

PENGARUH TEMPERATUR CETAKAN KOMPOSIT Matriks *POLYPROPYLENE HIGH IMPACT* (PPHI) BERPENGUAT SERAT NANAS TERHADAP CACAT *SHRINGKAGE* DAN *SINK MARK* MENGGUNAKAN SOLIDWORKS 2017

HENDRI SANJAYA¹, NUHA DESI ANGGRAENI²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi
Nasional

Jl.PH.H Mustofa No.23, Bandung 40124

Email: Hendri.Sanjaya15@gmail.com

Received DD MM YYYY | *Revised* DD MM YYYY | *Accepted* DD MM YYYY

ABSTRAK

Besarnya temperatur cetakan pada proses Injection Molding sangat mempengaruhi terhadap hasil material yang akan dibuat baik secara visual maupun kekuatan mekaniknya. Pada penelitian ini bahan komposit yang digunakan yaitu Polypropylene High Impact (PPHI) dan serat alam daun nanas dengan fraksi volume 20%. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan temperatur ideal cetakan terhadap cacat shrinkage dan sink mark berdasarkan variasi temperatur yang digunakan yaitu 50°C, 60°C, 70°C, dan 80°C menggunakan aplikasi simulasi pada Solidworks dengan fitur Plastic simulation dan proses pembuatan menggunakan mesin Injection Molding Hand-Press menggunakan temperatur cetakan ideal berdasarkan hasil simulasi. Dari hasil penelitian yang dilakukan temperatur cetakan yang ideal baik berdasarkan hasil simulasi maupun hasil produksi secara visual yaitu pada temperatur 50°C.

Kata kunci: *Komposit, Polypropylene, Temperatur Cetakan, Solidworks*

ABSTRACT

The amount of mold temperature in the Injection Molding process greatly affects the results of the material to be made both visually and mechanically. In this study, the composite materials used were Polypropylene High Impact (PPHI) and natural fiber from pineapple leaves with a volume fraction of 20%. This study aims to determine the ideal mold temperature for shrinkage defects and sink marks based on temperature variations used, namely 50°C, 60°C, 70°C, and 80°C using a simulation application on Solidworks with Plastic simulation features and the manufacturing process using Injection Molding Hand-Press using the ideal mold temperature. based on simulation results. From the results of research conducted,

the ideal mold temperature both based on simulation results and visual production results is at a temperature of 50°C.

Keywords: *Composite, Polypropylene, Mold Temperature, Solidworks*

1. PENDAHULUAN

Kemajuan ilmu pengetahuan dan teknologi dalam industri telah mendorong peningkatan dalam permintaan terhadap material komposit. Komposit berpenguat serat alam maupun buatan merupakan jenis komposit yang banyak dikembangkan guna menjadi bahan alternatif pengganti logam, hal ini disebabkan sifat dari komposit berpenguat serat (fiber *composite*) itu sendiri yang kuat dan mempunyai massa yang lebih ringan dibandingkan dengan logam.

Komposit yang digunakan dalam penelitian ini yaitu serat daun nanas dan matriks dengan jenis *Polipropylene High Impact* (PPHI). Dipilihnya serat daun nanas ini merupakan salah satu upaya pemanfaatan daun nanas yang sering dibuang dan dianggap sebagai limbah padahal serat daun nanas ini dapat digunakan sebagai pembuatan material komposit, sedangkan pemilihan matriks dengan jenis PPHI ini dipilih karena polimer jenis ini umum digunakan khususnya pada industri otomotif Indonesia. (Aprillianto, 2021)

Pada proses pembuatan material komposit terdapat beberapa metode yang dapat digunakan seperti metode Hand Lay-Up dan metode *Injection Molding*. Metode *Injection Molding* dapat memaksimalkan hasil dari metode Hand Lay-Up karena pada metode *Injection Molding* memiliki mesin yang dapat memberikan tekanan yang lebih tinggi sehingga dapat meminimalisir terjadinya cacat yang sering terjadi yaitu cacat porositas. Pada metode *Injection Molding* terdapat beberapa faktor-faktor yang dapat menyebabkan cacat pada hasil spesimen seperti pengaruh temperatur cetakan yang dapat menyebabkan cacat *sink mark* dan *shrinkage* pada hasil spesimen uji. Oleh karena itu penulis akan menganalisis pengaruh temperatur cetakan terhadap cacat *shrinkage* dan *sink mark* yang terjadi pada variasi temperatur cetakan yang diberikan, sehingga dapat ditentukan temperatur ideal cetak yang baik digunakan pada proses pembuatan spesimen uji untuk meminimalisir terjadinya cacat *shrinkage* dan cacat *sink mark*. Metode penelitian yang dilakukan berupa analisis *Plastic simulation* pada aplikasi Solidworks 2017.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan suatu penelitian yang bertujuan untuk menganalisis atau meminimalisir terjadinya cacat yang terjadi pada spesimen uji yang akan di buat. Data-data yang diperlukan dapat diperoleh melalui *Plastic simulation* pada aplikasi Solidwork 2017. Penelitian yang dilakukan adalah mensimulasikan cetakan pada aplikasi Solidwork dengan variasi temperatur cetakan 50°C, 60°C, 70°C, dan 80°C dan pembuatan komposit berbahan *Polypropylene High Impact* (PPHI) berpenguat serat nanas dengan fraksi volume 20% menggunakan metode *Injection Molding*. Kemudian dilakukan analisis cacat pada spesimen antara hasil simulasi pada solidwork dengan hasil spesimen yang telah di produksi sehingga dapat diperoleh nilai temperatur cetakan yang ideal untuk komposit tersebut sehingga dapat meminimalisir terjadinya cacat *shrinkage* dan *sink mark* pada hasil spesimen.

