



Tugas Akhir - TL141584

STUDI PENGARUH VARIASI KOMPOSISI BINDER SAMPAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* (PP) DAN *HIGH-DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERBUK AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL

AMMAR AL FARUQI

025 1 15 40000 132

Dosen Pembimbing

Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D

Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc

PROGRAM STUDI SARJANA I

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



TUGAS AKHIR – TL 141584

STUDI PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *BINDER* SAMPAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* (PP) DAN *HIGH-DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP SIFAT FISIS DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT SERBUK AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI PAPAN PARTIKEL

Ammar Al Faruqi
NRP. 02511540000132

Dosen Pembimbing

Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL 141584

RESEARCH OF THE EFFECT IN VARIATION OF PLASTIC WASTE COMPOSITION OF POLYPROPYLENE (PP) AND HIGH-DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) ON THE PHYSICAL PROPERTIES AND MECHANICAL PROPERTIES OF BAGASSE POWDER REINFORCED COMPOSITES FOR PARTICLE BOARD APPLICATIONS

Ammar Al Faruqi
NRP. 02511540000132

Advisor

Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF MATERIAL ENGINEERING
FACULTIES OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019

(This Page is Intentionally Blanked)

**STUDI PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *BINDER*
SAMPAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* (PP) DAN *HIGH-DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP SIFAT
FISIS DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT
SERBUK AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI PAPAN
PARTIKEL**

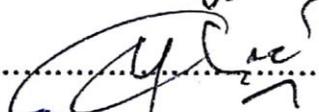
TUGAS AKHIR

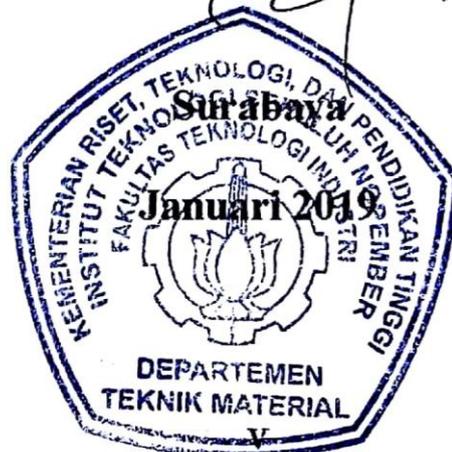
Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Sarjana Teknik
Pada
Bidang Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:
AMMAR AL FARUQI
NRP 02511540000132

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir

Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D..........(Pembimbing I)

Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc..........(Pembimbing II)



**STUDI PENGARUH VARIASI KOMPOSISI *BINDER*
SAMPAH PLASTIK *POLYPROPYLENE* (PP) DAN *HIGH-DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE) TERHADAP SIFAT
FISIS DAN SIFAT MEKANIK KOMPOSIT BERPENGUAT
SERBUK AMPAS TEBU UNTUK APLIKASI PAPAN
PARTIKEL**

Nama : AMMAR AL FARUQI
NRP : 02511540000132
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc

ABSTRAK

HDPE (*High Density Poliethylene*) dan PP (*Polypropylene*) merupakan jenis sampah plastik yang paling banyak ditemui di perkotaan. Berbagai penelitian telah dilakukan untuk menangani permasalahan sampah tersebut, seperti pembuatan aspal dan struktur bangunan, akan tetapi penelitian tersebut belum mampu mengatasi permasalahan sampah yang ada. Pada penelitian ini dibuat komposit dengan memanfaatkan limbah HDPE, PP, dan serbuk ampas tebu untuk diaplikasikan sebagai material papan partikel ramah lingkungan, agar masalah limbah plastik di Indonesia dapat terselesaikan. Pengujian yang akan dilakukan meliputi uji SEM, uji FTIR, uji kekerasan, uji densitas, uji absorpsi air, uji bending, dan uji tensile. Dari hasil penelitian diketahui bahwa penambahan PP dalam komposit memberikan sifat fisis dan mekanik yang lebih baik dibandingkan penambahan HDPE. Dengan nilai uji bending tertinggi sebesar 28,56 Mpa dan nilai uji tarik tertinggi sebesar 17,62 Mpa. Hasil sampel komposit pada seluruh variasi komposisi menunjukkan semua hasil uji yang telah memenuhi standar SNI.

Kata Kunci : *Sampah Plastik, Polypropylene, High-Density Polyethylene, Ampas Tebu, Komposit, Papan Partikel*

**RESEARCH OF THE EFFECT IN VARIATION OF
PLASTIC WASTE COMPOSITION OF
POLYPROPYLENE (PP) AND HIGH-DENSITY
POLYETHYLENE (PET) ON THE PHYSICAL
PROPERTIES AND MECHANICAL PROPERTIES OF
BAGASSE POWDER REINFORCED COMPOSITE FOR
PARTICLE BOARD APPLICATIONS**

Name : Ammar Al Faruqi
NRP : 02511540000132
Department : Material Engineering
Advisor : Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si, Ph.D
Amaliya Rasyida, S.T., M.Sc

HDPE (*High Density Polyethylene*) an PP (*Polypropylene*) are the most common types of plastic waste in urban areas. Various studies have been carried out to deal with these waste problems, such as the making of asphalt and building structures, but the research has not been able to overcome the existing garbage problems. In this study, a composite was made by utilizing of HDPE waste, PP waste, and cane dust to be applied as environmentally friendly particle board material, so the problem of plastic waste in Indonesia can be resolved. Testing to be carried out are SEM test, FTIR test, hardness test, density test, water absorption test, bending test, and tensile test. From the research result, noted that addition of PP in the composite gives better physical and mechanical quality compared to addition of HDPE. With the highest bending test value of 28.56 MPa and the highest tensile test value of 17.62 MPa. The results of composite samples on all variations of composition show all test results that have met SNI standards.

Keyword: *plastic waste, polypropylene, high density polypropylene, bagasse powder, composite, particle board*

KATA PENGANTAR

Segala Puji bagi Allah Subhanahu Wata'ala atas segala rahmat dan pertolongan-Nya yang telah memberikan penulis kemudahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir dan menyusun laporan Tugas Akhir dengan judul **“Studi Pengaruh Variasi Komposisi Binder Sampah Plastik *Polypropylene* (PP) dan *High-Density Polyethylene* (HDPE) Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serbuk Ampas Tebu untuk Aplikasi Papan Partikel”** untuk melengkapi kewajiban penulis dalam Mata Kuliah Tugas Akhir yang menjadi salah satu syarat kelulusan mahasiswa Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini tentu banyak hambatan dan rintangan yang penulis hadapi, namun berkat bimbingan serta bantuan dari berbagai pihak penulis dapat melaluinya dengan baik. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang senantiasa memberikan doa serta bantuan baik materi maupun moral.
2. Dr. Agung Purniawan, S.T, M.Eng., selaku ketua departemen Teknik Material FTI-ITS.
3. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si, Ph.D, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan bimbingan dan motivasi untuk penulis.
4. Amaliya Rasyida, S.T, M.Sc selaku dosen pembimbing yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat
5. Vania Mitha Pratiwi, S.T, M.T selaku dosen wali yang telah membimbing saya.
6. Dr. Eng. Hosta Ardhyanta S.T., M.Sc selaku Koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI-ITS.
7. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS.

