



TUGAS AKHIR - TM141585

**SIMULASI DAN STUDI EKSPERIMENTAL UNTUK
MENGETAHUI SIFAT PENYUSUTAN
(SHRINKAGE) MATERIAL BIOKOMPOSIT
SESUAI STANDARD ASTM D955-08**

TUBAGUS BIMA PRAKOSA
NRP. 02111240000107

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M. Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018



FINAL PROJECT - TM141585

**SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDY TO
FIND SHRINKAGE BEHAVIOUR IN MATERIAL
BIOCOMPOSITES BASED ON ASTM D955 - 08**

TUBAGUS BIMA PRAKOSA
NRP. 02111240000107

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ing. Ir. I Made Londen Batan, M. Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2018

**SIMULASI DAN STUDI EKSPERIMENTAL UNTUK
MENGETAHUI SIFAT PENYUSUTAN (SHRINGKAGE)
MATERIAL BIOKOMPOSIT SESUAI STANDARD
ASTM D955-08**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

TUBAGUS BIMA PRAKOSA

NRP. 02111240000107

Disetujui oleh Tim Pengujii Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Ing. I Made Londen Bafan, M.Eng.
NIP. 195811061986011002 (Pembimbing I)
2. Ir Bambang Pramujati, Msc.Eng., PhD.
NIP. 196912031994031001 (Penguji I)
3. Latifah Nurahmi, ST, MSc, PhD.
NIP. 1986201712037 (Penguji II)
4. Dimny Harnany, ST, MSc.
NIP. 2100201405001 (Penguji III)

SURABAYA
JANUARI, 2018

SIMULASI DAN STUDI EKSPERIMENTAL UNTUK MENGETAHUI SIFAT PENYUSUTAN (*SHRINKAGE*) MATERIAL BIOKOMPOSIT SESUAI STANDAR ASTM D955 – 08

**Nama : TUBAGUS BIMA PRAKOSA
NRP : 02111240000107
Departemen : Teknik Mesin
Dosen : Prof. Dr. Ing. Ir. I MADE LONDEN BATAN, M.Eng**

ABSTRAK

Harga bahan baku plastik semakin hari semakin naik akibat meningkatnya kebutuhan akan produk plastik. Usaha untuk mencari material alternatif terus dilakukan, misalnya dengan mencampur material plastik dengan serat alam atau material organic lainnya, seperti sekam padi, serat sisal, dan lain sebagainya. Sejalan dengan proses pembuatan produk plastik dengan mesin injeksi, maka setiap material plastik yang digunakan harus diketahui sifat penyusutannya (*shrinkage*), demikian pula dengan material alternatif plastik. Pada penelitian tugas akhir ini akan meneliti tentang nilai penyusutan dari material biokomposit sesuai dengan standar ASTM D955.

Tahapan yang dilakukan dalam penelitian ini diawali dengan melakukan studi literature mempelajari tentang sifat mampu cetak khususnya *shrinkage* dan studi lapangan tentang cara kerja mesin. Kemudian membuat model 3D specimen untuk disimulasikan menggunakan moldflow. Material yang digunakan adalah biokomposit dimana tidak terdapat pada database material di moldflow yang mengharuskan untuk membuat database material baru. Lokasi injeksi dipilih berdasarkan hasil simulasi dan parameter prosesnya yang kemudian digunakan untuk

mensimulasikan nilai *shrinkage* specimen uji tersebut. Selanjutnya dilakukan uji coba proses injeksi di mesin injeksi moulding HAITIAN MA 900/260e. Sesuai dengan ASTM D955 dilakukan pengukuran specimen dan perhitungan nilai *shrinkage* material.

Dari penelitian ini didapatkan setting parameter injeksi *nozzle temperature* sebesar 195°C, *barel temperature* sebesar 210°C, *injection time* sebesar 2 detik, *injection pressure* sebesar 60 bar, *holding pressure* sebesar 30 bar, dan *holding time* sebesar 10 detik. Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan sekam padi berdasarkan arah datangnya aliran plastik dari searah dan tegak lurus berturut – turut sebesar 1.5% dan 1.65%. Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan serat sisal berdasarkan arah datangnya aliran plastik dari searah dan tegak lurus berturut – turut sebesar 1.06% dan 1.30%. Nilai *shrinkage* PP murni berdasarkan arah datangnya aliran plastik dari searah dan tegak lurus berturut – turut sebesar 1.33% dan 1.49%.

Kata Kunci: *shrinkage*, parameter proses, biokomposit

SIMULATION AND EXPERIMENTAL STUDY TO FIND THE SHRINKAGE IN BIOMATERIALS BASED ON STANDARD ASTM D955 – 08

Nama : TUBAGUS BIMA PRAKOSA
NRP : 02111240000107
Departemen : Teknik Mesin
Dosen : Prof. Dr. Ing. Ir. I MADE LONDEN BATAN, M.Eng

ABSTRACT

The price of plastic raw materials increasingly rises due to the increasing demand of plastic products. The efforts to find alternative materials still continue, for example mixing plastic materials with natural fibers or other organic materials, such as rice husk, sisal fiber, etc. When making plastic products with injection machines, shrinkage property of the used plastic should be analyzed. The nature of the shrinkage is one of the properties in the injection main process. This final project aim to examine the percentage of shrinkage of biomaterial based on ASTM D955 standard.

Stages performed in this study begins with a study of literature to learn about the material behaviour during injection process, especially shrinkage and field studies on how the machine works. Then to create 3D models of test specimens to be simulated using moldflow. The material used is a biomaterial where there is no material database in moldflow. It requires to create a new material database. The location of the injection was chosen based on the simulation results and the process parameters then used to simulate the shrinkage percentage of the test specimen. Furthermore, experiments in injection molding machine

HAITIAN MA 900 / 260e was carried out. Based on ASTM D955 specimen measurement and shrinkage percentage calculation of the test material was performed.

From this final project, the parameter setting of injection nozzle temperature is 195°C, barrel temperature is 210°C, injection time is 2 second, injection pressure 60 bar, holding pressure 30 bar and holding time is 10 seconds. The percentage of mixture biocomposite shrinkage of PP and rice husk based on the direction of the coming of plastic stream from one direction and perpendicular are 1.5% and 1.65% respectively. The percentage of mixture biocomposite shrinkage of PP and sisal fiber based on the direction of flow of plastic from one direction and perpendicular are 1.06% and 1.30%, respectively. The percentage of shrinkage for PP based on the direction of plastic flow from one direction and perpendicular are 1.33% and 1.49% respectively.

Keywords: shrinkage, process parameters, biocomposites

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya haturkan kehadirat Allah SWT karena karunia-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Simulasi dan Studi Eksperimental Untuk Mengetahui Sifat Penyusutan (*Shrinkage*) Material Biokomposit Sesuai Standar ASTM D955 - 08“. Tugas akhir ini disusun memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberi semua anugrah, berkah dan hidayahnya kepada penulis.
2. Diri saya sendiri, Tubagus Bima Prakosa selaku penulis tugas akhir ini, karena berhasil melawan kemalasan diri sehingga dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Ayah Sumarno dan Ibuk Kurniati sebagai ayah dan ibuk terbaik dalam hidup penulis yang telah membantu secara materil, moral dan doa setiap hari untuk keberhasilan penulis.
4. Prof. Dr.Ing Ir I Made Londen Batan sebagai pembimbing dan dosen wali terbaik yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan studi di ITS.
5. Lita Permata Sari yang telah setia menemani penulis dalam penggeraan Tugas Akhir dan memberikan semangat serta dukungan agar penulis dapat menyelesaikan secepatnya sampai penyelesaian Tugas Akhir ini.
6. Ir Bambang Pramujati MSc.Eng, Phd, Latifah Nurahmi, ST, MSc, Ph.D, dan Dinny Harnany, ST, MSc. sebagai dosen pengujii tugas akhir yang senantiasa memberikan masukan demi menghasilkan tugas akhir terbaik.
7. Bagus Wahyu Sutrisno sebagai kakak yang telah membantu penulis dalam hal – hal yang tidak dapat dilakukan oleh seorang adek.

8. Teman – teman Tim Penelitian Tugas Akhir Injection Mold; Arif, Bang Boy, Kang Deni, Ayek, Cak Hiding. Teman – teman seperjuangan TA angkatan dan Laboratorium, Radian, Rama, Fakhrul, Teddy, Agung, yang membuat penulis termotivasi untuk menyelesaikannya.
9. Teman – teman Lab P3, Deris, mas Rado, Nubli, Mas'ud, Apis, Awan, Mario, beserta teman – teman anggota lab lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
10. Semua saudara, relasi, link, alumni, junior serta teman – teman M55, SMRM, UKM KSR yang mendukung Tugas Akhir ini.
11. Serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Sekalipun Tugas Akhir ini selesai melalui proses yang cukup panjang dengan segala keterbatasan kemampuan serta pengetahuan penulis, tidak menutup kemungkinan tugas akhir ini jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis bersedia menerima kritik dan saran dari berbagai pihak untuk penyempurnaan lebih lanjut. Penulis berharap semoga hasil penulisan tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II DASAR TEORI	5
2.1 <i>Shrinkage</i>	5
2.2 Parameter Proses	6
2.3 ASTM D955 – 00	7
2.4 Moldflow	9
2.5 Molding Window	11
2.6 Cacat produk	13
2.6.1 <i>Sink Mark</i>	13
2.6.2 <i>Pin mark</i>	14

2.6.3 <i>Weld line</i>	14
2.6.4 <i>Flash</i>	15
3.6.5 <i>Short Shot</i>	16
2.7 Penelitian Terdahulu.....	16
BAB III METODE PENELITIAN	19
3.1 Tahap-tahap Penelitian	19
3.1.1 Studi Literatur dan Lapangan	20
3.1.2 Pengumpulan Data.....	20
3.1.3 Simulasi Proses Injeksi dengan <i>Software Moldflow</i> ..	20
3.1.4 Percobaan Injeksi.....	25
3.1.5 Pengukuran Dimensi dan Perhitungan Nilai <i>Shrinkage</i> Spesimen.....	26
3.1.6 Alat Ukur yang Digunakan.....	26
3.1.7 Kesimpulan dan Saran	27
BAB IV SIMULASI DAN PERCOBAAN INJEKSI	29
4.1 Kajian Produk Hasil Percobaan.....	29
4.2 Simulasi Moldflow	30
4.2.1 <i>Molding Window</i>	30
4.2.2 Simulasi Proses Injeksi Biokomposit campuran PP dan sekam padi	32
4.2.3 Simulasi Proses Injeksi Biokomposit campuran PP dan serat sisal	34
4.3 Percobaan Injeksi.....	36
4.3.1 Mesin Injeksi yang Digunakan	36
4.3.2 Penentuan Parameter Injeksi	37

BAB V PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN NILAI <i>SHRINKAGE</i>	41
5.1 Spesimen	41
5.2 Rancangan Pengukuran	42
5.2.1 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Sekam Padi (searah)	43
5.2.2 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Sekam Padi (tegak lurus).....	45
5.2.3 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Serat Sisal (searah)	47
5.2.4 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Serat Sisal (tegak lurus).....	49
5.2.5 Pengukuran Spesimen PP (searah)	51
5.2.6 Pengukuran Spesimen PP (tegak lurus).....	52
5.3 Perhitungan Nilai <i>Shrinkage</i>	54
5.3.1 Statistik.....	55
5.3.2 Nilai <i>Shrinkage</i> Biokomposit Campuran PP dan Sekam Padi.....	56
5.3.3 Nilai <i>Shrinkage</i> Biokomposit Campuran PP dan Serat Sisal	57
5.3.4 Nilai <i>Shrinkage</i> PP Murni	59
5.4 Analisa Nilai <i>Shrinkage</i>	61
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
6.1 Kesimpulan.....	63
6.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	65

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Penggunaan material dikalangan masyarakat pada tahun 2016.....	1
Gambar 2.1 Penyusutan material yang mengakibatkan timbulnya <i>sink mark</i>	5
Gambar 2.2 Spesimen uji <i>shrinkage</i> tipe D2.....	8
Gambar 2.3 Halaman Muka AutoDesk Moldflow Adviser 2018	10
Gambar 2.4 Molding Window	12
Gambar 2.5 <i>Sink mark</i> pada <i>boss</i>	13
Gambar 2.6 <i>Pin mark</i>	14
Gambar 2.7 <i>Flash</i>	15
Gambar 2.8 Short shot.....	16
Gambar 2.9 Standar perhitungan nilai <i>shrinkage</i> searah parallel dan normal (Annicchiarico, dkk (2013))	18
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	19
Gambar 3.2 Contoh model 3D specimen <i>shrinkage</i> (dalam mm).	21
Gambar 3.3 Diagram alir pembuatan data base material baru.....	22
Gambar 3.4 Diagram alir simulasi <i>shrinkage</i> dengan <i>software</i> Moldflow.	23
Gambar 3.5 Lokasi injeksi produk	24
Gambar 3.6 Analysis Wizard – <i>Fill and Pack setting</i>	24
Gambar 3.7 <i>Vernier caliper</i> Chuan Brand	26
Gambar 4.1 Proses ejeksi sebelum dan sesudah menaikkan <i>holding time</i>	29
Gambar 4.2 <i>Molding Window</i>	31
Gambar 4.3 Hasil simulasi Moldflow.	33
Gambar 4.4 Hasil simulasi Moldflow.	35

Gambar 4.5 (a)Mesin injeksi molding di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin ITS. (b)Spesifikasi mesin injeksi.....	37
Gambar 4.6 Cacat hasil injeksi (a) <i>Flash</i> (b) <i>Short shot</i>	38
Gambar 4.7 Hasil uji coba injeksi material biokomposit campuran PP dan sekam padi.....	39
Gambar 4.8 Molding Window Parameter proses injeksi aktual	39
Gambar 5.1 Spesimen uji shinkage (a)Biokomposit campuran PP dan sekam padi. (b)Biokomposit campuran PP dan serat sisal. (c)PP murni.....	41
Gambar 5.3 Rancangan pengukuran spesimen	42
Gambar 5.4 Grafik <i>shrinkage</i> biokomposit PP dan sekam padi	57
Gambar 5.5 Grafik <i>shrinkage</i> biokomposit PP dan serat sisal	59
Gambar 5.6 Grafik <i>Shrinkage</i> PP murni	60
Gambar 5.7 Grafik nilai <i>shrinkage</i> material	61

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh perubahan parameter proses pada penyusutan (Fischer, 2003).....	7
Tabel 4.1 Hasil simulasi proses injeksi biokomposit campuran PP dan sekam padi	33
Tabel 4.2 Hasil Simulasi Proses Injeksi Biokomposit campuran PP dan serat sisal.....	36
Tabel 4.3 Parameter Proses Injeksi Aktual	38
Tabel 5.1 Pengukuran Spesimen Biokomposit campuran PP dan sekam padi (Searah).....	43
Tabel 5.2 Pengukuran spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi (tegak lurus)	45
Tabel 5.3 Pengukuran spesimen biokomposit campuran PP dan serat sisal (Searah)	47
Tabel 5.4 Pengukuran spesimen biokomposit campuran PP dan serat sisal (tegak lurus).....	49
Tabel 5.5 Pengukuran spesimen PP (Searah).....	51
Tabel 5.6 Pengukuran spesimen PP (tegak lurus)	53
Tabel 5.7 Nilai <i>shrinkage</i> biokomposit campuran PP dan sekam padi Searah	56
Tabel 5.8 Nilai <i>shrinkage</i> biokomposit campuran PP dan sekam padi Tegak Lurus	56
Tabel 5.9 Nilai <i>shrinkage</i> biokomposit campuran PP dan serat sisal Searah.....	58
Tabel 5.10 Nilai <i>shrinkage</i> biokomposit campuran PP dan serat sisal Tegak Lurus	58
Tabel 5.11 Nilai <i>Shrinkage</i> PP murni Searah.....	59
Tabel 5.12 Nilai <i>Shrinkage</i> PP murni Tegak Lurus	60

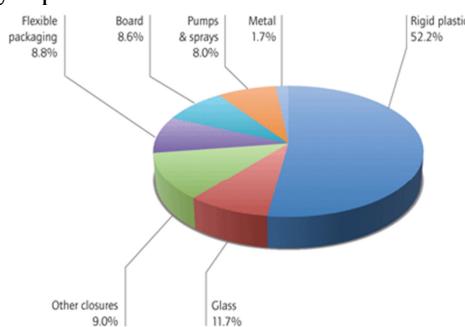
(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik banyak diminati dimasyarakat dan menempati peringkat pertama sebagai daftar kebutuhan masyarakat dilihat dari produk berdasarkan bahan bakunya. Hal ini didasari karena plastik memiliki banyak kelebihan yang sesuai dengan penggunaannya, seperti harga yang terjangkau, mudah dibersihkan, tidak berkarat dan tahan panas. Mengetahui keunggulan tersebut, saat ini plastik menjadi salah satu bahan baku dalam pembuatan produk rumah tangga yang sangat penting. Salah satu contoh produk plastik sebagai wadah penyimpanan menggantikan kotak penyimpanan yang terbuat dari kayu dan logam. Plastik juga memiliki kemampuan seperti kaca dimana dapat tembus pandang sehingga sangat cocok sebagai tempat penyimpanan.



Gambar 1.1 Penggunaan material dikalangan masyarakat pada tahun 2016

Penggunaan produk plastik yang tinggi dikalangan masyarakat meningkatkan permintaan produksi plastik didunia industri. Tercatat bahwa 52,2 % permintaan plastik terbesar didorong oleh pertumbuhan industri makanan dan minuman yang ditunjukkan pada gambar 1.1. Salah satu alat yang digunakan

dalam mencetak plastik menjadi sebuah produk adalah mesin injeksi moulding. Mesin injeksi moulding dapat melakukan proses cetak produk dengan kecepatan produksi yang tinggi sehingga sangat mungkin untuk membuat produk skala besar dalam waktu singkat sehingga meningkatkan angka produktifitas. Namun demikian, semakin hari harga bahan dasar plastik mengalami kenaikan. Permasalahan tersebut menyebabkan banyak peneliti (ahli) yang mempelajari atau mencari material alternative sebagai ganti material plastik murni. Disamping itu material plastik juga menyebabkan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, berbagai penelitian material biokomposit dilakukan seperti mencampur material plastik dengan material alam (serat alam), seperti sekam padi, serat sisal dan lain sebagainya.