2.1. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan mencari studi literatur berupa jurnal-jurnal yang terkait dengan penelitian ini setelah itu mempersiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk proses simulasi pada solidworks dan proses produksi menggunakan mesin *Injection Molding* HandPress, bahan yang dibutuhkan yaitu *Polypropylene High Impact* (PPHI) dan serat daun nanas serta alat yang dibutuhkan yaitu cetakan komposit berbahan Aluminium seri 7075. Preparasi serat nanas memiliki beberapa tahapan yaitu dimulai dengan proses pengguntingan

serat dengan ukuran $\pm 2\text{mm}$ karena serat nanas memiliki panjang awal yang cukup panjang sehingga perlu dilakukan pengguntingan untuk mempermudah proses selanjutnya. Setelah dilakukan proses pengguntingan maka serat nanas dilakukan proses oven menggunakan temperatur oven 200°C dengan tujuan untuk mengurangi kadar air yang berada pada serat nanas lalu setelah serat nanas dilakukan oven selama 5 jam selanjutnya serat nanas dilakukan proses blender yang bertujuan untuk memperhalus serat nanas selanjutnya dilakukan penyaringan menggunakan alat mesh 170 dengan fraksi volume yang digunakan yaitu 20%. Setelah preparasi serat nanas dilakukan maka selanjutnya melakukan preparasi cetakan komposit untuk dilakukan simulasi menggunakan solidworks dengan fitur bernama *Plastic simulation*. Pada fitur *plastic simulation* terdapat fitur polymer dan material yang dapat diatur spesifikasinya sesuai keinginan sehingga membutuhkan spesifikasi yang baik. Simulasi pada *Plastic simulation* dapat menampilkan data-data yang diperlukan pada penelitian ini antara lain *Fill Time* (waktu penuangan), *shrinkage*, *sinkmark*, dan *Cooling Time* (waktu pendinginan). Setelah dilakukan simulasi menggunakan variasi temperatur cetakan 50°C , 60°C , 70°C , dan 80°C maka diperoleh temperatur cetakan ideal berdasarkan cacat *shrinkage* dan *sink mark* yang memiliki angka yang terkecil. Setelah dilakukan simulasi dan mendapatkan temperatur cetakan ideal berdasarkan hasil simulasi maka dilakukan proses pembuatan spesimen uji menggunakan mesin *Injection Molding Hand-Press* dengan temperatur cetakan yang digunakan yaitu temperatur yang ideal berdasarkan hasil simulasi. Setelah proses produksi dilakukan untuk setiap spesimen uji maka dilakukan perbandingan hasil spesimen antara hasil simulasi dan hasil produksi secara visual sehingga didapatkan kesimpulan pada penelitian ini.

2.2. Alat dan Bahan yang digunakan

Pada penelitian ini terdapat beberapa alat dan bahan yang akan digunakan untuk pembuatan spesimen uji, antara lain : Alat :

1. Cetakan Spesimen Berbahan Alumunium seri 7075
2. Oven
3. Gunting
4. Blender
5. Sheker (meshing) ukuran 170
6. Sarung tangan
7. Timbangan digital
8. Termogun
9. Mesin *Injection Molding Hand-Press*

Bahan :

1. *Polypropylene High Impact* (PPHI)
2. Serat Nanas

2.3. Preparasi Serat Nanas

Serat daun nanas memiliki ukuran yang cukup panjang oleh karena itu dilakukan proses pengguntingan serat dengan ukuran $\pm 2\text{mm}$ setelah itu dilakukan proses oven untuk mengurangi kadar air pada serat nanas lalu dilakukan proses blender untuk memperhalus serat nanas kemudian dilakukan penyaringan menggunakan alat mesh 170.