8. Teman-teman TFC yang selalu memberikan hiburan dalam penatnya menyelesaikan Tugas Akhir.
9. Sahabat SCAM yang telah memberikan banyak pengalaman berharga bagi penulis.
10. Teman-teman MT17 yang selalu kebersamai penulis selama menjalani perkuliah di Departemen Teknik Material FTI-ITS
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir

Penulis menyadari bahwa dalam pembuatan laporan Tugas Akhir ini masih banyak kekurangan di dalamnya. Oleh karena itu, Penulis berharap masukan serta saran dan kritik yang membangun dari pembaca agar penulis bisa menjadi lebih baik lagi kedepannya. Akhir kata, semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi para pembaca dan semua pihak khususnya dalam bidang keilmuan Teknik Material.

Surabaya, Januari 2019

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xviii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah	5
2.1.1 Sampah Plastik	5
2.2 <i>Polyethylene</i>	7
2.3 <i>Polypropylene</i>	10
2.4 Komposit	12
2.4.1 Pengertian Komposit	12
2.4.2 Klasifikasi Material Komposit	14
2.4.3 Komposit Matriks Polimer	15

2.4.4 Particulate Composites	17
2.4.5 Ikatan <i>Filler</i> dan Matriks	18
2.5 Tebu	20
2.5.1 Ampas Tebu	21
2.5.2 Delignifikasi	22
2.6 <i>Rule of Mixture</i>	24
2.6.1 <i>Composite properties</i>	25
2.7 Papan Partikel	25
2.7.1 Syarat Mutu Papan Partikel	26
2.8 Penelitian Sebelumnya	27

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian	32
3.2.1 Bahan Penelitian.....	32
3.2.2. Peralatan Penelitian	32
3.3 Variabel Penelitian	38
3.4 Prosedur Penelitian.....	38
3.4.1 Persiapan Bahan	38
3.4.2 Pembuatan Komposit	39
3.4.3 Proses Pengujian.....	40

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR)</i>	51
4.1.1 Hasil Uji FTIR Serbuk Ampas Tebu	51
4.1.2 Hasil Uji FTIR Komposit Serbuk Ampas Tebu/PP/HDPE.....	54

4.2 Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)	56
4.3 Hasil Uji Densitas.....	58
4.4 Hasil Uji <i>Water Absorbability</i>	60
4.5 Hasil Uji Kekerasan (<i>Hardness</i>).....	62
4.6 Hasil Uji Bending.....	64
4.7 Hasil Uji Tensile.....	66
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	71
5.2 Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA	xix
LAMPIRAN.....	xxiv
BIODATA PENULIS.....	xxxi

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Stuktur <i>Polyethylene</i>	8
Gambar 2.2 Struktur Rantai <i>Polyethylene</i>	8
Gambar 2.3 Struktur <i>Polypropylene</i>	10
Gambar 2.4 Jenis-Jenis Struktur <i>Polypropylene</i>	12
Gambar 2.5 Skema Pembentukan Komposit	13
Gambar 2.6 Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya	14
Gambar 2.7 Komposit Berdasarkan Jenis Matriksnya	15
Gambar 2.8 Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya	18
Gambar 2.9 Mechanical Bonding.....	19
Gambar 2.10 Electrostatic Bonding	19
Gambar 2.11 Chemical Bonding.....	20
Gambar 2.12 Mekanisme Proses Delignifikasi	23
Gambar 2.13 Reaksi Pada Proses Delignifikasi	24
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	31
Gambar 3.2 Cetakan Spesimen	33
Gambar 3.3 Timbangan Digital.....	33
Gambar 3.4 Mesin SEM	34
Gambar 3.5 Mesin FTIR.....	34
Gambar 3.6 Durometer Shore D	35
Gambar 3.7 Alat <i>Shieving</i>	35
Gambar 3.8 Gerinda Duduk.....	36
Gambar 3.9 Alat Uji Bending	37
Gambar 3.10 Alat Uji Tarik.....	37
Gambar 3.11 Prinsip Kerja SEM.....	40

Gambar 3.12 Prinsip Kerja FTIR	41
Gambar 3.13 Dimensi Spesimen Uji Tarik.....	42
Gambar 3.14 Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik.....	44
Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik.....	44
Gambar 3.16 Cara Uji Kekuatan Lentur	45
Gambar 3.17 Spesimen Uji Bending	46
Gambar 3.18 Spesimen Uji Absorpsi Air	48
Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji FTIR pada Serbuk Ampas Tebu ..	51
Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji FTIR pada Komposit	55
Gambar 4.3 Hasil SEM Komposit dengan 30% serbuk ampas tebu (a) 70% HDPE (b) 35% HDPE 35% PP (c) 70% PP	58
Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Densitas.....	59
Gambar 4.5 Grafik Hasil Uji Absorpsi Air	61
Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Kekerasan	64
Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji Bending	65
Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Tensile	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya	6
Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik HDPE	9
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik <i>Polypropylene</i>	11
Tabel 2.4 Komponen Kimia Beberapa Serat Penting	21
Tabel 2.5 Sifat Mekanis Beberapa Serat Penting	22
Tabel 2.6 Toleransi Tebal Papan Partikel	26
Tabel 2.7 Kekuatan Lentur Minimum Papan Partikel	27
Tabel 3.1 Variabel Penelitian.....	38
Tabel 3.2 Kriteria Dimensi Spesimen Uji Tarik	43
Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serbuk Ampas Tebu	52
Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah Komposit PP/HDPE/Serbuk Ampas Tebu	56
Tabel 4.3 Hasil Uji Densitas	59
Tabel 4.4 Hasil Uji Absorpsi Air	61
Tabel 4.5 Hasil Uji Kekerasan.....	63
Tabel 4.6 Hasil Uji Bending	65
Tabel 4.7 Hasil Uji Tarik.....	67
Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Uji dengan SNI.....	69

