



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TM 091585

**STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI KOMPOSISI PELET
BIOKOMPOSIT (POLYPROPYLENE, SEKAM PADI DAN
MALEIC ANHYDRIDE PP) TERHADAP SIFAT THERMAL &
STRUKTUR PERMUKAAN SEBAGAI MATERIAL
ALTERNATIF PRODUK PLASTIK**

MUTAFAWWIQIN RIZQONI ARDIANSYAH
NRP 2112 100 058

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

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

BACHELOR THESIS - TM 091585

**EXPERIMENTAL STUDY OF BIOCOMPOSITE
PELLET VARIATION IN COMPOSITION
(POLYPROPYLENE, RICE HUSK AND MALEIC
ANHYDRIDE PP) TO TERMAL PROPERTIES &
SURFACE STRUCTURE AS PLASTIC ALTERNATIF
MATERIAL**

MUTAFAWWIQINRIZQONI ARDIANSYAH
NRP 2112 100 058

Advisor Lecturer
Prof.Dr.Ing Ir I Made Londen batan M.Eng

Mechanical Engineering Department
Faculty of Industrial Engineering
Sepuluh Nopember Institute of Technology
Surabaya 2016

**STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI KOMPOSISI
PELET BIODKOMPOSIT (POLYPROPYLENE,
SEKAM PADI DAN MALEIC ANHYDRIDE PP)
TERHADAP SIFAT THERMAL & STRUKTUR
PERMUKAAN SEBAGAI MATERIAL
ALTERNATIF PRODUK PLASTIK**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

MUTAFAWWUQIN RIZQONI ARDIANSYAH
NRP : 2112 100 058

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir

1. Prof. Dr. Ing. I Made Ionden B, M.Eng
NIP. 195811061986011002
(Pembimbing)
2. Ir. Bambang Pramujati, MSc.Eng, PhD
NIP. 196912031994031001
(Penguji I)
3. Indra Sidharta, ST, MSc.
NIP. 198006192006041004
(Penguji II)
4. Dimny Harnany, ST, MSc.
NIP. 2100201405001
(Penguji III)

SURABAYA
JUNI, 2016

**STUDI EKSPERIMENTAL VARIASI KOMPOSISI
PELET BOKOMPOSIT (POLYPROPYLENE, SEKAM
PADI DAN MALEIC ANHYDRIDE PP) TERHADAP
SIFAT THERMAL & STRUKTUR PERMUKAAN
SEBAGAI MATERIAL ALTERNATIF PRODUK
PLASTIK**

Nama Mahasiswa : Mutafawwiqin Rizqoni Ardiansyah
NRP : 2112100058
Jurusan : Teknik Mesin
Dosen Pembimbing : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen
Batan, M.Eng.

ABSTRAK

Plastik adalah salah satu bahan baku yang diperoleh melalui proses sintesi dari berbagai bahan mentah, yaitu minyak bumi, gas bumi dan bahan batu bara. Pada saat itu kebutuhan plastik dunia mencapai sembilan juta ton per tahun, pada tahun 2000 kebutuhan dunia akan plastik mencapai 170 juta ton dan volume produksi *polyethylene* (biji plastik) per tahun mencapai 320.000 ton, atau 40% (terbesar di Indonesia) dari produksi biji besi nasional pada tahun 2014 (www.pikiran-rakyat.com). Dari studi banding yang dilakukan khususnya pada industri / Usaha Kecil dan Menengah (UKM) pembuatan helm di Mojokerto pada bulan maret 2016 diketahui bahwa harga dari material plastic / resin sangat tinggi (mahal). Disamping itu akibat limbah resin (material pembuat produk plastic) mencemari lingkungan. Akibatnya banyak industri tersebut yang gulung tikar dan beberapa beralih menjadi pengrajin helm, yaitu batok / sungkup helm dibeli dari pabrik, kemudian dilengkapi dengan aksesoris menjadi helm kendaraan bermotor. Sehingga mereka tidak lagi membuat helm karena biaya material yang mahal.

Oleh karena itu tugas akhir ini berusaha menjawab permasalahan tersebut dengan tujuan mengetahui sifat termal dari masing – masing variasi komposisi material biokomposisi dan mengetahui struktur permukaan pada pemotongan melintang masing – masing variasi material biokomposit

Metode yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini adalah membuat campuran PP, MAPP dan sekam padi dengan komposisi PP sebagai berikut : RH berturut – turut 90 % PP 5% RH dan 5% MAPP, 85%PP 10% RH dan 5% MAPP, 80% PP 15% RH dan 5 % MAPP, 75 % PP 20% RH dan 5%MAPP, yang akan dicetak menjadi pellet menggunakan Mesin Screw extruder merk *Labo Plastomill* 4C150 di laboratorium Teknik Material dan Metalurgi ITS. Selanjutnya setelah menjadi pellet akan diuji menggunakan Mesin Mettler Toledo untuk menganalisa sifat termalnya dan dengan Mikroskop diuji untuk mendapat informasi voids pada permukaan pellet.

Hasil dari studi eksperimental ini adalah didapatkan temperatur leleh variasi komposisi biokomposit berturut – turut yaitu *163,6 °C* *164,2 °C*, *163,3 °C*, dan *163,1 °C*. Sedangkan pada struktur permukaan didapat jumlah voids antara lain : *7,215 %*, *14,279 %*, *18,205 %*, dan *26,569 %*. Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa kualitas pellet baik apabila ditinjau dari jumlah void paling sedikit maka terdapat pada pelet biokomposit A

Kata Kunci : Polypropylene, Sekam Padi ,Maleic Anhydrite, Biokomposit .

**EXPERIMENTAL STUDY OF BIOCOMPOSITE
PELLET VARIATION IN COMPOSITION (POLYPROPYLENE, RICE HUSK AND MALEIC ANHYDRIDE PP) TO THERMAL PROPERTIES & SURFACE STRUCTURE AS PLASTIC ALTERNATIF MATERIAL**

Name : Mutafawwiiqin Rizqoni Ardiansyah
Reg Number : 2112100058
Department : Mechanical Engineering
Academic Supervisor : Prof. Dr.Ing.Ir. I Made Londen
Batun, M.Eng.

ABSTRACT

Plastic is one of the raw materials that acquired through the process of synthesis raw materials(oil, gas and coal). At that time the world's plastic needs reach nine million tones per year, in 2000 the world needs 170 million tons of plastic and volume production of polyethylene (plastic seed) per year reached 320,000 tons, or 40% (the largest in Indonesia) from iron seed production nationwide by 2014 (www.pikiran-rakyat.com). From the comparative study on the small home industry helmets on Mojokerto in March 2016. Note that the price of the material plastic/resin is very high (expensive). Beside that, due to the resin wastes (material plastic products maker) pollute the environment. As a result many industrial closed and some switched into the helmet shell that purchased from company. Then they were completing with accessories into the helmet . So, they no make the Plastic helmet because of the cost was very expensive. Therefore this final project tries to answer the problem with the purpose of knowing the thermal properties of each material composition variation of bio-composite and knowing the structure of the surface with

transverse cuts at each variations of the material – bio-composite.

The methods that used in the research is to create a mix of PP, MAPP and rice husk. Composition as follows: 90% PP 5% RH and 5% MAPP, 85% PP 10% RH and 5% MAPP, 80% PP 15% RH and 5% MAPP, 75% PP 20% RH and 5% MAPP, which will be pellets using Screw extruder Machine (Plastomill 4C150 Labo brand) in the laboratory of Metallurgical and materials engineering ITS. Next, pellets will be tested using DSC to analyses the properties of thermal and microscope tested to obtain information voids on the surface of the pellet.

The results of this experimental study is obtained by melting temperature variations in the composition are 163.6 °C 164.2 °C 163.3 °C, and 163.1 °C. While on the surface structure obtained number of voids, that are 7.215%, 14.279%, 18.205% , and% 26.569. From the results above, it can be noted that the quality of the pellets both with least number of voids is on pellet bio-composite A

Key Words: Polypropylene, Rice Husk ,Maleic Anhydrite PP (MAPP), Bio-composite .

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur saya haturkan kehadiran Allah SWT Karena karunia-Nya penulis akhirnya dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “Studi Eksperimental Variasi Komposisi Pelet Biokomposit (Polypropylene, Sekam Padi Dan Maleic Anhydride PP) Terhadap Sifat Thermal & Struktur Permukaan Sebagai Material Alternatif Produk Plastik “. Tugas akhir ini disusun memenuhi salah satu persyaratan kelulusan pendidikan Sarjana S-1 di Jurusan 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, Mutafawwiqin Rizqoni Ardiansyah selaku penulis tugas akhir ini, arena segala usaha yang dilakukan sehingga telah dapat menyelesaikan tugas akhir.
3. Drs. Muhammad Heru Aliansyah S.Th.I dan Dra. St. Yatimah Djamaliyah Rachman sebagai ayah dan ibu terbaik dalam hidup yang telah membantu secara materil, moral dan doa.
4. Prof. Dr.Ing Ir I Made Londen Batan dan Ibu Dinny Harnanny ST. MSc sebagai pembimbing dan co-pembimbing terbaik yang telah membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan tugas akhir.
5. Ir Bambang Pramujati MSc.Eng, Phd dan Indra Sidharta S.T, MSc sebagai dosen penguji tugas akhir yang senantiasa memberikan masukan demi menghasilkan tugas akhir terbaik.
6. Ir. Witantyo M.Eng.Sc sebagai dosen wali yang senantiasa memberi masukan dan membimbing penulis dalam menyelesaikan perkuliahan.
7. Pak Hosta , Bu Amal dan Pak totok sebagai dosen Jurusan Material dan Metalurgi yang senantiasa membantu serta memberi masukan terkait tugas akhir ini.

8. Teman – teman Tim Penelitian Tugas Akhir Sufianto dan Danny beserta teman – teman seperjuangan TA angkatan dan Lab yang membuat penulis termotivasi untuk menyelesaikannya.
9. Teman – teman Lab P3, Dwi, Faiq , Chandra, Wahyu, Pepeb, Hadit, Deris, Prime, Sandy, Heri, Teddy, Mas'ud, Nimas, Ayek, Bintang, Hendi, Afrizal, dan Ical beserta teman – teman anggota lab lainnya yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
10. Semua saudara, relasi, link, alumni, junior serta teman – teman M55 dan SMRM 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, Juni 2016

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	iv
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Percobaan	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	5
2.1 Penelitian Material Alternatif Helm Terdahulu	5
2.2 Bahan Komposit	7
2.2.1 Tinjauan Umum	7
2.2.2 Biokomposit	9
2.3 Polimer	10
2.3.1 Polipropylene	10
2.4 Sekam Padi	12
2.5 Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)	13
2.6 Pellet	14
2.6.1 Kualitas Pellet	15
2.6.2 Proses Pembuatan Pellet	15
2.7 Proses Extruder	16
2.8 Differential Scanning Calorimetry	17
2.9 Scanning Electron Microscope	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	23
3.1 Diagram Alir Penelitian	23
3.2 Tahap – tahap penelitian	25
3.2.1 Studi literature dan lapangan	25
3.2.2 Persiapan penghalusan sekam padi	25
3.2.3 Proses penghalusan sekam padi	2

3.2.4 Proses penyaringan.....	26
3.2.5 Proses pengeringan.....	27
3.2.6 Proses pencampuran material alternatif.....	28
3.2.7 Proses Ekstrusi.....	30
3.2.8 Pengukuran Temperatur Leleh & Didih Biokomposit.....	31
3.2.9 Pemeriksaan Struktur Biokomposit.....	32
3.2.10 Analisa Data dan Rekomendasi.....	32
3.2.11 Kesimpulan dan Saran.....	33
BAB IV PEMBUATAN SPESIMEN UJI DAN PENGUJIANNYA	35
4.1 Pembuatan Spesimen.....	35
4.1.1 Peralatan yang digunakan.....	35
4.1.2 Bahan yang digunakan.....	35
4.1.3 Pembuatan biokomposit dengan mesin screw extruder.....	35
4.2 Hasil Pembuatan Biokomposit.....	39
4.3 Pengukuran temperatur dan pengujian material biokomposit.....	41
4.3.1 Pengukuran Temperatur.....	41
4.3.1.1 Langkah – langkah pengukuran temperatur.....	41
4.3.1.2 Analisa Hasil Pengukuran temperatur leleh.....	42
4.3.2 Pemeriksaan Struktur Biokomposit.....	47
4.4 Perbandingan Hasil dengan penelitian lain.....	58
BAB V PENUTUP	63
5.1 Kesimpulan.....	63
5.2 Saran.....	64
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN	67

DAFTAR GAMBAR

1. Gambar 1.1 Bahan – bahan pengerjaan batok helm pada <i>home industry</i>	2
2. Gambar 2.1 Hasil penelitian terdahulu Maria.....	5
3. Gambar 2.2 Hasil penelitian terdahulu Ginting.....	7
4. Gambar 2.3 Ilustrasi matrik pada komposit.....	8
5. Gambar 2.4 Ilustrasi filler pada komposit.....	8
6. Gambar 2.5 Skema sederhana pembentukan biokomposit.....	9
7. Gambar 2.6 Material PP Murni.....	11
8. Gambar 2.7 Sekam padi.....	12
9. Gambar 2.8 <i>Maleic Anhydride Polypropylene</i> (MAPP).....	13
10. Gambar 2.9 Salah satu contoh pentuk pellet dari material polypropylene.....	14
11. Gambar 2.10 Gambar Mesin Screw Extruder.....	16
12. Gambar 2.11 Metode DSC.....	18
13. Gambar 2.12 Hasil SEM dari proses Hot Press PP.....	21
14. Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
15. Gambar 3.2 Mesin Ball Mill di Jurusan Teknik Sipil ITS.....	26
16. Gambar 3.3 Ayakan yang akan digunakan sebagai penyaring.....	27
17. Gambar 3.4 Proses pengeringan bahan uji menggunakan oven.....	27
18. Gambar 3.5 <i>Pellet polypropylene</i>	28
19. Gambar 3.6 Timbangan Digital.....	30
20. Gambar 3.7 Mesin <i>Screw extruder</i>	30
21. Gambar 3.8 Mesin DSC.....	31
22. Gambar 4.1 Software Labo Plastomil.....	36

23. Gambar 4.2 Tampilan awal Toolbar Software Labo Plastomill.....	37
24. Gambar 4.3 Setting temperatur untuk elemen Pemanas Mesin Extruder.....	37
25. Gambar 4.4 Kaliberasi Torsi dan Tekanan pada Mesin.....	38
26. Gambar 4.5 Tampak total Mesin Screw Extruder Labo Plastomill.....	39
27. Gambar 4.6 Pellet Biokomposit hasil extruder.....	40
28. Gambar 4.7 Timbangan digital material biokomposit.....	41
29. Gambar 4.8 Mesin DSC Thermoplus EvoRigaku.....	42
30. Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Temperatur leleh pada Polypropylene.....	43
31. Gambar 4.10 Hasil Pengukuran Temperatur leleh pada Sekam Padi.....	43
32. Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengukuran DSC material biokomposit.....	44
33. Gambar 4.12 Grafik hasil temperature leleh masing – masing biokomposit.....	46
34. Gambar 4.13 Sample hasil pengukuran tempetur leleh.....	47
35. Gambar 4.14 Tampilan Software ImageJ.....	48
36. Gambar 4.15 Tampilan Setting Threshold Color.....	49
37. Gambar 4.16 Tampilan hasil perhitungan dari software ImageJ.....	50
38. Gambar 4.17 Hasil pengamatan biokomposit A.....	50
39. Gambar 4.18 Hasil pengamatan biokomposit B.....	52
40. Gambar 4.19 Hasil pengamatan biokomposit C.....	54
41. Gambar 4.20 Hasil pengamatan biokomposit D.....	55
42. Gambar 4.21 Hasil pengamatan biokomposit D.....	60

DAFTAR TABEL

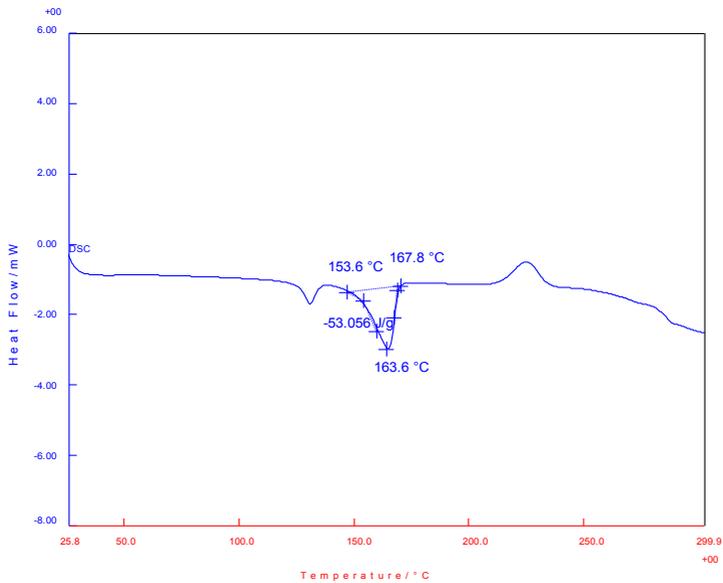
1. Tabel 2.1 Sifat fisik polipropilen	12
2. Tabel 3.1 Komposisi material alternative.....	29
3. Tabel 3.2 Lembar Pengukuran Temperatur Biokomposit.....	32
4. Tabel 4.1 Komposisi pelet biokomposit.....	36
5. Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Temperatur Leleh biokomposit	45
6. Tabel 4.3 Persen void pada pelet biokomposit A.....	52
7. Tabel 4.4 Persen void pada pelet biokomposit B.....	53
8. Tabel 4.5 Persen void pada pelet biokomposit C.....	55
9. Tabel 4.6 Persen void pada pelet biokomposit D.....	57
10. Tabel 4.7 Persen void dari seluruh variasi biokomposit.....	57