2.4.Perhitungan karakteristik PPHI dan Serat Nanas

Tabel 1. Spesifikasi PPHI

Suhu leleh	230 °C
Suhu Meleleh Maksimum	280 °C
Suhu Meleleh Minimum	200 °C
Suhu cetakan	50 °C
Suhu Cetakan Maksimum	80 °C
Suhu Cetakan Minimum	20 °C
Panas Spesifik	3100 J/Kg.K
Konduktivitas termal	0,15 W/mK
Modulus elastis	1350 MPa
Ekspansi termal	9.05e-005 1/°C

Spesifikasi PPHI yang ditunjukkan oleh **Tabel 1** digunakan untuk proses simulasi pada *Plastic simulation*. Spesifikasi PPHI tersebut dapat digunakan pada option polymer yang akan digunakan sehingga polymer yang digunakan dapat diatur sesuai keinginan.

Tabel 2. Spesifikasi PPHI + Serat

PPHI	Serat Nanas
Masa Jenis (ρ_m) = $953 \frac{kg}{m^3}$	Masa Jenis (ρ_f) = $1540 \frac{kg}{m^3}$
Fraksi Volume (V_m) = 80 %	Fraksi Volume(V_f) = 20 %
Kekuatan Tarik (σ_m) = 26 MPa	Kekuatan Tarik(σ_f) = 898,5 Mpa
Koefisien Muai (α_m) = $0.00015 \frac{1}{^{\circ}C}$	Koefisien Muai (α_f) = $3,8 \times 10^{-6} \frac{1}{^{\circ}C}$
Modulus Elastisitas (E_m) = 911 MPa	Modulus Elastisitas(E_f) = 44105 MPa

Pada merupakan data yang dibutuhkan untuk menghitung spesifikasi gabungan antara PPHI dan serat nanas yang akan digunakan pada *Plastic simulation*. Adapun perhitungan karakteristik yang dibutuhkan, antara lain:

A) Massa Jenis Material Komposit (PPHI+Serat)

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_f V_f \quad (1)$$

$$\rho_c = (953 \frac{kg}{m^3} \cdot 80\%) + (1540 \frac{kg}{m^3} \cdot 20\%)$$

$$\rho_c = 1070,4 \frac{kg}{m^3}$$

B) Kekuatan Tarik Material Komposit (PPHI+Serat)

$$\sigma_c = \sigma_m V_m + \sigma_f V_f \quad (2)$$

$$\sigma_c = (26 \text{ MPa} \cdot 80\%) + (898,5 \text{ MPa} \cdot 20\%)$$

$$\sigma_c = 20,8 \text{ MPa} + 179,7 \text{ MPa}$$

$$\sigma_c = 200 \text{ MPa}$$

C) Koefisien Muai Material Komposit (PPHI+Serat)

$$a_c = \frac{(a_m E_m V_m + a_f E_f V_f)}{(E_m V_m + E_f V_f)} \quad (3)$$

$$a_c = \frac{\left(0,00015 \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 911 \text{ MPa} \cdot 80\%\right) + \left(3,8 \times 10^{-6} \frac{1}{^\circ\text{C}} \cdot 44105 \text{ MPa} \cdot 20\%\right)}{(911 \text{ MPa} \cdot 80\% + 44105 \text{ MPa} \cdot 20\%)}$$

$$a_c = \frac{109320 \frac{\text{MPa}}{^\circ\text{C}} + 33519,8 \frac{\text{MPa}}{^\circ\text{C}}}{728,8 \text{ MPa} + 8821 \text{ MPa}}$$

$$a_c = 1,4 \times 10^{-5} \frac{1}{^\circ\text{C}}$$

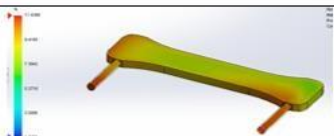
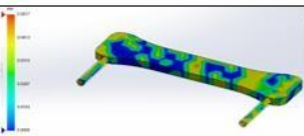
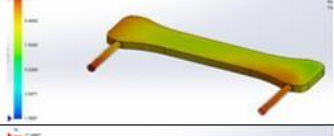
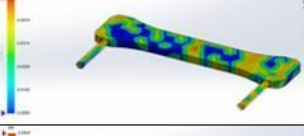
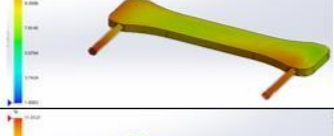
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisis *Plastic simulation*

Hasil Analisis menggunakan *Plastic simulation* ini memperlihatkan cacat *shrinkage* dan *sink mark* yang terjadi pada setiap spesimen uji dengan variasi temperatur cetakan yang berbeda menggunakan bahan material PPHI ditambah dengan serat nanas dengan fraksi volume 20%, dapat dilihat seperti berikut :

- *Fill Time* : waktu penuangan yang dibutuhkan PPHI untuk terisi penuh
- *Shrinkage* : cacat yang terjadi akibat penyusutan PPHI
- *Sink mark* : cacat yang terjadi berbentuk seperti cekungan