Data penyusutan material penting dalam proses perancangan, hal tersebut dapat mempengaruhi dimensi, geometri dan kualitas produk hasil injeksi. Data tersebut dapat diketahui dengan melakukan eksperimen proses injeksi dan pengukuran pada material. Penelitian tentang penyusutan material telah dilakukan oleh ASTM sejak tahun 1948 yang ditulis pertama kali dalam standar ASTM D955. Saat ini standar tersebut telah mengalami beberapa kali perubahan untuk memperoleh metode menentukan nilai penyusutan.

Pada saat merancang cetakan yang digunakan pada mesin injeksi perlu diketahui sifat mampu cetak material (Prabodh, 2000). Sifat mampu cetak harus dipenuhi baik oleh material, mesin injeksi, dan desain produk dimana hal tersebut saling berkaitan. *Shrinkage* merupakan fenomena penyusutan material pada saat proses pendinginan berlangsung. Adanya penyusutan mempengaruhi dimensi pada saat desain produk dibuat untuk dilakukan proses manufaktur sehingga perlu ditambahkan kompensasi untuk penyusutannya. Pada produk berbahan plastik yang prosesnya dilakukan dengan memanaskan hingga meleleh (mencapai temperature leleh). Kemudian menekan plastik leleh kedalam rongga cetakan dengan tekanan tertentu. Pada akhir proses percetakan terjadi pendinginan sehingga menyebabkan

produk cetakan menyusut (setelah membeku) dan mengakibatkan dimensi produk mengalami perubahan. Peristiwa ini menunjukkan bahwa *shrinkage* sebagai sifat mampu cetak harus diperhatikan untuk menghindari perubahan dimensi setelah proses injeksi sehingga perancangan cetakan produk dapat dilakukan dengan benar.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diatas dapat dirumuskan suatu masalah adalah:

1. Bagaimana setting parameter proses injeksi tanpa cacat *flash* dan *shortshot*?
2. Bagaimana nilai *shrinkage* biokomposit campuran sekam padi dan serat sisal hasil proses injeksi?

1.3 Batasan Masalah

Pada penelitian ini ditetapkan batasan masalah agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan sebagai berikut:

1. Rancangan *insert mold* diambil dari gambar kerja yang dibuat oleh Deni, 2018.
2. Simulasi menggunakan *software* Autodesk Moldflow 2018.
3. Suhu saat pengukuran dimensi dianggap berada pada temperature kamar 25°C .
4. Bahan baku yang digunakan dalam simulasi adalah Biokomposit campuran 10% sekam padi, 5% MAPP, dan 85% PP dan Biokomposit campuran 10% serat sisal, 5% MAPP, dan 85% PP.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tugas akhir ini untuk mencari nilai *shrinkage* material PP dan biokomposit yang terdiri dari campuran PP, sekam padi dan MAPP serta campuran PP, serat sisal dan MAPP berdasarkan standar ASTM D955.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat dari penelitian dalam tugas akhir ini adalah:

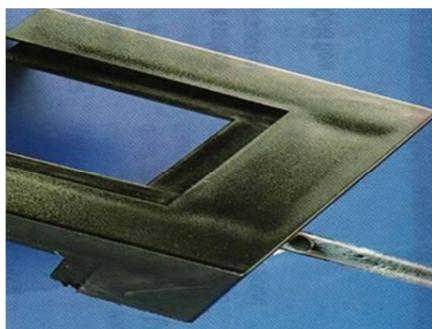
1. Menambah ilmu pengetahuan dalam bidang manufaktur khususnya simulasi produk agar nantinya dapat diaplikasikan pada produk lain dalam dunia industri
2. Sebagai bahan penelitian selanjutnya yang sejenis dalam mengembangkan pengetahuan tentang simulasi produk
3. Mengetahui cara untuk menghitung nilai *shrinkage* material baru

BAB II

DASAR TEORI

2.1 *Shrinkage*

Shrinkage atau penyusutan merupakan sifat fisik yang dimiliki oleh material setelah proses cetak khususnya terjadi pada material plastik. *Shrinkage* dapat mempengaruhi dimensi produk sehingga rongga cetak (*cavity*) dibuat lebih besar dari dimensi produk. Kemudian setelah material plastik leleh diinjeksikan kedalam *cavity* selanjutnya didinginkan agar produk menjadi beku dan mengeras untuk dikeluarkan dari dalam *mold*. Karena proses pendinginan ini, material akan menyusut sehingga produk akan menjadi lebih kecil dari ukuran *cavity*nya. Hal tersebut dapat mengakibatkan cacat produk seperti pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Penyusutan material yang mengakibatkan timbulnya *sink mark*

Pada saat produk keluar dari *mold*, produk memiliki suhu yang tinggi, atau lebih tinggi dari suhu kamar, maka produk akan menyusut, penyusutan ini berlangsung hingga mencapai suhu kamar. Hal tersebut dipakai sebagai dasar untuk mendapatkan dimensi produk yang akurat, sehingga pengukuran produk dilakukan setelah produk mencapai suhu kamar. Beberapa contoh

material menyebutkan, proses penyusutan ini dapat berlangsung sampai 24 jam (Siswoto, 1990).

2.2 Parameter Proses

Setting parameter proses untuk setiap produk berbeda beda menyesuaikan dengan geometri produk serta spesifikasi material plastiknya. *Setting* yang tidak sesuai dapat menimbulkan cacat produk yang mempengaruhi kualitas hasil injeksi. Parameter proses harus dijaga kestabilannya karena dapat mempengaruhi setiap produk hasil proses injeksi. Proses injeksi molding memiliki beberapa parameter proses yang berpengaruh didalamnya. Pada proses injeksi molding terdapat beberapa parameter proses sebagai berikut:

Parameter proses yang mempengaruhi *shrinkage* sebagai berikut:

a. *Melt Temperature*

Temperatur leleh material yang digunakan pada saat injeksi. Semakin tinggi temperatur leleh dapat memudahkan material untuk mengisi rongga cetak. Namun hal ini dapat menghasilkan warna gelap sebagai pertanda bahwa material terbakar.

b. *Mold Temperature*

Pengondisian temperatur ini dimaksudkan untuk mengontrol penyusutan (*shrinkage*) yang terjadi pada saat material telah mengisi seluruh rongga cetak. Mengendalikan temperature didalam *mold* dilakukan dengan membuat saluran pendingin. Saluran pendingin ini dapat isi dengan *fluida*.

c. *Holding Pressure*

Tekanan yang dibutuhkan untuk menjaga geometri produk setelah proses injeksi. Tekanan ini dimaksudkan agar plastik didalam cetakan tidak mengalir keluar ke *runner* hingga *gate* membeku.

d. *Holding Time*

Waktu tekanan yang dibutuhkan untuk menahan cetakan setelah proses injeksi. Waktu ini dibutuhkan agar *gate* membeku membeku terlebih dahulu setelah material masuk ke *cavity*.

e. *Injection Pressure*

Tekanan yang digunakan untuk menginjeksikan material plastik ke dalam rongga cetak. Tekanan injeksi harus cukup besar untuk menginjeksikan plastik ke dalam cetakan, umumnya tekanan injeksi berkisar diantara 70 – 112 MPa. Semakin tinggi tekanan injeksi dapat menurunkan pengaruh penyusutan pada material (Fischer, 2003).

Tabel 2.1 Pengaruh perubahan parameter proses pada penyusutan (Fischer, 2003)

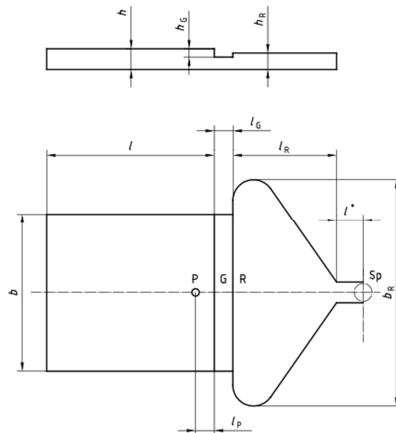
No	<i>Processing parameters</i>	<i>Expected effect</i>
1	<i>Injection pressure</i>	<i>Decreases (usually)</i>
2	<i>Holding pressure</i>	<i>Decreases</i>
3	<i>Melt temperature</i>	<i>May be either</i>
4	<i>Mould temperature</i>	<i>Increases</i>
5	<i>Holding time</i>	<i>Decreases</i>

Parameter – parameter proses ini dapat mempengaruhi proses injeksi produk, seperti ditunjukkan pada tabel 2.1. dimana penambahan tekanan injeksi dapat menurunkan penyusutan yang terjadi pada produk. Parameter ini dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan percobaan untuk mengetahui sifat penyusutan (*shrinkage*) pada material.

2.3 ASTM D955 – 00

ASTM (American Standard Testing and Material) adalah suatu organisasi internasional yang mengembangkan standarisasi teknik untuk material, produk, sistem dan jasa. ASTM D955 - 00

menjelaskan tentang standar metode pengujian untuk menghitung nilai *shrinkage* material *thermoplastic*.



Gambar 2.2 Spesimen uji *shrinkage* tipe D2

Nilai *shrinkage* material dicari dengan melakukan injeksi pada spesimen uji (tipe D2) sesuai pada gambar 2.2. Spesimen tipe D2 berbentuk persegi memiliki ukuran 60×60 mm dengan ketebalan 2 mm. Bentuk segitiga (huruf R) sebagai jalur yang membantu dalam mengatur arah aliran yang terjadi sehingga saat mencapai bagian yang berbentuk persegi arah aliran menjadi seragam. Hal tersebut menjadi salah satu syarat yang harus dipenuhi dalam membuat cetakan spesimen *shrinkage* yakni memperhatikan arah aliran plastik.

Pengukuran spesimen yang telah diinjeksi menggunakan mikrometer dan jangka sorong. Alat ukur yang digunakan setidaknya memiliki ketelitian 0.025 mm (0.001 inch) sebab berdasarkan hasil pengukuran didapatkan nilai *shrinkage* terletak antara 0.006 – 0.02 inch (Joseph Greene, 2000). Pengukuran dilakukan untuk mencari dimensi panjang dan lebar spesimen pasca injeksi. Pada ASTM D955 – 00 dijelaskan bahwa pengukuran dilakukan dalam beberapa tahapan yaitu pada temperatur standar laboratorium dan sebanyak 3 kali. Pengukuran

pertama pada 1 jam setelah spesimen keluar dari rongga cetak, kedua pada 24 jam proses pendinginan berlangsung dan saat 48 jam pada proses yang sama. Pengambilan data ukuran spesimen pada waktu tersebut diyakini merupakan waktu optimal terjadinya penyusutan pada produk.

Pengukuran yang dilakukan untuk mencari nilai *shrinkage* aktual dengan minimal 5 spesimen uji. Pada saat injeksi plastik tekanan injeksi bervariasi antara 20 MPa hingga 100 MPa dengan kenaikan sebesar 20 MPa. Data yang diperoleh kemudian dihitung untuk mendapatkan nilai rata-rata yang kemudian dijadikan sebagai nilai *shrinkage* secara teoritis. ASTM D955 – 00 menjelaskan tentang metode dalam menentukan nilai *shrinkage* khususnya pada material termoplastik. Berikut ini adalah perhitungan untuk mencari nilai *shrinkage* material:

$$S_l = \frac{(L_m - L_s)}{L_m} \times 100\% \quad (2.1)$$

$$S_n = \frac{(L_m - L_n)}{L_m} \times 100\% \quad (2.2)$$

dimana:

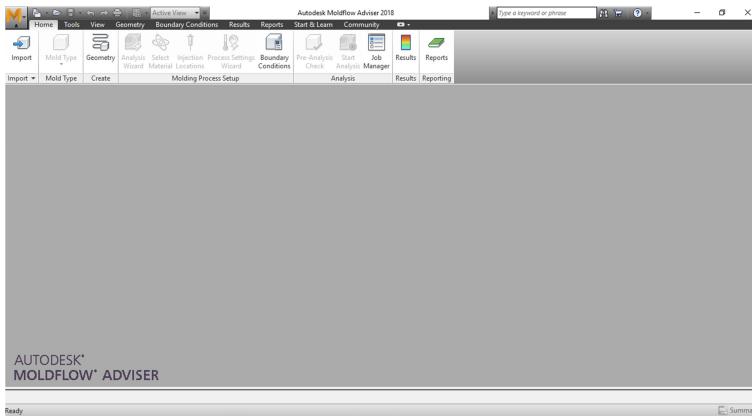
- S_l = *Shrinkage* searah datangnya material plastik
- S_n = *Shrinkage* tegak lurus datangnya material plastik
- L_m = Panjang cetakan yang searah datangnya material plastik
- L_s = Panjang spesimen yang searah datangnya material plastik
- L_n = Panjang spesimen yang tegak lurus datangnya material plastik

2.4 Moldflow

Sebagai *software* CAE Moldflow memiliki kemampuan untuk melakukan proses simulasi. Simulasi adalah proses peniruan yang dilakukan untuk mengetahui hal-hal yang akan terjadi pada rancangan. Simulasi bertujuan memberikan kemungkinan-kemungkinan yang dapat terjadi sehingga dapat diketahui kelebihan dan kekurangan dari proses tersebut.

Moldflow sebagai *software* simulasi dapat melakukan proses injeksi yang sesuai dengan proses pada mesin *injection moulding*.

Moldflow dikembangkan oleh AutoDesk, Inc. yang memiliki dua product inti, yaitu: Moldflow Adviser dan Moldflow Insight. Perbedaan mendasar dari keduanya terletak pada waktu penggunaannya. Moldflow Adviser digunakan pada saat produk yang dirancang belum tercetak. Focus utama pengembangan Moldflow Adviser terletak pada pemberian saran dan masukan pada perancangan cetakan. Namun Moldflow Insight digunakan untuk proses optimasi pada produk yang telah dicetak. Proses optimasi yang dilakukan dengan menentukan parameter proses yang sesuai. Optimasi dilakukan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang paling baik.



Gambar 2.3 Halaman Muka AutoDesk Moldflow Adviser 2018

Software Moldflow adviser khusus dipakai untuk mengevaluasi perencanaan yang dilakukan dengan *input* data aktual yaitu jenis material yang dipakai dan kemampuan mesin injeksi yang digunakan serta parameter-parameter proses untuk termoplastik tertentu dan tampilan dari *software* ini dapat dilihat pada gambar 2.3. Tujuan pokok dari penggunaan *software* ini tersebut adalah mempermudah analisa proses injeksi plastik jika

ada kekurangan (timbul cacat) dari hasil simulasi dapat dilakukan perbaikan-perbaikan perancangan.

Software Moldflow Adviser memiliki banyak manfaat dan keunggulan yaitu:

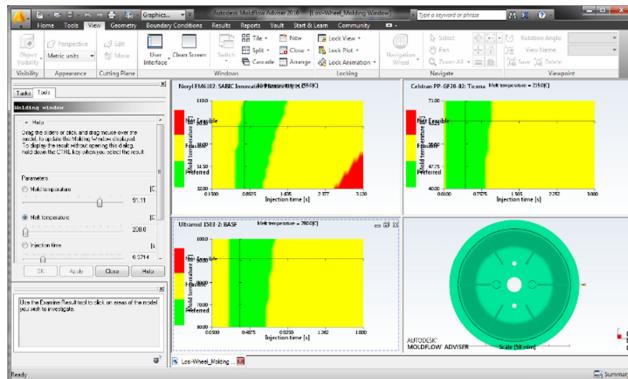
- a. Mampu menunjukkan unjuk kerja proses penginjeksian.
- b. Mampu menunjukkan kemungkinan adanya cacat yang terjadi sehingga perancang cetakan dengan mudah melakukan *improvisasi* perbaikan rancangan untuk mendapatkan hasil yang optimal.
- c. Dapat diaplikasikan pada bermacam-macam material plastik.
- d. Proses dapat ditunjukkan secara visual dan hasilnya dapat diketahui pada setiap titik *cavity*.
- e. Tidak memerlukan banyak biaya untuk melakukan perubahan desain
- f. Dapat digunakan sebagai acuan untuk menentukan setting parameter proses produksi.
- g. Hasil simulasi memberikan saran untuk desain *cavity* yang lebih baik.

2.5 Molding Window

Proses injeksi dapat dilakukan dengan mengatur parameter proses injeksi sesuai dengan karakteristik material dan geometri produk. Parameter proses injeksi yang salah dapat mengakibatkan timbulnya cacat pada produk. Banyaknya jenis cacat dan penyelesaiannya membutuhkan waktu lama untuk menentukan parameter proses yang sesuai. Metode optimasi dibutuhkan untuk membantu proses injeksi agar dapat menghasilkan produk dengan sedikit cacat. Optimasi adalah mencari parameter terbaik berdasarkan range yang ditentukan untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Proses untuk mendapatkan nilai optimum dari optimasi parameter proses membutuhkan waktu yang lama sebab proses ini membutuhkan uji coba yang dilakukan pada tiap range parameter proses. Karena waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh nilai cukup lama, proses optimasi dibantu menggunakan metode *finite*

element dengan bantuan *software* Moldflow. Pada *software* Moldflow proses optimasi didapatkan dengan menjalankan simulasi molding window pada gambar 2.4. Simulasi ini dimulai dengan membuat model dan melakukan setting sesuai dengan kondisi real, kemudian menetapkan jenis material yang berbeda.



Gambar 2.4 Molding Window

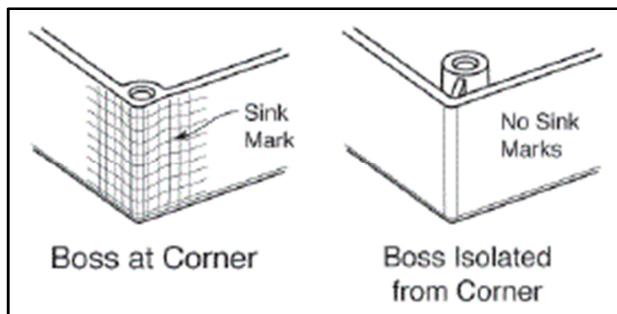
Molding window khusus dibuat untuk mencari nilai optimum dari melt temperature, mold temperature, dan injection time. Hasil simulasi molding window menunjukkan nilai optimum berdasarkan data parameter. Molding window dapat menampilkan 3 jenis grafik yang berbeda ditinjau dari parameter proses yang dipilih. Pada grafik tersebut terdapat 3 macam warna yaitu: hijau sebagai daerah optimum dengan kemungkinan hasil injeksi yang baik, kuning sebagai daerah optimum dengan kemungkinan hasil injeksi yang kurang baik, dan merah sebagai daerah dengan hasil injeksi yang buruk. Parameter yang diperoleh dari molding window akan digunakan sebagai parameter proses baru untuk menjalankan simulasi berikutnya.