Halaman sengaja dikosongkan

Lampiran 1

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit A

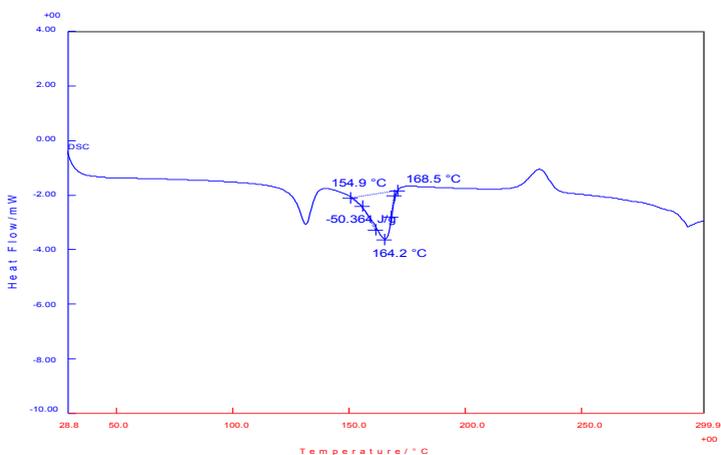
NickName: DSC- Atmosphere: Static Air
JT030806
Model: Rate: 10.0°C/min
Sample: Biokomposit Sampling: 1.0 s
5%
Weight: Operator:
2.000mg
Reference: Gliserol Record: 2016/06/07
09:58:53
Sample Pan: Al Print Out: 2016/06/07
10:01:34
Directory: C:\TpEvo\Data
Meas File: biokomposit 5%.MES
Comments1:



Lampiran 2

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit B

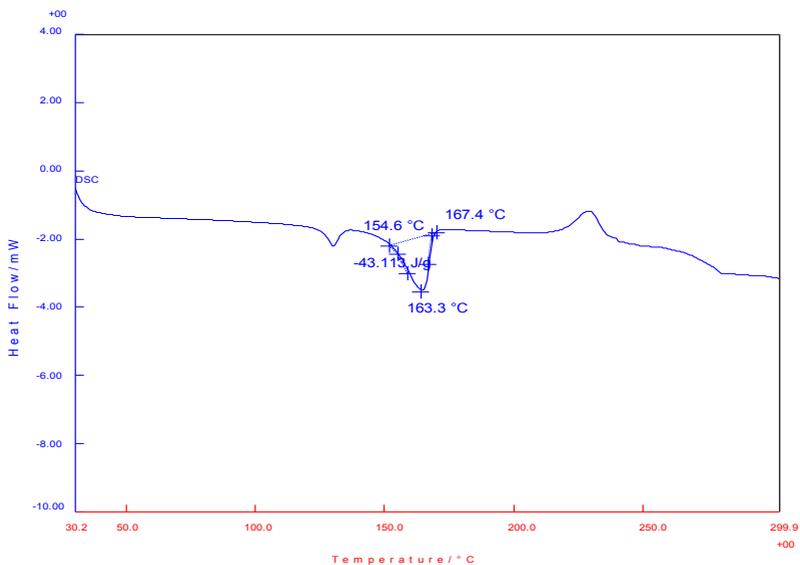
NickName:	DSC- JT030806	Atmosphere:	Static Air
Model:		Rate:	10.0°C/min
Sample:	Biokomposit 10%	Sampling:	1.0 s
Weight:	2.000mg	Operator:	
Reference:	Gliserol	Record:	2016/06/07 13:38:06
Sample:	Al	Print:	2016/06/07
Pan:		Out:	14:31:08
Directory:	C:\TpEvo\Data		
Meas File:	biokomposit 10% (2).MES		
Comments1:			
Comments2:			



Lampiran 3

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit C

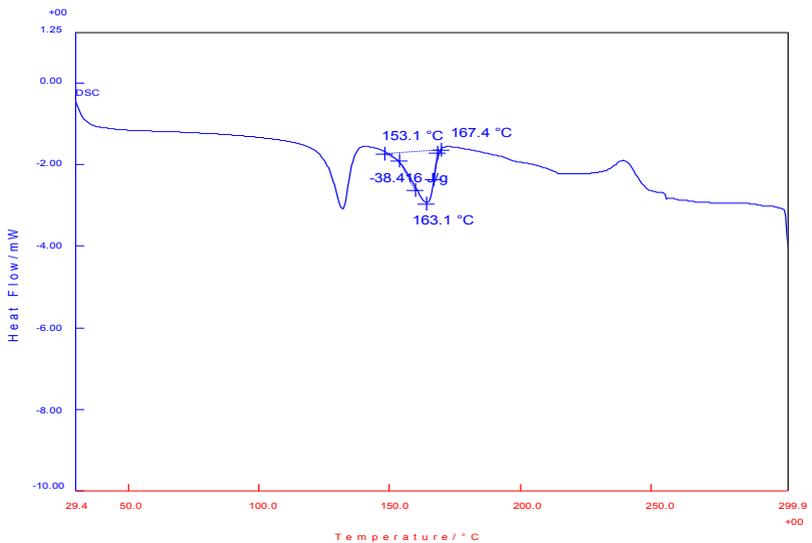
NickName:	DSC- JT030806	Atmosphere:	Static Air
Model:		Rate:	10.0°C/min
Sample:	Biokomposit 15%	Sampling:	1.0 s
Weight:	2.000mg	Operator:	
Reference:	Gliserol	Record:	2016/06/07 15:28:29
Sample Pan:	Al	Print Out:	2016/06/07 16:03:55
Directory:	C:\TpEvo\Data		
Meas File:	biokomposit 15%.MES		
Comments1:			
Comments2:			



Lampiran 4

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit D

NickName: DSC- Atmosphere: Static Air
JT030806
Model: Rate: 10.0°C/min
Sample: Biokomposit Sampling: 1.0 s
20%
Weight: 2.000mg Operator:
Reference: Gliserol Record: 2016/06/07
17:28:36
Sample Pan: Al Print Out: 2016/06/07
17:32:34
Directory: C:\TpEvo\Data
Meas File: biokomposit 20%.MES
Comments1:
Comments2:



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Plastik adalah salah satu bahan baku yang diperoleh melalui proses sintesi dari berbagai bahan mentah, yaitu minyak bumi, gas bumi dan bahan batu bara. Plastik juga dapat dinamakan sebagai bahan organik karena terdiri dari persenyawaan karbon, kecuali plastik silikon yang mengandung *silicium* sebagai pengganti karbon (*silicium* secara kimiawi mirip dengan karbon). Hampir seluruh industri dalam negeri membutuhkan bahan baku plastik. Untuk tahun 2015 saja kebutuhan bahan baku industri plastik dan barang dari plastik mencapai 4,28 juta ton. Data Pemerintah mencatat, kapasitas impor baku plastik *polypropylene* (PP) dan *Polyethylene* (PE) cukup tinggi yaitu sebanyak 2,93 juta ton. (www.republika.co.id). Saat ini pemakaiannya pun sebagai bahan komponen kendaraan bermotor, peralatan listrik dan peralatan rumah tangga semakin meningkat. Peningkatan itu tentu saja karena plastic mempunyai kelebihan yaitu pembentukannya lebih mudah dibandingkan baja. Menurut *The Indonesian Olefin and Plastic Industry* (2007), sampai tahun 2015 permintaan plastik domestik akan terus meningkat hingga mencapai 3,5 juta ton per tahun. Dari studi banding yang dilakukan khususnya pada industri / Usaha Kecil dan Menengah (UKM) pembuatan helm di Mojokerto pada bulan maret 2016 diketahui bahwa harga dari material plastic / resin sangat tinggi (mahal). Akibatnya banyak industri tersebut yang gulung tikar dan beberapa beralih menjadi pengrajin helm, yaitu batok / sungkup helm dibeli dari pabrik, kemudian dilengkapi dengan aksessories menjadi helm kendaraan bermotor. Artinya mereka tidak lagi membuat helm karena hanya material yang mahal. Disamping itu akibat limbah resin (material pembuat produk plastik mencemari lingkungan.



Gambar 1.1 Bahan – bahan pengerjaan batok helm pada *home industry* di Kecamatan Bluto, Mojokerto

Sebagai limbah hasil pertanian, sekam padi dinegara kita beribu – ribu ton banyaknya dan belum dimanfaatkan untuk keperluan industri, selain sebagai bahan – bahan dalam pembuatan batu bata, genteng tanah dan produk – produk dari tanah lainnya. Limbah yang dihasilkan dari pertanian cukup besar, terutama dari sisa pemanenan padi, yaitu sekam. Besarnya jumlah sekam yang dihasilkan dikarenakan jumlah produksi padi yang besar. Badan Pusat Statistik mengumumkan angka ramalan III produksi padi tahun 2014 tercatat mencapai 70.85 juta ton Gabah Kering Giling (GKG). Menurut Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian, sekam sebagai limbah penggilingan padi jumlahnya mencapai 20-23% dari gabah. Apabila jumlah produksi padi mencapai 70.85 juta ton maka jumlah sekam yang dapat dihasilkan mencapai 16.29 juta ton. Sama halnya dengan plastik, apabila sekam tidak didaur ulang atau dimanfaatkan kembali secara cepat maka dapat mengakibatkan pencemaran lingkungan. Untuk itu perlu ada alternatif untuk memanfaatkan kembali limbah plastik dan sekam. Salah satu alternatif yang bisa digunakan adalah memanfaatkan limbah plastik dan sekam sebagai material helm. Pembuatan material dalam penelitian ini menggunakan *Maleic Anhydride Polypropylene*. Dimana fungsi dari MAPP adalah sebagai perekat dan sekam sebagai pengisi. Adanya substitusi sekam padi dengan *Polypropylene* diharapkan dapat mengurangi

tingginya penggunaan bahan kimia untuk kebutuhan struktural dan non struktural.

Untuk tujuan tersebut maka pada penelitian ini dilakukan pencampuran antara PP , RH dan MAPP. Kemudian specimen akan dilakukan pengukuran menggunakan mesin DSC agar mendapatkan hasil sifat thermal serta analisa struktur permukaan, dari studi eksperimental tersebut didapatkan material alternative pengganti plastic yang mahal (karena impor) dan tidak ramah lingkungan, yang selanjutnya dapat digunakan sebagai bahan yang dapat diinjeksi dengan mesin *injection molding*.

1.2 Perumusan Masalah

Dari uraian latar belakang yang tersebut di atas, maka dapat dirumuskan beberapa permasalahan sebagai berikut :

1. Bagaimana sifat termal dari variasi komposisi pelet biokomposit .
2. Bagaimana struktur permukaan dalam potongan melintang dari masing – masing biokomposit

1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian material biokomposit untuk produk helm ini, ditetapkan beberapa batasan masalah agar penelitian dapat berjalan dengan baik dan dapat mencapai tujuan yang diinginkan adalah sebagai berikut:

1. Biokomposit adalah material campuran PP, sekam padi dan MAPP
2. Ukuran bubuk sekam padi (*rice husk*) adalah 40 mesh
3. Sekam yang digunakan adalah bekas proses penggilingan padi yang sudah dikeringkan.
4. Mesin yang digunakan untuk menghancurkan sekam padi adalah Mesin *Bond Ball Mill* di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS
5. Alat ukur yang digunakan adalah Mesin DSC di CDAST Universitas Negeri Jember dengan kapasitas pengukuran maksimal 500°C.

6. Material hasil ekstrusi adalah yang akan dilihat morfologi menggunakan Mikroskop di Laboratorium Metalurgi Jurusan Teknik Mesin ITS

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian dalam tugas akhir ini yaitu :

1. Mengetahui sifat termal dari masing – masing variasi komposisi material biokomposit
2. Mengetahui struktur permukaan pada pemotongan melintang masing – masing variasi material biokomposit

1.5 Manfaat Penelitian

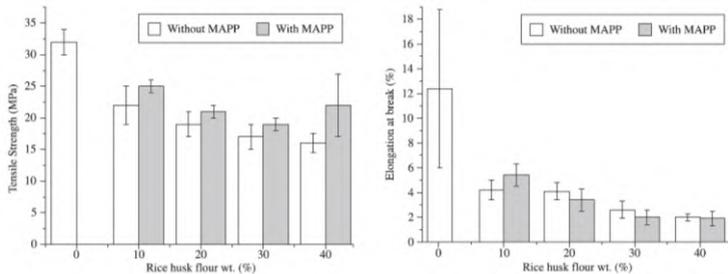
Adapun manfaat yang didapat dalam penelitian ini adalah

1. Menambah ilmu pengetahuan dalam bidang material plastic agar dapat lebih memanfaatkan bahan – bahan alami yang mudah didapat dalam industri
2. Sebagai bahan referensi bagi penelitian berikutnya yang sejenis dalam mengembangkan pengetahuan tentang pelet sebagai material dalam proses injeksi.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Penelitian Material Alternatif Plastik Terdahulu

Pada tahun 2009 Simone Maria Leal Rosa dan Evelise Fonseca Santos dari Brazil melakukan studi pencampuran antara *Polypropylene*, maleic anhydride dan *Rice Husk* (sekam padi) sehingga meningkatkan *mechanical properties* sebagai bahan dasar. Pada penelitian ini PP disuplai dari perusahaan Braskem dengan *density* = 0,91 g/cm³ dan temperature didihnya 230^o/2160g, untuk sekam padi di suplai dari daerah Eldorado do Sul, Brazil, dan MAPP dari *Crompton-Uniroyal Chemical Corporation* (Naugatauk, USA). Untuk metode yang digunakan dalam penelitian ini diawali dengan sekam padi dihaluskan dengan ukuran 16 – 150 mesh. Dan di keringkan menggunakan oven pada suhu 80^oC selama 24 jam. Langkah selanjutnya dengan memasukkan bahan penelitian pada mesin *screw extruder* untuk mendapatkan pellet dan selanjutnya dilakukan proses *hot press* untuk mendapatkan hasil cetakan. Dari hasil penelitian tersebut dapat dipastikan kekuatan tarik berkurang pada komposisi PP dan sekam padi. Adanya MAPP menunjukkan terdapat pengaruh yang terjadi oada pengujian dibawah ini.



Gambar 2.1 (a) Hasil penelitian terdahulu dari Simone Maria, dkk [2009]

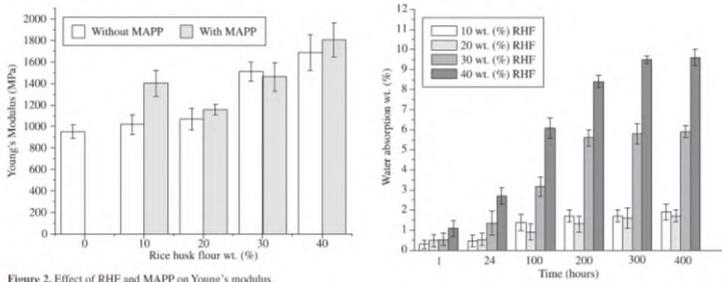
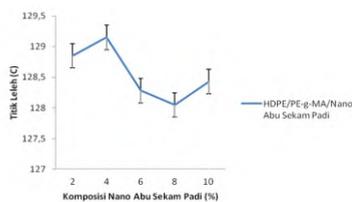


Figure 2. Effect of RHF and MAPP on Young's modulus.

Gambar 2.1 (b) Hasil penelitian terdahulu dari Simone Maria, dkk [2009]

Penelitian kedua yang digunakan adalah penelitian dari Eva Marlina Ginting (2015). Tujuan penelitian ini untuk membuat nano komposit serta menentukan sifat termal dan struktur. Metode yang dilakukan dengan cara nano partikel abu sekam padi di campur dengan HDPE dan kompatibeliser PE-g-MA, dengan variasi komposisi (2,4,6,8,10) % berat dengan alat *internal mixer* laboplastomil pada suhu 150 °C dengan laju 60 rpm selama 10 menit. Hasil nano komposit dikarakterisasi sifat termal dan struktur. Hasil analisa termal DSC ada perubahan suhu leleh dengan penambahan komposisi nono abu sekam padi namun tidak terlalu signifikan yang dapat dilihat di gambar 2.2. Dari analisis TGA terlihat terjadinya stabilitas termal dengan penambahan komposisi abu sekam padi dimana suhu dekomposisinya diatas 600 °C. Analisis xrd secara umum mengikuti pola difraksi HDPE, namun terjadi interkalasi antara matrik HDPE dengan nano abu sekam padi dengan adanya penambahan sehingga terjadi pergeseran intensitas dan sudut difraksi.

