanas dengan Fraksi Volume 20 % yang Dibuat Menggunakan Injection Molding,” 2020, pp. 8–12.
- [8] I. Putera, “Perancangan Produk dan Analisis Mesin Injection Handpress dengan Mennggunakan Software Solidwork,” Institut Teknologi Nasional Bandung, 2020.
- [9] R. N. Lumley, N. Deeva, R. Larsen, J. Gembarovic, and J. Freeman, “The role of alloy composition and T7 heat treatment in enhancing thermal conductivity of aluminum high pressure diecastings,” *Metall. Mater. Trans. A Phys. Metall. Mater. Sci.*, vol. 44, no. 2, pp. 1074–1086, 2013, doi: 10.1007/s11661-012-1443-7.
- [10] Y. Tang, Z. Gao, and Y. F. Zhao, “Design of conformal porous structures for the cooling system of an injection mold fabricated by additive manufacturing process,” *J. Mech. Des. Trans. ASME*, vol. 141, no. 10, pp. 1–11, 2019, doi: 10.1115/1.4043680.