Tabel 3. Hasil Simulasi Uji Bending

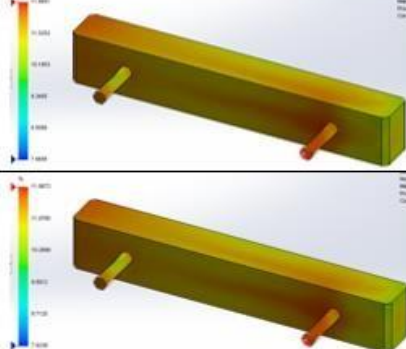
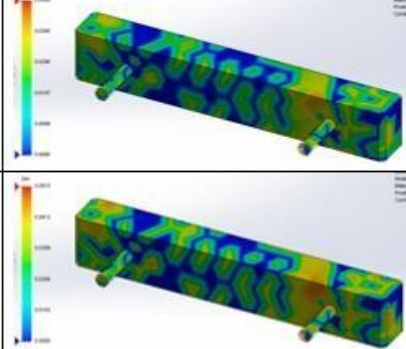
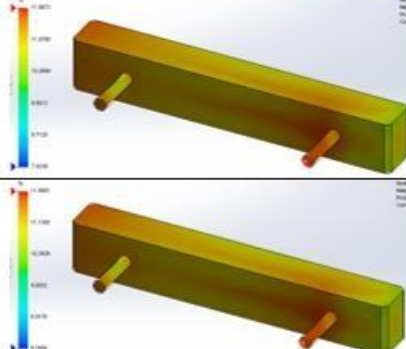
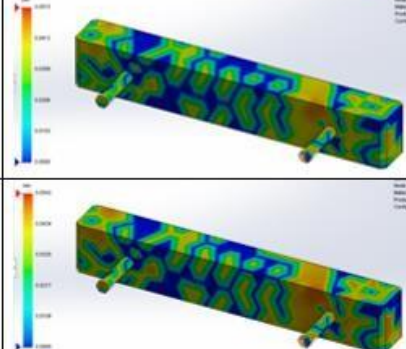
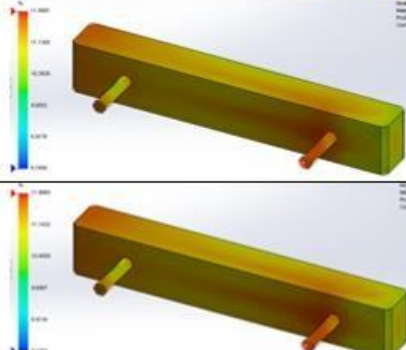
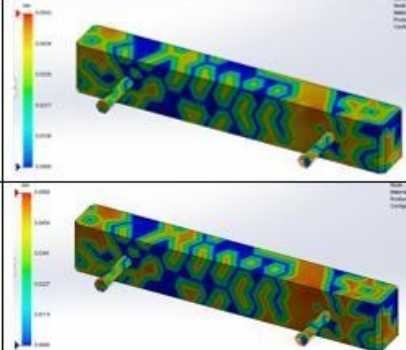
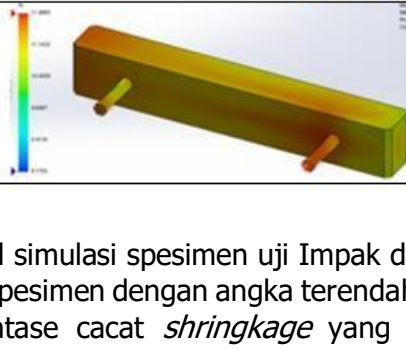
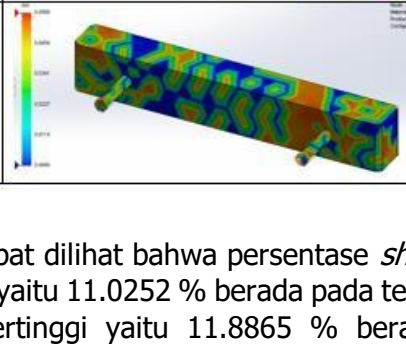
	FILL TIME	SHRINKAGE	SINK MARK
50	Max : 3,3504 sec		
60	Max : 3,3501 sec		
70	Max : 3,3506 sec		
80	Max : 3,3523 sec		

Pada **Tabel 3** hasil simulasi spesimen uji bending dapat dilihat bahwa persentase *shrinkage* yang terjadi pada spesimen dengan angka terendah yaitu 11.4388 % berada pada temperatur

Pengaruh Temperatur Cetakan Komposit Matriks
Polypropylene High Impact (PPHI) Berpenguat Serat Nanas Terhadap Cacat *Shrinkage* dan *Sink Mark*
Menggunakan Solidworks 2017