Kode sampel	T _m (°C)
HDPE/PE-g-MA /nano abu sekam padi 2%	128,73
HDPE/PE-g-MA /nano abu sekam padi 4%	128.85
HDPE/PE-g-MA / nano abu sekam padi 6%	129.15
HDPE/PE-g-MA / nano abu sekam padi 8%	128.05
HDPE/PE-g-MA / nano abu sekam padi 10%	128.43



Gambar 2.2 Hasil penelitian Eva Marlina Ginting (2015)

2.2. Bahan Komposit

2.2.1 Tinjauan Umum

Komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda satu sama lainnya baik itu sifat kimia maupun fisiknya dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut (bahan komposit). Dengan adanya perbedaan dari material penyusunnya maka komposit antar material harus berikatan dengan kuat, sehingga perlu adanya penambahan *wetting agent*. Berikut ini adalah tujuan dari dibentuknya komposit, yaitu sebagai berikut : memperbaiki sifat mekanik dan/atau sifat spesifik tertentu, mempermudah design yang sulit pada manufaktur, keleluasaan dalam bentuk/design yang dapat menghemat biaya, menjadikan bahan lebih ringan

Pada umumnya komposit dibentuk dari 2 jenis material yang berbeda yaitu

1. Matrik

Matriks adalah fasa dalam komposit yang mempunyai bagian atau fraksivolume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi sebagai umumnya lebih mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, tetap stabil setelah proses manufaktur.



Gambar 2.3 Ilustrasi matrik pada komposit

2. Reinforcement atau Filler

Salah satu bagian utama dari komposit adalah *reinforcement* (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), *Interphase* (pelekat antar dua penyusun), *interface* (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain).



Gambar 2.4 Ilustrasi filler pada komposit

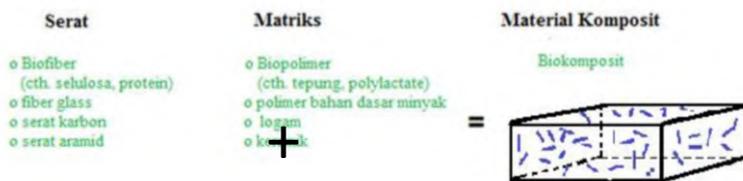
Berdasarkan matrik, komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar yaitu: komposit matrik polimer (KMP), polimer sebagai matrik, komposit matrik logam (KML), logam sebagai matrik, komposit matrik keramik (KMK), keramik sebagai matrik.

Komposit dapat dikelompokkan sebagai berikut:

1. Komposit jenis serat yang mengandung serat-serat pendek dengan diameter kecil yang disokong oleh matriks yang berfungsi untuk menguatkan komposit, seperti serat tandan sawit, serat sintetis, kaca, atau logam.
2. Komposit jenis partikel yaitu partikel tersebar dan diikat bersama oleh matriks. Struktur *Sandwich* yaitu komposit yang tersusun dari 3 lapisan yang terdiri dari flat komposit sebagai kulit permukaan (*skin*) serta material inti (*core*) dibagian tengahnya berada diantaranya
3. Komposit struktur berdasarkan struktur komposit terbagi menjadi dua yaitu: struktur lamina dan struktur sandwich. Lamina yaitu komposit yang mengandung bahan pelapis yang diikat bersama antara satu sama lain dengan menggunakan pengikat, Premasingan(2000).

2.2.2 Biokomposit

Biokomposit dapat didefinisikan sebagai materi komposit yang terdiri dari polimer alami atau biofiber (serat alami) yang dapat terdegradasi sebagai penguat dan polimer yang tidak dapat terdegradasi atau yang dapat terdegradasi sebagai matriks. Ilustrasi biokomposit ditunjukkan pada gambar 2.1



Gambar 2.5. Skema Sederhana Pembentukan Biokomposit
Sumber: Zulfia (2011)

Material Biokomposit terbuat dari bahan yang dapat diperbaharui sehingga pembuatannya dapat mengurangi konsumsi energi dan biaya produksi. Selain itu biokomposit juga memiliki kemampuan terdegradasi yang baik. Perkembangan penelitian biokomposit sudah sangat beragam, tidak hanya mencakup produk-produk untuk kebutuhan bahan bangunan, seperti papan partikel, kayu lapis atau papan semen dan lainnya, tapi juga telah berkembang dengan pesat ilmu dan produk bio-plastik atau plastik yang diperkuat dengan bahan-bahan selulosa, baik berupa produk *wood plastic composite (wpc)* atau *injection molded natural fiber-polymer*. Produk-produk plastik ini berperan penting dalam pengembangan industri otomotif yang ramah lingkungan.

2.3 Polimer

Polimer ialah makromolekul yang terbentuk dari perulangan satuan-satuan sederhana monomernya. Akibatnya molekul-molekul polimer umumnya mempunyai massa molekul yang sangat besar. Ada polimer yang merupakan molekul individual, ada yang bercabang, ada yang merupakan jaringan raksasa makroskopik. Berdasarkan asalnya polimer dapat dikelompokkan polimer alam dan polimer sintetis. Polimer alam adalah polimer yang berasal dari makhluk hidup. Contoh polimer alam ialah; pati/amilum, selulosa, protein, asam nukleat, dan karet alam. Sedangkan polimer sintetis ialah polimer yang tidak terdapat di alam dan harus dibuat oleh manusia. Contoh polimer sintetis ialah; polietena, polipropena, *polypropylene*, PVC.

2.3.1 Polypropylene

Polypropylene adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga didunia setelah PE dan PVC. Polimer ini memiliki sifat keseimbangan yang baik sehingga dapat kita temui dari berbagai aplikasi, mulai dari pengemasan makanan, perlengkapan rumah tangga, part otomotif hingga peralatan elektronik. Berdasarkan ilmu kimia, polipropilen (PP) adalah suatu makromolekul *Thermoplastic*

(dapat dilelehkan) rantai jenuh (tidak memiliki ikatan rangkap) yang terdiri dari propilen sebagai gugus yang berulang.



Gambar 2.6 Material PP Murni

Sifat-sifat *Polypropylene* serupa dengan sifat-sifat *Polyethylene*. Massa jenisnya rendah ($0,90 - 0,92$ $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$), termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer, dan dapat terbakar bila dinyalakan dibandingkan HDPE. *Polypropylene* memiliki beberapa keunggulan dan kelemahan, yaitu :

Keunggulan :

1. Titik lelehnya tinggi (176°C) dan densitasnya rendah ($0,9 - 2,2$ gr/cm^3)
2. Tahan korosi
3. Merupakan kelompok yang paling ringan di antara kelompok polimer
4. Mudah diproses dan banyak digunakan untuk proses produksi

Kelemahan :

1. Daya penghantar panas dan listrik rendah
2. Apabila dibakar akan menimbulkan bau menyengat

Tabel 2.1 Sifat-sifat *Polypropylene*

Sifat-sifat	Polypropylene
Kristalinitas	60%
Massa jenis [10 ³ kg.m ⁻³]	0,90
Tg [°C]	10
Tm [°C]	176
Tegangan Tanak [N.mm ⁻²]	30 sampai 40
Modulus Tanak [N.mm ⁻²]	1,1 sampai 1,6
Perpanjangan [%]	50 sampai 600

Sumber : Hadi Syamsul, Ir. 1995 , ”Teknologi Bahan 3”, Hal 36

2.4 Sekam padi

Jenis sekam padi untuk semua proses perlakuan pada penelitian ini berasal dari daerah yang sama, yaitu diperoleh dari kabupaten Bojonegoro propinsi Jawa Timur. Sekam padi merupakan serat alam yang berfungsi sebagai *filler* pada *polymer matrix composite* (PMC). Sekam padi yang digunakan sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 3.3.

**Gambar 2.7** Sekam padi

Sekam memiliki kerapatan jenis (bulk densil) 1125 kg/m³, dengan nilai kalori 1 kg sekam sebesar 3300 k. kalori, serta memiliki bulk density 0,100 g/ ml, nilai kalori antara 3300 - 3600 kkalori/kg sekam dengan konduktivitas panas 0,271 BTU(Houston,1972). Sekam dikategorikan sebagai biomassa yang dapat digunakan untuk berbagai kebutuhan seperti bahan baku industri, pakan ternak dan

energi atau bahan bakar ataupun sebagai adsorpsi pada logam-logam berat. Sekam tersusun dari jaringan serat - serat selulosa yang mengandung banyak silika dalam bentuk serabut -serabut yang sangat keras. Pada keadaan normal, sekam berperan penting melindungi biji beras dari kerusakan yang disebabkan oleh serangan jamur, dapat mencegah reaksi ketengikan karena dapat melindungi lapisan tipis yang kaya minyak terhadap kerusakan mekanis selama pemanenan, penggilingan dan pengangkutan. (Haryadi. 2006).

2.5 Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)

MAPP adalah material *coupling agent* yang berfungsi sebagai pengikat antara filler dan matriks pada ikatan PMC. *Maleic anhydride* yang ada dalam MAPP memberikan interaksi polar seperti interaksi asam basa dan dapat juga mengikat secara kovalen ke gugus *hydroxyl* pada serat alam. Kombinasi ikatan kovalen dan interaksi asam basa antara MAPP dan gugus OH⁻ pada permukaan serat menghasilkan sifat-sifat yang baik. Adapun fungsi dalam tugas akhir ini adalah sebagai compatibilizer dan membantu memperbaiki sifat dari produk tersebut.



Gambar 2.8 *Maleic Anhydride Polypropylene (MAPP)*

Adapun sifat – sifat fisik yang dimiliki oleh bahan MAPP yang didapat dari produsen Shenzhen All Gong Science and Technology Co., Ltd yaitu temperature leleh adalah 190°C, Grafting Ratio : 1.2-1.8 (g/10min), Densitas : 0.93, bentuk : butir (granula)

2.6 Pellet

Pellet merupakan bentuk bahan yang dipadatkan sedemikian rupa dari bahan konsentrat atau hijauan dengan tujuan untuk mengurangi sifat keambaan (meningkatkan densitas suatu bahan) (Parker, 1988). Keambaan yang diolah menjadi pellet berkurang karena densitasnya meningkat. Pelet yang memiliki densitas tinggi akan meningkatkan penggunaan bahan dan mengurangi bahan yang tercecer, serta mencegah *de-mixing* yaitu peruraian kembali komponen penyusun pellet sehingga bahan sesuai dengan kebutuhan standar (Stevens,1987).

Menurut hasil sejumlah penelitian, manfaat *Pelleting* adalah meningkatkan kepadatan dan daya alir, mencegah bahan tercecer dan diterbangkan angin, serta meningkatkan konversi ransum. (Behnke, 1998 dalam Briggs *et al.*, 1999).



Gambar 2.9 Salah satu contoh bentuk pellet dari material *polypropylene*

2.6.1 Kualitas Pellet

Kualitas pellet merupakan aspek yang penting baik bagi produsen industry plastic atau peternakan . Kualitas pellet ditentukan dengan durabilitas, densitas kekerasan (*hardness*) dan ukuran.

Kualitas pellet yang baik membutuhkan konsekuensi bagi produsen, yaitu berupa tingginya biaya produksi, tingginya energi dan modal yang dibutuhkan. Bagi konsumen, kualitas pellet yang baik akan menghasilkan konversi produk yang rendah. Menurut Behnke (1994), faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas pellet adalah formulasi (pengaruhnya sebesar 40%), *conditioning* (20%), ukuran partikel (20%), spesifikasi *die* (cetakan) dari mesin pellet (15%), dan pendinginan (5%).

2.6.2 Proses Pembuatan Pellet

Ada dua cara yang dapat ditempuh dalam pembuatan pellet, yaitu secara manual dan atau dengan menggunakan mesin. Pembuatan pellet secara manual dilakukan dengan menggunakan alat-alat yang sederhana. Alat yang dipergunakan adalah sekop (*paddle*) atau drum yang dirancang dengan menggunakan prinsip kerja *mixer* (Pujaningsih, 2011). Proses pengolahan pellet terdiri dari 3 tahap, yaitu pengolahan pendahuluan, pembuatan pellet dan perlakuan akhir.

a. Proses pendahuluan

Proses pendahuluan bertujuan untuk pemecahan dan pemisahan bahan-bahan pencemar atau kotoran dari bahan yang akan digunakan. Setelah seluruh bahan baku disiapkan, tahap selanjutnya adalah menggiling bahan baku tersebut. Tujuannya adalah untuk mendapatkan ukuran partikel yang seragam--berbentuk tepung (*mash*). Peralatan yang digunakan adalah mesin penggiling atau penghalus yang bisa digerakkan motor listrik atau motor bakar yang bahan bakarnya bisa berupa bensin atau solar. Alat ini dikenal dengan nama *disk mill*, *Ball Mill* dan *hammer mill*.

b. Pembuatan pellet

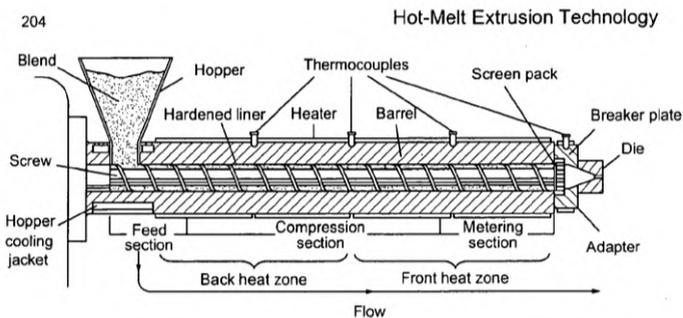
Pembuatan pellet terdiri dari proses pencetakan, pendinginan dan pengeringan. Perlakuan akhir terdiri dari proses sortasi, pengepakan dan pergudangan. Proses penting dalam pembuatan pellet adalah pencampuran (*mixing*), pengaliran uap (*conditioning*), pencetakan (*extruding*) dan pendinginan (*cooling*).

c. Perlakuan akhir

Penentuan ukuran pellet disesuaikan dengan ukuran dan fungsi dari pellet tersebut. Baik dalam dimensi diameter dan panjang.

2.7 Proses Extruder

Ekstrusi pada thermo plastik adalah proses pada material sampai mencapai meleleh akibat panas dari luar / panas gesekan dan yang kemudian dialirkan ke die oleh screw yang kemudian dibuat produk sesuai bentuk yang diinginkan. Proses ekstrusi adalah proses kontinyu yang menghasilkan beberapa produk seperti, Film plastik, tali rafia, pipa, peletan, lembaran plastik, fiber, filamen, selubung kabel dan beberapa produk dapat juga dibentuk. Ekstruder memiliki banyak jenis ukuran, bentuk dan metode pengoperasian. Ada ekstruder yang dioperasikan secara hidraulik dimana pada ekstruder ini piston berperan untuk mendorong adonan melalui lubang pencetak (*die*) yang terletak pada ujung ekstruder. Terdapat pula ekstruder tipe roda, dimana bahan didorong keluar atas hasil kerja dua roda yang saling berputar. Kemudian yang telah banyak dikenal saat ini ialah ekstruder tipe ulir (*screw*) dimana putaran ulir akan memompa bahan keluar melalui *die*.



Gambar 2.10 Gambar Mesin Screw Extruder

Ekstruder digunakan pada pengolahan bahan makanan karena ekstruder mampu menghasilkan energi mekanis yang digunakan untuk proses pemasakan bahan. Ekstruder mendorong

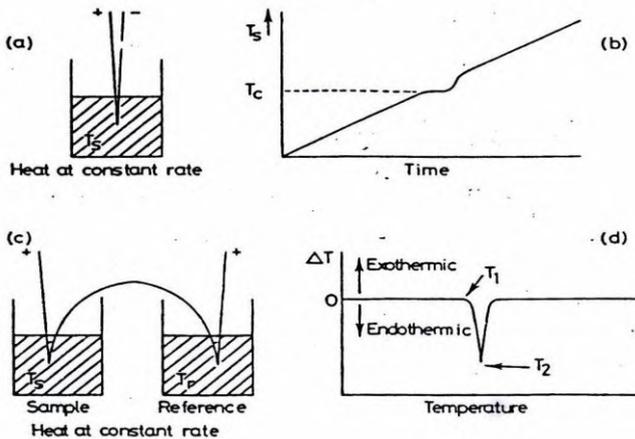
bahan/adonan dengan cara memompanya melalui sebuah lubang dengan bentuk tertentu. Ekstruder mampu melakukan proses pencampuran dengan baik yang bertujuan agar bahan homogen dan terdispersi dengan baik (Frame, 1994). Prinsip ekstrusi dalam pengolahan makanan yang menggabungkan proses pendorongan bahan, pencampuran dan pembentukan bukanlah hal yang baru.

Mesin ekstrusi atau biasa disebut ekstruder merupakan alat yang cukup sederhana namun memiliki keunikan tersendiri. Prinsip dasar kerja alat ini ialah memasukkan bahan-bahan mentah yang akan diolah kemudian didorong keluar melalui suatu lubang cetakan *die-die* (*Die* itu berbentuk piringan atau silinder dengan lubang lubang cetakan yang terletak pada bagian akhir ekstruder dan berfungsi sebagai pembentuk atau pencetak bahan/adonan setelah diolah di dalam ekstruder) dalam bentuk yang diinginkan.