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plastik menjadi bahan yang paling banyak digunakan di masyarakat karena dianggap awet, kuat, dan ringan. Saat ini telah banyak masalah yang diakibatkan oleh barang-barang produk yang terbuat dari plastik (limbah plastik) di alam karena plastik sulit terurai di dalam tanah perlu waktu sekitar 100 tahun bagi plastik untuk dapat terurai. Selain itu, plastik diproduksi dari proses polimerasi yang berasal dari minyak bumi yang termasuk bahan sumberdaya yang tidak dapat diperbaharui (non renewable). Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (2014), jumlah timbunan sampah di Indonesia diperkirakan mencapai 175.000 s.d. 176.000 ton/hari atau sekitar 64 juta ton/tahun. Hal yang lebih mengagetkan adalah 14% dari jumlah tersebut atau sekitar 9 ton/tahunnya merupakan sampah plastik. Bahkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan memperkirakan total jumlah sampah Indonesia di tahun 2019 akan mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton. Jumlah ini akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Dengan banyaknya sampah plastik, dan juga sifatnya yang sulit terurai, permasalahan plastik sekarang ini sangat memprihatinkan dan dapat menyebabkan permasalahan-permasalahan lain seperti masalah kesehatan, kekumuhan, bahkan sampah turut menyumbang penyebab terjadinya banjir di Indonesia.

Jenis sampah plastik yang paling banyak ditemui di daerah perkotaan besar ialah jenis *High-Density Poly Ethylene* (HDPE) dan *Poly Propylene* (PP) (Sahwan, 2005). HDPE banyak digunakan untuk produk plastik yang memerlukan kekuatan dan tahan bahan kimia seperti ember, jerigen dan botol plastik. Sedangkan PP digunakan untuk produk plastik yang mempunyai daya regang yang tinggi seperti kantung plastik, *blister* (bungkus *snack*) dan lain lain. Kedua jenis plastik ini merupakan polimer



yang bersifat thermoplastik (Untoro, 2016) yang berarti jika dipanaskan sampai temperatur tertentu dapat mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan.

Di lain pihak potensi limbah dari sektor pertanian cukup melimpah di Indonesia, namun limbah dalam bidang pertanian dan kehutanan saat ini baru sedikit pemanfaatannya. Hal ini telah dilaporkan oleh Febrianto (1999) yang menyatakan bahwa limbah kayu berupa log dan sebetan telah dimanfaatkan sebagai inti papan blok dan bahan baku papan partikel, namun limbah lainnya baru dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler atau dibakar tanpa adanya pemanfaatan yang berarti sehingga dapat mengakibatkan masalah terhadap lingkungan sekitar.

Ampas tebu merupakan limbah yang dihasilkan dari tanaman tebu yang telah diproses. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 2000). Menurut Penebar Swadaya (2000) tanaman tebu umumnya menghasilkan 24-36% ampas tebu tergantung pada kondisi dan macamnya. Ampas tebu mengandung lignoselulosa yang tinggi. Padahal menurut penelitian yang dilakukan (Bismarck dkk, 2002) dengan adanya perlakuan alkali pada serat alam yang mengandung lignoselulosa tinggi dapat memberikan ikatan *interfacial* dengan matrik secara optimal. Dengan kandungan bahan tersebut pemanfaatan ampas tebu untuk menjadi komposit papan partikel dapat dikembangkan dalam komponen bahan bangunan rumah seperti dinding partisi, tempat penyimpanan, maupun peredam panas.

Dari latar belakang tersebut, dalam penelitian ini dilakukan rekayasa pemanfaatan limbah sampah plastik *Polypropylene* (PP), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan limbah ampas tebu yang diaplikasikan dalam pembuatan komposit papan partikel untuk mendapatkan variasi komposisi paling optimal yang memiliki sifat fisik dan sifat mekanik terbaik yang kemudian digunakan untuk aplikasi papan partisi yang ramah lingkungan.



1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh variasi komposisi binder berbahan sampah *Poly Propylene* (PP) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serbuk ampas tebu untuk aplikasi papan partikel?
2. Bagaimana pengaruh variasi komposisi binder berbahan sampah *Poly Propylene* (PP) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) terhadap sifat fisis komposit berpenguat serbuk ampas tebu untuk aplikasi papan partikel?
3. Komposit dengan variasi komposisi manakah yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material papan partikel?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah digunakan untuk mengasumsikan parameter konstanta yang pengaruhnya sangat kecil pada penelitian sehingga dapat diabaikan. Adapun batasan masalah yang dimaksud adalah sebagai berikut:

1. Kadar uap air dan gas pada atmosfer dapat diabaikan
2. Pengotor pada saat pencampuran polimer dan agregat dapat diabaikan.
3. Temperatur proses dianggap sama pada tiap eksperimen

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi binder berbahan sampah *Poly Propylene* (PP) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) terhadap sifat mekanik komposit berpenguat serbuk ampas tebu untuk aplikasi papan partikel.



2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi binder berbahan sampah *Poly Propylene* (PP) dan *High Density Polyethylene* (HDPE) terhadap sifat fisis komposit berpenguat serbuk ampas tebu untuk aplikasi papan partikel.
3. Menentukan komposit dengan variasi komposisi yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material papan partikel

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mensintesis komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material bangunan dengan penggunaan limbah plastik untuk meningkatkan sifat untuk material konstruksi tersebut.
2. Memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan dari pembuatan komposit yang dapat memberikan dampak lingkungan yang positif dengan adanya pengurangan sampah plastik dalam jumlah yang besar.
3. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah plastik yang efisien dan ramah lingkungan.
4. Dapat dijadikan referensi dan inspirasi yang baik untuk memajukan industri pengolahan limbah plastik yang dapat memberikan dampak ekonomi yang positif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sampah

Sampah sering kali menjadi sebuah permasalahan yang cukup serius di kota-kota besar di Indonesia. Menurut SNI 19-2454-2002, sampah harus dikelola agar tidak membahayakan lingkungan dan melindungi investasi pembangunan. Untuk dapat mengelola sampah dengan baik maka diperlukan pengenalan lebih jauh mengenai definisi sampah dan tata cara pengelolaan sampah yang baik.

Menurut Prof. Dr. Ir. Ign. Suhatro dalam buku *Limbah Kimia* (2011) mengatakan pemerintah belum begitu serius dalam memikirkan masalah sampah ini. Meski pemerintah sudah melakukan beberapa terobosan namun di beberapa tempat pembuangan sementara (TPS) gunung sampah masih sangat mengganggu masyarakat dan masih menjadi perhatian.