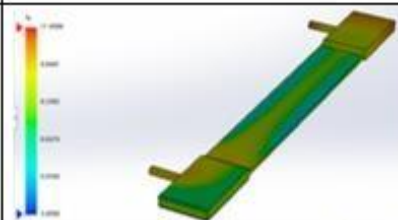
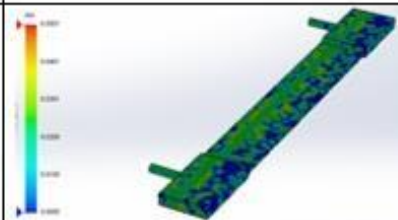
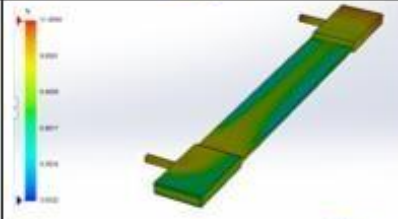
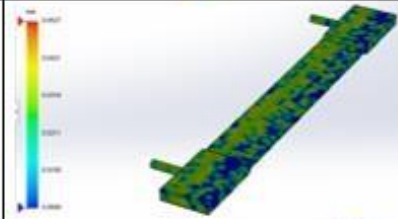
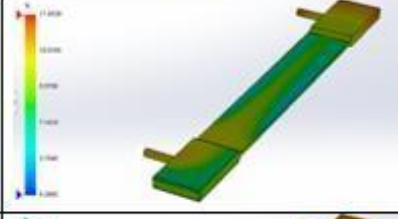
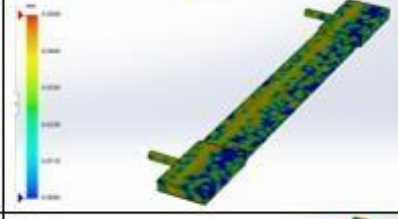
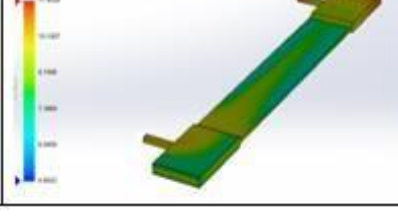
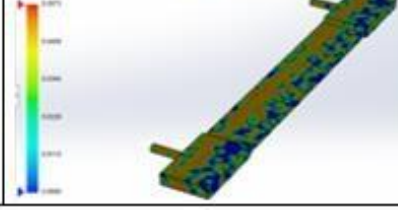
50°C dan persentase cacat *shrinkage* yang tertinggi yaitu 11.5121 % berada pada temperatur 80°C dan untuk kedalaman cacat *sink mark* pada spesimen uji yang terendah yaitu 0.0413 mm berada pada temperatur 50°C dan tertinggi yaitu 0.0567 mm berada pada temperatur 80 °C.

Tabel 4. Hasil Simulasi Uji Impak

	FILL TIME	SHRINKAGE	SINK MARK
50	Max : 10,0694 Sec		
60	Max : 10,0707 Sec		
70	Max : 10,0725 Sec		
80	Max : 10,0484 Sec		

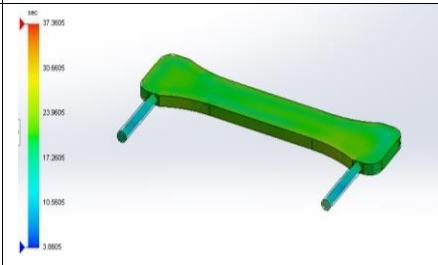
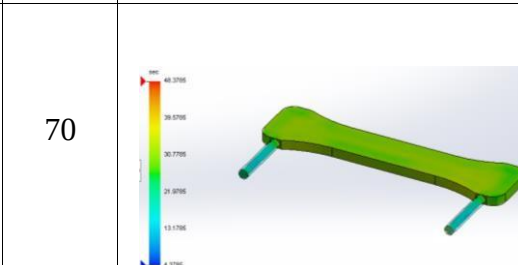
Pada **Tabel 4** hasil simulasi spesimen uji Impak dapat dilihat bahwa persentase *shrinkage* yang terjadi pada spesimen dengan angka terendah yaitu 11.0252 % berada pada temperatur 50°C dan persentase cacat *shrinkage* yang tertinggi yaitu 11.8865 % berada pada temperatur 80°C dan untuk kedalaman cacat *sink mark* pada spesimen uji yang terendah yaitu 0.0296 mm berada pada temperatur 50°C dan tertinggi yaitu 0.0568 mm berada pada temperatur 80°C .