2.6 Cacat produk

Proses produksi membutuhkan hasil produk dengan kualitas tinggi. Banyak cara dilakukan untuk meningkatkan kualitas tersebut. Walaupun usaha untuk meningkatkan kualitas sudah dilakukan, namun cacat produk masih dapat timbul sehingga perlu usaha untuk mengatasi hal tersebut. Cacat produk yang sering ditemui pada proses injeksi berhubungan dengan banyak hal seperti: kemampuan mesin injeksi, parameter proses, design cetakan, dan pemilihan material. Cacat – cacat produk yang sering dijumpai pada saat proses produksi sebagai berikut:

2.6.1 Sink Mark

Sink mark adalah fenomena penyusutan pada permukaan produk berupa cekungan atau lembah. *Sink mark* terjadi pada daerah dengan ketebalan yang tidak sama, dibalik *rib*, bagian belakang *boss* atau *bumper* pada gambar 2.5. *Sink mark* timbul karena penyusutan pada cairan plastik, ketebalan produk yang tidak sama serta pendinginan yang tidak sama.



Gambar 2.5 *Sink mark* pada *boss*

Penyebab lain terjadinya *sink mark* adalah pengaruh tekanan injeksi yang kurang besar sehingga tidak sampai ke ujung *cavity* atau melemah pada saat mencapai ujung *cavity*. *Sink mark* dapat diatasi dengan menaikkan tekanan injeksi, menurunkan temperature cairan plastik atau temperatur *mold*. Selain itu, sink

mark dapat dikurangi dengan memperbesar *gate* dan *runner* serta menambahkan *gate* pada daerah yang terjadi *sink mark*.

Pada saat proses injeksi telah dilakukan, *sink mark* dapat diketahui dengan melakukan pengamatan visual dan melakukan pengukuran. Permukaan yang mengalami *sink mark* tidak akan memiliki geometri yang sama dengan cetakan.

2.6.2 Pin mark

Pin mark adalah cacat produk yang diakibatkan pada saat proses pengeluaran produk. Cacat ini terbentuk karena permasalahan dalam pengeluaran produk serta kepresisan bentuk cetakan. *Pin mark* mudah dikenali sebab cacat ini akan memperlihatkan bentuk pin ejektor pada produk dan terkadang akan berwarna putih lihat gambar 2.6.



Gambar 2.6 *Pin mark*

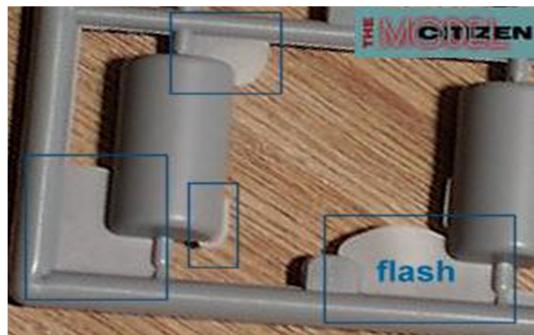
Pin mark dapat diatasi dengan mengatur mengatur tekanan injeksi dan kecepatan pin ejektor. Hal lain seperti menambah jumlah pin ejektor dan memperbesar diameter pin ejektor juga dapat mencegah hal ini.

2.6.3 Weld line

Weld line adalah cacat yang terbentuk akibat pertemuan dua aliran plastik yang belum menyatu. Cacat ini terjadi karena jarak tempuh aliran yang berbeda sehingga pendinginan yang

tidak sama antar aliran mengakibatkan terbentuknya garis pada produk. Cacat ini dapat dilihat secara visual pada permukaan produk dimana timbul garis yang menyatukan dua aliran plastik berbeda. Cacat *weld line* dapat dihindari dengan melakukan pengaturan pada parameter proses seperti: menurunkan *melt temperature*, menaikkan *injection pressure*, dan meningkatkan *injection rate*. Selain itu perubahan pada *cavity* juga diperlukan apabila pengaturan parameter proses tidak dapat menyelesaikan permasalahan.

2.6.4 Flash

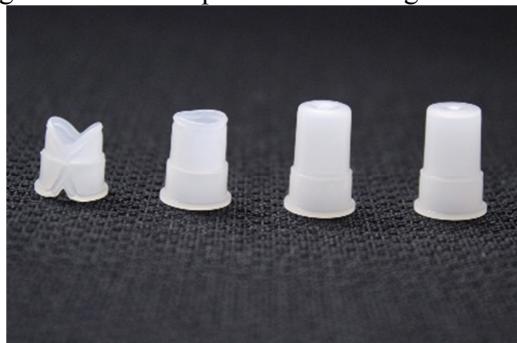


Gambar 2.7 Flash

Flash adalah cacat yang berasal dari tumpahan cairan plastik keluar melalui parting line. Adanya cairan plastik yang keluar tersebut memudahkan dalam mengenali cacat flash seperti pada gambar 2.7. Cacat ini diakibatkan oleh kepresision proses manufaktur dan perakitan cetakan buruk. Selain itu tekanan injeksi yang terlalu besar atau gaya cekam yang lemah juga dapat menimbulkan cacat flash. Metode untuk menghilangkan cacat ini dilakukan dengan merubah setting parameter proses dan memperbaiki kepresision parting line. Mengurangi kecepatan injeksi serta menurunkan tekanan injeksi dapat mengurangi cacat flash.

3.6.5 Short Shot

Short shot adalah cacat yang terjadi karena *cavity* tidak terisi oleh cairan plastik. Cacat ini mudah dikenali sebab produk hasil injeksi tidak seperti *cavity* dimana terdapat bagian dari produk yang tidak tercetak pada gambar 2.8. Cacat *short shot* sering kali digunakan sebagai acuan awal penentuan parameter proses yang sesuai sebab dapat diketahui dengan mudah.



Gambar 2.8 Short shot

Short shot yang sering dijumpai diakibatkan oleh kurangnya volume dan tekanan injeksi. Selain itu kecepatan injeksi yang cepat dapat mengabitkan short shot. Hal ini disebabkan karena udara dalam *cavity* belum semuanya keluar dan belum mencapai ujung *cavity* namun plastik sudah terlanjur mulai mengeras. Perubahan parameter proses dapat mengatasi cacat *short shot*, seperti menaikkan tekanan injeksi, membuat jalur udara atau *venting*, dan mengurangi kecepatan injeksi.

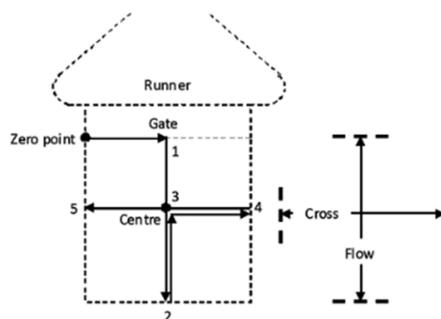
2.7 Penelitian Terdahulu

Mutafawiqqin, dkk (2016) melakukan eksperimen pembuatan komposit menggunakan serat alam (sekam padi) yang dicampur dengan *Polypropylene* (PP) dan ditambahkan dengan *Maleic anhydride polypropylene* (MAPP). Bahan – bahan tersebut kemudian dilebur dan dibentuk menjadi pelet. Percobaan dilakukan dengan memvariasikan komposisi dari serat alam

secara berturut – turut adalah biokomposit A (5%:90%:5%), biokomposit B (10%:85%:5%), biokomposit C (15%:80%:5%) dan biokomposit D (20%:75%:5%). Pelet tersebut nantinya akan diuji dengan menggunakan mesin Differential Scanning Calorimetry (DSC) untuk mengetahui temperatur leleh. Hasil pengujianya didapatkan bahwa biokomposit B sebesar 164.2° dan void sebesar 14,279%.

Arif, dkk (2017) melakukan eksperimen serupa dengan menggunakan serat alam yang lain (serat sisal) yang dicampur dengan *Polypropylene* (PP) dan ditambahkan dengan *Maleic anhydride polypropylene* (MAPP). Percobaan dilakukan dengan menggunakan variasi komposisi berturut – turut adalah biokomposit A (5%:90%:5%), biokomposit B (10%:85%:5%), biokomposit C (15%:80%:5%) dan biokomposit D (20%:75%:5%). Hasil percobaan yang sama dengan Mutafawiqqin didapatkan bahwa biokomposit B memiliki temperatur leleh sebesar 164.53° dan void diantara 6.97% hingga 11.75%.

Annicchiarico, dkk (2013) melakukan penelitian tentang *shrinkage* dengan menggunakan mesin *micro injection moulding* sesuai dengan standar ASTM D955 – 89 dimana produk berbentuk kotak yang dipilih. Pengambilan data *shrinkage* dilakukan dengan melakukan pengukuran searah parallel dan normal terhadap datangnya aliran plastik pada gambar 2.9. Penelitian ini memvariasikan 5 faktor parameter proses, yaitu: *injection pressure*, *holding pressure*, *melt temperature*, *mold temperature*, dan *holding time*. Hasil penelitian bahwa dengan metode yang dilakukan sesuai standar belum memperlihatkan *shrinkage* yang sesuai dengan mesin *macro injection moulding*.



Gambar 2.9 Standar perhitungan nilai *shrinkage* searah parallel dan normal (Annicchiarico, dkk (2013))

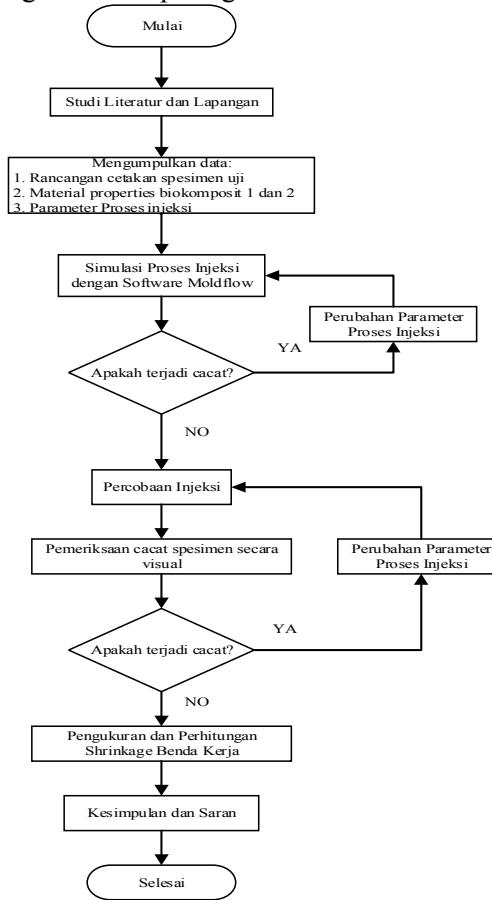
Joko (2015) melakukan pengujian waktu penyusutan terhadap penyusutan yang terjadi pada proses rotational moulding menggunakan material *thermosetting*. Percobaan menggunakan specimen berbentuk bola sesuai pada standar ASTM D6289 tentang standar pengukuran penyusutan material thermosetting. Hasil percobaan diperoleh semakin lama waktu pencetakan maka nilai *shrinkage* yang dihasilkan semakin rendah.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Tahap-tahap Penelitian

Langkah – langkah yang dilakukan untuk mengetahui sifat penyusutan material biokomposit sesuai ASTM D955 dapat dilihat pada diagram alir seperti gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.1.1 Studi Literatur dan Lapangan

Literatur yang digunakan dalam simulasi dan studi eksperimental untuk mengetahui sifat penyusutan (*shrinkage*) material biokomposit berstandar ASTM D955 diperoleh dari penelitian terdahulu, jurnal ilmiah, buku yang berkaitan serta sumber-sumber lain yang dapat membantu dalam penelitian ini. Studi lapangan adalah kegiatan untuk mengetahui hal-hal yang tidak diperoleh setelah melakukan studi literature seperti proses injeksi pada mesin serta tata cara pengoperasian mesin injeksi.

3.1.2 Pengumpulan Data

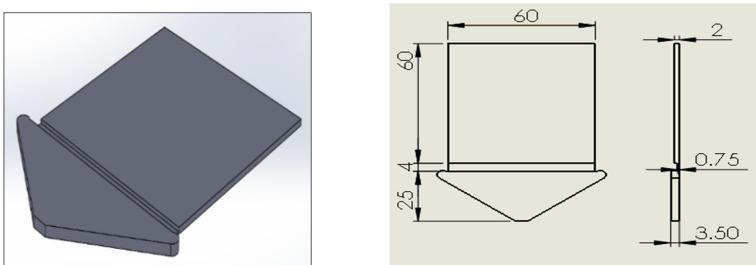
Mengumpulkan data yang digunakan untuk melakukan penelitian seperti: dimensi rancangan cetakan specimen uji, properti dari material biokomposit campuran PP dan sekam padi dan biokomposit campuran PP dan serat sisal, dan parameter proses injeksi untuk masing – masing material biokomposit. Data tersebut diperoleh dari penelitian sebelumnya serta dari jurnal – jurnal yang telah melakukan penelitian serupa. Kemudian data tersebut digunakan untuk melakukan proses simulasi dan injeksi.

3.1.3 Simulasi Proses Injeksi dengan *Software Moldflow*

Simulasi proses injeksi dilakukan dengan menggunakan bantuan *software Moldflow*. Simulasi akan dilakukan dengan menggunakan material biokomposit yang berbeda, yaitu: sekam padi dan serat sisal. Simulasi ini dilakukan hingga pada hasil simulasinya tidak terdapat cacat dengan melakukan perubahan parameter proses. Langkah – langkah dalam melakukan optimasi parameter proses adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan Model 3D Produk

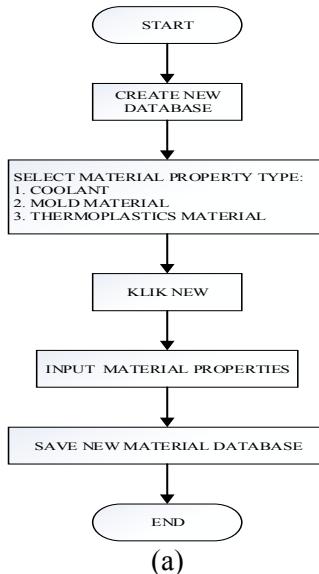
Gambar model 3D produk dibuat pada program CAD, dimensi dan geometri produk sesuai dengan standar ASTM D955 (lihat gambar 2.1). Pembuatan model 3D dimaksudkan sebagai produk yang akan dilakukan proses injeksi dengan simulasi Moldflow. Contoh model 3D setelah digambar di program CAD dapat dilihat pada gambar 3.2.

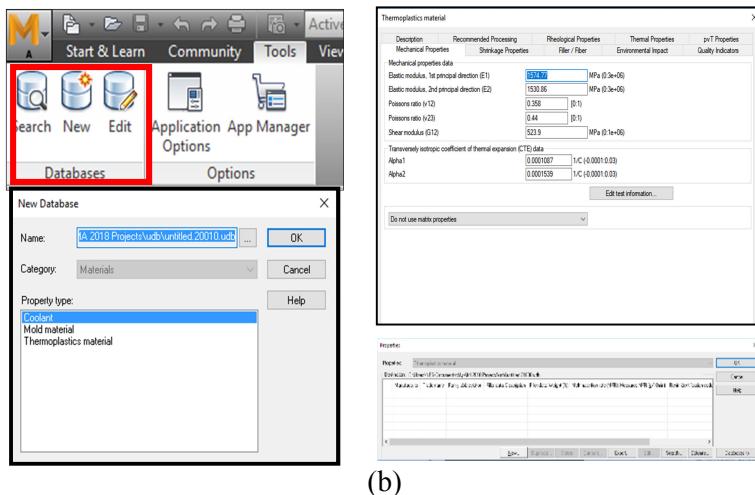


Gambar 3.2 Contoh model 3D specimen *shrinkage* (dalam mm).

2. Pembuatan Material Data Base Baru

Material yang digunakan sebagai material untuk menjalankan simulasi dapat menggunakan material yang terdapat pada database Moldflow. Material yang tidak terdapat pada database dapat dibuat dengan mengisi *properties* yang dimiliki material baru tersebut. Material plastik yang digunakan adalah biokomposit yang didapatkan dari hasil penelitian mutafaw, dkk campuran PP dan sekam padi dan arif, dkk campuran PP dan serat sisal.





(b)

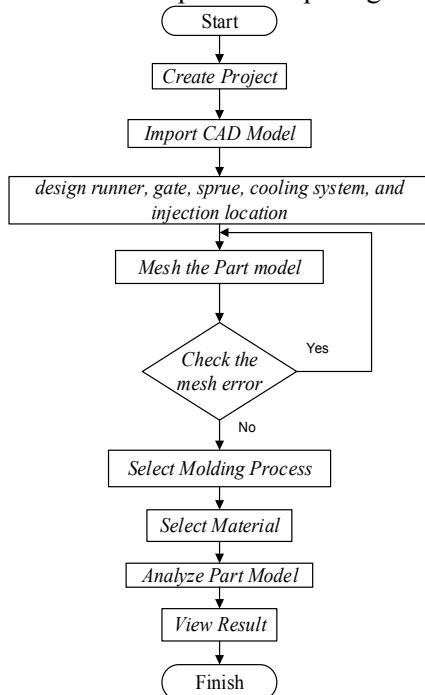
Gambar 3.3 (a) Diagram alir pembuatan data base material baru.

(b) Kotak dialog material plastik *new database*

Tahapan pembuatan data base material baru dilihat pada gambar3.3(a), penjelasannya sebagai berikut:

1. Pilih menu *Tools*, klik *New*
 2. Akan muncul kotak dialog *New Database* seperti pada gambar 3.3(b)
 3. Pada bagian Property type pilih thermoplastics material
 4. Akan muncul kotak dialog *Properties* gambar 3.3(b)
 5. Klik *New*, dan kotak dialog *Thermoplastic Material* terbuka
 6. Isi deskripsi dan *properties* baru dari material tersebut.
 7. Klik *OK*.
- 2 Simulasi proses injeksi
- Simulasi ini dikhkususkan untuk mencari nilai parameter injeksi dengan menggunakan data-data yang telah didapatkan pada tahap sebelumnya. Pada saat pembuatan sistem saluran pada *cavity* sesuai gambar cetakan specimen *shrinkage* Deni, 2017. Simulasi ini dilakukan dengan memvariasikan parameter seperti:

nozzle temperature, injection pressure, dan holding time. Tahapan dalam melakukan simulasi dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Diagram alir simulasi *shrinkage* dengan *software* Moldflow.