2.1.1 Sampah Plastik

Plastik merupakan salah satu barang produk yang dihasilkan oleh industri modern saat ini. Plastik mulai dikembangkan dalam skala besar sekitar tahun 1960-an. Penggunaan plastik telah berkembang sedemikian rupa hingga dipakai hampir diseluruh sektor dalam kehidupan seperti peralatan rumah tangga, automotif, bahan bangunan, mebel, pengemas berbagai jenis barang. Plastik dibuat dari proses polimerisasi dari bahan minyak bumi yang merupakan salah satu sumber daya yang tidak dapat diperbaharui (non renewable). Oleh karena penggunaan plastik inilah jumlah sampah plastik mencapai 14% dari jumlah total sampah yang ada atau sekitar 9 ton/tahunnya

Harper (1996) menambahkan bahwa plastik merupakan polimer yang terdapat dalam bentuk resin atau berasal dari polimerisasi resin. Plastik mempunyai struktur rantai kimia yang panjang dan berat molekul yang tinggi. Sifat fisis plastik



bergantung pada berat molekul dan struktur molekulnya. Minimum berat molekul 10.000 diperlukan plastik untuk mendapatkan sifat fisis yang baik. Untuk memperbaiki sifat-sifat fisio-kimia ke dalam plastik ditambahkan bahan tambahan atau aditif. Bahan aditif yang sengaja ditambahkan itu disebut komponen nonplastik, diantaranya berfungsi sebagai: pewarna, antioksidan, penyerap cahaya ultraviolet, penstabil panas, penurun viscositas, penyerap asam, pengurai peroksida, peliat, pengelet, dan lain-lain. Setiap jenis plastik dapat berisi beberapa macam aditif bergantung keperluannya. Plastik yang umum dikenal sangat beragam dan kompleks, demikian pula dengan sifat-sifatnya, tetapi secara garis besar plastik dapat dibagi menjadi 2 jenis, yaitu termoplastik dan termoset.

Berikut dapat dilihat pada Tabel 2.1 berbagai jenis plastik yang beredar di pasaran beserta contoh penggunaannya dalam kehidupan sehari-hari.

Tabel 2.1 Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya
(Surono, 2013)

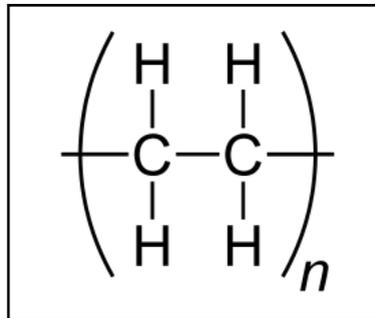
No Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (polyethylene terephthalate)	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik.
2	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas dan botol kosmetik.
3	PVC (Polyvinyl Chloride)	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo dan botol sambal.
4	LDPE (Low-density Polyethylene)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku dan berbagai



		macam plastik tipis lainnya.
5	PP (Polypropylene)	Gelas air mineral, cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak dan margarin.
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, tempat makanan dari <i>styrofoam</i> dan tempat makan plastik transparan
7	<i>Others</i> (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	Botol susu bayi, plastik kemasan, galon air minum, suku cadang mobil, alat-alat elektronik, sikat gigi dan mainan lego

2.2 Polyethylene

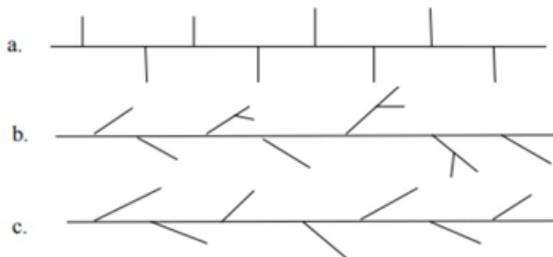
Polyethylene adalah polimer termoplastik dan jenis plastik yang paling umum dan paling banyak digunakan oleh manusia. Plastik *polyethylene* dipakai untuk pembuatan kantong plastik, kemasan makanan, botol minuman, dan lain-lain. Beberapa keunggulan dari *polyethylene* adalah ringan, ketahanan kimia yang baik, dan ketangguhan yang baik. *Polyethylene* sangat mudah untuk diproduksi *injection molding*, *sheet extrusion*, *film extrusion*, dan lain-lain (Callister, 2007). Adapun struktur kimia dari *Polyethylene* Gambar 2.1 dibawah ini



Gambar 2.1 Struktur *Polyethylene* (Rosen, 1982)

Beberapa jenis polietilena antara lain : *Low Density Polyethylene* (LDPE), *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE). *Low Density Polyethylene* (LDPE) memiliki struktur rantai bercabang yang tinggi dengan cabang-cabang yang panjang dan pendek. Sedangkan *High Density Polyethylene* (HDPE) mempunyai struktur rantai lurus, *Linear Low Density Polyethylene* (LLDPE) memiliki rantai polimer yang lurus dengan rantai-rantai cabang yang pendek.

Adapun struktur rantai dari polietilen dapat dilihat pada Gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Struktur Rantai *Polyethylene* (berturut-turut a. HDPE b. LDPE c. LLDPE) (Curlee, 1991)



Polietilen dengan densitas tinggi atau High Density Polyetilen (HDPE) Strukturnya terdiri dari molekul tidak bercabang dengan beberapa difek menuju bentuk linernya, dengan rendahnya tingkat difek, serta dapat menghindari dari penggabungan maka mengakibatkan derajat kristalisasi juga tinggi. HDPE mempunyai densitas $0,95-0,97 \text{ g/cm}^3$ dan memiliki titik leleh diatas 127°C (beberapa macam berkisar 135°C). HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras dan tahan terhadap suhu tinggi serta korosi. HDPE sering digunakan sebagai dinding pelapis tahan korosi, bahan-bahan rumah tangga, perisai radiasi dan pipa. Keunggulan lain jenis plastik berkerangka dasar polietilen dibandingkan dengan jenis plastik lainnya ialah jenis plastik ini mempunyai nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikkannya lebih baik. Sifat tersebut semakin baik dengan tingginya jumlah hidrogen atau klorida dan fluorida yang terikat pada tulang punggung Polietilen. (Billmayer, 1971)

Berikut dapat dilihat pada Tabel 2.2 Sifat fisik dan mekanik dari HDPE.