Tabel 5. Hasil Simulasi Uji Tarik

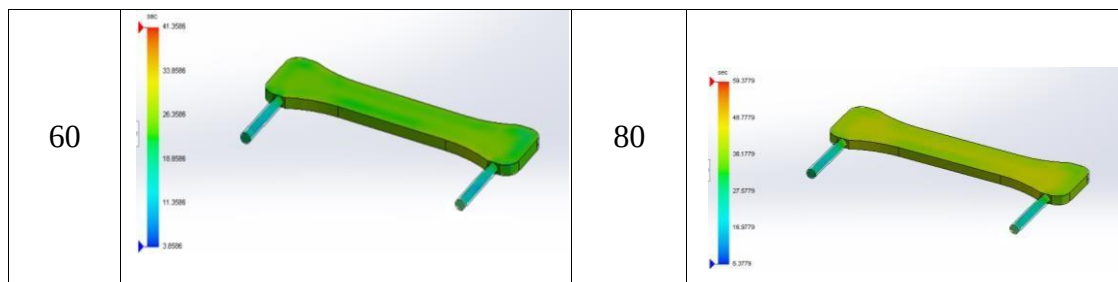
	FILL TIME	SHRINKAGE	SINK MARK
50	Max : 6,9409 Sec		
60	Max : 6,9400 Sec		
70	Max : 6,9422 Sec		
80	Max : 6,9397 Sec		

Pada **Tabel 5** hasil simulasi spesimen uji Tarik dapat dilihat bahwa persentase *shrinkage* yang terjadi pada spesimen dengan angka terendah yaitu 11.4526 % berada pada temperatur 80°C dan persentase cacat *shrinkage* yang tertinggi yaitu 11.4599 % berada pada temperatur 50°C dan untuk kedalaman cacat *sink mark* pada spesimen uji yang terendah yaitu 0.0301 mm berada pada temperatur 50°C dan tertinggi yaitu 0.0573 mm berada pada temperatur 80°C.

Tabel 6. Cooling Time Uji Bending

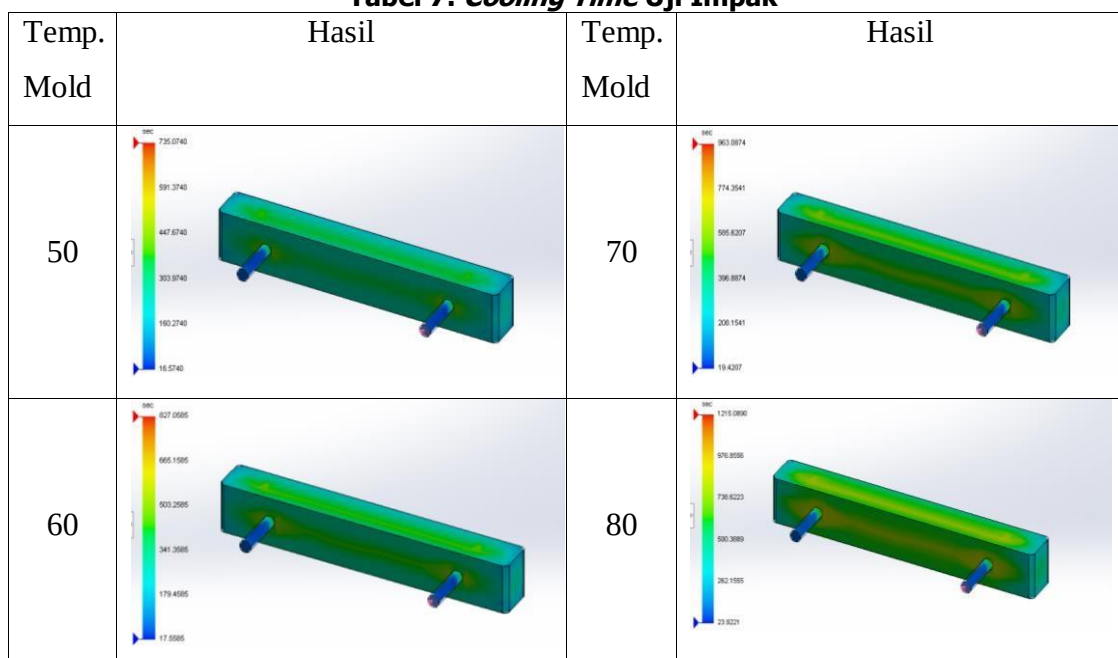
Temp. Mold	Hasil	Temp. Mold	Hasil
50		70	

Pengaruh Temperatur Cetakan Komposit Matriks
Polypropylene High Impact (PPHI) Berpenguat Serat Nanas Terhadap Cacat *Shrinkage* dan *Sink Mark*
Menggunakan Solidworks 2017