Berikut ini langkah – langkah yang dilakukan pada saat memulai simulasi:

1. *Create Project*

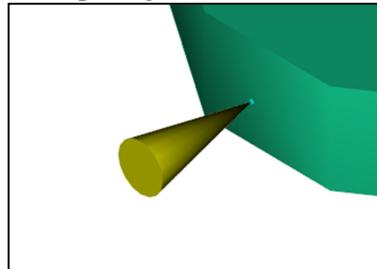
Langkah awal saat menggunakan Moldflow adalah membuat file project, nantinya file tersebut dapat diisi dengan berbagai simulasi.

2. *Import 3D Model*

Model 3D yang telah digambar di *software CAD* diimport sebagai produk yang menjadi cavity pada saat pembuatan cetakan di Moldflow

3. Set Injection Location

Memilih lokasi masuknya material plastik ke dalam *cavity* ditunjukkan pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Lokasi injeksi produk

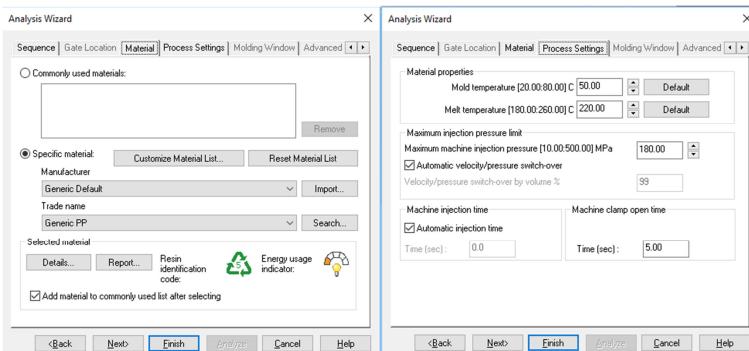
4. Set Parting Line and Mold Size

Menentukan garis potong untuk memisahkan plat core dan plat cavity. Mold size atau ukuran mold diatur sebagaimana mesin injeksi molding yang akan digunakan.

5. Design cavity

Proses pembuatan sistem saluran (*sprue*, *runner*, *gate*, sistem pendingin) yang disamakan dengan rancangan cetakan.

6. Pemilihan setting proses



Gambar 3.6 Analysis Wizard – Fill and Pack setting

Pada penelitian ini, simulasi dikhkususkan untuk mencari cacat dan nilai *shrinkage* produk. Setting yang dipilih adalah *Fill and Pack*, dimana pada setting tersebut dapat menampilkan cacat dan nilai *shrinkage* produk. Pemilihan parameter proses seperti: *melt temperature*, *injection pressure*, dan *holding time* diatur pada tahapan ini. Begitu juga memilih material yang akan digunakan sebagai bahan injeksi.

7. *Analyze part model*
Merupakan perintah untuk menjalankan analisa terhadap model yang dirancang.
8. *View the result*
Dilakukan untuk mengetahui hasil dari analisa yang telah dilakukan.

3.1.4 Percobaan Injeksi

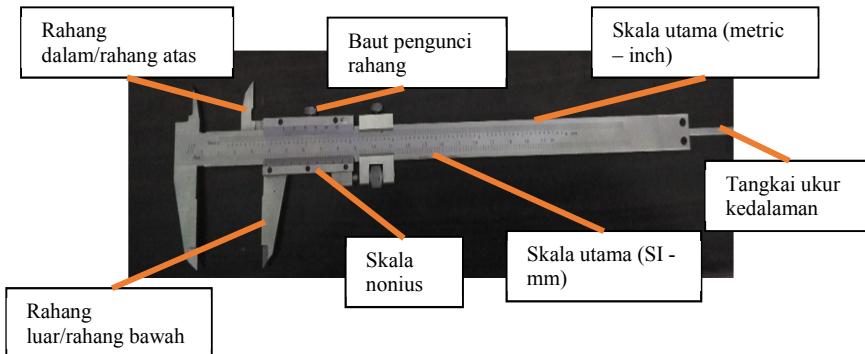
Proses injeksi ini menggunakan *setting* parameter proses yang didapatkan dari hasil simulasi. Penentuan parameter injeksi aktual dilakukan dengan memvariasikan parameter proses. Parameter yang divariasikan dalam eksperimen proses injeksi disesuaikan dengan kemampuan mesin injeksi yang digunakan (*melt temperature*, *holding time*, *injection time*, dan *injection pressure*). Parameter-parameter tersebut divariasikan untuk mendapatkan parameter proses yang digunakan untuk menentukan sifat penyusutan pada material. Material yang digunakan adalah biokomposit campuran PP dan sekam padi dan biokomposit campuran PP dan serat sisal, dimana masing-masing memiliki parameter proses yang berbeda. Spesimen *shrinkage* yang baik dan dapat dilanjutkan ke tahapan selanjutnya adalah tidak terdapat cacat *flash* dan *short shot*. Cacat tersebut dapat diamati secara visual yaitu terdapat kelebihan material plastik pada *parting line* spesimen *shrinkage*.

3.1.5 Pengukuran Dimensi dan Perhitungan Nilai *Shrinkage* Spesimen

Proses pengukuran spesimen yang telah diinjeksi dilakukan dengan menggunakan alat ukur *vernier caliper*. Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan dimensi panjang dari spesimen tersebut. Pada satu spesimen pengukuran dilakukan sebanyak 5 kali. yang telah disesuaikan dengan standar ASTM D955. Kemudian nilai hasil pengukuran dihitung untuk mendapatkan nilai *shrinkage* spesimen.

3.1.6 Alat Ukur yang Digunakan

Proses pengambilan data membutuhkan suatu alat ukur yang mampu mengukur panjang dan lebar spesimen. Alat ukur yang digunakan dalam penelitian ini adalah *vernier caliper* yang diproduksi oleh Chuan Brand perusahaan asal Cina. Alat ukur ini memiliki panjang 200 mm dan ketelitian 0,02 mm. Cara penggunaan alat ukur ini sama dengan jenis lainnya yaitu dengan menggeser rahang bawah sesuai dengan panjang yang diinginkan kemudian menempelkan rahang tersebut hingga menyentuh benda ukur. Setelah itu membaca nilai hasil pengukuran dengan mencari garis skala utama yang lurus dengan garis skala nonius



Gambar 3.7 *Vernier caliper* Chuan Brand

Pada gambar 3.7 diatas, terdapat bagian – bagian dari *vernier caliper* yang memiliki fungsi masing – masing. Rahang dalam lebih sering digunakan untuk mengukur diameter dalam suatu benda ukur. Berdeba dengan rahang luar dimana digunakan untuk mengukur diameter luar atau panjang dan lebar suatu benda ukur. Bila dilihat dengan cermat, pada bagian bawah terdapat tangkai ukur kedalaman. Tangkai ukur kedalaman digunakan untuk mengukur kedalaman suatu benda ukur. *Vernier caliper* pada umumnya memiliki 3 jenis metode pengukuran yang memanfaatkan bagian – bagian dari alat ukur ini. Pada alat ukur ini memiliki dua jenis skala, yaitu: skala utama dan skala nonius. Penjelasan diatas mengatakan cara mendapatkan nilai pengukuran adalah dengan mencari garis skala utama dan skala nonius yang segaris.

3.1.7 Kesimpulan dan Saran

Mengambil kesimpulan dari setiap hasil analisa yang dilakukan diawal hingga diakhir. Disamping itu diberikan usulan dan saran untuk perbaikan.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB IV

SIMULASI DAN PERCOBAAN INJEKSI

4.1 Kajian Produk Hasil Percobaan

Hasil percobaan injeksi menunjukkan bahwa produk hasil injeksi mengalami kendala dalam pengeluaran produk gambar 4.1. Banyak faktor yang mempengaruhi dalam pengeluaran produk pada *injection moulding*, salah satunya adalah penentuan parameter proses yang kurang sesuai. Pada percobaan yang dilakukan oleh Deni, 2018 agar produk dapat terejeksi dengan baik dengan menaikkan *holding time*. Produk tidak dapat terejeksi dengan baik dikarenakan *gate* belum membeku sepenuhnya sehingga dengan menaikkan *holding time* dapat membuat produk dapat terejeksi.



Gambar 4.1 Proses ejeksi sebelum dan sesudah menaikkan *holding time*

Dengan menaikkan *holding time* pada nilai tertentu produk dapat terejeksi dengan baik dari sebelumnya. Namun proses ejeksi ini masih belum maksimal dikarenakan produk masih menempel pada *core*. Sehingga masih diperlukan alat bantu untuk

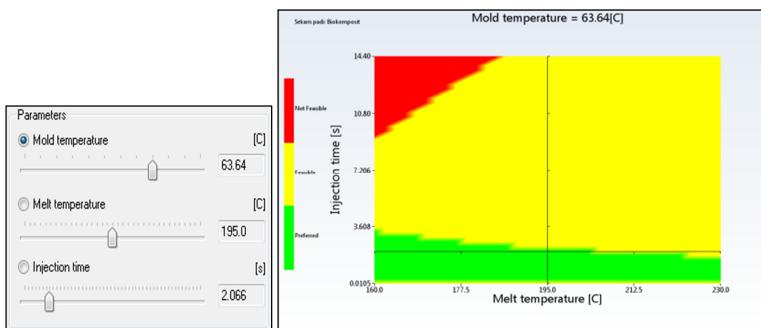
mengambil produk pasca ejeksi gambar 4.1. Pada proses pengukuran nilai *shrinkage*, hal ini masih dapat diterima dimana pada proses ejeksi sebelumnya produk cenderung melengkung dan setelah menaikkan nilai *holding time* produk tidak melengkung. Sebab produk yang melengkung dapat mempengaruhi hasil pengukuran.

4.2 Simulasi Moldflow

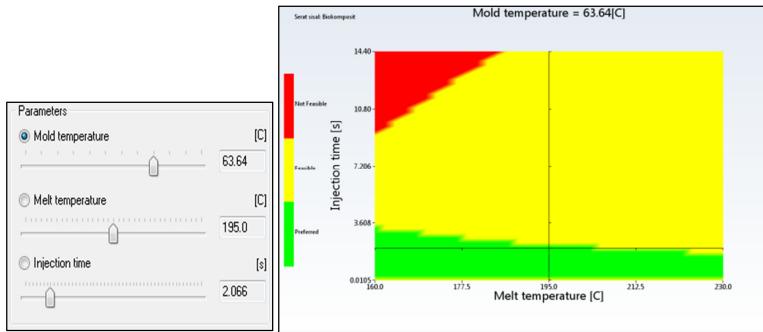
Simulasi proses injeksi dilakukan dengan menggunakan *software* Moldflow. Simulasi ini menghasilkan parameter proses yang akan digunakan untuk percobaan injeksi. Hasil simulasi juga memberikan informasi mengenai kondisi dan cacat produk saat proses injeksi. Informasi tersebut didapatkan dari percobaan injeksi dengan variasi parameter yang telah ditetapkan yang dilakukan oleh *software*.

4.2.1 Molding Window

Sebelum melakukan simulasi proses injeksi dibutuhkan nilai referensi guna membantu dalam penentuan *range* nilai. Beberapa dari nilai ini diambil dari data sekunder dan diperoleh dengan menggunakan *Molding Window*. *Molding Window* dapat menunjukkan batasan nilai setting parameter yang menghasilkan produk dengan kualitas terbaik.



(a) Biokomposit campuran PP dan sekam padi



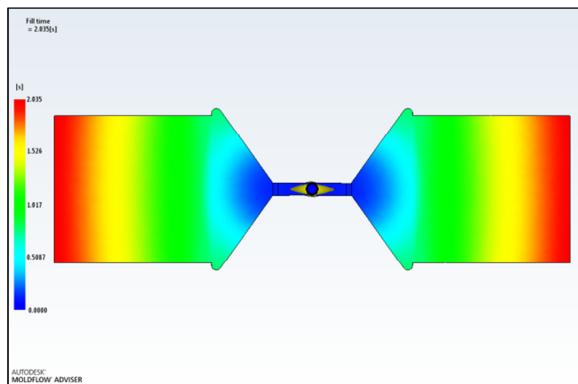
(b) Biokomposit campuran PP dan serat sisal
Gambar 4.2 *Molding Window*.

Pada mulanya parameter dicari menggunakan *Molding Window*, hasil *Molding Window* ditunjukkan pada grafik gambar 4.2. Grafik *Melt temperature* vs *Injection time* memiliki 3 jenis warna yang berbeda yang mewakili masing – masing daerah berdasarkan kualitas produk. Hasil *Molding Window* untuk kedua material biokomposit memiliki parameter yang sama dan berada pada daerah berwarna hijau. Titik optimum tersebut ditandai dengan persilangan antara garis *Melt temperature* vs *Injection time*.

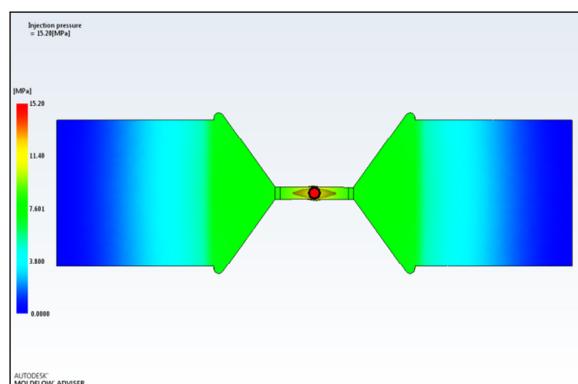
Molding Window untuk material biokomposit campuran PP dan sekam padi dan biokomposit campuran PP dan serat sisal menghasilkan grafik yang sama. Pada grafik ini didapatkan nilai *injection time* sebesar 2,066 detik, *melt temperature* sebesar 195 °C, dan *mold temperature* sebesar 63,64 °C. Nilai tersebut masih dapat diubah dengan nilai yang lain selama titik persilangan masih berada didaerah warna hijau. Nilai inilah yang digunakan dalam simulasi proses injeksi untuk mendapatkan parameter paling baik dalam melakukan percobaan injeksi.

4.2.2 Simulasi Proses Injeksi Biokomposit campuran PP dan sekam padi

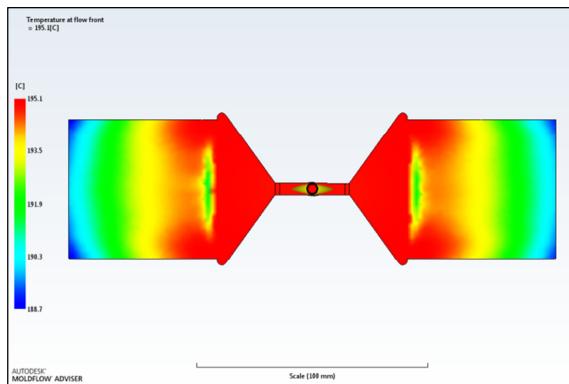
Simulasi pertama dilakukan dengan menggunakan material biokomposit campuran PP dan sekam padi. Pada saat akan dilakukan simulasi, parameter proses injeksi yang digunakan diambil dari penelitian sebelumnya. Kemudian parameter tersebut divariasikan dalam *range* tertentu sehingga didapatkan informasi hasil proses injeksi.



(a) Fill time



(b) Injection pressure



(c) Temperature at flow front
Gambar 4.3 Hasil simulasi Moldflow.

Hasil simulasi material biokomposit campuran PP dan sekam padi pada gambar 4.3 menunjukkan *Fill time* sebesar 2 detik, *Injection pressure* 15,2 MPa, dan *Temperature at flow front* sebesar 195 °C. Hasil tersebut diperoleh dengan menggunakan *setting* yang didapatkan dari *Molding Window* untuk material biokomposit campuran PP dan sekam padi. Sedangkan hasil simulasi parameter lainnya dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Hasil simulasi proses injeksi biokomposit campuran PP dan sekam padi

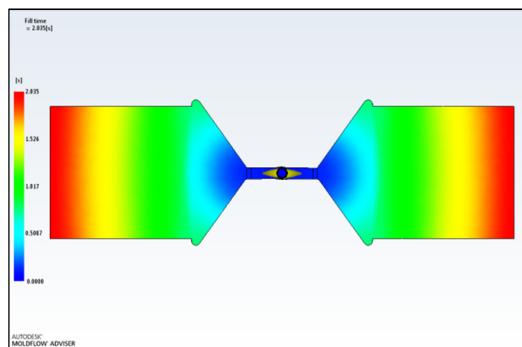
No	Mold temperature (°C)	Melt temperature (°C)	Injection time (s)	Injection pressure (MPa)	Temperature at flow front (°C)	Warp (mm)	Shrinkage (%)
1	20	135	2	21,01	135,698	0,292	1,09
2	20	195	3	9,91	202,56	0,189	1,68
3	40	135	3	21,82	136,11	0,282	0,963
4	40	195	2	8,56	198,42	0,202	1,54
5	20	135	3	19	135,685	0,307	1
6	40	135	2	25,43	136,18	0,251	1,02
7	20	195	2	9,26	198,77	0,213	1,78
8	40	195	3	8,89	201,73	0,190	1,33
9	30	135	2,5	21,45	135,917	0,286	1,04
10	30	195	2,5	9,12	200,29	0,199	1,56
11	20	165	2,5	11,96	167,58	0,226	1,48
12	40	165	2,5	13,58	170,2	0,231	1,26

13	30	165	2	13,65	169,13	0,235	1,45
14	30	165	3	12,03	168,62	0,214	1,14
15	30	165	2,5	12,85	168,89	0,214	1,29

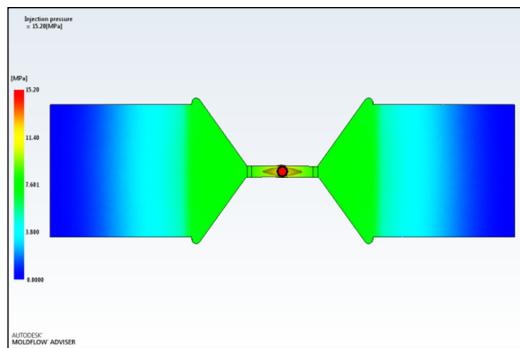
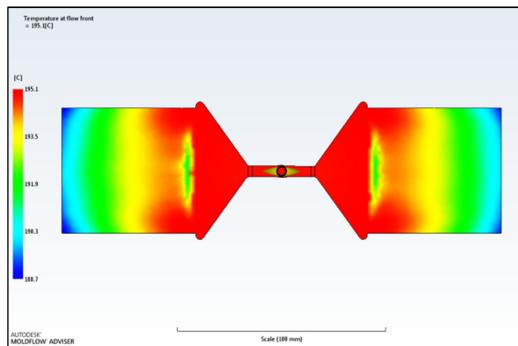
Simulasi parameter proses menunjukkan bahwa perubahan nilai parameter dapat mempengaruhi besar nilai *shrinkage*. Berdasarkan nilai – nilai yang ada pada tabel, kemudian dipilih salah satu yang memiliki nilai *shrinkage* paling kecil. Parameter nomor 3 dipilih karena memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu, *mold temperature* sebesar 40 °C, *melt temperature* sebesar 135 °C *injection time* sebesar 3 detik, dan *injection pressure* sebesar 21,82 MPa.