2.8. Differential Scanning Calorimetry (DSC)

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah teknik dimana suhu dari sample dibandingkan dengan material referen inert selama perubahan suhu terprogram. Suhu sample dan referen akan sama apabila tidak terjadi perubahan, namun pada saat terjadinya beberapa peristiwa termal, seperti pelelehan, dekomposisi atau perubahan struktur kristal pada sample, suhu dari sample dapat berada di bawah (apabila perubahannya bersifat endotermik) ataupun di atas (apabila perubahan bersifat eksotermik) suhu referen. Alasan penggunaan sample dan referen secara bersamaan diperlihatkan pada Gambar 2.10. Pada Gambar (a) sampel mengalami pemanasan pada laju konstan dan suhunya, T_s dimonitor secara kontinu menggunakan termokopel. Suhu dari sample sebagai fungsi dari waktu diperlihatkan pada Gambar 2.10 (b); plotnya berupa suatu garis linear hingga suatu peristiwa endotermik terjadi pada sampel, misalnya titik leleh T_c . Suhu sample konstan pada T_c sampai peristiwa pelelehan berlangsung sempurna; kemudian suhunya meningkat dengan tajam untuk menyesuaikan dengan suhu program. Peristiwa termal pada sample yang berlangsung pada T_c teramati sebagai deviasi yang agak luas dari *slop baseline* (b). Plot seperti ini

tidak sensitif pada efek pemanasan yang kecil karena waktu yang diperlukan bagi proses sejenis ini bisa sangat singkat dan menghasilkan deviasi yang juga kecil. Lebih jauh lagi, beragam variasi tidak diharapkan dari baseline, yang bisa disebabkan oleh fluktuasi laju pemanasan, akan menyerupai peristiwa termal. Karena ketidaksensitivannya, teknik ini memiliki aplikasi yang terbatas; penggunaan utama pada awalnya adalah pada ‘metode kurva pendinginan’ yang digunakan pada penentuan diagram fasa; dimana suhu sample direkam pada proses pendinginan dan bukan pemanasan, karena efek panas yang diasosiasikan dengan solidifikasi dan kristalisasi biasanya cukup besar sehingga dapat dideteksi dengan metode ini.



Gambar 2.11 Metode DSC. Grafik (b) hasil dari set-up yang diperlihatkan pada (a) dan grafik (d), jejak DSC yang umum, hasil dari pengaturan yang diperlihatkan pada (c)

Pada Gambar 2.10 (c) diperlihatkan pengaturan yang digunakan pada DSC. Sampel dan referen ditempatkan bersebelahan dalam *heating block* yang dipanaskan ataupun didinginkan pada laju konstan; termokopel identik ditempatkan pada keduanya dan dikoneksikan. Ketika sampel dan referen berada pada

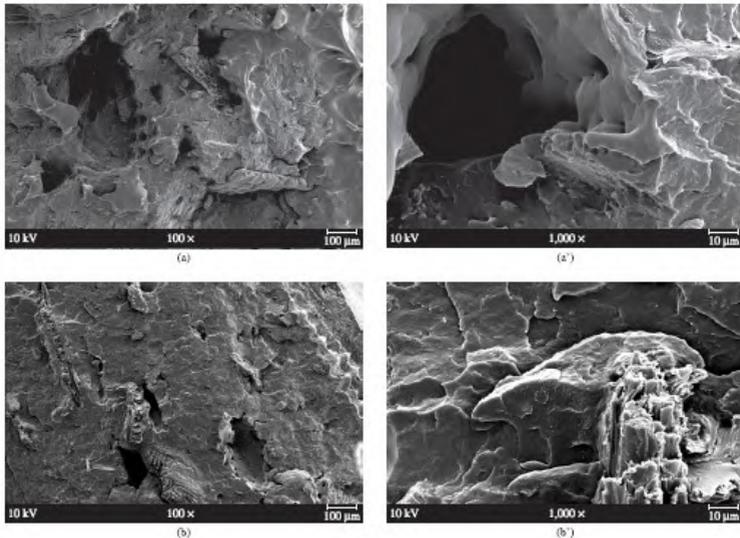
suhu yang sama, output bersih dari pasangan termokopel ini akan sama dengan nol. Pada saat suatu peristiwa termal berlangsung pada sampel, perbedaan suhu, ΔT , timbul antara keduanya yang kemudian terdeteksi dari selisih tegangan dari kedua termokopel. Termokopel ketiga (tidak diperlihatkan pada gambar) digunakan untuk memonitor suhu heating block dan hasilnya diperlihatkan sebagai ΔT versus suhu (Gambar 2.10 d). Baseline horizontal, menunjukkan $\Delta T=0$, sedangkan penyimpangan dari baseline akan berupa puncak yang tajam sebagai akibat dari berlangsungnya peristiwa termal pada sampel. Suhu puncak yang muncul dapat ditentukan dari suhu dimana deviasi mulai timbul, T_1 , ataupun pada suhu puncak, T_2 . Penggunaan T_1 mungkin saja lebih tepat, namun seringkali kurang jelas kapan puncak bermula, dan karenanya lebih umum digunakan T_2 . Ukuran dari puncak dapat diperbesar sehingga peristiwa termal dengan perubahan entalpi yang kecil dapat terdeteksi. Gambar 2.10 (d) sangat mudah diolah, sehingga cara ini digunakan sebagai cara yang lebih sensitif dan akurat untuk memperoleh data dibandingkan Gambar 2.10 (b) dan dipakai pada metode umum mempresentasikan hasil DTA. Instrumen DTA komersial dapat digunakan pada range suhu -190 sampai 1600°C . Ukuran sampel biasanya kecil, beberapa miligram, sehingga mengurangi pemunculan masalah akibat gradien termal dalam sampel yang dapat mengurangi sensitivitas dan akurasi. Laju pemanasan dan pendinginan biasanya berada pada range 1 sampai $50^\circ\text{C} / \text{menit}$. Pada penggunaan laju yang lebih lambat, sensitivitas akan berkurang karena ΔT bagi peristiwa termal tertentu akan menurun dengan menurunnya laju pemanasan.

Sel DTA biasanya didisain untuk memaksimalkan sensitivitasnya terhadap perubahan termal, namun hal ini sering berakibat pada kehilangan respon kalorimetrik; sehingga tinggi puncak hanya berhubungan dengan besar perubahan entalpi secara kualitatif saja. Dimungkinkan untuk mengkalibrasi peralatan DTA sehingga harga entalpi yang kuantitatif dapat diperoleh, namun kalibrasi ini cukup rumit. Apabila diperlukan data kalorimetrik, maka lebih mudah untuk memakai DSC sebagai komplementer. DSC mirip dengan DTA. Sampel dan referen inert juga digunakan

pada DSC namun sel-nya didisain secara berbeda. Pada beberapa sel DSC, sampel dan referen dipertahankan pada suhu sama selama program pemanasan. Dalam hal ini, input panas ekstra ke sampel (atau ke referen bila sampel mengalami perubahan eksotermik) yang diperlukan untuk menjaga keseimbangan, akan diukur. Pada sel DSC lain, perubahan suhu antara sampel dan referen diukur, seperti halnya DTA, namun dengan pengaturan tertentu pada desain sel, respon yang dihasilkan adalah kalorimetrik.

2.9. Scanning Electron Microscope (SEM)

Scanning Electron Microscope (SEM) adalah sebuah mikroskop elektron yang didesain untuk mengamati permukaan objek solid secara langsung. SEM memiliki perbesaran 10 – 3.000.000 kali, *depth of field* 4 – 0.4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Kombinasi dari perbesaran yang tinggi, *depth of field* yang besar, resolusi yang baik, kemampuan untuk mengetahui komposisi dan informasi kristalografi membuat SEM banyak digunakan untuk keperluan penelitian dan industri (Prasetyo, 2011). Anonymous (2012) menambahkan, SEM memfokuskan sinar elektron (electron beam) di permukaan obyek dan mengambil gambarnya dengan mendeteksi elektron yang muncul dari permukaan obyek.



Gambar 2.12 Hasil SEM dari proses Hot Press PP dan RH a) tanpa MAPP; b) dengan MAPP.

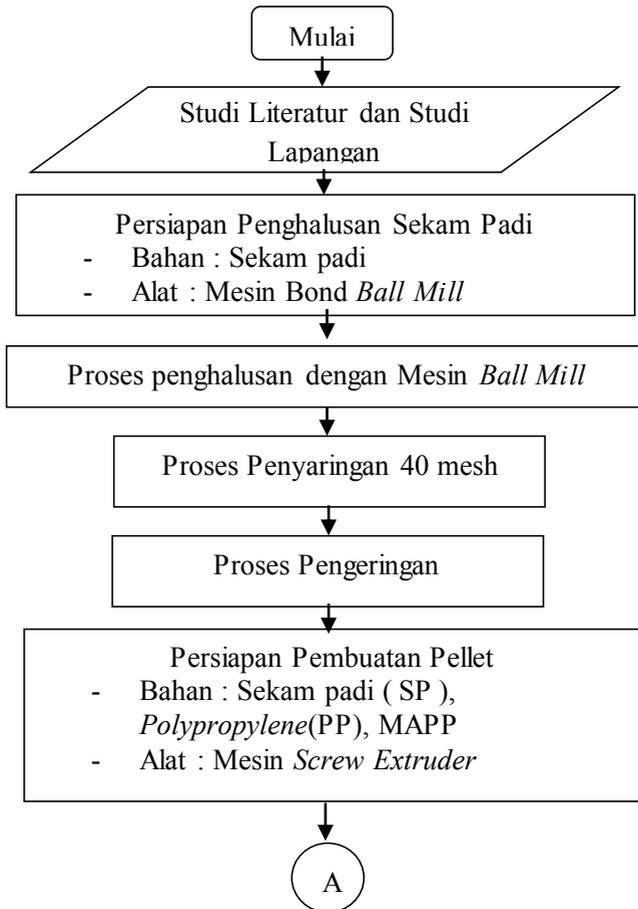
Pada contoh Gambar 2.11 diatas adalah penelitian dari Simone Maria,dkk (brazil,2009) kandungan sekam padi sebesar 20% dengan dan tanpa ditambahkan MAPP. Komposit yang tidak sejenis akan menimbulkan *presense of voids* antara partikel dan matrik polimer. Dari gambar a dan b dapat dilihat bahwa adanya MAPP mengurangi terjadinya *voids sizes* dan memperlihatkan permukaan yang homogen serta menimbulkan gaya adesi pada permukaan.

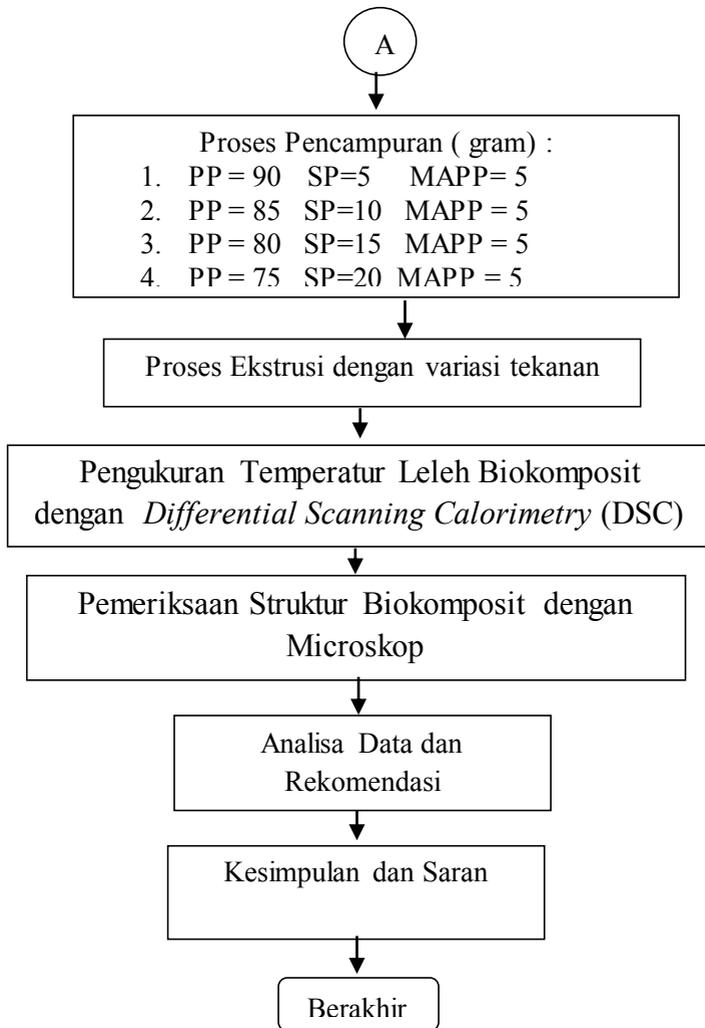
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan penelitian ini untuk memvariasikan komposisi material *polypropylene*, sekam padi dan *maleic anhydride polypropylene* dalam pembuatan pellet seperti pada diagram alir gambar 3.1





Gambar 3.1 Diagram alir penelitian

3.2 Tahap – tahap Penelitian

Langkah-langkah yang dilaksanakan dalam melakukan studi eksperimen pada komposisi *polypropylene*, sekam padi dan *maleic anhydride* secara garis besar diuraikan sebagai berikut:

3.2.1 Studi literature dan lapangan

Literatur yang dipelajari dalam studi eksperimental alternatif material termasuk komposisi untuk mendapatkan material baru untuk helm dan meliputi proses *Ball Mill*, ekstrusi, pengukuran DSC dan uji Mikroskop. Studi lapangan untuk mempelajari mesin *Bond Ball Mill* yang tersedia di jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, mesin DSC di CDAST universitas negeri jember dan hal – hal lain yang berkaitan dengan proses pencarian alternatif material baik melalui *offline* maupun *online*. Disamping itu dilakukan pengumpulan data – data yang diperlukan untuk mencari alternative material yaitu data material termoplastik ; meliputi sifat – sifat (*properties*) fisik, mekanik, dan perlakuan yang dapat diberikan pada saat proses injeksi.

3.2.2 Persiapan Penghalusan Sekam Padi

Pada proses persiapan penghalusan ini bahan dan alat yang perlu dipersiapkan yaitu sekam padi dengan mesin *Bond Ball Mill*. Sekam padi yang digunakan adalah hasil dari limbah dari kabupaten Bojonegoro untuk harganya yaitu Rp 3000/ kg. Setelah sekam tersebut didapat maka akan dihaluskan menggunakan mesin. Untuk mesin *Bond Ball Mill* yang digunakan di Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS.

3.2.3 Proses Penghalusan Sekam Padi

Dalam proses ini, mesin yang digunakan *Ball Mill*. Mesin *Ball Mill* adalah salah satu bentuk mesin giling yang berfungsi menghaluskan material dari bentuk yang sangat keras menjadi format pasir. Mesin *Ball Mill* sendiri adalah mesin yang digunakan untuk melumatkan atau menghancurkan suatu material menjadi partikel yang lebih kecil atau dalam bentuk bubuk halus dengan bantuan bola yang menggelinding dalam tabung yang terus berputar yang waktunya diatur atau ditentukan dari orang yang

mengoperasikan alat mesin tersebut. Itulah sebabnya mesin ini menggunakan kata 'ball' yang berarti bola sebab dalam pengerjaannya menggunakan bola untuk membantu proses penggilingan dengan menggunakan tabung. Dalam prakteknya mesin *Ball Mill* biasa digunakan untuk industri yang tergolong besar dengan produksi bahan seperti semen, besi, galangan batu, kaca, pupuk, porselen, bahan tahan api dan bahan kimia lainnya yang memiliki tingkat kekerasan tinggi yang hanya cocok jika dihancurkan atau digrinding menggunakan alat *Ball Mill*. Akan tetapi, dalam industri skala kecil terkadang alat ini juga digunakan, sekalipun dalam bentuknya yang lebih kecil atau mini. Khusus untuk jenis yang kecil disebut *Planetary Ball Mill*. Biasanya digunakan untuk produksi bahan yang sedikit atau untuk uji coba tertentu. Misalnya di laboratorium untuk menguji suatu material.



Gambar 3.2 Mesin *Ball Mill* di Jurusan Teknik Sipil ITS

Sekam padi akan diperkecil ukurannya dengan menggunakan mesin *Ball Mill* di jurusan Teknik Sipil. Pada proses ini sekam mengisi 20-30% ruang di dalam mesin. Masing-masing proses dilakukan selama 2 jam. Untuk mendapatkan ukuran tersebut.

3.2.4 Proses Penyaringan

Padi yang telah didapat akan di saring untuk mendapatkan hasil yang sesuai. Proses penyaringan tersebut menggunakan

pengayak yang tersedia di jurusan Teknik Sipil ITS. Proses penyaringan tersebut berkisar 5 – 10 menit dalam satu kali proses penyaringan, dimana pengayak dalam kondisi separuh penuh. Ayakan digunakan untuk menyaring atau memisahkan ukuran butiran sekam padi yang telah diolah menjadi serbuk. Ukuran ayakan yang digunakan adalah 40 mesh seperti yang ditampilkan pada gambar 3.3



Gambar 3.3 Ayakan yang akan digunakan sebagai penyaring.

3.2.5 Proses Pengeringan

Setelah melakukan proses pengayakan untuk sekam maka akan dilakukan proses pengeringan semua bahan uji seperti proses 3.4. Proses ini dilakukan agar semua bahan uji yang akan di campur dalam keadaan kering, kadar air dalam bahan berkurang dan mempermudah melakukan proses selanjutnya di Mesin Ekstrusi supaya tidak menyebabkan letusan – letusan kecil dalam proses pembuatan pelletnya.