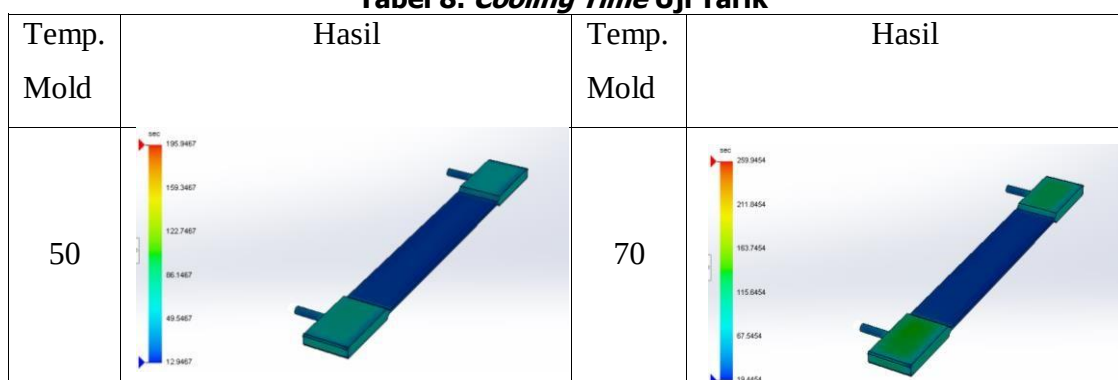
Pada **Tabel 6** hasil simulasi uji Bending untuk *Cooling Time* (waktu pendinginan) dapat dilihat pada tabel di atas, untuk temperatur 50°C membutuhkan waktu 23,9605 sec , untuk 60°C membutuhkan waktu 26,3586 sec , untuk 70°C membutuhkan waktu 30,7785 sec dan untuk temperatur 80°C membutuhkan waktu 38,1779 sec.

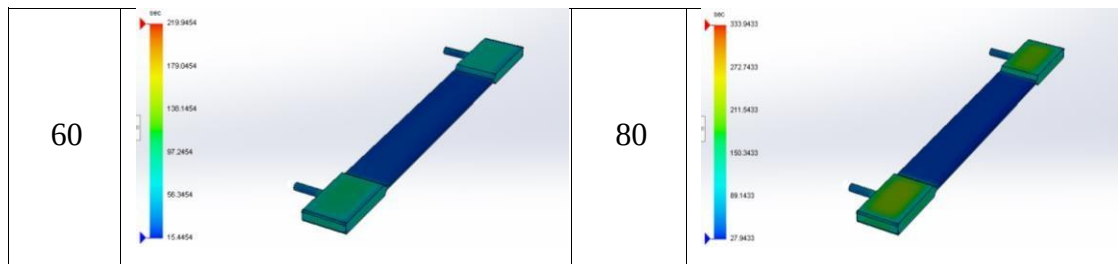
Tabel 7. *Cooling Time* Uji Impak



Pada **Tabel 7** hasil simulasi uji Impak untuk *Cooling Time* (waktu pendinginan) dapat dilihat pada tabel di atas, untuk temperatur 50°C membutuhkan waktu 303,97 sec , untuk 60°C membutuhkan waktu 503,25 sec , untuk 70°C membutuhkan waktu 585,62 sec dan untuk temperatur 80°C membutuhkan waktu 738,63 sec.

Tabel 8. *Cooling Time* Uji Tarik





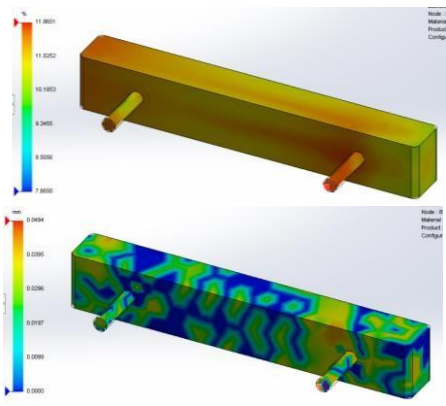
Pada **Tabel 8** hasil simulasi uji Tarik untuk *Cooling Time* (waktu pendinginan) dapat dilihat pada tabel di atas, untuk temperatur 50°C membutuhkan waktu bagian tengah 12,9467 sec dan untuk kedua sisi 86,1467 sec, untuk 60°C membutuhkan waktu bagian tengah 15,4454 sec dan untuk kedua sisi 97,2454 sec, untuk 70°C membutuhkan waktu bagian tengah 19,4454 sec dan untuk kedua sisi 115,6454 sec, serta untuk temperatur 80°C membutuhkan waktu bagian tengah 27,9433 sec dan untuk kedua sisi 150,3433 sec.

Tabel 9. Hasil Perbandingan Uji Bending

Hasil Simulasi	Hasil Produksi
	% <i>Shrinkage</i> : 7,8529 %

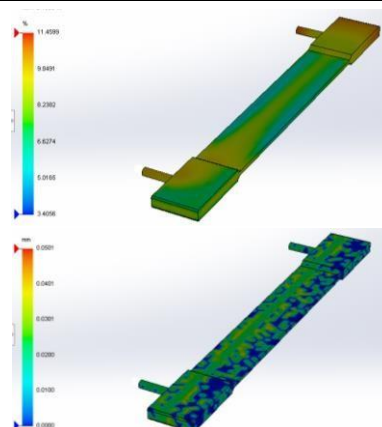
Pada **tabel 9** perbandingan antara hasil simulasi dan hasil produksi dapat dilihat dimana persentase besar cacat *shrinkage* pada hasil produksi memiliki angka yang cukup jauh dibandingkan dengan persentasi hasil simulasi, hal ini dikarenakan proses perhitungan persentase *shrinkage* pada hasil produksi tidak menggunakan rumus volumetrik sesuai standar bentuk spesimen sehingga hasil perbandingan persentase *shrinkage* yang terjadi akan berbeda cukup jauh.