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik HDPE (Plastic Internatonal,2009)

Properties	ASTM Test Method	Units	HDPE
Physical			
Density	D-792	Lbs/ft ³	59,88
Water Absorbtion	D-570	%	Slight
Mechanical			
Hardness	D-2240	Shore Type D	67
Flexural Modulus	D-790	Psi	166.796
Yield Point	D-638	Psi	4.279

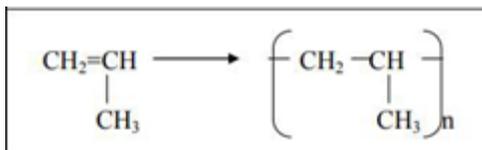
BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Tensile Break	D-638	Psi	4.423
Melt Point	D-3417	°F	259-267
Tensile Modulus	D-638	Psi	224.812
Tensile Impact	DIN 53448	Ft-lbs/in ²	570
Elongation at Break	D-638	%	1.350

2.3 Polypropylene

Plastik PP (*polypropylene*) memiliki sifat sangat mirip dengan plastik PE (*polyethylene*), dan sifat-sifat penggunaannya juga serupa (Brody, 1972). Plastik PP memiliki sifat lebih kuat dan ringan dengan daya tembus uap yang rendah, ketahanan yang baik terhadap lemak, stabil terhadap suhu tinggi dan cukup mengkilap (Winarno dan Jenie, 1983). Polipropilena disusun oleh monomer-monomer yang merupakan senyawa dengan struktur (CH₂=CH-CH₃). Polipropilena yang dibentuk dengan monomer ini melalui proses polimerisasi adisi secara umum ditunjukkan pada gambar (Rosen, 1982). Monomer polipropilena (CH₂=CHCH₃) diperoleh dari hasil samping pemurnian minyak bumi. Polipropilena (CH₂-CHCH₃)_n merupakan suatu jenis polimer termoplastik yang mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan (Billmeyer, 1971). Adapun untuk gambar dari struktur kimia dari polipropilen dapat diamati di Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Struktur *Polypropylene* (Rosen, 1982)

Polipropilena mempunyai konduktifitas panas yang rendah (0,12 W/m), tegangan permukaan yang rendah, kekuatan benturan yang



tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, asam dan basa, isolator yang tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat, mudah terbakar dengan nyala yang lambat. Titik leleh 160°C dan temperatur dekomposisi 380°C. Kristalinitas merupakan sifat penting yang terdapat pada polimer. Kristalinitas merupakan ikatan antara rantai molekul sehingga menghasilkan susunan molekul yang lebih teratur. Pada polimer polipropilena, rantai polimer yang terbentuk dapat tersusun membentuk daerah kristalin (molekul tersusun teratur) dan bagian lain membentuk daerah *amorf* (molekul tersusun secara tidak teratur) (Cowd, 1991). Adapun untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Polipropilena (Plastic International,2009)

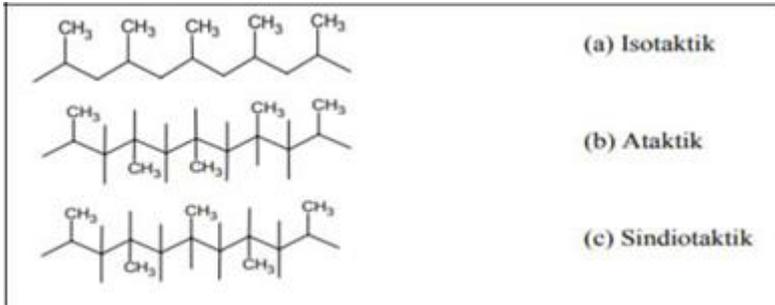
Properties	ASTM Test Method	Units	PP
Physical			
Density	D-792	Lbs/ft ³	56,3
Water Absorbtion	D-570	%	0,008
Mechanical			
Hardness	D-2240	Shore Type D	78
Flexural Modulus	D-790	Psi	221.425
Yield Point	D-638	Psi	5.150
Flexural Strenght	D-790	Psi	7.250
Melt Point	D-3417	°F	329

Polipropilena ataktik tidak dapat berubah menjadi polipropilena sindiotaktik atau menjadi struktur lainnya tanpa memutuskan dan menyusun kembali beberapa ikatan kimia.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



Struktur yang lebih teratur memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk berkristalisasi daripada struktur yang tidak teratur. Jadi, struktur isotaktik dan sindiotaktik lebih cenderung membentuk daerah kristalin dari pada ataktik. Untuk lebih jelasnya, dapat diperhatikan Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Jenis-Jenis Struktur *Polypropylene* (Cowd, 1991)

Polipropilena berstruktur stereo gular seperti isotaktik dan sindiotaktik adalah sangat kristalin, bersifat keras dan kuat. Dalam struktur polipropilena ataktik gugus metal bertindak seperti cabang-cabang rantai pendek yang muncul pada sisi rantai secara acak. Ini mengakibatkan sulitnya untuk mendapatkan daerahdaerah rantai yang sama (tersusun) sehingga mempunyai sifat kristalin rendah menyebabkan tingginya kadar oksigen pada bahan tersebut sehingga bahan polimer ini mudah terdegradasi oleh pengaruh lingkungan seperti kelembaban cuaca, radiasi sinar matahari dan lain sebagainya.

2.4 Komposit

2.4.1 Pengertian Komposit

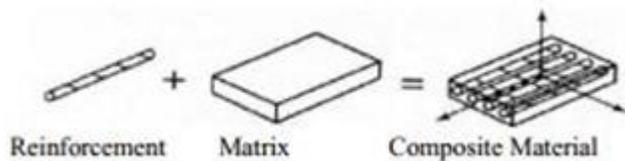
Komposit didefinisikan sebagai sebagai bahan yang terbuat dari gabungan secara makroskopis dua bahan atau lebih yang memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda untuk membentuk material baru dengan sifat yang lebih baik. Pada bahan komposit, sifat-sifat bahan pembentuknya masih dapat terlihat, hal



inilah yang membedakan komposit dengan bahan paduan logam (alloy) dimana sifat-sifat bahan pembentuknya tidak dapat lagi terlihat. Bahan komposit dibentuk dari dua unsur yaitu unsur serat sebagai penguat (reinforcement) dan unsur pengikat (matrix). Adapun definisi dari keduanya adalah:

1. Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serbuk atau serbuk. Secara umum, unsur penguat pada komposit harus memiliki keunggulan sifat yang tidak dimiliki oleh unsur pengikat. Serat yang sering digunakan dalam pembuatan komposit antara lain serat E-Glass, boron, karbon dan lain sebagainya. Bisa juga berasal dari serat alam antara lain serat kenaf, jute, rami, kantula dan lain sebagainya.
2. Matriks. Gibson (1994) mengatakan bahwa matriks dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit. Matriks memiliki fungsi antara lain :
 - Mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur
 - Melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan
 - Mentransfer dan mendistribusikan beban ke serat
 - Menyumbangkan beberapa sifat seperti kekakuan, ketangguhan, dan tahanan listrik