Gambar 3.4 Proses pengeringan bahan uji menggunakan oven.

3.2.6 Proses Pencampuran Material Alternatif

Pada proses ini akan dilakukan kombinasi pada material seperti 1 jenis material plastic dengan 1 jenis material alternatif. Dalam tugas akhir ini, material yang digunakan adalah polypropylene (PP), *maleic anhydride polypropylene* (MAPP), dan Sekam Padi (RH). Material PP yang digunakan dalam kondisi murni atau original, karena material PP murni tersebut banyak terdapat di pasaran dan banyak kegunaannya meski harganya relatif mahal.



Gambar 3.5 *Pellet polypropylene*

Untuk material Sekam padi berasal dari Kabupaten Bojonegoro yang berasal dari buruh tani dengan kondisi sudah kering. Pencampuran antara sekam padi dan *Polypropylene* ditambahkan dengan MAPP sebagai perekat antara 2 unsur material tersebut yang apabila di campur saja kemampuan kekuatan tariknya berkurang dari pada material aslinya. Dengan adanya maleic anhydrite ini diharapkan bisa memperkuat kekuatannya. bertujuan untuk mengurangi biaya produksi yang pada umumnya relatif mahal dikarenakan dari biaya material PP murni yang berkisar Rp 10.000-12.000/kg (sumber : PT. Sumber Plastik). Sedangkan apabila menggunakan pencampuran yang digunakan memiliki harga antara lain *maleic anhydride polypropylene* (MAPP) seharga \$ 4 USD / kg (Bahan MAPP yang digunakan adalah merk dari perusahaan Shenzhen All Gong Science and Technology Co., Ltd. yang berasal dari china).

Rancangan komposisi material alternative terbagi 4 katageri, specimen A, B, specimen C dan specimen D. Spesimen A terdiri dari 90 % material PP, 5% MAPP dan 5% sekam padi, specimen B terdiri dari 85% material PP, 5 % MAPP dan 10% sekam padi. spesimen C terdiri dari 80% material PP, 5% MAPP, dan 15% sekam padi, specimen D terdiri dari 75% material PP, 5% MAPP dan 20% Sekam padi. Dari setiap specimen diatas akan diuji sebanyak dua kali yatu dengan sekam ukuran 40 mesh. Presentase bahan mewakili presentasi berat bahan tersebut dari berat totl komposisi material, seperti terlihat pada tabel 3.1

Tabel 3.1 Komposisi material alternative

No	Biokomposit	PP	Sekam Padi	Maleic Anhydrite PP	Ukuran SP
1	A	90%	5%	5%	40 mesh
2	B	85%	10%	5%	40 mesh
3	C	80%	15%	5%	40 mesh
4	D	75%	20%	5%	40 mesh

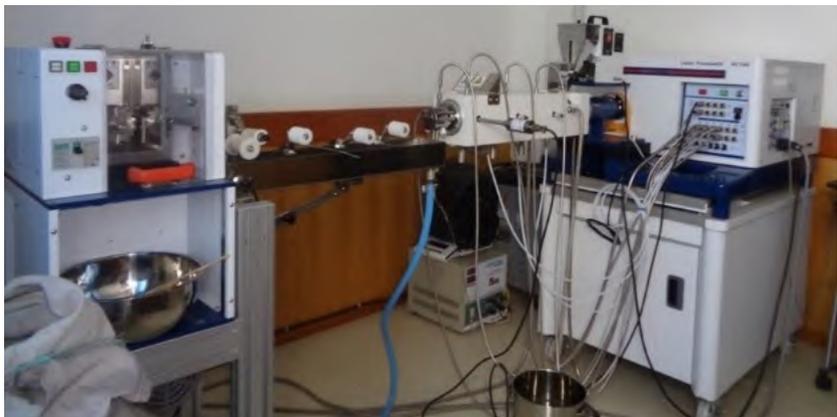
Dalam menentukan persentase dari berat yang digunakan untuk masing – masing biokomposit ialah timbangan digital. Timbangan digital yang digunakan pada penelitian ini adalah merk *Pocket scale* MH 500-series seperti yang ditampilkan pada gambar 3.5. Batas kemampuan pengukurannya hingga 500 g dengan toleransi 0,1g.



Gambar 3.6 Timbangan Digital

3.2.7 Proses Ekstrusi

Pada proses ini, hasil campuran yang telah dilakukan dimasukkan pada mesin ekstruder yang berada di Jurusan Teknik Material & Metalurgi ITS. Untuk dijadikan pellet, hal ini dilakukan dengan harapan dapat mempermudah penelitian selanjutnya dalam proses di mesin *Injection Molding*.



Gambar 3.7 Mesin *Screw extruder*

Mesin *Screw extruder* digunakan untuk mencampur antara PP, sekam padi dan MAPP yang akan dijadikan bentuk akhir berupa pelet. Mesin *Screw extruder* yang digunakan adalah merk

Labo Plastomill 4C150 yang ada di labor Teknik Material dan Metalurgi ITS seperti yang ditampilkan pada gambar 3.7 diatas.

3.2.8 Pengukuran Temperatur Meleh Biokomposit

Setelah mendapatkan bentuk dalam pellet akan dilaksanakan pengukuran melalui DSC dengan harapan mengetahui sifat thermal dari masing – masing campuran specimen. Sifat thermal yang didapat dalam pengukuran ini adalah temperature leleh dari biokomposit tersebut.

Mesin ini digunakan untuk mengetahui perubahan jumlah sampel dalam mg. Sifat termal sampel seperti kristalisasi dan titik leleh.



Gambar 3.8 Mesin DSC

Tabel 3.2 Lembar Pengukuran Temperatur Biokomposit

Lembar Pengukuran Temperatur Biokomposit		
No	Biokomposit	Temperatur leleh (°C)
1	A	
2	B	
3	C	
4	D	

3.2.9 Pemeriksaan Struktur Biokomposit

Setelah dari proses ekstrusi juga akan diperiksa menggunakan Alat Mikroskop. Pada pemeriksaan ini digunakan alat dari Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin FTI-ITS. Hasil yang didapat dari pemeriksaan ini akan dicatat hasil pengujiannya dan selanjutnya akan di analisa sebagai bahan referensi untuk penelitian selanjutnya.

3.2.10 Analisa Data dan Rekomendasi

Seluruh data dari penelitian diatas yang telah dicatat setelah pengujian dan pemeriksaan diolah dengan cara membandingkan perbedaan kondisi antara masing – masing variasi komposisi biokomposit. Data Pengukuran Temperatur biokomposit mencakup temperatur leleh dan diolah menjadi grafik garis dengan sumbu x sebagai tinjauan variasi jumlah dari sekam padi pada satu biokomposit dan sumbu y sebagai tinjauan nilai dari temperature pengukuran dari biokomposit yang diukur. Data hasil pengukuran tersebut akan dijadikan bahan rekomendasi lanjutan penelitian pada mesin injeksi mold. Data kedua yang diperoleh adalah struktur permukaan dari material biokomposit. Analisa yang akan dilakukan dalam pengelolaan data ini adalah mengetahui struktur permukaan pada perbesaran 40x . Hasil perbesaran tersebut dapat ditentukan biokomposit mana yang menimbulkan *presense of voids* antara partikel dan matrik polimer. Untuk menghitung *voids* digunakan software ImageJ. Sehingga dapat dijadikan pembanding untuk penelitian selanjutnya yang

akan disusun dalam bentuk tabel serta paragraf sebagai penjelasnya. Evaluasi dilakukan untuk membahas kekurangan yang dapat dialami selama proses penelitian material biokomposit sebagai material alternatif plastic supaya dapat digunakan selanjutnya dalam penyusunan rekomendasi penggunaan data untuk proses selanjutnya yaitu proses optimasi pada mesin injeksi. Rekomendasi diberikan setelah mengetahui hasil pengolahan data. Rekomendasi diperlukan untuk mengetahui berapa temperatur leleh pada biokomposit agar melakukan proses injeksi secara aman dan memberikan hasil yang optimal.

3.2.11 Kesimpulan dan Saran

Setelah didapat data konfirmasi dari penelitian ini, diambil kesimpulan tentang temperature leleh dari material biokompost uji serta struktur permukaannya secara ilmu pengetahuan yang selanjutnya dapat digunakan sebagai refrensi bahan yang dapat diinjeksi dengan mesin injection molding.

Halaman ini sengaja dikosongkan.

BAB IV

PEMBUATAN SPESIMEN UJI DAN PENGUJIANNYA

4.1 Pembuatan Spesimen

4.1.1 Peralatan yang digunakan

- Mesin *Bond Ball Mill* dengan 56 RPM digunakan untuk menghaluskan sekam padi.
- Mesin Screw Extruder *Labo Plastomill* 4C150 dengan 4 buah elemen pemanas (185°C) serta 40 RPM dan tekanan 50 MPa.
- Mikroskop Optik
- Alat Ukur : DSC (differential scanning calorimetric) , dan Oven
- Alat keselamatan : sarung tangan dan masker.

4.1.2 Bahan yang digunakan

- Pellet Polypropylene (PP) murni warna krem dikeringkan dengan oven pada temperature 80 °C selama 24 jam.
- Maleic anhydride sebagai perekat (*coupling agent*) yang dibeli dari perusahaan Shenzhen All Gong Science and Technology Co., Ltd. di Hongkong
- Sekam padi yang telah dikeringkan dengan oven pada temperature 80 °C selama 24 jam.

4.1.3 Pembuatan biokomposit dengan mesin screw extruder.

Bentuk biokomposit yang akan dibuat adalah berbentuk pelet dengan komposisi seperti dapat dilihat pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Komposisi pelet biokomposit

Spesimen Pelet	Sekam Padi wt(%)	PP wt. (%)	MAPP wt.(%)
A	5.0	90.0	5.0
B	10.0	85.0	5.0
C	15.0	80.0	5.0
D	20.0	75.0	5.0

Untuk mendapatkan pellet, langkah – langkah sebagai berikut :

1. Melakukan pengecekan mesin screw extruder *Labo Plastomill 4C150* seperti: kondisi oli mesin, selang untuk aliran pendingin
2. Menyalakan mesin dan pompa pendinginan.
3. Nyalakan komputer untuk membuka program (LABOPLASTOMILL Ver.5), pilih extruder test.



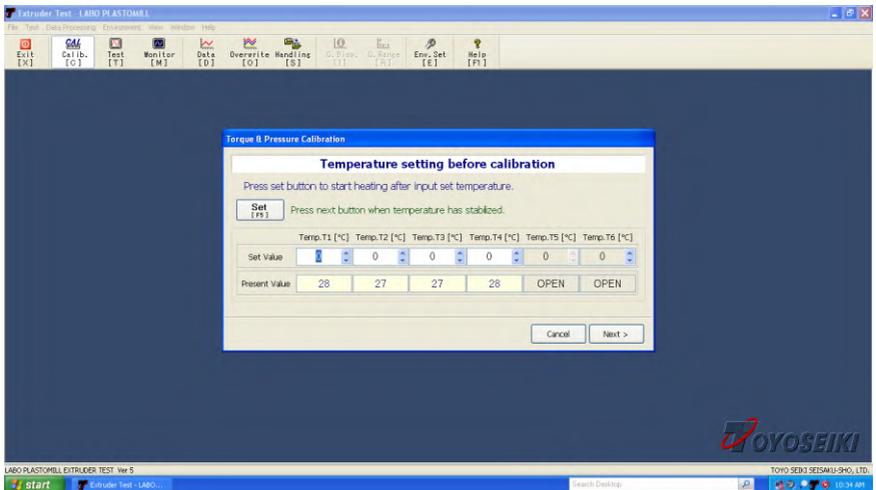
Gambar 4.1 Software Labo Plastomill

4. Tab utama akan muncul seperti pada gambar di bawah, kemudian pilih [C] untuk melakukan kalibrasi



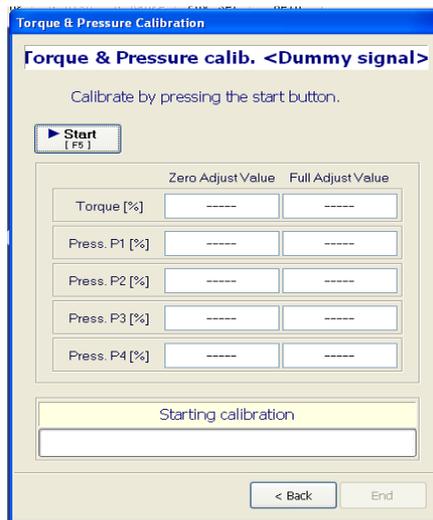
Gambar 4.2 Tampilan awal Toolbar Software Labo Plastomill

5. Setting temperatur ke empat part menjadi 185°C untuk Material Biokomposit, kemudian ikuti petunjuk selanjutnya.



Gambar 4.3 Setting temperatur untuk elemen Pemanas Mesin *Extruder*

6. Saat menunggu pemanasan, Bahan sekam yang telah dihaluskan, PP dan MAPP diambil dari oven yang telah dikeringkan. Selanjutnya ditimbang sesuai komposisi dengan berat total semua variasi 800 gram.
7. Untuk kalibrasi torsi dan tekanan gunakan “*by dummy signal*”. Muncul perintah seperti display dibawah, pilih start untuk memulai kalibrasi sampai zero adjust value menunjukkan angka 0 dan *full adjust value* menunjukkan angka 100.



Gambar 4.4 Kalibrasi Torsi dan Tekanan pada Mesin

8. Setelah proses kalibrasi selesai pilih [T] pada tool bar, dan pilih New untuk melakukan proses serta ikuti petunjuk selanjutnya untuk menjalankan blank test (sebelum sampel di masukkan)
9. Setelah proses blank test selesai, kembali ke Tab utama dan pilih start untuk memulai eksperimen untuk melakukan proses extruder biokomposit dengan dengan

mode manual agar parameter hasil yang dapat dikendalikan . Berikut parameter yang digunakan :

- Extruder Pressure = 50 MPa
- Kecepatan = 40 rpm

10. Masukkan sampel melalui feeder

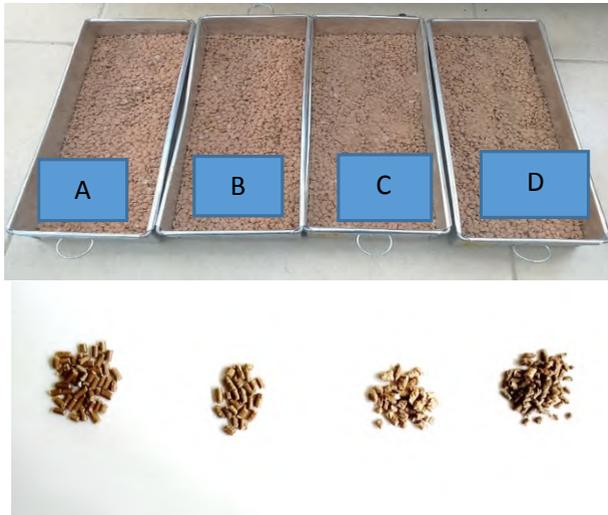


Gambar 4.5 Tampak total Mesin Screw Extruder Labo Plastomill

11. Hasil *extruder* didinginkan menggunakan air dan selanjutnya di potong menggunakan alat potong *pelletizing*.
12. Mengulangi langkah 3 sampai dengan 10 dengan menggunakan variasi biokomposit lainnya.

4.2 Hasil Pembuatan Biokomposit

Pada penelitian ini dilakukan pembuatan pelet dengan dengan komposisi yang berbeda. Sebagai langkah awal bahan – bahan harus dipersiapkan, kemudian dicampur dengan pengaduk secara manual agar bahan bisa tersebar merata. Langkah tersebut dilakukan sebelum dimasukkan dalam mesin *extruder*.



Gambar 4.6 Pellet Biokomposit hasil *extruder*

Gambar 4.6 menunjukkan bahan pellet biokompost sebelum di proses extrusi dan setelah extrude. Biokomposit A adalah biokomposit dengan kandungan sekam padi 5%, sedangkan biokomposit B kandungan sekam padi 10%, biokomposit C kandungan sekam padi 15%, dan biokomposit D kandungan sekam padinya 20%. Tampak secara visual, biokomposit dengan kandungan sekam padi 5%, memiliki warna yang lebih cerah coklat, sedangkan semakin banyak kandungan sekam padinya. Biokomposit D memiliki warna yang paling gelap, karena kandungan sekam yang dimiliki paling besar. Dari pengamatan cacat yang terjadi, cacat yang terjadi pada saat pembuatan biokomposisi sebagian besar karena akibat perlakuan panas, iradiasi, atau deformasi dan sebagian besar dari energi permukaan.

4.3 Pengukuran Temperatur dan Pengujian Material Biokomposit

Pengukuran temperatur hasil ekstrusi biokomposit dilakukan dengan alat DSC yaitu mesin Thermoplus EvoRigaku yang dapat digunakan untuk menganalisis pengaruh variasi biokomposit terhadap temperature leleh biokomposit. Disamping itu akan dilakukan juga pemeriksaan permukaan biokomposit dengan metode Mikroskop, sehingga dapat diketahui struktur permukaan dari pellet hasil ekstrusi tersebut.