4.2.3 Simulasi Proses Injeksi Biokomposit campuran PP dan serat sisal

Simulasi kedua dilakukan dengan menggunakan material biokomposit campuran PP dan serat sisal. Pada saat akan dilakukan simulasi, parameter proses injeksi yang digunakan diambil dari penelitian sebelumnya. Kemudian parameter tersebut divariasikan dalam *range* tertentu sehingga didapatkan informasi hasil proses injeksi. Hasil simulasi material biokomposit campuran PP dan sekam padi dapat dilihat pada gambar 4.4 sedangkan hasil simulasi parameter lainnya dapat dilihat pada tabel 4.2 :



(a) *Fill time*

(b) *Injection pressure*(c) *Temperature at flow front*

Gambar 4.4 Hasil simulasi Moldflow.

Hasil simulasi material biokomposit campuran PP dan sekam padi pada gambar 4.4 menunjukkan *Fill time* sebesar 2 detik, *Injection pressure* 15,2 MPa, dan *Temperature at flow front* sebesar 195 °C. Hasil tersebut diperoleh dengan menggunakan *setting* yang didapatkan dari *Molding Window* untuk material biokomposit campuran PP dan sekam padi. Sedangkan hasil simulasi parameter lainnya dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Simulasi Proses Injeksi Biokomposit campuran PP dan serat sisal

No	Mold temperature (°C)	Melt temperature (°C)	Injection Time (s)	Injection Pressure (MPa)	Temperature at Flow Front (°C)	Warp (mm)	Shrinkage (%)
1	20	135	2	23.98	135.366	0.149	0.991
2	20	195	3	10.61	202.31	0.0891	1.6
3	40	135	3	25.37	135.338	0.146	0.888
4	40	195	2	8.96	198.23	0.0981	1.46
5	20	135	3	30.44	135.354	0.132	0.959
6	40	135	2	21.92	135.285	0.161	0.918
7	20	195	2	9.68	198.59	0.105	1.75
8	40	195	3	9.3	201.41	0.0929	1.29
9	30	135	2.5	24.8	135.384	0.149	0.963
10	30	195	2.5	9.5	200.04	0.1	1.61
11	20	165	2.5	14.59	168.81	0.118	1.43
12	40	165	2.5	12.89	168.36	0.104	1.13
13	30	165	2	12.93	167.42	0.11	1.32
14	30	165	3	14.58	169.76	0.114	1.26
15	30	165	2.5	13.83	168.59	0.118	1.37

Simulasi parameter proses menunjukkan bahwa perubahan nilai parameter dapat mempengaruhi besar nilai *shrinkage*. Berdasarkan nilai – nilai yang ada pada tabel, kemudian dipilih salah satu yang memiliki nilai *shrinkage* paling kecil. Parameter nomor 3 dipilih karena memenuhi spesifikasi yang ditentukan yaitu, *mold temperature* sebesar 40 °C, *melt temperature* sebesar 135 °C *injection time* sebesar 3 detik, dan *injection pressure* sebesar 25,37 MPa.

4.3 Percobaan Injeksi

4.3.1 Mesin Injeksi yang Digunakan

Proses injeksi untuk membuat spesimen uji *shrinkage* dilakukan di mesin injeksi HAITIAN MA 900/260e yang ada di Laboratorium Manufaktur Departemen Teknik Mesin seperti pada gambar 4.5.



(a)

	MA900 II /260e		
	A	B	C
INJECTION UNIT			
Screw diameter	mm	32	36
Screw L/D ratio	L/D	22,5	20
Shot size (theoretical)	cm ³	121	153
Injection weight (PS)	g	110	159
Injection speed (PS)	g/s	77	98
Injection pressure	MPa	218	173
Plasticising rate (PS)	g/s	10,1	13,3
Shot frequency	rpm	0-250	
CLAMPING UNIT			
Clamp tonnage	kN	900	
Toggle ratio	mm	320	
Space between tie bars	mm	360-360	
Max. mold height	mm	380	
Min. mold height	mm	150	
Ejector plate	mm	100	
Ejector force	kN	33	
OTHERS			
Max. pump pressure	MPa	16	
Pump motor power	kW	11	
Heater power	kW	6,3	
Machine dimension (l x w x h)	m	4,4x1,13x1,91	
Mold weight	t	5	
Hopper capacity	kg	25	
Oil tank capacity	l	190	

(b)

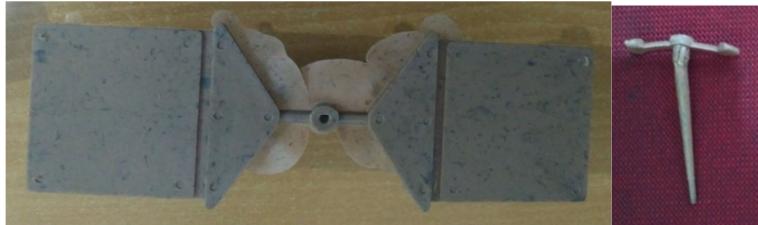
Gambar 4.5 (a)Mesin injeksi molding di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin ITS. (b)Spesifikasi mesin injeksi

Mesin injeksi ini memiliki kemampuan *clamping force* sebesar 90 ton dan tekanan injeksi sebesar 140 MPa. Informasi digunakan dalam melakukan percobaan injeksi kedua material biokomposit untuk mendapatkan hasil injeksi yang baik.

4.3.2 Penentuan Parameter Injeksi

Parameter yang diperoleh dari simulasi untuk biokomposit campuran PP dan sekam padi dan biokomposit campuran PP dan serat sisal selanjutnya dipilih dan digunakan dalam proses injeksi. Pemilihan parameter ini mempertimbangkan batasan parameter yang mungkin untuk dilakukan di mesin injeksi. Pada mesin injeksi tekanan injeksi maksimum sebesar 140 bar atau 14 MPa, hasil simulasi didapatkan nilai tekanan injeksi berturut-turut sebesar 21,82 MPa dan 25,37 MPa. Nilai tekanan injeksi dari hasil simulasi tidak memenuhi spesifikasi mesin sehingga harus dilakukan eksperimen untuk menentukan

parameter yang sesuai sehingga material tidak memiliki cacat flash.



Gambar 4.6 Cacat hasil injeksi (a) *Flash* (b) *Short shot*

Perbedaan dari parameter injeksi hasil simulasi dengan parameter injeksi hasil eksperimen. Terutama terlihat pada *injection pressure* yaitu dari 255 bar menjadi 60 bar, dikarenakan pada saat proses simulasi pembuatan material *database* hanya melalui pendekatan *properties* material dari penelitian yang sudah ada, bukan *properties* dari material yang digunakan. Pada standard ASTM diberikan pilihan tekanan injeksi dari 20 – 100 bar, namun pada saat melakukan eksperimen pada 80 bar, hasil injeksi mengalami cacat flash sedangkan pada 40 bar mengalami cacat *short shot* sesuai pada gambar 4.6. Setelah dilakukan eksperimen didapatkan nilai parameter proses injeksi sebagai berikut:

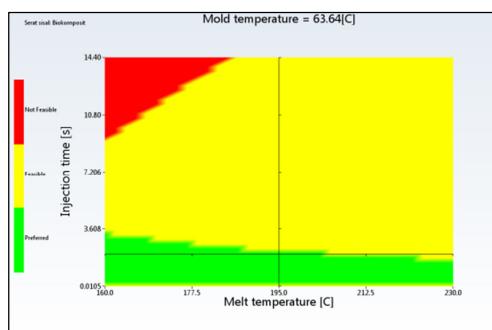
Tabel 4.3 Parameter Proses Injeksi Aktual

Material	Nozzle temperature (°C)	Barrel temperature (°C)	Injection time (s)	Injection pressure (bar)	Holding Pressure (bar)	Holding time (s)
Biokomposit campuran PP dan sekam padi	195	210	2	60	30	10
Biokomposit campuran PP dan serat sisal	195	210	2	60	30	10
PP Murni	195	210	2	60	30	10

Berdasarkan parameter diatas, dilakukan uji coba proses injeksi spesimen *shrinkage*. Hasil uji coba proses injeksi menghasilkan spesimen *shrinkage* yang tidak memiliki cacat *flash* seperti pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Hasil uji coba injeksi material biokomposit campuran PP dan sekam padi



Gambar 4.8 Molding Window Parameter proses injeksi aktual

Selain hasil percobaan injeksi, parameter ini telah disimulasikan pada *molding window*. Dimana dari hasil simulasi ini didapatkan berada pada daerah hijau dan didapatkan nilai *nozzle temprature* serta *injection time*. Sementara untuk parameter yang lain didapatkan dari data sekunder dari hasil percobaan injeksi yang dilakukan Deni (2018). Khusus untuk nilai tekanan injeksi disesuaikan dengan standard yang telah ditetapkan pada ASTM D955-08, yaitu 60 bar.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

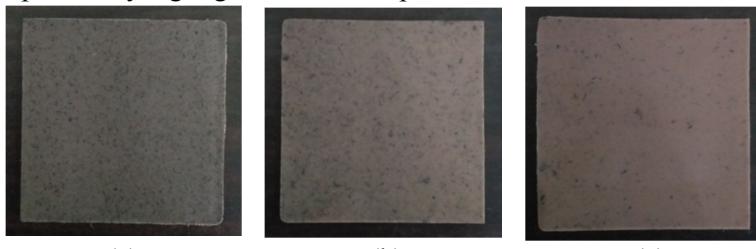
BAB V

PENGUKURAN DAN PERHITUNGAN NILAI *SHRINKAGE*

5.1 Spesimen

Penelitian ini dilanjutkan dengan melakukan percobaan injeksi di mesin injeksi. Percobaan injeksi dilakukan dengan menggunakan material biokomposit yang berbeda. Percobaan pertama menggunakan material PP murni kemudian dilanjutkan dengan material biokomposit campuran PP dan serat alam berupa sekam padi dan percobaan ketiga menggunakan material biokomposit campuran PP dan serat alam berupa serat sisal. Kedua material biokomposit tersebut dicampur dengan MAPP sebagai pengikatnya.

Spesimen yang akan digunakan dalam penelitian ini berasal dari produk hasil injeksi yang kemudian dipotong menjadi bentuk persegi. Produk harus dipotong sesaat setelah keluar dari mesin injeksi moulding. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengaruh penyusutan terhadap bagian lain dari produk. Berikut spesimen yang digunakan dalam penelitian ini:



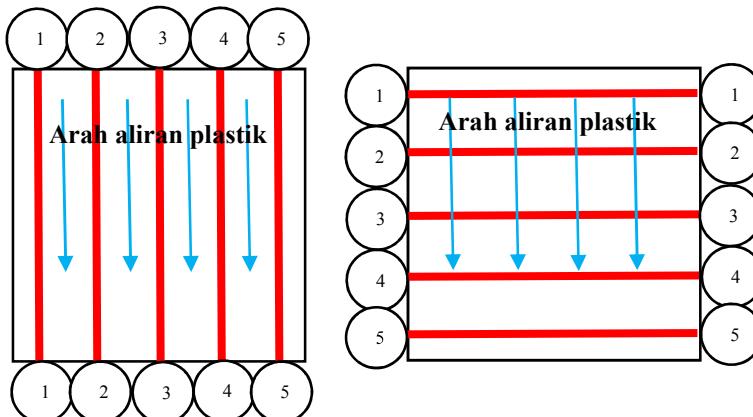
Gambar 5.1 Spesimen uji shinkage (a)Biokomposit campuran PP dan sekam padi. (b)Biokomposit campuran PP dan serat sisal. (c)PP murni.

Pada gambar di atas, dapat dilihat 3 spesimen yang telah dipotong dan membentuk persegi. Spesimen tersebut akan

digunakan dalam langkah selanjutnya dalam penelitian ini. Spesimen tersebut memiliki perbedaan yang mencolok terutama pada warna. Biokomposit campuran PP dan sekam padi memiliki warna yang lebih gelap dan PP memiliki warna yang lebih terang. Perbedaan warna ini diakibatkan oleh serat alam yang dicampurkan ke dalam material plastik.

5.2 Rancangan Pengukuran

Pengukuran spesimen biokomposit dilakukan dengan menggunakan alat ukur *vernier caliper* yang telah dijelaskan. Spesimen yang telah di potong menjadi bentuk persegi selanjutnya diukur. Pengukuran dilakukan dalam 2 tahap, *pertama* mengukur panjang yang searah dengan arah datangnya aliran. Kedua, mengukur panjang yang tegak lurus dengan arah datangnya aliran. Pengukuran masing – masing spesimen dilakukan sebanyak 5 kali di 5 titik yang berbeda seperti pada gambar 5.3.



Gambar 5.3 Rancangan pengukuran spesimen

5.2.1 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Sekam Padi (searah)

Pengukuran dilakukan terhadap 5 Spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang telah dipilih dan memenuhi persyaratan dari standard ASTM D955-8.

Tabel 5.1 Pengukuran Spesimen Biokomposit campuran PP dan sekam padi (Searah)

Replikasi	Pengukuran Titik ke-(dalam mm)					Keterangan
	I	II	III	IV	V	
1	59,12	59,06	58,86	58,90	59,06	Spesimen 1
2	59,10	59,04	58,96	59,06	59,06	
3	59,14	59,00	58,96	58,90	59,02	
4	59,10	59,08	59,02	59,06	59,10	
5	59,14	59,00	58,92	59,88	59,04	
Rata - rata	59,12	59,04	58,94	59,16	59,06	
1	59,10	59,02	58,94	58,94	59,08	Spesimen 2
2	59,12	58,98	58,90	58,90	59,08	
3	59,10	59,04	58,98	58,86	59,08	
4	59,10	58,96	58,86	58,88	59,10	
5	59,12	59,02	58,86	58,88	59,08	
Rata - rata	59,11	59,00	58,91	58,89	59,08	
1	59,08	58,98	58,86	58,90	59,08	Spesimen 3
2	59,10	58,92	58,90	58,90	59,10	
3	59,10	59,04	58,92	58,90	59,12	

4	59,12	58,92	58,90	58,90	59,12	
5	59,08	58,96	58,86	58,86	59,04	
Rata - rata	59,10	58,96	58,89	58,89	59,09	
1	59,10	58,96	58,90	58,96	59,02	Spesimen 4
2	59,14	59,02	58,94	59,00	59,10	
3	59,12	58,98	58,98	58,94	59,04	
4	59,10	59,00	58,96	59,06	59,04	
5	59,14	59,00	58,98	58,90	59,06	
Rata - rata	59,12	58,99	58,95	58,97	59,05	
1	59,10	58,92	58,92	59,02	59,02	Spesimen 5
2	59,08	59,00	59,04	59,88	59,04	
3	59,10	58,94	59,04	58,86	59,06	
4	59,12	59,02	58,94	58,92	59,08	
5	59,10	59,00	58,96	58,90	59,06	
Rata - rata	59,10	58,98	58,98	59,12	59,05	

Dari hasil pengukuran diatas (tabel 5.1), didapatkan panjang spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang searah dengan datangnya aliran plastik berturut – turut dari spesimen 1 hingga 5 adalah 59,06 mm, 59,00 mm, 58,99 mm, 59,02 mm, dan 59,04 mm.

5.2.2 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Sekam Padi (tegak lurus)

Pengukuran dilakukan terhadap 5 Spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang telah dipilih dan memenuhi persyaratan dari standard ASTM D955-8.

Tabel 5.2 Pengukuran spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi (tegak lurus)

Replikasi	Pengukuran Titik ke-(dalam mm)					Keterangan
	I	II	III	IV	V	
1	59,00	58,94	58,84	58,88	59,02	Spesimen 1
2	59,02	58,88	58,86	58,94	59,02	
3	59,00	58,88	58,84	58,90	59,00	
4	58,98	58,86	58,84	58,90	59,06	
5	59,00	58,86	58,84	58,96	59,02	
Rata - rata	59,00	58,88	58,84	58,92	59,02	
1	58,98	58,90	58,86	58,92	59,06	Spesimen 2
2	59,02	58,86	58,88	58,90	59,06	
3	58,98	58,86	58,84	58,98	59,06	
4	59,00	58,86	58,86	58,94	59,10	
5	59,00	58,84	58,82	58,96	59,10	
Rata - rata	58,96	58,86	58,85	58,94	59,08	
1	58,96	58,88	58,82	58,94	59,08	Spesimen 3
2	58,98	58,86	58,86	58,88	59,10	
3	58,98	58,84	58,90	58,90	59,02	

4	59,00	58,80	58,82	58,90	59,10	
5	59,02	58,82	58,86	58,90	59,00	
Rata - rata	58,99	58,84	58,85	58,90	59,06	
1	58,98	58,80	58,86	58,96	59,02	Spesimen 4
2	58,96	58,90	58,86	58,90	59,06	
3	58,94	58,82	58,88	58,94	59,06	
4	58,98	58,80	58,92	58,96	59,04	
5	58,94	58,84	58,88	58,86	59,02	
Rata - rata	58,96	58,83	58,88	58,92	59,04	
1	58,98	58,96	58,88	58,88	59,00	Spesimen 5
2	58,98	58,88	58,88	58,90	59,04	
3	58,92	58,88	58,84	58,90	59,06	
4	59,00	58,84	58,96	58,88	59,06	
5	59,02	58,86	58,90	58,90	59,04	
Rata - rata	58,98	58,88	58,89	58,89	59,04	

Dari hasil pengukuran diatas (tabel 5.2), didapatkan panjang spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang searah dengan datangnya aliran plastik berturut – turut dari spesimen 1 hingga 5 adalah 58,93 mm, 58,94 mm, 58,94 mm, 58,93 mm, dan 58,95 mm. Apabila dirata – rata nilai hasil pengukuran menjadi 58,9363 mm.