Adapun ilustrasi ikatan dan sifat fisik komposit dapat dilihat pada Gambar 2.5 berikut



Gambar 2.5 Skema Pembentukan Komposit (K. Van Rijswijk, 2001)



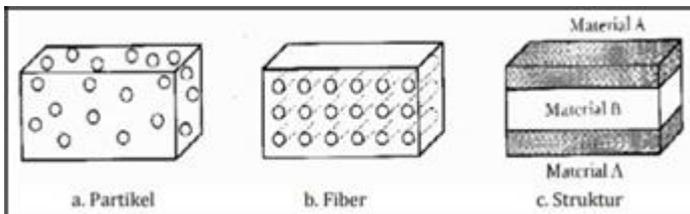
Material komposit mempunyai beberapa keuntungan diantaranya adalah bobotnya yang ringan, mempunyai kekuatan dan kekakuan yang baik, biaya produksinya relatif murah dan memiliki ketahanan terhadap korosi (Schwartz, 1997).

2.4.2 Klasifikasi Material Komposit

Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibedakan menjadi 3 kelompok sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.6 yaitu:

1. *Particulate composite*, penguatnya berbentuk partikel
2. *Fibre composite*, jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau *fiber*. *Fiber* yang digunakan bisa berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramide)*, dan sebagainya. *Fiber* ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
3. *Structural composite*. Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materialnya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen

Adapun ilustrasi dari komposisi berdasarkan jenis penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini:



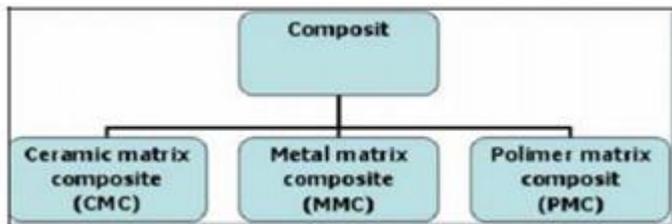
Gambar 2.6 Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya (Nayiroh, 2013)

Pada *particulate composite*, dispersi fasanya seimbang



(dimensi partikel hampir sama di semua arah), untuk *fibre composites*, dispersi fasa mengikuti bentuk geometri dari serat yang dipakai, sedangkan *structural composites* berlapis-lapis dan memang di desain untuk memiliki densitas yang rendah dan tingkat integritas struktural yang tinggi. (Callister, 2008)

Disisi yang lain, berdasarkan jenis matriksnya komposit dapat diklasifikasikan kedalam tiga kelompok besar sebagaimana terdapat pada Gambar 2.7 yaitu:



Gambar 2.7 Komposit Berdasarkan Jenis Matriknya (Gibson, 1994)

- a. Komposit matrik polimer (PMC) menggunakan polimer sebagai matriksnya
- b. Komposit matrik logam (MMC) menggunakan logam sebagi matriknya
- c. Komposit matrik keramik (CMC) menggunakan keramik sebagai matriknya

2.4.3 Komposit Matriks Polimer

Polimer Bahan ini merupakan jenis komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – Fibre Reinforced Polymers or Plastics). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriknya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (kevlar) sebagai penguatannya. Secara umum sifat dari komposit ini adalah:

- Biaya pembuatan lebih rendah
- Dapat dibuat dengan produksi massal



- Ketangguhan baik
- Tahan simpan
- Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
- Kemampuan mengikuti bentuk
- Lebih ringan (Gibson, 1994).

Adapun jenis polimer yang sering digunakan antara lain:

1. *Thermoset*

Polimer *thermosetting* adalah jenis dari polimer yang ketika dipanaskan tidak melunak. Polimer jenis ini mengeras secara permanen pada pembentukannya. Berdasarkan struktur molekulnya polimer *thermosetting* adalah *network polymer* yang memiliki sifat mekanik dan ketahanan panas yang spesifik. Polimer jenis ini lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan polimer termoplastik. Beberapa contoh polimer termoset adalah *vulcanized rubbers*, *epoxies*, dan poliester resin (Callister, 2007).

Contoh dari termoset yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI) (Surdia, 1995).

2. *Thermoplastic*

Polimer termoplastik adalah polimer yang mempunyai sifat tidak tahan terhadap panas. Jika polimer jenis ini dipanaskan, maka akan menjadi lunak dan didinginkan akan mengeras. Proses tersebut dapat terjadi berulang kali, sehingga dapat dibentuk ulang dalam berbagai bentuk melalui cetakan yang berbeda untuk mendapatkan produk polimer yang baru. Polimer yang termasuk polimer termoplastik adalah jenis polimer plastik. Jenis plastik ini tidak memiliki ikatan silang antar rantai polimernya, melainkan dengan struktur molekul linear atau bercabang. (Callister, 2007).



Polimer termoplastik memiliki sifat – sifat khusus sebagai berikut:

- Berat molekul kecil
- Tidak tahan terhadap panas
- Jika dipanaskan akan melunak
- Jika didinginkan akan mengeras
- Mudah unuk diregangkan
- Fleksibel
- Titik leleh rendah
- Dapat dibentuk ulang
- Mudah larut dalam pelarut yang sesuai
- Memiliki struktur molekul linier/bercabang

Contoh dari *thermoplastic* yaitu poliester, nilon 66, PP, PTFE, PET, polieter sulfon, PES, dan polieter eterketon (PEEK).

2.4.4 Particulate Composites

Berdasarkan pada Gambar 2.8, large particle dan dispersion strengthened composites adalah 2 subklasifikasi dari particulate composites. Large particle merupakan subklasifikasi komposit yang disusun oleh reinforcement berbentuk partikel, dimana interaksi antara partikel dan matrik terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular. Fasa partikel komposit ini lebih keras dan kaku daripada matriknya. Intinya, matriks memindahkan tekanan yang diberikan kepada partikel. Tingkat penguatan atau peningkatan sifat mekanik bergantung kekuatan ikatan pada antarmuka matriks-partikel.