4.3.1 Pengukuran Temperatur

4.3.1.1 Langkah – langkah pengukuran temperature

Peralatan yang digunakan

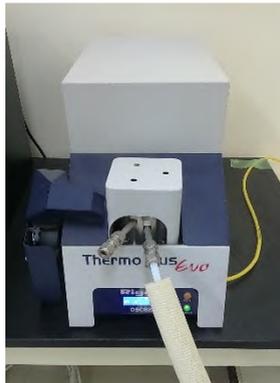
- Mesin DSC Thermoplus EvoRigaku
- Alat bantu : Timbangan digital kurang dari 1gram

Sebagai langkah awal material biokomposit dipotong kecil – kecil dan ditimbang menggunakan timbangan digital untuk mendapatkan berat 2 mg. Berat ini didapat dari SOP Penelitian dari *Center for Development of advance Science and Technology (CDAST)* Universitas Jember. Timbangan digital yang digunakan dapat dilihat pada gambar 4.7



Gambar 4.7 Timbangan digital material biokomposit

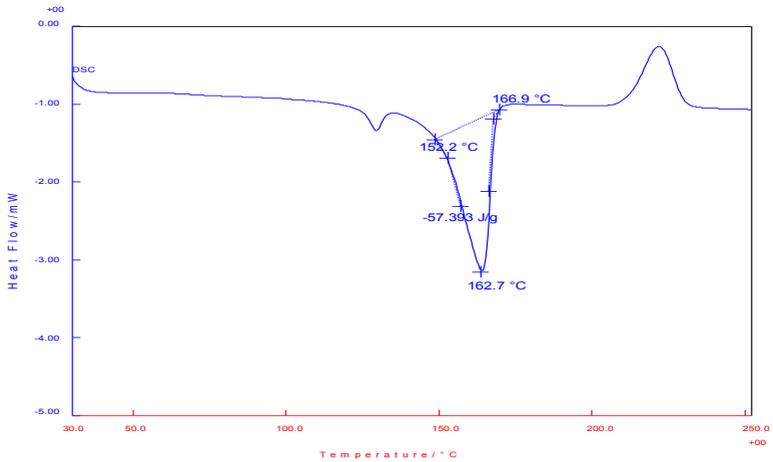
Sebelum di uji DSC , material biokomposit potong untuk mendapatkan berat yang lebih ringan . Selanjutnya crucible lebih dulu dimasukkan dalam timbangan dan dikalibrasi. Setelah selesai dikalibrasi maka sample diletakkan dalam crucible lalu dapat diliat berapa berat sample yang akan ditimbang. Pada-penelitian ini berat yang dibutuhkan dari 2-3mg. Setelah didapat berat maka dikeluarkan dan dilanjutkan diukur menggunakan DSC seperti pada gambar 4.8



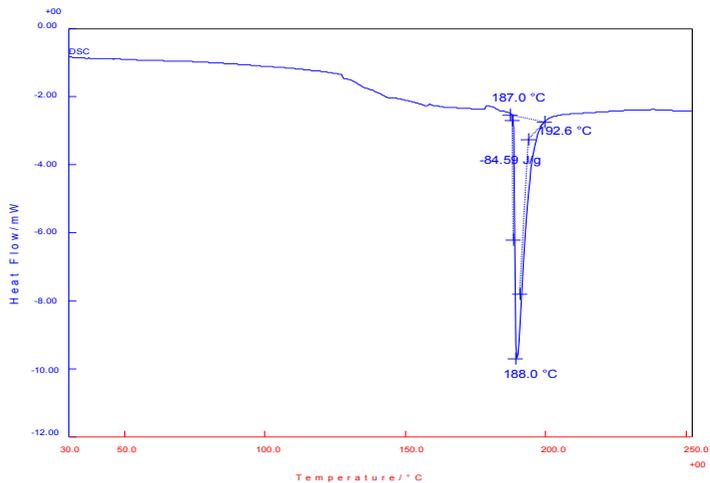
Gambar 4.8 Mesin DSC Thermoplus EvoRigaku

4.3.1.2 Analisa Hasil Pengukuran Temperatur Leleh

Setiap material plastic atay polimer tentunya memiliki karakteristik termal yang berbeda seperti temperatur leleh. Polypropylene dan sekam padi juga diukur tenperatur leleh sebelum melakukan pengujian terhadap biokomposit.

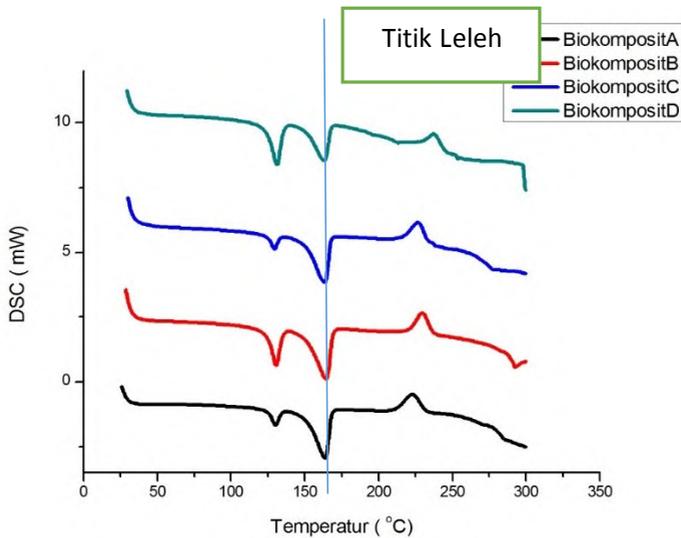


Gambar 4.9 Hasil Pengukuran Temperatur leleh pada *Polypropylene*



Gambar 4.10 Hasil Pengukuran Temperatur leleh pada Sekam Padi.

Pada gambar 4.9 menunjukkan hasil pengukuran temperatur menggunakan DSC pada *polypropylene*. Dari hasil tersebut diketahui temperatur leleh sekam padi adalah 162,7°C. Sedangkan pada gambar 4.10 menunjukkan hasil pengukuran temperatur leleh pada sekam padi yaitu 188,0 °C. Selanjutnya pengukuran dilakukan pada semua komposisi material alternative yang terbagi 4 katagori, biokomposit A, biokomposit B, biokomposit C dan specimen D. Dari pengukuran tersebut dapat diketahui sifat thermal masing-masing biokomposit, seperti terlihat pada gambar 4.11.



Gambar 4.11 Grafik Hasil Pengukuran DSC material biokomposit

Gambar 4.11 menunjukkan grafik hasil pengukuran DSC material biokomposit. Mekanisme pengukuran temperatur leleh dengan menggunakan DSC yaitu dengan mengidentifikasi temperature puncak endoterm atau eksoterm pada perubahan fase dari solid menuju *liquid*. Pada grafik diatas dapat dilihat, bahwa

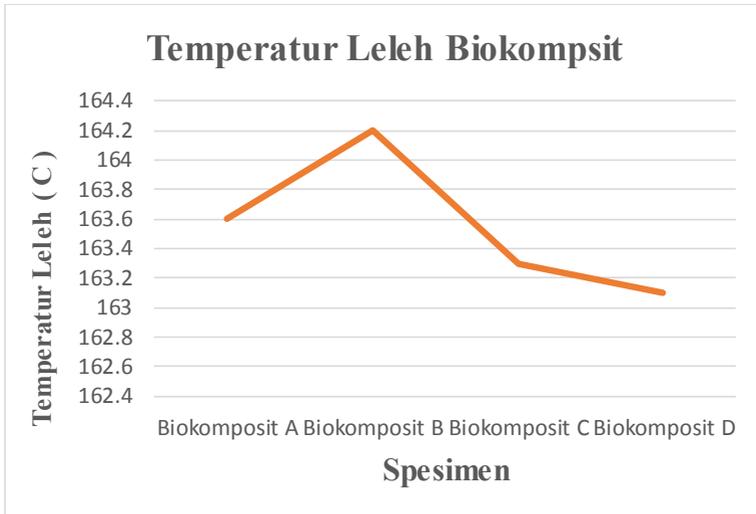
terdapat bentuk lembah curam yang disebut dengan puncak endotermik. Terlihat pula pada gambar diatas bahwa terdapat sebuah lembah sebelum terjadinya temperatur leleh. Dari hasil analisa kami berdasarkan hasil DSC *polypropylene* dan Sekam Padi pada gambar 4.9 dan 4.10 . Terlihat bahwa hasil DSC sekam padi tidak terjadi penurunan ataupun penyerapan energi yang signifikan dari lingkungan pada suhu 120 – 140. Sedangkan pada *polypropylene* terdapat persamaan dengan hasil biokomposit sebelum terjadinya temperatur leleh. Sehingga dapat jelaskan bahwa analisa termal pada hasil DSC biokomposit pada lembah pertama adalah Tg dari *polypropylene*. Hasil pengukuran temperatur leleh dari masing-masing biokomposit dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Temperatur Leleh biokomposit

Lembar Pengukuran Temperatur Biokomposit		
No	Biokomposit	Temperatur leleh (°C)
1	A	163,6°C
2	B	164,2°C
3	C	163,3°C
4	D	163,1°C

Sumber : Hasil olahan pengukuran temperature leleh

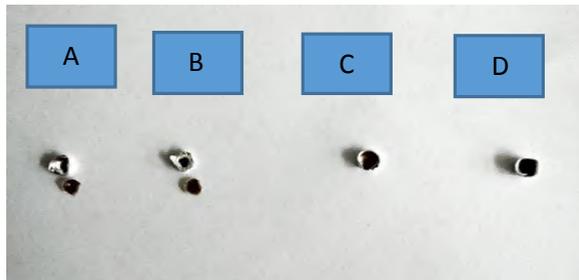
Seperti yang dideskripsikan pada tabel 4.2 diatas dapat diketahui, bahwa nilai 163°C menunjukkan temperatur leleh pada biokomposit A, biokomposit B memiliki temperatur leleh 164,2°C, biokomposit C memiliki temperatur leleh 163,3°C dan biokomposit D memiliki temperatur leleh 163,1° C. Untuk trendline grafik temperatur leleh dapat dilihat pada gambar 4.12.



Gambar 4.12 Grafik hasil temperature leleh masing – masing biokomposit

Dari grafik hasil temperature leleh pada gambar 4.10, diketahui bahwa setiap material biokomposit dalam satu variasi mempunyai temperature leleh yang berbeda – beda. Material biokomposit PP/5%MAPP/5%RH memiliki temperature leleh 163,6°C, terjadi kenaikan pada material biokomposit PP/5%MAPP/10%RH dengan temperature leleh 164,2°C, selanjutnya terjadi penurunan temperatur material biokomposit dengan PP/5%MAPP/15%RH dengan temperature leleh 163,3°C dan material biokomposit dengan Biokomposit PP/ 5%MAPP / 20% RH memiliki temperature leleh 163,1°C. Secara umum terjadi kenaikan di awal dan penurunan pada biokomposit C dan D . Perbedaan temperatur leleh tersebut dipengaruhi ketebalan struktur kristal dan distribusinya di dalam specimen. Data temperatur dari specimen terlihat tidak proporsional dengan kadar sekam padi didalamnya, hal ini menunjukkan bahwa hasil pengukuran pada pellet juga bergantung pada penyebaran sekam padi didalamnya.

Selain itu, pelet terbaik untuk pengaplikasian di industri dapat dinilai dari *melting point* tertinggi. Dengan tingginya *melting point* tersebut didapat pelet terbaik adalah Biokomposit B.



Gambar 4.13 Sample hasil pengukuran tempeter leleh

Secara visual hasil ekstrusi biokomposit dapat juga diketahui dengan pengamatan langsung pada crucible. Pada gambar 4.11 sample yang awalnya berupa potongan potongan dalam jumlah lebih dari 2 setelah dimasukkan pada alat DSC keluarannya menjadi satu kesatuan yang menunjukkan bahwa potongan tersebut semua meleleh dan menjadi satu. Gambar A , gambar B dan gambar C terlihat secara visual bahwa specimen berubah dari warna awalnya. Pada specimen hasil DSC terdapat bintik – bintik hitam yang mengindikasikan sekam padi. Gambar D adalah hasil uji yang paling berbeda , terlihat bahwa pada biokomposit D bahan uji setelah didinginkan berubah menjadi warna hitam keseluruhan.

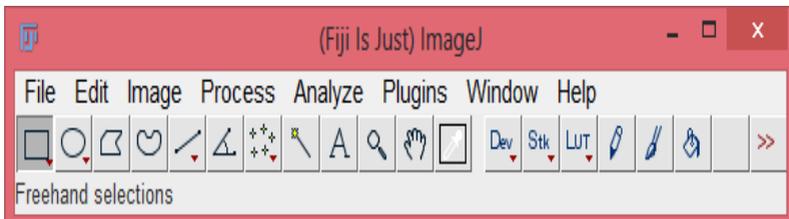
Dari hasil uraian diatas temperatur leleh akan digunakan dalam proses penelitian selanjutnya. Pada penelitian lanjutan tersebut temperatur leleh digunakan sebagai input pada mesin *Injection molding*.

4.3.2 Pemeriksaan Struktur Biokomposit

Pemeriksaan struktur biokompisit dilakukan setelah proses ekstrusi menggunakan Mikroskop. Pemeriksaan ini menggunakan

mikroskop yang ada di Laboratorium Metalurgi Teknik Mesin FTI-ITS. Hasil yang didapat dari pemeriksaan ini akan dicatat hasil pengujiannya dan selanjutnya akan di analisa sebagai bahan refrensi untuk penelitian selanjutnya. Analisa yang akan dilakukan dalam pengelolaan data ini adalah mengetahui struktur permukaan pada perbesaran 40x. Hasil perbesaran tersebut dapat ditentukan biokomposit mana yang menimbulkan *voids* antara partikel dan matrik polimer. Sehingga dapat dijadikan pembanding untuk penelitian selanjutnya yang akan disusun dalam bentuk tabel serta paragraf sebagai penjelasnya. Untuk mengetahui jumlah *void* digunakan software imageJ yang akan dibandingkan dengan luas keseluruhan. Adapun langkah – langkah menggunakannya antara lain :

1. Siapkan hasil pengamatan yang akan dihitung persentase *voids*



Gambar 4.14 Tampilan Software ImageJ

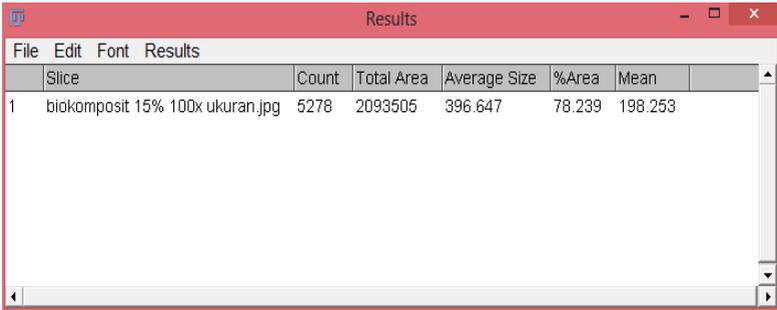
2. Pilih File lalu klik open dan pilih file gambar yang diinginkan
3. Drag gambar yang akan dihitung dan crop,
4. Setelah itu Pilih Image lalu pilih submenu Adjust dan klik Thresold



Gambar 4.15 Tampilan Setting Threshold Color

5. Atur *brightness* untuk mendapatkan proporsi yang pas terhadap *void*.
6. Setelah mengatur *threshold color*, tampilan jangan ditutup terlebih dahulu. Pilih *analyze* dan klik *analyze particles*.

7. Setelah itu didapatkan hasil seperti dibawah ini , untuk persentase *voids* terdapat pada kolom %Area.

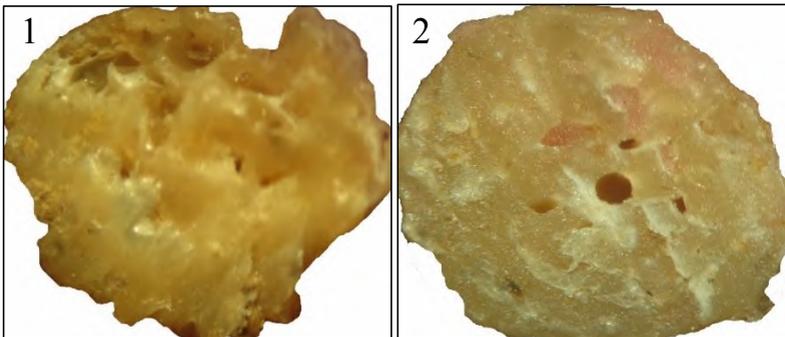


The screenshot shows the 'Results' window in ImageJ. The window title is 'Results'. The menu bar includes 'File', 'Edit', 'Font', and 'Results'. The table below contains the analysis results:

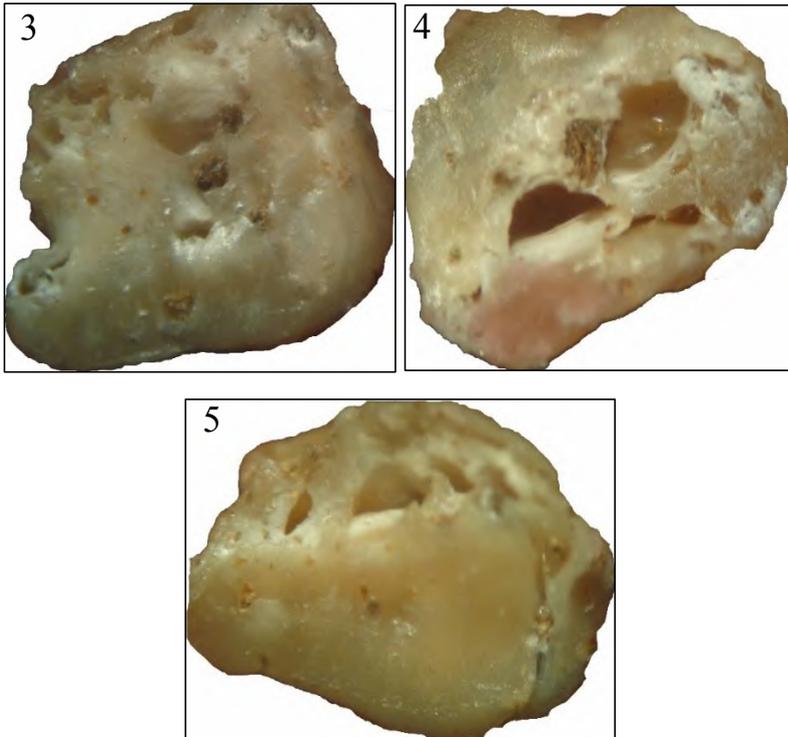
	Slice	Count	Total Area	Average Size	%Area	Mean
1	biokomposit 15% 100x ukuran.jpg	5278	2093505	396.647	78.239	198.253

Gambar 4.16 Tampilan hasil perhitungan dari software ImageJ

Pemeriksaan Struktur permukaan pada biokomposit A dilakukan dengan 2 kali perbesaran yaitu 40x menggunakan Mikroskop di Lab Matalurgi Teknik Mesin FTI-ITS.