5.2.3 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Serat Sisal (searah)

Pengukuran dilakukan terhadap 5 Spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang telah dipilih dan memenuhi persyaratan dari standard ASTM D955-8.

Tabel 5.3 Pengukuran spesimen biokomposit campuran PP dan serat sisal (Searah)

Replikasi	Pengukuran Titik ke-(dalam mm)					Keterangan
	I	II	III	IV	V	
1	59,30	59,22	59,26	59,28	59,30	Spesimen 1
2	59,28	59,32	59,26	59,30	59,30	
3	59,32	59,32	59,18	59,28	59,32	
4	59,30	59,34	59,26	59,32	59,34	
5	59,26	59,36	59,18	59,30	59,32	
Rata - rata	59,29	59,31	59,23	59,30	59,32	
1	59,28	59,28	59,22	59,26	59,34	Spesimen 2
2	59,28	59,30	59,24	59,28	59,32	
3	59,28	59,36	59,22	59,30	59,32	
4	59,26	59,30	59,26	59,30	59,38	
5	59,32	59,38	59,30	59,30	59,36	
Rata - rata	59,28	59,32	59,25	59,29	59,34	
1	59,22	59,30	59,18	59,28	59,32	Spesimen 3
2	59,34	59,22	59,18	59,24	59,34	
3	59,30	59,24	59,20	59,26	59,32	

4	59,24	59,32	59,26	59,30	59,30	
5	59,26	59,22	59,18	59,28	59,38	
Rata - rata	59,27	59,26	59,20	59,27	59,33	
1	59,30	59,22	59,20	59,28	59,28	Spesimen 4
2	59,32	59,24	59,20	59,26	59,30	
3	59,32	59,26	59,18	59,28	59,40	
4	59,34	59,26	59,22	59,30	59,42	
5	59,32	59,30	59,16	59,24	59,34	
Rata - rata	59,32	59,26	59,19	59,27	59,35	
1	59,30	59,22	59,26	59,26	59,38	Spesimen 5
2	59,26	59,32	59,20	59,28	59,32	
3	59,28	59,26	59,18	59,28	59,36	
4	59,24	59,26	59,26	59,30	59,38	
5	59,30	59,30	59,22	59,32	59,36	
Rata - rata	59,28	59,27	59,22	59,29	59,36	

Dari hasil pengukuran diatas (tabel 5.3), didapatkan panjang spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang searah dengan datangnya aliran plastik berturut – turut dari spesimen 1 hingga 5 adalah 59,30 mm, 59,28 mm, 59,21 mm, 59,28 mm, dan 59,41 mm. Apabila dirata – rata nilai hasil pengukuran menjadi 59,1144 mm.

5.2.4 Pengukuran Spesimen Biokomposit Campuran PP dan Serat Sisal (tegak lurus)

Pengukuran dilakukan terhadap 5 Spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang telah dipilih dan memenuhi persyaratan dari standard ASTM D955-8.

Tabel 5.4 Pengukuran spesimen biokomposit campuran PP dan serat sisal (tegak lurus)

Replikasi	Pengukuran Titik ke-(dalam mm)					Keterangan
	I	II	III	IV	V	
1	59,16	59,22	59,18	59,08	59,24	Spesimen 1
2	59,20	59,16	59,08	59,16	59,16	
3	59,28	59,26	59,04	59,08	59,22	
4	59,28	59,18	59,08	59,14	59,22	
5	59,30	59,20	59,06	59,14	59,20	
Rata - rata	59,24	59,20	59,09	59,12	59,21	
1	59,22	59,24	59,06	59,10	59,18	Spesimen 2
2	59,24	59,12	59,08	59,08	59,18	
3	59,22	59,32	59,08	59,12	59,20	
4	59,16	59,12	59,04	59,10	59,22	
5	59,18	59,20	59,08	59,10	59,20	
Rata - rata	59,20	59,20	59,07	59,10	59,20	
1	59,22	59,14	59,00	59,10	59,22	Spesimen 3
2	59,22	59,12	59,02	59,06	59,14	
3	59,20	59,16	59,08	59,14	59,16	

4	59,24	59,08	59,00	59,10	59,14	
5	59,18	59,16	59,02	59,06	59,16	
Rata - rata	59,21	59,13	59,02	59,09	59,16	
1	59,18	59,24	59,02	59,08	59,18	Spesimen 4
2	59,16	59,18	59,04	59,10	59,16	
3	59,14	59,22	59,02	59,10	59,18	
4	59,12	59,14	59,08	59,06	59,20	
5	59,16	59,12	59,10	59,08	59,18	
Rata - rata	59,15	59,18	59,05	59,08	59,18	
1	59,14	59,10	59,06	59,10	59,24	Spesimen 5
2	59,12	59,20	59,02	59,12	59,16	
3	59,22	59,08	59,12	59,10	59,22	
4	59,18	59,16	59,04	59,16	59,22	
5	59,18	59,08	59,02	59,08	59,18	
Rata - rata	59,17	59,12	59,05	59,11	59,20	

Dari hasil pengukuran diatas(tabel 5.4), didapatkan panjang spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang searah dengan datangnya aliran plastik berturut – turut dari spesimen 1 hingga 5 adalah 59,20 mm, 59,16 mm, 59,00 mm, 59,13 mm, dan 59,30 mm. Apabila dirata – rata nilai hasil pengukuran menjadi 59,0882 mm.

5.2.5 Pengukuran Spesimen PP (searah)

Pengukuran dilakukan terhadap 5 Spesimen PP murni yang telah dipilih dan memenuhi persyaratan dari standard ASTM D955-8.

Tabel 5.5 Pengukuran spesimen PP (Searah)

Replikasi	Pengukuran Titik ke-(dalam mm)					Keterangan
	I	II	III	IV	V	
1	59,22	59,14	59,12	59,08	59,18	Spesimen 1
2	59,20	59,10	59,08	59,16	59,18	
3	59,20	59,20	59,10	59,10	59,20	
4	59,18	59,10	59,12	59,10	59,20	
5	59,14	59,16	59,10	59,08	59,16	
Rata - rata	59,19	59,14	59,10	59,10	59,18	
1	59,12	59,16	59,10	59,12	59,20	Spesimen 2
2	59,20	59,14	59,12	59,04	59,12	
3	59,20	59,12	59,12	59,12	59,20	
4	59,12	59,12	59,10	59,10	59,16	
5	59,14	59,14	59,16	59,04	59,12	
Rata - rata	59,16	59,14	59,12	59,08	59,16	
1	59,10	59,10	59,08	59,02	59,20	Spesimen 3
2	59,18	59,08	59,14	59,04	59,14	
3	59,12	59,08	59,06	59,06	59,14	
4	59,10	59,12	59,10	59,06	59,18	
5	59,12	59,14	59,12	59,08	59,12	

Rata - rata	59,12	59,10	59,10	59,05	59,16	
1	59,10	59,08	59,04	59,06	59,22	Spesimen 4
2	59,20	59,16	59,14	59,06	59,18	
3	59,20	59,10	59,04	59,10	59,22	
4	59,16	59,12	59,08	59,04	59,20	
5	59,08	59,10	59,10	59,04	59,22	
Rata - rata	59,15	59,11	59,08	59,06	59,21	
1	59,10	59,08	59,08	59,12	59,20	Spesimen 5
2	59,18	59,14	59,12	59,08	59,22	
3	59,10	59,08	59,14	59,04	59,14	
4	59,12	59,06	59,16	59,12	59,14	
5	59,18	59,06	59,08	59,10	59,20	
Rata - rata	59,14	59,08	59,12	59,09	59,18	

Dari hasil pengukuran diatas (tabel 5.5), didapatkan panjang spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang searah dengan datangnya aliran plastik berturut – turut dari spesimen 1 hingga 5 adalah 59,16 mm, 59,11 mm, 59,06 mm, 59,12 mm, dan 59,12 mm. Apabila dirata – rata nilai hasil pengukuran menjadi 59,2952 mm.

5.2.6 Pengukuran Spesimen PP (tegak lurus)

Pengukuran dilakukan terhadap 5 Spesimen PP murni yang telah dipilih dan memenuhi persyaratan dari standard ASTM D955-8.

Tabel 5.6 Pengukuran spesimen PP (tegak lurus)

Replikasi	Pengukuran Titik ke-(dalam mm)					Keterangan
	I	II	III	IV	V	
1	59,08	58,94	58,90	58,94	59,10	Spesimen 1
2	59,10	59,02	59,00	59,02	59,12	
3	59,18	59,00	58,90	58,94	59,10	
4	59,12	58,96	58,92	58,90	59,06	
5	59,10	59,02	58,98	58,96	59,12	
Rata - rata	59,12	58,99	58,94	58,95	59,10	
1	59,10	58,98	58,98	59,02	59,10	Spesimen 2
2	59,08	58,94	58,94	58,98	59,02	
3	59,08	58,92	58,86	58,94	59,10	
4	59,10	58,94	58,90	58,98	59,02	
5	59,08	59,00	58,90	58,98	59,04	
Rata - rata	59,09	58,96	58,92	58,98	59,06	
1	59,10	58,98	58,98	59,08	59,06	Spesimen 3
2	59,12	59,02	58,92	58,90	59,02	
3	59,08	59,04	58,90	59,06	59,04	
4	59,06	59,02	58,92	59,04	59,06	
5	59,04	58,98	58,98	58,98	59,06	
Rata - rata	59,08	59,01	58,94	59,01	59,05	
1	59,20	59,00	58,96	58,98	59,08	Spesimen 4
2	59,10	59,06	59,06	58,92	59,06	

3	59,12	59,00	59,04	58,96	59,14	
4	59,12	58,98	58,98	58,96	59,14	
5	59,14	59,00	59,00	59,02	59,06	
Rata - rata	59,14	59,01	59,01	58,97	59,10	
1	59,08	59,04	59,02	59,08	59,02	Spesimen 5
2	59,12	59,06	59,00	59,00	59,04	
3	59,14	58,98	58,94	59,04	59,10	
4	59,12	59,04	59,02	59,02	59,06	
5	59,10	59,06	58,94	59,08	59,10	
Rata - rata	59,11	59,04	58,98	59,04	59,06	

Dari hasil pengukuran diatas(tabel 5.6), didapatkan panjang spesimen biokomposit campuran PP dan sekam padi yang searah dengan datangnya aliran plastik berturut – turut dari spesimen 1 hingga 5 adalah 59,22 mm, 58,95 mm, 58,96 mm, 59,19 mm, dan 59,13 mm. Apabila dirata – rata nilai hasil pengukuran menjadi 59,1578 mm.

5.3 Perhitungan Nilai *Shrinkage*

Perhitungan nilai *shrinkage* material biokomposit diperoleh dari nilai-nilai hasil pengukuran panjang. Perhitungan nilai biokomposit ini sesuai dengan rumus yang ada pada standard ASTM D955-08 dimana nilai *shrinkage* yang dihasilkan merupakan nilai dari pengukuran panjang yang searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastik. Perhitungan ini membutuhkan dimensi *cavity* yang telah diukur sebesar 59,92mm.

5.3.1 Statistik

Analisa statistik diperlukan untuk mengetahui persebaran data pengukuran nilai panjang spesimen secara searah dan tegak lurus datangnya aliran plastik. Analisa ini menggunakan bantuan Minitab dengan metode *Single Factor (One Way) ANOVA*.

Biokomposit campuran PP sekam padi searah titik I

Hipotesis:

H_0 : tidak ada data pengukuran tiap spesimen yang berbeda

H_1 : salah satu data pengukuran tiap spesimen berbeda

One-way ANOVA: 1I, 2I, 3I, 4I, 5I

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0,002464	0,000616	2,20	0,106
Error	20	0,005600	0,000280		
Total	24	0,008064			

$$S = 0,01673 \quad R-Sq = 30,56\% \quad R-Sq(\text{adj}) = 16,67\%$$

Individual 95% CIs For Mean Based on						
Level	N	Mean	StDev	Pooled StDev		
				(-----* -----)</th <th>(-----*<!-------)</th--><th>(-----*<!-------)</th--></th></th>	(-----* -----)</th <th>(-----*<!-------)</th--></th>	(-----* -----)</th
1I	5	59,1200	0,0200			
2I	5	59,1080	0,0110			
3I	5	59,0960	0,0167			
4I	5	59,1200	0,0200			
5I	5	59,1000	0,0141			
				59,085	59,100	59,115
						59,130

$$\text{Pooled StDev} = 0,0167$$

Hasil minitab menunjukkan data hasil pengukuran untuk biokomposit campuran PP dan sekam padi searah memiliki nilai *P-value* sebesar 0,106. Hal ini menunjukkan bahwa hipotesis awal H_0 dengan $\alpha=5\%$ gagal ditolak, yaitu $P-value > \alpha$. Data hasil pengukuran tersebut berada pada *acceptance region*. Hasil ini dapat diartikan bahwa tidak ada data pengukuran yang berbeda untuk masing – masing spesimen.

Kemudian untuk hasil pengukuran tiap-tiap titik dilakukan hal yang sama dan diperoleh hasil yang sama pula dimana nilai $P\text{-value} > \alpha$. Hal ini menunjukkan bahwa tidak ada hasil dipengukuran titik I pada tiap – tiap spesimen yang berbeda sehingga data hasil pengukuran dapat dirata – ratakan. Hasil analisa Minitab untuk titik - titik lainnya dapat dilihat pada Lampiran 1.

5.3.2 Nilai *Shrinkage* Biokomposit Campuran PP dan Sekam Padi

Perhitungan nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan sekam padi untuk pengukuran panjang searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastik, sebagai berikut:

Tabel 5.7 Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan sekam padi Searah

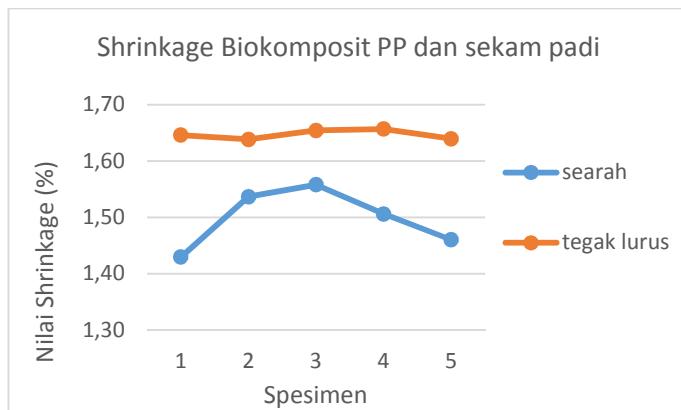
Spesimen	Nilai <i>Shrinkage</i> Titik ke-(dalam %)					Rata - rata
	I	II	III	IV	V	
1	1,34	1,48	1,63	1,27	1,44	1,43
2	1,36	1,53	1,69	1,72	1,40	1,54
3	1,38	1,60	1,72	1,72	1,38	1,56
4	1,34	1,55	1,62	1,58	1,45	1,51
5	1,37	1,58	1,57	1,34	1,45	1,46

Tabel 5.8 Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan sekam padi Tegak Lurus

Spesimen	Nilai <i>Shrinkage</i> Titik ke-(dalam %)					Rata - rata
	I	II	III	IV	V	
1	1,53	1,73	1,80	1,68	1,50	1,65
2	1,60	1,76	1,78	1,64	1,41	1,64
3	1,56	1,80	1,78	1,70	1,44	1,65

4	1,60	1,82	1,74	1,66	1,47	1,66
5	1,57	1,73	1,72	1,72	1,47	1,64

Dari tabel 5.7 dan tabel 5.8 apabila nilai rata – rata dirata – rata lagi, diperoleh nilai *shrinkage* searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastic berturut – turut sebesar 1,50% dan 1,65%.



Gambar 5.4 Grafik *shrinkage* biokomposit PP dan sekam padi

Pada grafik 5.4 diatas, nilai *shrinkage* biokomposit yang diperoleh dari pengukuran tegak lurus lebih tinggi dari pada nilai *shrinkage* yang diperoleh dari pengukuran searah.

5.3.3 Nilai *Shrinkage* Biokomposit Campuran PP dan Serat Sisal

Perhitungan nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan serat sisal untuk pengukuran panjang searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastik, sebagai berikut:

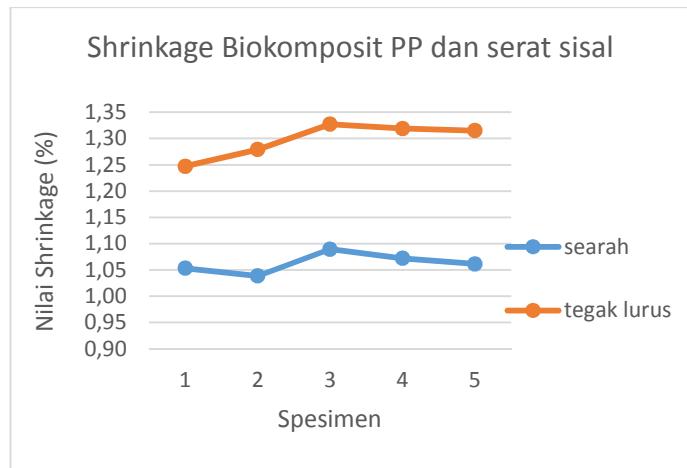
Tabel 5.9 Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan serat sisal Searah

Spesimen	Nilai <i>Shrinkage</i> Titik ke-(dalam %)					Rata - rata
	I	II	III	IV	V	
1	1,05	1,01	1,15	1,04	1,01	1,05
2	1,06	0,99	1,12	1,05	0,96	1,04
3	1,08	1,10	1,20	1,08	0,98	1,09
4	1,00	1,11	1,21	1,08	0,95	1,07
5	1,07	1,08	1,16	1,05	0,93	1,06

Tabel 5.10 Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan serat sisal Tegak Lurus

Spesimen	Nilai <i>Shrinkage</i> Titik ke-(dalam %)					Rata - rata
	I	II	III	IV	V	
1	1,13	1,19	1,39	1,34	1,19	1,25
2	1,19	1,20	1,42	1,37	1,21	1,28
3	1,18	1,32	1,50	1,38	1,26	1,33
4	1,28	1,23	1,45	1,40	1,23	1,32
5	1,26	1,33	1,45	1,35	1,19	1,32

Dari tabel 5.9 dan tabel 5.10 apabila nilai rata – rata dirata – rata lagi, diperoleh nilai *shrinkage* searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastic berturut – turut sebesar 1,06% dan 1,30%.