Tabel 10. Hasil Perbandingan Uji Impak

Hasil Simulasi	Hasil Produksi
	% <i>Shrinkage</i> : 11,2792 % 

Pada hasil perbandingan yang ditunjukkan oleh **Tabel 10** dapat dilihat bahwa hasil spesimen uji secara visual hampir mendekati ideal hal ini dapat dilihat pada tabel, secara visual cacat yang terjadi pada hasil produksi memiliki cacat *sink mark* yang tidak begitu besar dibandingkan dengan hasil yang ditunjukkan pada simulasi. Namun cacat yang terjadi pada hasil produksi hanya ditinjau secara visual saja sehingga hasil cacat *sink mark* yang didapat terlihat lebih baik dibandingkan secara simulasi.

Tabel 11. Hasil Perbandingan Uji Tarik

Hasil Simulasi	Hasil Produksi
	% <i>Shrinkage</i> : 1,9230 % 

Pada hasil perbandingan yang ditunjukkan oleh **Tabel 11** dapat dilihat bahwa cacat yang terjadi pada hasil proses produksi berada hanya pada bagian daerah inlet dan outlet atau berada pada daerah yang memiliki ketebalan yang lebih besar. Dibandingkan dengan hasil pada simulasi, cacat yang ditunjukkan oleh simulasi berada pada setiap bagian spesimen dari daerah inlet, outlet dan bagian tengah hal ini terjadi karena solidwork mendeteksi adanya cacat *sink mark* pada spesimen dengan ukuran yang sangat kecil sehingga jika dilihat secara visual maka cacat *sink mark* tidak terlihat sangat jelas.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil simulasi Temperatur ideal cetakan untuk setiap spesimen uji baik uji tarik, uji impak maupun uji bending yaitu dengan temperatur 50°C. Hasil simulasi pada solidwork spesimen uji Bending dengan temperatur 50°C memiliki angka *shrinkage* 11,4388 % serta angka *Sink mark* 0,0310 mm. Spesimen uji Impak memiliki angka *shrinkage* 11,8651 % serta angka *Sink mark* 0,0296 mm. Spesimen uji Tarik memiliki angka *shrinkage* 11,4599 % serta angka *Sink mark* 0,0301 mm. Perbandingan cacat *shrinkage* uji Bending berdasarkan perhitungan memiliki nilai 7,8529 % sedangkan secara simulasi memiliki nilai 11,4388 % , uji Impak memiliki nilai teori 11,2792 % sedangkan secara simulasi 11,8651% dan uji Tarik memiliki nilai teori 1,9230% sedangkan secara simulasi 11,4599%. Kecepatan injeksi, kenaikan temperatur barrel dan cetakan pada saat proses pembuatan spesimen mempengaruhi hasil spesimen secara visual baik dari tampilan bentuk maupun dimensi.

DAFTAR PUSTAKA

- Rabbi, R. (2020) Proses Pembuatan Spesimen Uji Berbahan Komposit PPHI Berpenguat Serat Alam Menggunakan Metode Hand Lay-up.
- Putra, I. (2020) *Injection Molding* Hand Press Design and Analysis Using Solidwork.
- Nayroh, N. (2014) Teknologi Material Komposit
- Abdillah, I. (2020) Analisis Komposit Polimer PPHI Berpenguat Serat Nanas Dengan Fraksi Volume 20% Menggunakan Metode Hand Lay-Up.
- Sulistyo, T. (2016) Analisa Teknis Penggunaan Daun Nanas Sebagai Alternatif Bahan Komposit Pembuatan Kulit Kapal.
- Hidayat, A. (2016) Analisa Teknis Komposit Berpenguat Serat Daun Nanas Dengan Core Serbuk Gergaji Kayu Ditinjau Dari Kekuatan Tekuk dan Impak.
- Dhofir, A. (2017) Pengaruh Variasi Susunan Serat Nanas Terhadap Kekuatan Mekanik Komposit.
- Dwi, T. (2021) Pengujian Karakter Material Komposit *Polypropylene High Impact* (PPHI) Berpenguat Serat Rami 15% Menggunakan Metode *Injection Molding*.
- Jhon, R. (2021) Pengujian Karakter Material Komposit *Polypropylene High Impact* (PPHI) Berpenguat Serat Nanas 20% Menggunakan Metode *Injection Molding*.
- Ginangjar, N., Shidharat, I., & Soeharto. (2012) Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Dimensi CIL dalam (Internal Chill) Terhadap Cacat Penyusutan (*Shrinkage*) Pada Pengecoran Aluminium 6061.
- Khadliq, M. (2015) Komparasi Parameter Injeksi Pada HDPE Recycled Dan Virgin Material