Gambar 4.17 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit A dengan perbesaran 40x



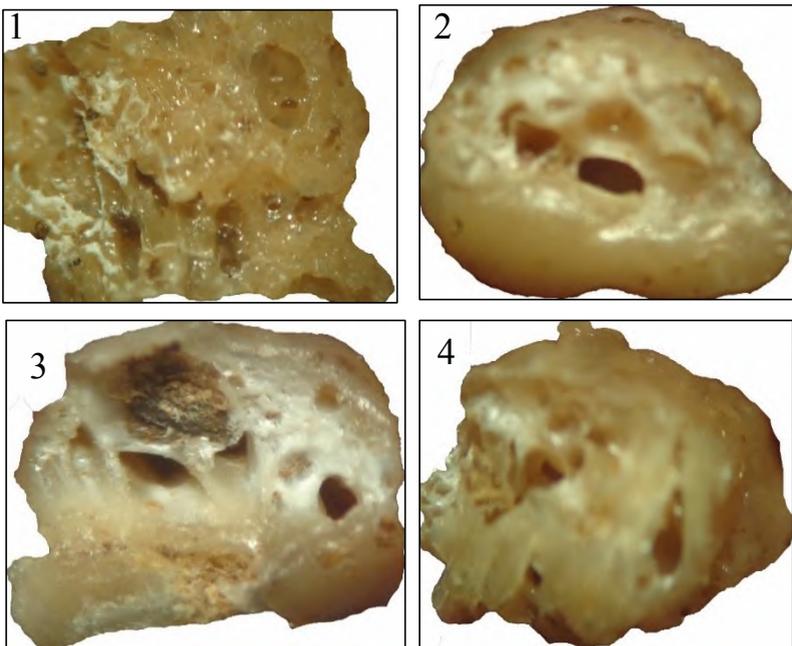
Gambar 4.17 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit A dengan perbesaran 40x (Selesai)

Pengamatan terhadap biokomposit A ditunjukkan pada gambar 4.17. Pada gambar 4.17 terdapat 5 permukaan pelet sebagai sampel perhitungan jumlah *voids*. Secara visual permukaan pelet dari biokomposit tersebut terdapat *void* dengan jumlah yang berbeda dan masih belum begitu besar. Ukuran *voids* pada sample tersebut terdapat pada tabel 4.3 berikut.

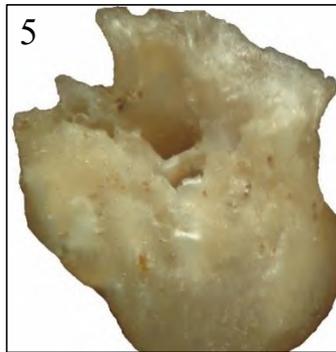
Tabel 4.3 Persen *void* pada pelet biokomposit A

Spesimen Pelet	Persen <i>Void</i> (%)	Rata – Rata (%)
1	4,589	7.215
2	3,452	
3	11,470	
4	7.049	
5	9.515	

Dari perhitungan menggunakan imageJ diatas terlihat bahwa distribusi *voids* kurang merata dalam satu komposisi. Untuk persen *voids* pada pelet biokomposit A rata – ratanya adalah 7.215 %.



Gambar 4.18 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit B dengan perbesaran 40x



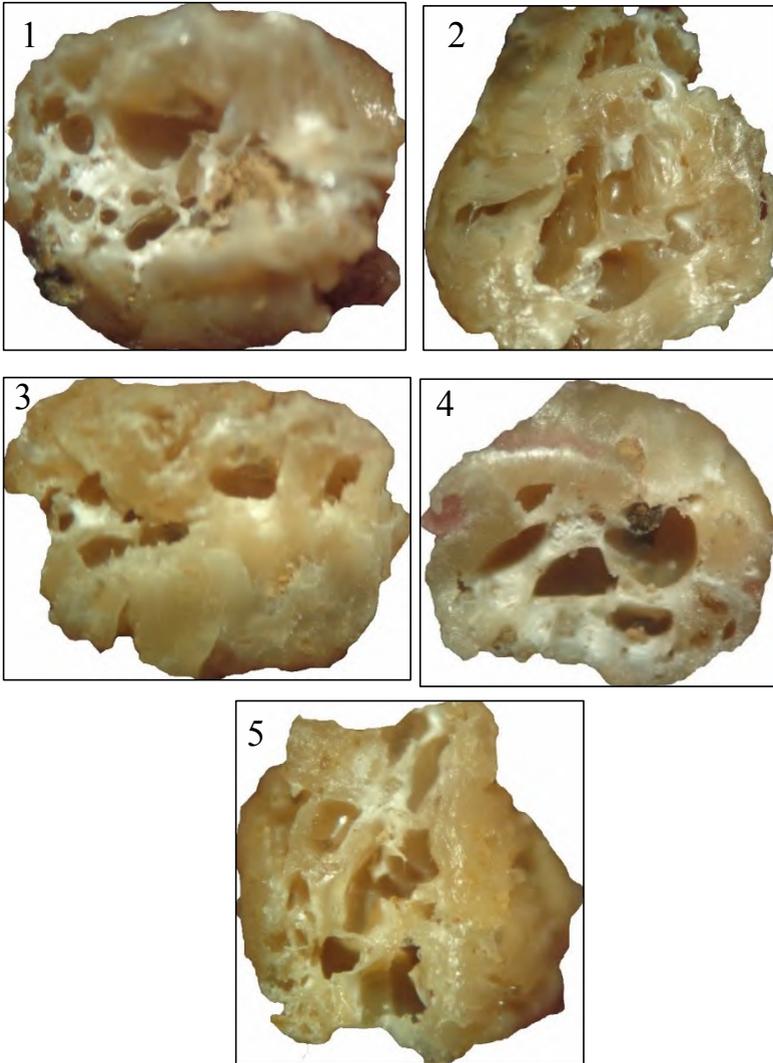
Gambar 4.18 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit B dengan perbesaran 40x (Selesai)

Pengamatan terhadap biokomposit B ditunjukkan pada gambar 4.18. Pada gambar 4.18 juga terdapat 5 permukaan pelet sebagai sampel perhitungan jumlah *voids*. Secara visual permukaan pelet dari biokomposit tersebut terdapat *void* dengan jumlah yang berbeda .Ukuran *voids* pada sample tersebut terdapat pada tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Persen *void* pada pelet biokomposit B

Spesimen Pelet	Persen <i>Void</i> (%)	Rata – Rata (%)
1	18,276	14.279
2	9,070	
3	10,443	
4	6,408	
5	27.198	

Dari perhitungan menggunakan imageJ diatas terlihat bahwa distribusi *voids* lebih banyak dari pada biokomposit A. Untuk persen *voids* pada pelet biokomposit B rata – ratanya adalah 14.279 %.



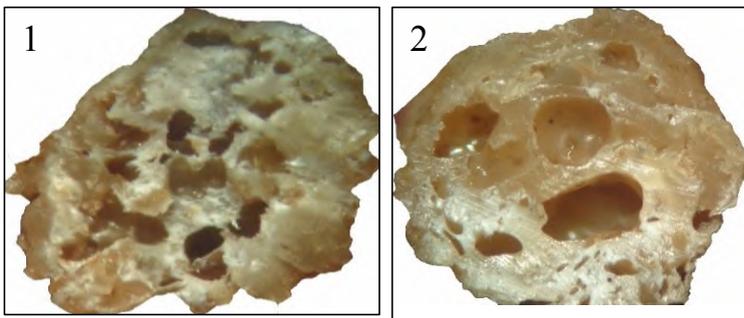
Gambar 4.19 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit C dengan perbesaran 40x

Pengamatan terhadap biokomposit C ditunjukkan pada gambar 4.19. Pada gambar 4.19 juga terdapat 5 permukaan pelet sebagai sampel perhitungan jumlah *voids*. Secara visual permukaan pelet dari biokomposit tersebut terdapat *void* dengan ukuran yang berbeda seperti biokomposit A dan B .Ukuran *voids* pada sample tersebut terdapat pada tabel 4.5 berikut.

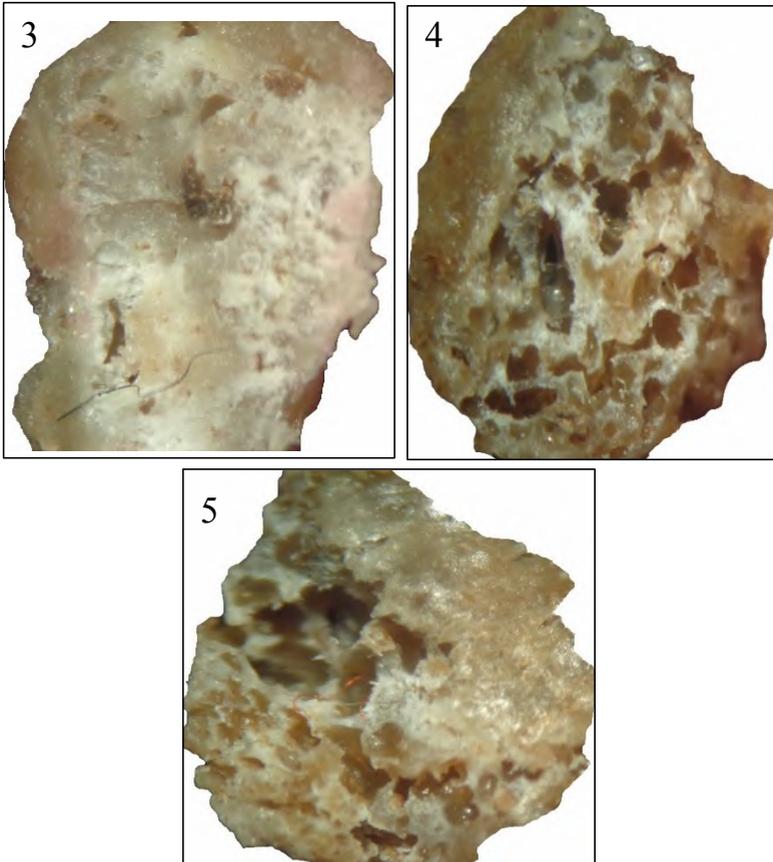
Tabel 4.5 Persen *void* pada pelet biokomposit C

Spesimen Pelet	Persen <i>Void</i> (%)	Rata – Rata (%)
1	16,890	18.205
2	16,058	
3	11,733	
4	18.945	
5	27.399	

Dari perhitungan menggunakan imageJ diatas terlihat bahwa distribusi *voids* lebih banyak dari pada biokomposit A dan B. Untuk persen *voids* pada pelet biokomposit C rata – ratanya adalah 18.205 %.



Gambar 4.20 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit D dengan perbesaran 40x



Gambar 4.20 Hasil pengamatan Mikroskop permukaan Biokomposit D dengan perbesaran 40x

Pengamatan terhadap biokomposit D ditunjukkan pada gambar 4.20. Pada gambar 4.20 juga terdapat 5 permukaan pelet sebagai sampel perhitungan jumlah *voids*. Secara visual permukaan pelet dari biokomposit tersebut terdapat *void* dengan ukuran yang berbeda seperti biokomposit yang lain. Ukuran *voids* pada sample tersebut terdapat pada tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.6 Persen *voids* pada pelet biokomposit D

Spesimen Pelet	Persen <i>Void</i> (%)	Rata – Rata (%)
1	21,130	26.569
2	33,037	
3	18,314	
4	31.281	
5	29.084	

Dari perhitungan menggunakan imageJ diatas terlihat bahwa distribusi *voids* lebih banyak dari pada biokomposit lainnya. Untuk persen *voids* pada pelet biokomposit D rata – ratanya adalah 26.569 %.

Tabel 4.7 Persen *voids* dari seluruh variasi biokomposit

Spesimen Pelet	Persen <i>Void</i> (%)
A	7.215
B	14.279
C	18.205
D	26.569

Sumber :hasil pengamatan menggunakan software ImageJ

Tabel 4.7 menginformasikan mengenai persen *void* hasil pemeriksaan mikroskop pada pelet biokomposit. Persentase *void* yang terjadi diamati melalui gambar hasil. Berdasarkan hasil pemeriksaan melalui software imageJ diperoleh data bahwa persen *void* berbeda – beda. Permulaan pada spesimen A *void* mencapai rata - rata = 7.215 %, sedangkan spesimen pelet B persen *void* bertambah, yaitu 14.279 % ,kemudian naik menjadi persen *void* terbanyak terdapat spesimen C 18.205%. Dan turun saat spensimen D 26.569%.

Void dapat terjadi pada penelitian ini disebabkan karena beberapa penyebab. Dari bentuk pelet PP dan MAPP yang

digunakan berbentuk bulat. Sedangkan bentuk dari sekam padi adalah bubuk. Saat seluruh bahan dimasukkan dalam hopper dan melewati melting zone, terjadi pemampatan pelet akibat tekanan. Pada kondisi ini pula *void* muncul akibat kompaksi. Kompaksi (teori peadatan) adalah proses dimana spesimen didesak untuk menjadi lebih berdekatan satu sama lain melalui pengurangan rongga udara dengan di gilas atau metode mekanik lainnya (Pusat Litbang Pengairan, Badan Litbang PU, 2000: hal 4). Proses kompaksi disertai pemanasan pada penelitian ini menyebabkan terjadinya proses sinter. Proses sinter adalah menyatunya permukaan partikel akibat proses pemanasan. Menyatunya permukaan pellet PP satu dengan PP atau MAPP lainnya juga menyisakan ruang didalam penyatuan tersebut. Saat semua bahan mulai leleh *void* seharusnya dapat terangkat keatas. Tetapi udara sulit terangkat karena materialn yang leleh sangat kenal. Oleh karena itu terdapat *void* pada pelet yang dihasilkan.

Manfaat dari proses perhitungan *void* diatas adalah peneliti dapat mengetahui pelet paling baik untuk digunakan. Beberapa dampak yang dapat terjadi dengan adanya *void* antara lain :

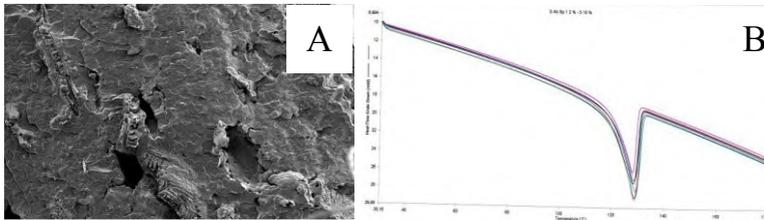
1. Spesimen tersebut diberi gaya makan pusat tegangan dapat berganti di area *void*.
2. Densitas dan kekerasan pelet menurun

Oleh karena itu semakin banyak *void* , semakin tidak baik untuk spesimen pelet. Ketika dihubungkan dengan bertambahnya sekam padi dari hasil penelitian ini pula dapat diketahui bahwa semakin banyak sekam padi yang digunakan maka mengakibatkan banyak *voids* meski tidak beraturan.