Gambar 5.5 Grafik *shrinkage* biokomposit PP dan serat sisal

Pada grafik 5.5 diatas, nilai *shrinkage* yang diperoleh dari pengukuran tegak lurus lebih tinggi dari pada nilai *shrinkage* yang diperoleh dari pengukuran searah.

5.3.4 Nilai *Shrinkage* PP Murni

Perhitungan nilai *shrinkage* PP murni untuk pengukuran panjang searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastik, sebagai berikut:

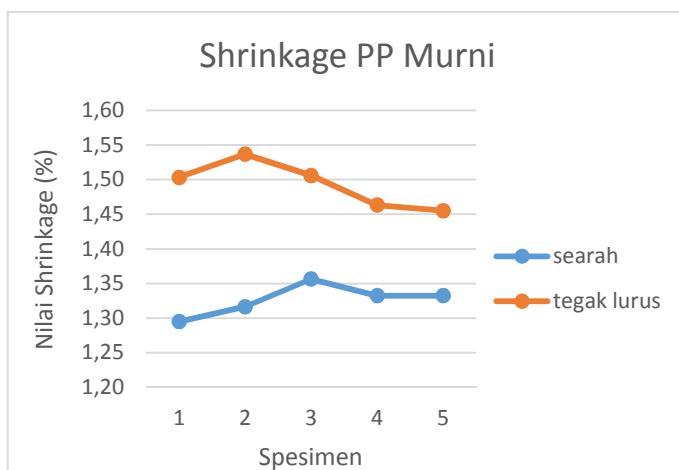
Tabel 5.11 Nilai *Shrinkage* PP murni Searah

Spesimen	Nilai <i>Shrinkage</i> Titik ke-(dalam %)					Rata - rata
	I	II	III	IV	V	
1	1,22	1,30	1,36	1,36	1,23	1,30
2	1,28	1,31	1,34	1,40	1,27	1,32
3	1,33	1,36	1,37	1,45	1,28	1,36
4	1,29	1,35	1,40	1,44	1,19	1,33
5	1,31	1,40	1,34	1,38	1,23	1,33

Tabel 5.12 Nilai *Shrinkage* PP murni Tegak Lurus

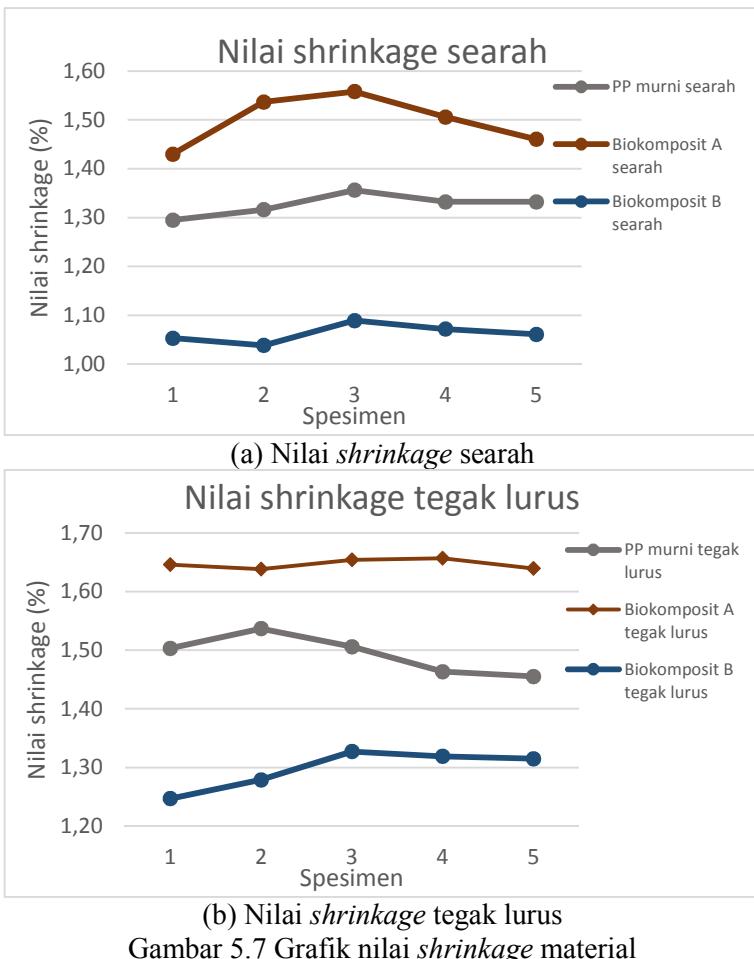
Spesimen	Nilai <i>Shrinkage</i> Titik ke-(dalam %)					Rata - rata
	I	II	III	IV	V	
1	1,34	1,56	1,64	1,62	1,37	1,50
2	1,39	1,61	1,68	1,57	1,44	1,54
3	1,40	1,52	1,64	1,52	1,46	1,51
4	1,31	1,52	1,52	1,59	1,38	1,46
5	1,35	1,48	1,56	1,46	1,43	1,46

Berdasarkan perhitungan nilai *shrinkage* dari tabel 5.11 dan tabel 5.12, diperoleh nilai *shrinkage* searah dan tegak lurus arah datangnya aliran plastik berturut – turut sebesar 1,33% dan 1,49%.

Gambar 5.6 Grafik *Shrinkage* PP murni

Pada grafik 5.6 diatas, nilai *shrinkage* yang diperoleh dari pengukuran tegak lurus lebih tinggi dari pada nilai *shrinkage* yang diperoleh dari pengukuran searah.

5.4 Analisa Nilai *Shrinkage*



Gambar 5.7 Grafik nilai *shrinkage* material

Nilai *shrinkage* untuk material yang searah lebih kecil dibandingkan tegak lurusnya seperti terlihat pada gambar 5.4, 5.5, dan 5.6, hal ini dikarenakan serat alam dapat menghambat penyusutan akibat dari kontraksi termal yang lebih kecil dan modulus yang lebih tinggi. Sangat memungkinkan bila nilai

shrinkage material komposit lebih rendah dari pada material plastik murni karena adanya serat alam ini.

Kemudian nilai *shrinkage* yang ditunjukkan pada gambar 5.7, nilai *shrinkage* paling besar adalah specimen biokomposit campuran PP dan sekam padi sedangkan nilai *shrinkage* paling kecil adalah specimen biokomposit campuran PP dan serat sisal. Pada grafik (a) nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan serat sisal (Biokomposit B) lebih rendah dari pada PP murni dikarenakan karena material plastik yang dicampur dengan serat alam akan mengalami penurunan nilai *shrinkage*. Adanya ikatan pada serat alam berpengaruh pada penyusutan sehingga sangat bagus apabila plastik dicampur dengan serat alam.

Nilai *shrinkage* yang berbeda – beda ini dikarenakan specimen tersebut memiliki komposisi material yang berbeda pula. Perbedaan jenis material dapat mempengaruhi besar nilai *shrinkage*. Selain hal itu faktor seperti perlakuan pada saat spesimen keluar dari cetakan juga mempengaruhi besar nilai *shrinkage*. Nilai *shrinkage* sangat sensitif sehingga dapat mempengaruhi perancangan mold suatu produk.

Banyaknya pengambilan data pengukuran juga dapat mempengaruhi besarnya nilai perhitungan *shrinkage*. Semakin banyak titik pengukuran dan jumlah replikasi nilai *shrinkage* akan semakin mendekati nilai sebenarnya.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh kesimpulan adalah:

1. Setting parameter injeksi yang digunakan pada proses injeksi dimana tidak terdapat cacat *flash* dan *shortshot* adalah *nozzle temperature* sebesar 195°C, *barrel temperature* sebesar 210°C, *injection time* sebesar 2 detik, *injection pressure* sebesar 60 bar, *holding pressure* sebesar 30 bar, dan *holding time* sebesar 10 detik.
2. Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan sekam padi berdasarkan arah datangnya aliran plastik dari searah dan tegak lurus berturut – turut sebesar 1,50 % dan 1,65 %.
3. Nilai *shrinkage* biokomposit campuran PP dan serat sisal berdasarkan arah datangnya aliran plastik dari searah dan tegak lurus berturut – turut sebesar 1,06 % dan 1,30 %.
4. Nilai *shrinkage* PP murni berdasarkan arah datangnya aliran plastik dari searah dan tegak lurus berturut – turut sebesar 1,33 % dan 1,49 %.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian didapatkan saran – saran sebagai berikut:

1. Perlakuan spesimen saat setelah keluar dari cetakan harus diperhatikan, dapat memanfaatkan ruangan khusus untuk menempatkan spesimen agar nilai penyusutan lebih aktual
2. Pengukuran dimensi spesimen perlu dilakukan lebih banyak sehingga keseragaman data dapat dicapai.
3. Khusus untuk cetakan ini diperlukan *holding time* yang lebih tinggi

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Ancheta, Jerrold.2017."Plastic inection molding",
<URL:<https://id.pinterest.com/pin/258816309814760067/>>
- Anonymous."Continual Improvement of Mold Design",
URL:http://www.natechplastics.com/case_studies/quality-by-design-mold-design/
- Arif. 2017. "Studi Eksperimental Pengaruh Komposisi Pelet Biokomposit (Polypropylene, Serat Sisal Dan Maleic Anhydride Polypropylene) Terhadap Sifat Thermal Dan Struktur Potongan Melintang Untuk Mencari Material Alternatif Produk Plastik": Surabaya.
- Bolur, Prabodh C.1999. "A Guide to Injection Moulding of Plastics": India.
- Daniele Annicchiarico.2013."A methodology for *shrinkage* measurement in micro-injection moulding": United Kingdom.
- Dhian P. 2015. "Pemilihan Parameter Untuk Meningkatkan Kekuatan Spesimen Tarik dan Impact Pada Proses Injeksi Plastik Dengan Metode Taguchi". Surabaya.
- Greene, Joseph.2000."Shrinkage Chapter 8": Chico.California.
- Gumilar, Deni.2018."Rancang Bangun Cetakan Spesimen Untuk Analisa *Shrinkage* Sesuai Standar ASTM D955": Surabaya.
- Higgins, Jeff.2017."Using Autodesk Moldflow for Engineering Decisions",
URL:simhub.autodesk.com/blog/Using_Autodesk_Moldflow_for_Engineering_Decisions
- Jerry M. Fischer.2003."Handbook of Molded Part Shrinkage and Warpage".Plastics Design Library/William Andrew Publishing: Norwich, NY.

- Joko.2015."Analisa Variasi Waktu Pencetakan Bola Plastik Berongga Terhadap Penyusutan Dan Ketebalan Produk Pada Proses Rotational Moulding": Surakarta.
- Lee. 2017."Step-by-Step Technical Information for Injection Molding Practitioners",
<URL:<http://news.yeogie.com>>
- Mutafawwiqin.2016."Studi Eksperimental Variasi Komposisi Pelet Biokomposit (Polypropylene, Sekam Padi Dan Maleic Anhydride Pp) Terhadap Sifat Thermal & Struktur Permukaan Sebagai Material Alternatif Produk Plastik":Surabaya.
- Pira, Smither.2016."Market Report",
<URL:<https://www.smitherspira.com/industry-market-reports>>
- Rahmat.2017. Studi Eksperimental Variabel Proses Injeksi dan Pengaruh Komposisi Material Biokomposit (Serat Sisal, Maleic Anhydride Polipropylene, Polypropylene) Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak: Surabaya.
- Siswoto. 1990. "Blow and Injection Mould – Design. P.T. Berlin Pandaan": Surabaya.
- Sorensen, Roger.2007."Styrene Kit Defects & Fixes",
<URL:http://employees.csbsju.edu/rsorensen/modelcitizen/sprue_u/100/111s.htm>
- Steinbichler, Georg. 1992. "Störungsratgeber für Oberflächenfehler an thermoplastischen Spritzgußteilen": Lüdenscheid.

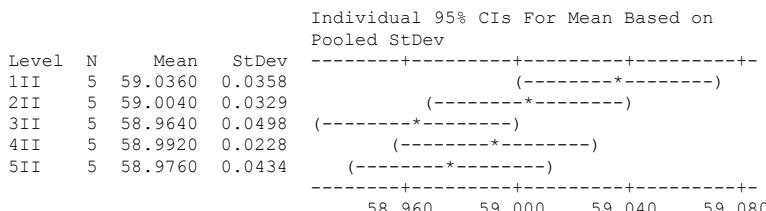
LAMPIRAN

Biokomposit campuran PP sekam padi searah titik II

One-way ANOVA: 1II, 2II, 3II, 4II, 5II

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01546	0.00386	2.67	0.062
Error	20	0.02896	0.00145		
Total	24	0.04442			

$$S = 0.03805 \quad R-Sq = 34.80\% \quad R-Sq(\text{adj}) = 21.76\%$$



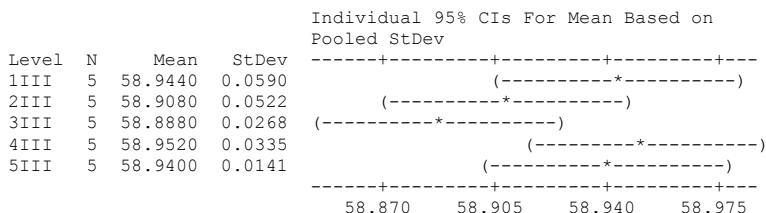
$$\text{Pooled StDev} = 0.0381$$

Biokomposit campuran PP sekam padi searah titik III

One-way ANOVA: 1III, 2III, 3III, 4III, 5III

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01482	0.00370	2.25	0.100
Error	20	0.03296	0.00165		
Total	24	0.04778			

$$S = 0.04060 \quad R-Sq = 31.01\% \quad R-Sq(\text{adj}) = 17.21\%$$



$$\text{Pooled StDev} = 0.0406$$

Biokomposit campuran PP sekam padi searah titik IV

One-way ANOVA: 1IV, 2IV, 3IV, 4IV, 5IV

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.3148	0.0787	1.10	0.386
Error	20	1.4370	0.0718		
Total	24	1.7518			

S = 0.2680 R-Sq = 17.97% R-Sq(adj) = 1.57%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev						
Level	N	Mean	StDev	(-----* -----)</th <th>(-----*<!-------)</th--><th>(-----*<!-------)</th--></th></th>	(-----* -----)</th <th>(-----*<!-------)</th--></th>	(-----* -----)</th
1IV	5	59.160	0.410	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
2IV	5	58.892	0.030	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
3IV	5	58.892	0.018	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
4IV	5	58.972	0.061	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
5IV	5	59.116	0.431	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
				58.80	59.00	59.20
					59.40	

Pooled StDev = 0.26

Biokomposit campuran PP sekam padi searah titik V

One-way ANOVA: 1V, 2V, 3V, 4V, 5V

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.007424	0.001856	2.64	0.064
Error	20	0.014080	0.000704		
Total	24	0.021504			

S = 0.02653 R-Sq = 34.52% R-Sq(adj) = 21.43%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev						
Level	N	Mean	StDev	(-----* -----)</th <th>(-----*<!-------)</th--><th>(-----*<!-------)</th--></th></th>	(-----* -----)</th <th>(-----*<!-------)</th--></th>	(-----* -----)</th
1V	5	59.0560	0.0297	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
2V	5	59.0840	0.0089		(-----* -----)</td <td></td>	
3V	5	59.0920	0.0335		(-----* -----)</td <td></td>	
4V	5	59.0520	0.0303	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
5V	5	59.0520	0.0228	(-----* -----)</td <td></td> <td></td>		
				59.050	59.075	59.100
					59.125	

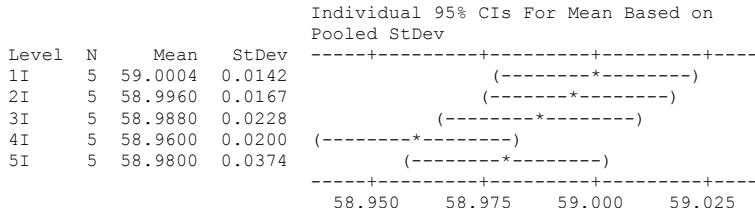
Pooled StDev = 0.0265

Biokomposit campuran PP sekam padi tegak lurus titik I

One-way ANOVA: 1I, 2I, 3I, 4I, 5I

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.005085	0.001271	2.27	0.098
Error	20	0.011203	0.000560		
Total	24	0.016289			

S = 0.02367 R-Sq = 31.22% R-Sq(adj) = 17.46%



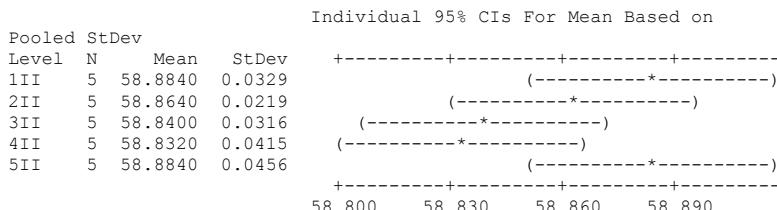
Pooled StDev = 0.0237

Biokomposit campuran PP sekam padi tegak lurus titik II

One-way ANOVA: 1II, 2II, 3II, 4II, 5II

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01174	0.00294	2.31	0.093
Error	20	0.02544	0.00127		
Total	24	0.03718			

S = 0.03567 R-Sq = 31.58% R-Sq(adj) = 17.90%



Pooled StDev = 0.0357

Biokomposit campuran PP sekam padi tegak lurus titik III

One-way ANOVA: 1III, 2III, 3III, 4III, 5III

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.008640	0.002160	2.55	0.071
Error	20	0.016960	0.000848		
Total	24	0.025600			

S = 0.02912 R-Sq = 33.75% R-Sq(adj) = 20.50%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----+
1III	5	58.8440	0.0089	(-----*-----)
2III	5	58.8520	0.0228	(-----*-----)
3III	5	58.8520	0.0335	(-----*-----)
4III	5	58.8800	0.0245	(-----*-----)
5III	5	58.8920	0.0438	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----+
				58.830 58.860 58.890 58.920

Pooled StDev = 0.0291

Biokomposit campuran PP sekam padi tegak lurus titik IV

One-way ANOVA: 1IV, 2IV, 3IV, 4IV, 5IV

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.006784	0.001696	1.86	0.157
Error	20	0.018240	0.000912		
Total	24	0.025024			