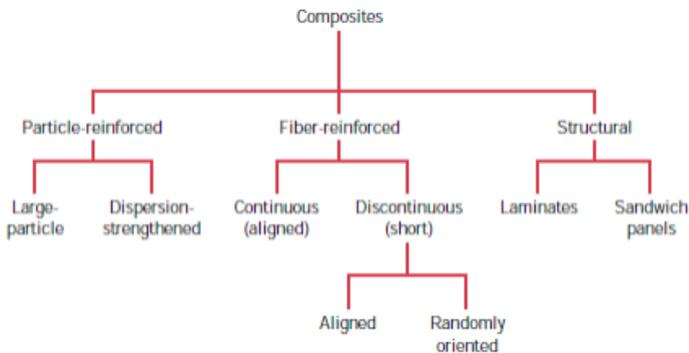
Sedangkan pada dispersion strengthened composites ukuran partikel lebih kecil dengan diameter antara 10-100 nm. Interaksi antara partikel dan matriks terjadi pada tingkat atom atau molekul. Mekanisme penguatan hampir sama dengan mekanisme precipitation hardening. Sedangkan matriks menanggung porsi utama dari beban yang diaplikasikan, partikel partikel kecil yang terdispersi menghambat atau menghalangi pergerakan dari



dislokasi. Dengan demikian deformasi plastis dapat dihambat sehingga tensile strength hardness akan meningkat (Callister, 2008).

Keuntungan dari komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel:

- a) Kekuatan lebih seragam pada berbagai arah
- b) Dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material
- c) Cara penguatan dan pengerasan oleh partikulat adalah dengan menghalangi pergerakan dislokasi



Gambar 2.8 Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya (Callister, 2008)

2.4.5 Ikatan *Filler* dan Matriks

Ikatan antara *filler* dengan matriks pada komposit (*interfacial bonding*) dapat terjadi melalui beberapa metode, yaitu:

1. *Mechanical Bonding*

Mechanical bonding merupakan mekanisme ikatan yang saling mengunci yang terjadi pada dua permukaan yaitu resin dan serat yang kasar. Dalam *mechanical bonding* beban yang diterima harus paralel terhadap *interface*. Adapun skema



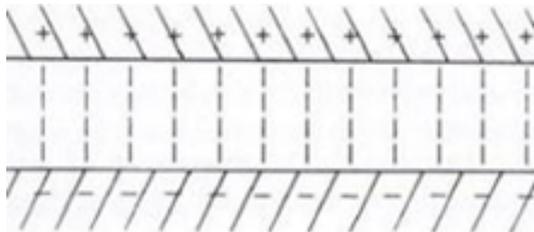
dari *mechanical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.9 di bawah ini:



Gambar 2.9 *Mechanical Bonding* (Matthews, 1993)

2. *Electrostatic Bonding*

Electrostatic Bonding terjadi akibat adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Ikatan ini akan sempurna apabila tidak terdapat gas pada permukaan serat. Adapun skema dari *electrostatic bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.10 dibawah:



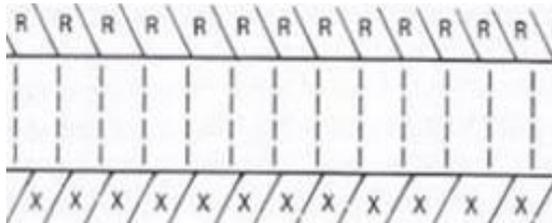
Gambar 2.10 *Electrostatic Bonding* (Matthews, 1993)

3. *Chemical Bonding*

Electrostatic bonding terjadi akibat adanya energi



yang lebih bersifat kimia. Besarnya ikatan ini diperoleh dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat sesuai jenis ikatan kimia yang ada pada serat maupun resin. (Matthews, 1993) Adapun skema dari *chemical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.11 di bawah ini:



Gambar 2.11 *Chemical Bonding* (Matthews, 1993)

2.5 Tebu

Tebu (*Saccharum officinarum* L.) merupakan salah satu jenis tanaman yang hanya dapat ditanam di daerah yang memiliki iklim tropis. Di Indonesia, perkebunan tebu menempati luas areal + 321 ribu hektar yang 64,74% diantaranya terdapat di Pulau Jawa (Departemen Pertanian, 2004b). Perkebunan tersebut tersebar di Medan, Lampung, Semarang, Solo, dan Makassar. Dari seluruh perkebunan tebu yang ada di Indonesia, 50% di antaranya adalah perkebunan rakyat, 30% perkebunan swasta, dan hanya 20% perkebunan negara. Pada tahun 2002 produksi tebu Indonesia mencapai + 2 juta ton (J.A. Witono, 2003).

Tanaman tebu mempunyai sosok yang tinggi kurus, tidak bercabang dan tumbuh tegak. Tanaman yang tumbuh baik tinggi batangnya dapat mencapai 3-5 meter atau lebih. Termasuk dalam jenis rumput-rumputan bertahunan, besar, tinggi sistem perakaran besar, menjalar, batang kokoh, dan terbagi ke dalam ruas-ruas; ruas beragam panjangnya 10-30 cm, mengembung,



menggelendong atau menyilindris. Pada batangnya terdapat lapisan lilin yang berwarna putih keabu-abuan, daun berpangkal pada buku batang dengan kedudukan yang berseling (Penebar Swadaya, 2000).

Tebu dapat hidup dengan baik pada ketinggian tempat 5.500 meter diatas permukaan laut (mdpl), pada daerah beriklim panas dan lembab dengan kelembaban > 70%, hujan yang merata setelah tanaman berumur 8 bulan dan suhu udara berkisar antara 28-34°C (Slamet, 2004).

2.5.1 Ampas Tebu

Ampas tebu (bagase) adalah bahan sisa berserat dari batang tebu yang telah mengalami ekstraksi niranya dan banyak mengandung parenkim serta tidak tahan disimpan karena mudah terserang jamur. Serat sisa dan ampas tebu kebanyakan digunakan sebagai bahan bakar untuk menghasilkan energi yang diperlukan untuk pembuatan gula. Padahal ampas tebu selain dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik, dapat juga sebagai bahan baku untuk serat dan partikel untuk papan, plastik dan kertas serta media untuk budidaya jamur atau dikomposisikan untuk pupuk (Slamet, 2004)

Ampas tebu merupakan hasil samping dari proses ekstraksi cairan tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 2000). Menurut Penebar Swadaya (2000) tanaman tebu umumnya menghasilkan 24-36% bagase tergantung pada kondisi dan macamnya. Bagase mengandung air 48-52%, gula 2,5-6% dan serat 44-48%.