4.4 Analisis Hasil Penelitian .

Ada beberapa penelitian yang menjadi pembanding dalam laporan tugas akhir ini. Pertama adalah penelitian dari Simone Maria dkk (tahun 2009). Dalam penelitian ini simone maria mengambil topik tentang penelitian untuk sifat campuran RH, PP dan MAPP serta pengaruhnya. Komposisi yang digunakan pada

penelitian ini adalah PP-0%MAPP-0%RH, PP-0%MAPP-10%RH, PP-1.8%MAPP-10%RH, PP-0%MAPP-20%RH, PP-1.6%MAPP-20%RH, PP-0%MAPP-30%RH, PP-1.4%MAPP-30%RH, PP-0%MAPP-40%RH, PP-1.2%MAPP-40%RH. Variasi komposisi tersebut didapatkan bahwa penambahan sekam padi dan MAPP berpengaruh pada sifat mekanik (tensile strength, modulus young, elongation at break water absorption) serta densitas dari material. Ditinjau dari akumulasi hasil pengujian maka didapat komposisi terbaik pada penambahan sekam padi 10%. Sedangkan untuk struktur pada gambar 4.16 A adalah komposisi 20% sekam padi dengan *voids* sebesar 15,025%. Kedua merupakan penelitian dari Marlina Ginting (tahun 2015), penelitian ini mengambil topic tentang Analisis termal komposit dengan bahan pengisi partikel sekam padi. Komposisi yang digunakan yaitu PE-MA-2%RH, PE-MA-4%RH, PE-MA-6%RH, PE-MA-8%RH, PE-MA-10%RH. Hasil penelitian ini diperoleh data bahwa temperatur leleh berturut turut dari komposisi sekam padi 2%-10% yaitu 128,73°C, 128,85°C, 129,15°C, 128,05°C dan 128,43°C. Terlihat bahwa terjadi perbedaan melting point yang cukup signifikan dengan penambahan komposisi sekam padi. Temperatur leleh tertinggi terdapat pada komposisi 6% seka padi. Sedangkan pada penelitian yang kami lakukan, dengan komposisi yang telah disebutkan di bagian depan pembahasan BAB 4 bahwa penambahan sekam pada komposisi biokomposit juga berpengaruh pada melting point. Dimana temperatur leleh tertinggi terdapat biokomposit B yaitu 164,2 °C. sedangkan jika ditinjau dari kualitas pelet maka pelet biokomposit A adalah yang terbaik. Dengan *void* paling sedikit dari pada biokomposit lainnya. *voids* yang lebih sedikit dapat menunjang sifat mekanis dari material lebih baik.



Gambar 4.21. Hasil Penelitian a) SEM dari Simone Maria dkk b) DSC dari Marlina Ginting

Penelitian ini akan dilanjutkan pada penelitian selanjutnya untuk mengolah pelet yang telah dihasilkan. Pengolahan tersebut untuk membuat specimen uji Tarik dan impact dari mesin Injection molding. Pada penelitian lanjutan ini pula akan dilakukan pengecekan menggunakan SEM juga. Serta pengaruh dari *voids* yang ada pada pelet terhadap hasil specimen tersebut. Adapun penelitian lain yang menjadi referensi adalah penelitian dari Jordan M. Ellingson dari *Brigham Young University* pada tahun 2013 yang meneliti tentang hubungan antara kadar air, *voids* pada thermoplastic starch (TPS) terhadap hasil proses *injection molding* serta sifat mekanik dari material. Adapun metodologi yang digunakan dalam penelitian tersebut yaitu dimulai dengan mempersiapkan material (high density polyethylene / HDPE dan polypropylene), selanjutnya masing – masing material di ukur kadar *moisture* menggunakan Torbal™ ATS 120. Selanjutnya material di proses injeksi menggunakan mesin BOY 50M. Ada 3 pengujian setelah didapatkan specimen dari mesin injeksi antara lain Pertama. Menggunakan mikroskop Keyence VHX 500 digital untuk mengamati *scross-sectional* dari specimen. Kedua mengukur kekuatan Tarik menggunakan mesin Instron 4204 sesuai standart ASTM D 638-0. Ketiga, material di tes uji *impact* sesuai standart ASTM Standard D 5628. Hasil dari penelitian tersebut antara lain campuran TPS/HDPE terjadi penambahan *voids percent* bertambah 300-350%, *unblended* TPS bertambah 150% , hasil impact strength menurun 1 %. Pada

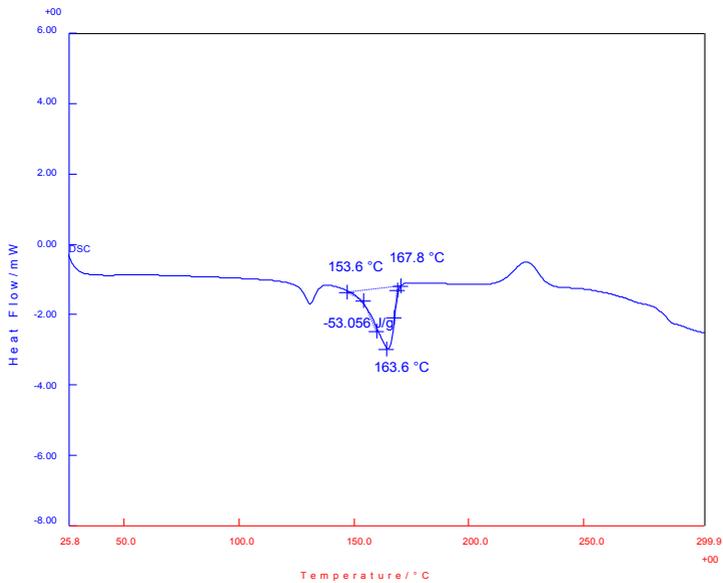
campuran TPS/HDPE dan TPS/PP tidak terlihat efek yang signifikan yang disebabkan oleh moisture percent untuk *impact strength*. Sedangkan pada TPS/PP untuk *tensile strength* sangat berpengaruh, dimana perubahannya *moisture* bertambah mencapai 34%. Kesimpulan yang adapat diambil dari penelitian diatas adalah tingkat kadar air dari TPS memiliki pengaruh yang cukup besar pada jumlah *void* dalam hasil pelelehan proses injeksi, *voids* dalam bagian proses injeksi dibentuk berhubungan dengan jumlah dari yang dicairkan dan tingkat kadar air TPS memiliki efek pada pengujian *Tensile* dan *Impact* pada sample hasil injection molding.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 1

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit A

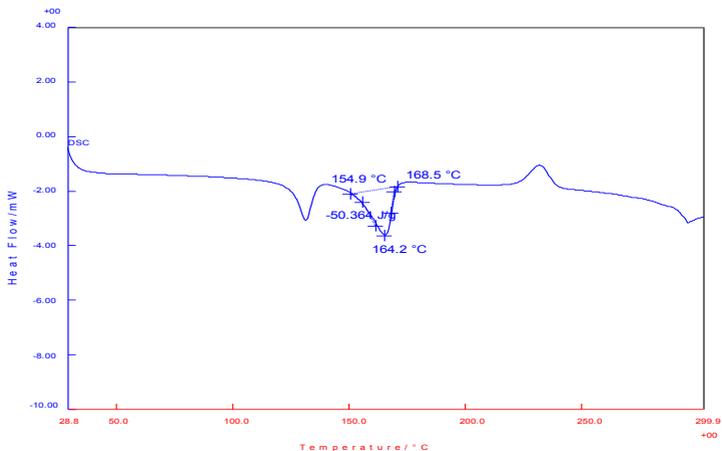
NickName: DSC- Atmosphere: Static Air
JT030806
Model: Rate: 10.0°C/min
Sample: Biokomposit Sampling: 1.0 s
5%
Weight: Operator:
2.000mg
Reference: Gliserol Record: 2016/06/07
09:58:53
Sample Pan: Al Print Out: 2016/06/07
10:01:34
Directory: C:\TpEvo\Data
Meas File: biokomposit 5%.MES
Comments1:



Lampiran 2

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit B

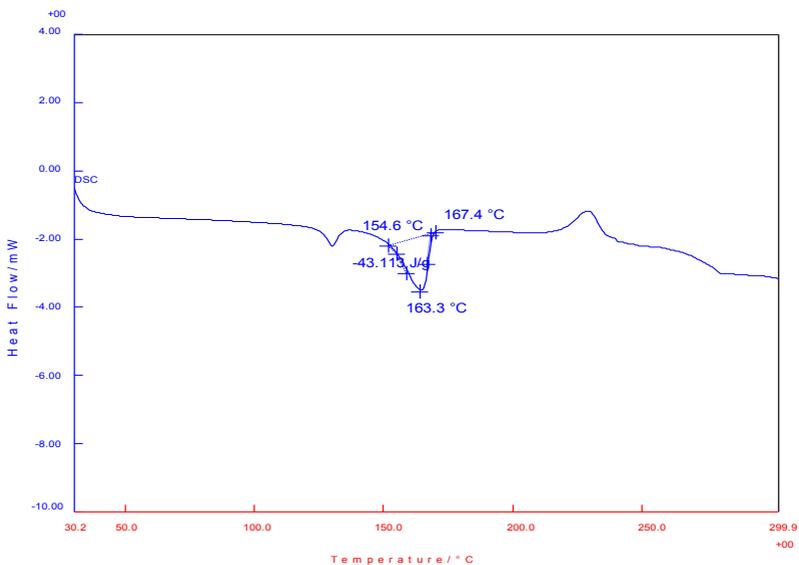
NickName:	DSC-JT030806	Atmosphere:	Static Air
Model:		Rate:	10.0°C/min
Sample:	Biokomposit 10%	Sampling:	1.0 s
Weight:	2.000mg	Operator:	
Reference:	Gliserol	Record:	2016/06/07
:			13:38:06
Sample:	Al	Print:	2016/06/07
Pan:		Out:	14:31:08
Directory:	C:\TpEvo\Data		
:			
Meas File:	biokomposit 10% (2).MES		
Comments1:			
:			
Comments2:			
:			



Lampiran 3

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit C

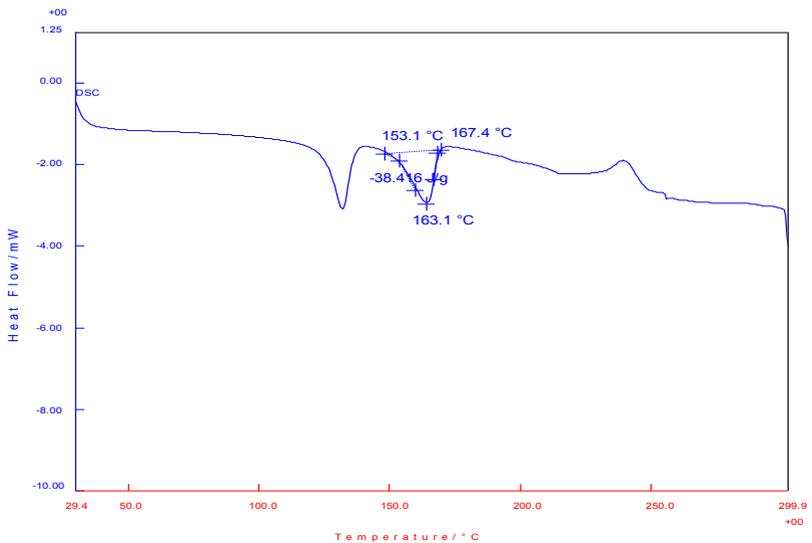
NickName:	DSC- JT030806	Atmosphere:	Static Air
Model:		Rate:	10.0°C/min
Sample:	Biokomposit 15%	Sampling:	1.0 s
Weight:	2.000mg	Operator:	
Reference:	Gliserol	Record:	2016/06/07 15:28:29
Sample Pan:	Al	Print Out:	2016/06/07 16:03:55
Directory:	C:\TpEvo\Data		
Meas File:	biokomposit 15%.MES		
Comments1:			
Comments2:			



Lampiran 4

Hasil pengujian DSC pada Biokomposit D

NickName: DSC- Atmosphere: Static Air
JT030806
Model: Rate: 10.0°C/min
Sample: Biokomposit Sampling: 1.0 s
20%
Weight: 2.000mg Operator:
Reference: Gliserol Record: 2016/06/07
17:28:36
Sample Pan: Al Print Out: 2016/06/07
17:32:34
Directory: C:\TpEvo\Data
Meas File: biokomposit 20%.MES
Comments1:
Comments2:



KESIMPULAN

Berdasarkan hasil eksperimen dan pengamatan serta analisa yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil tes DSC (Differential Scanning Calorimetry) dapat diketahui sifat termal pada temperatur leleh material sebagai berikut

Hasil Pengukuran Temperatur Biokomposit		
No	Biokomposit	Temperatur leleh (°C)
1	A	163,6°C
2	B	164,2°C
3	C	163,3°C
4	D	163,1°C

2. Pemeriksaan terhadap struktur permukaan dilakukan dalam perbesaran yaitu pada 100x menggunakan mikroskop Olympus BX60M di Lab Metalurgi Teknik Mesin FTI-ITS dengan hasil sebagai berikut
 - Perbesaran 100x kali Biokomposit A terlihat bahwa terdapat persentase *void* =7.215%
 - Perbesaran 100x kali Biokomposit B terlihat bahwa terdapat persentase *void* =14.279%
 - Perbesaran 100x kali Biokomposit C terlihat bahwa terdapat persentase *void* =18.205%
 - Perbesaran 100x kali Biokomposit D terlihat bahwa terdapat persentase *void* =26.569%

Penambahan 5% sampai 20% sekam padi pada komposisi sangat berpengaruh terhadap warna pellet yang dihasilkan. Warna pellet yang dihasilkan cenderung lebih gelap seiring dengan penambahan sekam padi dalam campurannya. Dari hasil diatas dapat diketahui bahwa

kualitas pellet baik apabila ditinjau dari jumlah *void* paling sedikit maka terdapat pada pelet biokomposit A yaitu dengan komposisi 90% polypropylene, 5% Maleic Anhydrite PP dan 5 % sekam padi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Maria, Simone. 2009. *Studies on the Properties of Rice-Husk-Filled-PP Composites – Effect of Maleated PP*. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brazil.
2. Stevens, C. A. 1987, *Starch gelatinization and the influence of particle size, steam pressure and die speed on the pelleting process*. Ph.D.Dissertation. Kansas State University, Manhattan, KS.
3. Behnke, K.C. 1994. *Factors Affecting Pellet Quality*. Maryland Nutrition Conference, Department of Poultry Science and Animal Science, University of Maryland.
4. Syamsul Hadi. 1995. *Teknologi Bahan 3*. Pusat Pengembangan Pendidikan Politeknik. Jakarta.
5. Pujaningsih, R. I. 2005. *Teknologi fermentasi dan peningkatan kualitas bahan Laboratorium Teknologi Makanan Ternak*. Fakultas Peternakan. Universitas Diponegoro. Semarang.
6. Briggs, J.L. D.E. Maier, B.A. Watkins, dan K.C. Behnke. 1999. Effect of ingredients and processing parameters on pellet quality.
7. Haryadi, (2006) “Teknologi Pengolahan Beras”, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
8. Indonesia, *Ini Pentingnya Industri Plastik dalam Negeri*. Publikasi, 09 Juli 2015. Tersedia pada URL : <http://www.republika.co.id/berita/ekonomi/makro/15/07/09/nr85w0-ini-pentingnya-industri-plastik-dalam-negeri> Diakses pada tanggal 5 April 2016.
9. Thailand. *PP Color pellet*. Publikasi. 2 November 2015. Tersedia pada URL :<http://www.recyclepppellet.com/PP+Color+Pellet+Recycle+PP+Pellet+55628.html>. Diakses pada 25 Februari 2016.
10. Srebrnkoska, dkk. 2000 . *Comparison Of The Conventional Molding Techniques For Preparation Of Polymer Eco-Composites*. Goce Delčev University. Yunani

11. Smallman dkk. 1995. *Metode Fisika Modern dan rekayasa material*. Erlangga, Jakarta.
12. Ginting, Marlina. 2015. *Analisa Termal dan Struktur Nano Komposit dengan bahan pengisi Nano partikel abu sekam adi*. Universitas Negeri Medan. Medan.

BIODATA PENULIS



Mutafawwiqin Rizqoni Ardiansyah lahir di Kabupaten Bangkalan, 7 April 1995. Putra Pertama dari pasangan Drs. Muhammad Heru Aliansyah S.Th.I dan Dra. St. Yatimah Djamaliyah Rachman. Penulis Menyelesaikan pendidikan formal di TK ABA 01 Bangkalan, SDN Kraton 2 Bangkalan, SMPN 1 Bangkalan dan SMAN Negeri 1 Bangkalan pada tahun 2012. Selepas tersebut penulis melanjutkan studi di S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut

Teknologi Sepuluh Nopember.

Selama menempuh pendidikan di ITS penulis mengambil konsentrasi bidang studi Manufaktur dan menjadi anggota serta Koordinator Lab Perancangan dan Pengembangan Produk. Selama kuliah penulis berusaha menjadi Aktivistik baik di dalam kelas maupun di luar kelas. Di luar kelas penulis aktif berorganisasi ditingkat kampus mulai dari Himpunan Mahasiswa Mesin sampai menjadi Sarjana LKMM dengan menyelesaikan LKMM TL. Serta untuk di tingkat Nasional aktif pada Forum Indonesia Muda (angkatan 17) serta untuk kegiatias sosial penulis juga pernah menjadi Peserta dan ketua tim Ekspedisi Nusantara 2015 untuk mengabdikan di Pulau terluar dan terpencil Indonesia yaitu di Pulau Karamiyon. Di dalam kelas atau di bidang akademik penulis pernah menjadi Finalis Lomba Nasional Rancang Bangun Mesin 2014 serta menjadi Delegasi Indonesia pada *The 2016 Korea Government Invitation Program for GKS-ASEAN Countries Science and Engineering Students*. Adapun motto hidup penulis ada “ *Do the best, be good, then you will be the Winner, 화이팅 hwaiting!*. “