S = 0.03020 R-Sq = 27.11% R-Sq(adj) = 12.53%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----+
1IV	5	58.9160	0.0329	(-----*-----)
2IV	5	58.9400	0.0316	(-----*-----)
3IV	5	58.9040	0.0219	(-----*-----)
4IV	5	58.9240	0.0434	(-----*-----)
5IV	5	58.8920	0.0110	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----+
				58.890 58.920 58.950 58.980

Pooled StDev = 0.0302

Biokomposit campuran PP sekam padi tegak lurus titik V

One-way ANOVA: 1V, 2V, 3V, 4V, 5V

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.008160	0.002040	2.45	0.079
Error	20	0.016640	0.000832		
Total	24	0.024800			

S = 0.02884 R-Sq = 32.90% R-Sq(adj) = 19.48%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev					
1V	5	59.0240	0.0219	(-----*-----)				
2V	5	59.0760	0.0219		(-----*-----)			
3V	5	59.0600	0.0469			(-----*-----)		
4V	5	59.0400	0.0200				(-----*-----)	
5V	5	59.0400	0.0245				(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----+-----	59.010	59.040	59.070	59.100

Pooled StDev = 0.0288

Biokomposit campuran PP serat sisal searah titik I

One-way ANOVA: 1I, 2I, 3I, 4I, 5I

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.007264	0.001816	2.16	0.111
Error	20	0.016800	0.000840		
Total	24	0.024064			

S = 0.02898 R-Sq = 30.19% R-Sq(adj) = 16.22%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev					
1I	5	59.2920	0.0228	(-----*-----)				
1I	5	59.2840	0.0219		(-----*-----)			
1I	5	59.2720	0.0482			(-----*-----)		
1I	5	59.3200	0.0141				(-----*-----)	
1I	5	59.2760	0.0261				(-----*-----)	
				-----+-----+-----+-----+-----	59.250	59.280	59.310	59.340

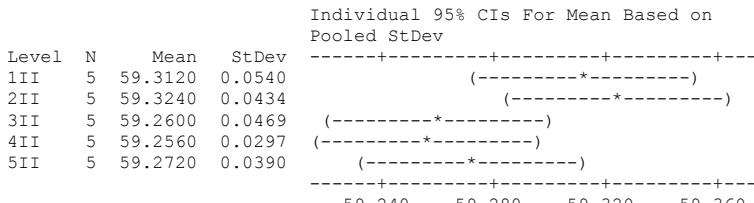
Pooled StDev = 0.0290

Biokomposit campuran PP serat sisal searah titik II

One-way ANOVA: III, 2II, 3II, 4II, 5II

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01942	0.00486	2.58	0.068
Error	20	0.03760	0.00188		
Total	24	0.05702			

S = 0.04336 R-Sq = 34.06% R-Sq(adj) = 20.88%



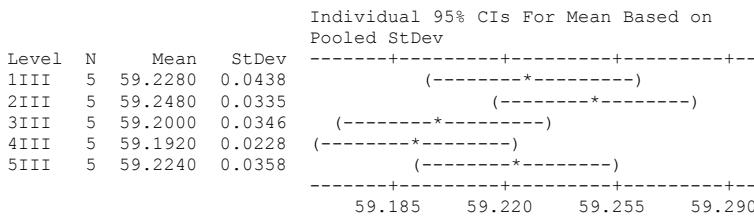
Pooled StDev = 0.0434

Biokomposit campuran PP serat sisal searah titik III

One-way ANOVA: 1III, 2III, 3III, 4III, 5III

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01018	0.00254	2.11	0.118
Error	20	0.02416	0.00121		
Total	24	0.03434			

S = 0.03476 R-Sq = 29.64% R-Sq(adj) = 15.56%



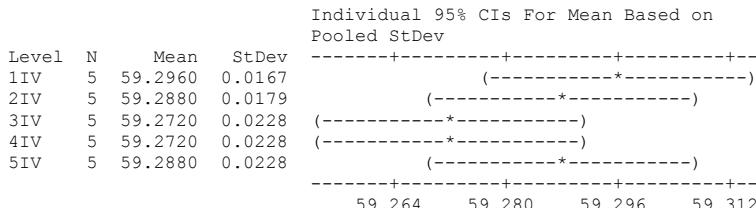
Pooled StDev = 0.0348

Biokomposit campuran PP serat sisal searah titik IV

One-way ANOVA: 1IV, 2IV, 3IV, 4IV, 5IV

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.002304	0.000576	1.33	0.292
Error	20	0.008640	0.000432		
Total	24	0.010944			

S = 0.02078 R-Sq = 21.05% R-Sq(adj) = 5.26%



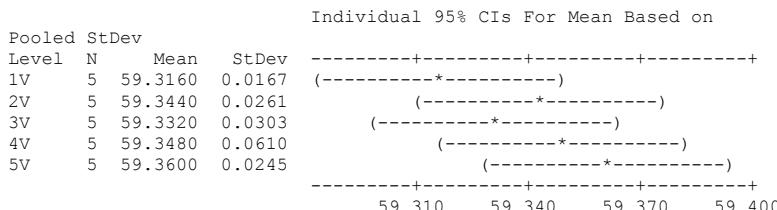
Pooled StDev = 0.0208

Biokomposit campuran PP serat sisal searah titik V

One-way ANOVA: 1V, 2V, 3V, 4V, 5V

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.00560	0.00140	1.13	0.371
Error	20	0.02480	0.00124		
Total	24	0.03040			

S = 0.03521 R-Sq = 18.42% R-Sq(adj) = 2.11%



Pooled StDev = 0.0352

Biokomposit campuran PP serat sisal tegak lurus titik I

One-way ANOVA: 1I, 2I, 3I, 4I, 5I

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01232	0.00308	2.23	0.103
Error	20	0.02768	0.00138		
Total	24	0.04000			

S = 0.03720 R-Sq = 30.80% R-Sq(adj) = 16.96%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
1I	5	59.2240	0.0537	(-----*-----)
2I	5	59.2040	0.0329	(-----*-----)
3I	5	59.2120	0.0228	(-----*-----)
4I	5	59.1720	0.0303	(-----*-----)
5I	5	59.1680	0.0390	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				59.150 59.185 59.220 59.255

Pooled StDev = 0.0372

Biokomposit campuran PP serat sisal tegak lurus titik II

One-way ANOVA: 1II, 2II, 3II, 4II, 5II

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.02848	0.00712	2.33	0.091
Error	20	0.06112	0.00306		
Total	24	0.08960			

S = 0.05528 R-Sq = 31.79% R-Sq(adj) = 18.14%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
1II	5	59.2040	0.0385	(-----*-----)
2II	5	59.2000	0.0849	(-----*-----)
3II	5	59.1320	0.0335	(-----*-----)
4II	5	59.1800	0.0510	(-----*-----)
5II	5	59.1240	0.0537	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				59.100 59.150 59.200 59.250

Pooled StDev = 0.0553

Biokomposit campuran PP serat sisal tegak lurus titik III

One-way ANOVA: 1III, 2III, 3III, 4III, 5III

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01110	0.00278	1.89	0.152
Error	20	0.02944	0.00147		
Total	24	0.04054			

S = 0.03837 R-Sq = 27.39% R-Sq(adj) = 12.87%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
1III	5	59.0880	0.0540	(-----*-----)
2III	5	59.0680	0.0179	(-----*-----)
3III	5	59.0240	0.0329	(-----*-----)
4III	5	59.0520	0.0363	(-----*-----)
5III	5	59.0520	0.0415	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				59.010 59.045 59.080 59.115

Pooled StDev = 0.0384

Biokomposit campuran PP serat sisal tegak lurus titik IV

One-way ANOVA: 1IV, 2IV, 3IV, 4IV, 5IV

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.004256	0.001064	1.36	0.284
Error	20	0.015680	0.000784		
Total	24	0.019936			

S = 0.028 R-Sq = 21.35% R-Sq(adj) = 5.62%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----
1IV	5	59.1200	0.0374	(-----*-----)
2IV	5	59.1000	0.0141	(-----*-----)
3IV	5	59.0920	0.0335	(-----*-----)
4IV	5	59.0840	0.0167	(-----*-----)
5IV	5	59.1120	0.0303	(-----*-----)
				-----+-----+-----+-----+-----
				59.075 59.100 59.125 59.150

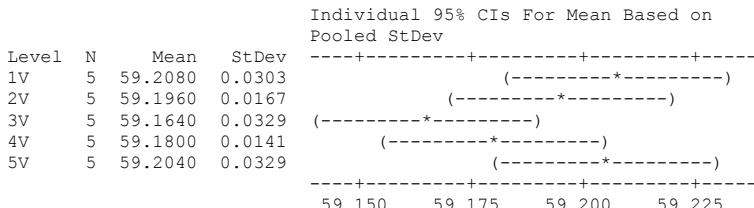
Pooled StDev = 0.0280

Biokomposit campuran PP serat sisal tegak lurus titik V

One-way ANOVA: 1V, 2V, 3V, 4V, 5V

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.006656	0.001664	2.34	0.090
Error	20	0.014240	0.000712		
Total	24	0.020896			

S = 0.02668 R-Sq = 31.85% R-Sq(adj) = 18.22%



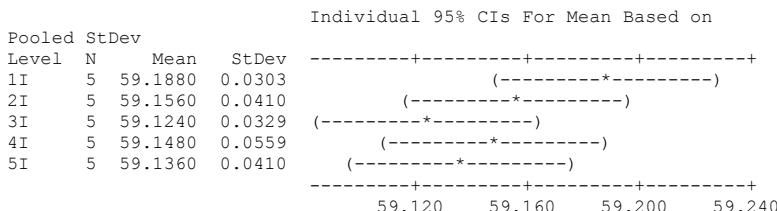
Pooled StDev = 0.0267

PP murni searah titik I

One-way ANOVA: 1I, 2I, 3I, 4I, 5I

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01178	0.00294	1.74	0.182
Error	20	0.03392	0.00170		
Total	24	0.04570			

S = 0.04118 R-Sq = 25.77% R-Sq(adj) = 10.92%



Pooled StDev = 0.0412

PP murni searah titik II

One-way ANOVA: 1II, 2II, 3II, 4II, 5II

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.010784	0.002696	2.83	0.052
Error	20	0.019040	0.000952		
Total	24	0.029824			

S = 0.03085 R-Sq = 36.16% R-Sq(adj) = 23.39%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+	(-----*-----)		
1II	5	59.1400	0.0424				
2II	5	59.1360	0.0167				
3II	5	59.1040	0.0261				
4II	5	59.1120	0.0303				
5II	5	59.0840	0.0329				
				-----+-----+-----+-----+			
				59.070	59.100	59.130	59.160

Pooled StDev = 0.0309

PP murni searah titik III

One-way ANOVA: 1III, 2III, 3III, 4III, 5III

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.004960	0.001240	1.25	0.322
Error	20	0.019840	0.000992		
Total	24	0.024800			

S = 0.03150 R-Sq = 20.00% R-Sq(adj) = 4.00%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	+-----+-----+-----+-----+	(-----*-----)		
1III	5	59.1040	0.0167				
2III	5	59.1200	0.0245				
3III	5	59.1000	0.0316				
4III	5	59.0800	0.0424				
5III	5	59.1160	0.0358				
				+-----+-----+-----+-----+			
				59.050	59.075	59.100	59.125

Pooled StDev = 0.0315

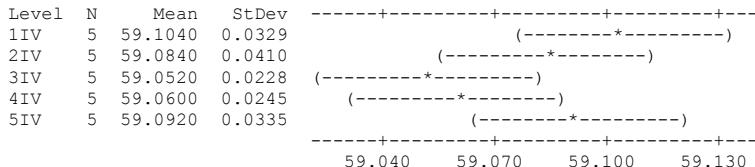
PP murni searah titik IV

One-way ANOVA: 1IV, 2IV, 3IV, 4IV, 5IV

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.00954	0.00238	2.38	0.086
Error	20	0.02000	0.00100		
Total	24	0.02954			

S = 0.03162 R-Sq = 32.29% R-Sq(adj) = 18.74%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev



Pooled StDev = 0.0316

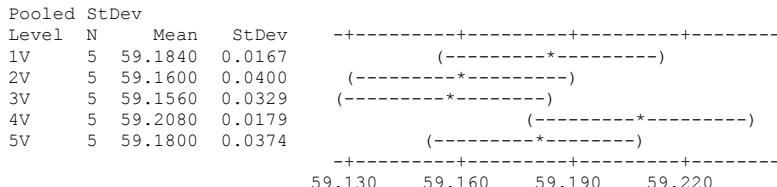
PP murni searah titik V

One-way ANOVA: 1V, 2V, 3V, 4V, 5V

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.008736	0.002184	2.33	0.091
Error	20	0.018720	0.000936		
Total	24	0.027456			

S = 0.03059 R-Sq = 31.82% R-Sq(adj) = 18.18%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev



Pooled StDev = 0.0306

PP murni tegak lurus titik I

One-way ANOVA: 1A, 1B, 1C, 1D, 1E

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.006496	0.001624	1.77	0.176
Error	20	0.018400	0.000920		
Total	24	0.024896			

S = 0.03033 R-Sq = 26.09% R-Sq(adj) = 11.31%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	(-----*-----)	(-----*-----)
1A	5	59.1160	0.0385	(-----*-----)	(-----*-----)
1B	5	59.0880	0.0110	(-----*-----)	(-----*-----)
1C	5	59.1000	0.0316	(-----*-----)	(-----*-----)
1D	5	59.1360	0.0385	(-----*-----)	(-----*-----)
1E	5	59.1120	0.0228	(-----*-----)	(-----*-----)
				59.070	59.100
				59.130	59.160

Pooled StDev = 0.0303

PP murni tegak lurus titik II

One-way ANOVA: 1II, 2II, 3II, 4II, 5II

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01046	0.00262	2.46	0.079
Error	20	0.02128	0.00106		
Total	24	0.03174			

S = 0.03262 R-Sq = 32.96% R-Sq(adj) = 19.56%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev					
Level	N	Mean	StDev	(-----*-----)	(-----*-----)
1II	5	58.9880	0.0363	(-----*-----)	(-----*-----)
2II	5	58.9760	0.0358	(-----*-----)	(-----*-----)
3II	5	59.0080	0.0268	(-----*-----)	(-----*-----)
4II	5	59.0080	0.0303	(-----*-----)	(-----*-----)
5II	5	59.0360	0.0329	(-----*-----)	(-----*-----)
				58.975	59.010
				59.045	59.080

Pooled StDev = 0.0326

PP murni tegak lurus titik III

One-way ANOVA: 1III, 2III, 3III, 4III, 5III

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01946	0.00486	2.12	0.116
Error	20	0.04592	0.00230		
Total	24	0.06538			

S = 0.04792 R-Sq = 29.76% R-Sq(adj) = 15.71%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	(-----*-----)	(-----*-----)	(-----*-----)	(-----*-----)
1III	5	58.9400	0.0469	(-----*-----)			
2III	5	58.9160	0.0456	(-----*-----)			
3III	5	58.9400	0.0374	(-----*-----)			
4III	5	58.9880	0.0642		(-----*-----)		
5III	5	58.9840	0.0410		(-----*-----)		

58.900 58.950 59.000 59.050

Pooled StDev = 0.0479

PP murni tegak lurus titik IV

One-way ANOVA: IIV, 2IV, 3IV, 4IV, 5IV

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01702	0.00426	2.21	0.105
Error	20	0.03856	0.00193		
Total	24	0.05558			

S = 0.04391 R-Sq = 30.63% R-Sq(adj) = 16.75%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	(-----*-----)	(-----*-----)	(-----*-----)	(-----*-----)
1IV	5	58.9720	0.0363	(-----*-----)			
2IV	5	58.9800	0.0283	(-----*-----)			
3IV	5	59.0120	0.0729		(-----*-----)		
4IV	5	58.9880	0.0303	(-----*-----)			
5IV	5	59.0440	0.0358		(-----*-----)		

58.960 59.000 59.040 59.080

Pooled StDev = 0.0439

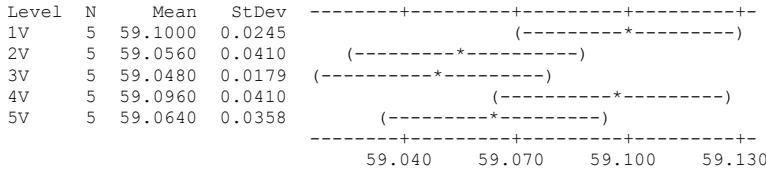
PP murni tegak lurus titik V

One-way ANOVA: 1V, 2V, 3V, 4V, 5V

Source	DF	SS	MS	F	P
Factor	4	0.01126	0.00282	2.53	0.072
Error	20	0.02224	0.00111		
Total	24	0.03350			

S = 0.03335 R-Sq = 33.62% R-Sq(adj) = 20.34%

Individual 95% CIs For Mean Based on
Pooled StDev



Pooled StDev = 0.0333

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dilahirkan di Jember pada tanggal 16 Februari 1994, merupakan anak kedua pendidikan di TK Cendrawasih dikompleks Secaba Yonif 509, kemudian melanjutkan di SDK Maria Fatima Jember lulus pada tahun 2006. Melanjutkan di SMPN 1 Jember yang lokasinya tidak jauh dari sekolah sebelumnya dan pada tahun 2009.

Selanjutnya melanjutkan di SMAN 2 Jember dan dinyatakan lulus pada tahun 2012. Pada tahun yang sama, penulis diterima di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya di Jurusan Teknik Mesin (sekarang Departemen Teknik Mesin). Penulis menamatkan masa studinya pada tahun 2018. Selama masa studi penulis aktif dalam Kegiatan Mahasiswa Minat Bakat yaitu UKM KSR. Masuk menjadi anggota pada tahun 2014, kemudian pada tahun berikutnya diangkat menjadi Wakil Komandan. Pada tahun berikutnya dipercaya menjadi DPP untuk membantu kepengurusan dan mendapatkan amanat dari kawan – kawan Laboratorium untuk menjadi Koordinator Laboratorium. Di laboratorium Perancangan dan Pengembangan Produk penulis menghabiskan waktu sehari – harinya dengan berbagai kegiatan Laboratorium baik yang bersifat akademik maupun non-akademik.

Jika ada informasi, pertanyaan maupun saran yang ingin disampaikan kepada Penulis, dapat disampaikan melalui email bagusws@yahoo.co.id atau tubagus12@mhs.me.its.ac.id dan juga pada nomor 089681980661/081235278125.

(halaman ini sengaja dikosongkan)