Komponen kimia serat sabut tebu dan beberapa serat penting lainnya dapat dilihat pada Tabel 2.4

Tabel 2.4 Komponen Kimia Beberapa Serat Penting
(Kliwon, 2002)

Serat	Lignin (%)	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)
Tandan sawit	19	65	-



Mesocarp sawit	11	60	-
Sabut tebu	40-50	32-43	0,15-0,25
Pisang	5	63-64	19
Sasal	10-14	66-72	12
Daun nanas	12,7	81,5	-

Bila tebu dipotong akan terlihat serat jaringan pembuluh (*Vascular bundle*) dan sel parenkim serta terdapat cairan yang mengandung gula. Serat dan kulit batang sekitar 12,5 % dari berat tebu. Dari satu pabrik dapat dihasilkan ampas tebu sekitar 35-40% dari berat tebu yang digiling (Penebar Swadaya, 2000).

Sifat mekanis serat sabut tebu dan beberapa serat penting lainnya dapat ditunjukkan pada Tabel 2.5

Tabel 2.5 Sifat Mekanis Beberapa Serat Penting (Kliwon, 2002)

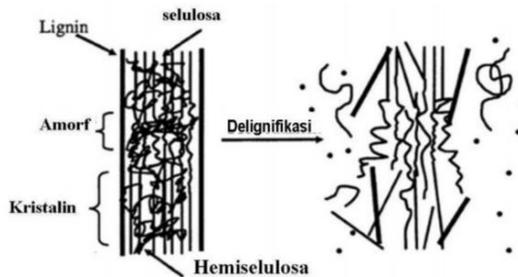
Serat	Kekuatan Tarik (Mpa)	Pemanjangan (%)	Kekerasan (Mpa)
Tandan sawit	248	14	2000
Mesocarp sawit	80	17	500
Sabut tebu	140	25	3200
Pisang	540	3	816
Sasal	580	4,3	1200
Daun nanas	640	2,4	970

2.5.2 Delignifikasi

Delignifikasi merupakan proses yang bertujuan untuk

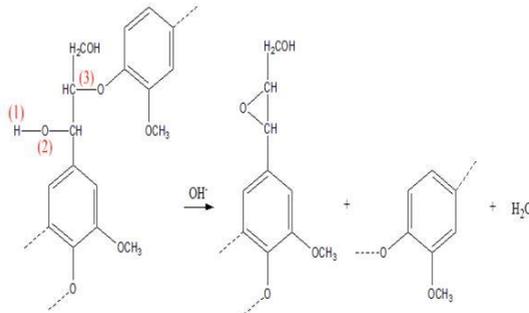
mengurangi kadar lignin didalam bahan berlignoselulosa seperti pada serbuk ampas tebu. Delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah didapat. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga lignin akan hilang (Permatasari, 2013).

Julfana Rika (2012) merngatakan bahwa Ekstraksi hemiselulosa dapat menggunakan pelarut seperti NaOH, NH₄OH dan KOH. Di antara ketiga pelarut tersebut yang paling baik digunakan adalah NaOH. Hemiselulosa memiliki struktuf amorf sehingga penggunaan NaOH dapat menghilangkan lignin sekaligus mengekstraksi hemiselulosa. Dalam penelitian Safaria (2013) larutan NaOH dapat menyerang dan merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa. . Mekanisme kerja dari proses delignifikasi dapat dilihat pada gambar 2.12 dibawah ini:



Gambar 2.12 Mekanisme Proses Delignifikasi (Achmadi, 1989)

Adapun reaksinya dapat dilihat pada Gambar 2.13 di bawah. Ion OH⁻ dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*).



Gambar 2.13 Reaksi Pada Proses Delignifikasi NaOH
(Yusuf, 2017)

2.6 Rule of Mixture

Rule of mixture adalah sebuah aturan untuk memprediksi sifat mekanik dari sebuah komposit yang memiliki *reinforced* berupa serat ataupun partikel. Dengan adanya *rule of mixture* dapat dihitung properties yang diperoleh dari tiap matrik dikalikan dengan fraksi volume kemudian ditambahkan dengan perkalian oleh *reinforced* dengan fraksi volumenya (Callister, 2007).

Fraksi volume dari serat/partikel (V_f) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_f = \frac{v_f}{v_c} \quad (2.1)$$

Dimana v_f adalah volume dari serat/partikel dan v_c adalah volume dari komposit.

Fraksi volume dari matrik (V_m) dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$V_m = \frac{v_m}{v_c} \quad (2.2)$$



Dimana V_m adalah volume dari matrik dan V_c adalah volume dari komposit.

Penjumlahan dari fraksi volume matrik (V_m) dan fraksi volume *reinforced* (V_f) adalah 1

$$V_m + V_f = 1 \quad (2.3)$$

2.6.1 Composite properties

Properties dari sebuah komposit dapat diperkirakan dengan mempertimbangkan beberapa aspek yaitu properties dari matrik, fraksi volume matrik, properties *reinforced*, dan fraksi volume dari *reinforced*. Sebagai contoh dapat dirumuskan sebagai berikut untuk memperkirakan sebuah modulus elastisitas dari komposit :

$$\rho_c = \rho_m V_m + \rho_f V_f \quad (2.4)$$

Keterangan :

ρ_c = densitas komposit

ρ_m = densitas matrik

ρ_f = densitas *filler/reinforced*

V_m = fraksi volume matrik

V_f = fraksi volume *filler/reinforced*

2.7 Papan Partikel

Papan partikel merupakan salah satu jenis produk komposit atau panel kayu yang terbuat dari partikel-partikel kayu atau bahan-bahan berlignoselulosa lainnya, yang diikat dengan perekat atau bahan pengikat lainnya kemudian dikempa panas (Maloney, 1993). Menurut Hesty (2009), papan partikel adalah lembaran hasil pengempaan panas campuran partikel kayu atau bahan berlignoselulosa lainnya dengan perekat organik dan bahan lainnya. Kualitas papan partikel merupakan fungsi dari beberapa faktor yang berinteraksi dalam proses pembuatan papan partikel tersebut. Sifat fisis dan mekanis papan partikel seperti kerapatan,



modulus patah, modulus elastis dan keteguhan rekat internal serta pengembangan tebal merupakan parameter yang cukup baik untuk menduga kualitas papan partikel yang dihasilkan (Haygreen dan Bowyer 1986).

2.7.1 Syarat Mutu Papan Partikel

Syarat mutu suatu papan partikel di Indonesia telah diatur dalam standar SNI 03–2105–2006 yaitu:

1. Keadaan Permukaan
Tidak diperkenankan adanya keropos, lapuk, lekang dan goresan pada papan partikel.
2. Ukuran dan Kesikuan
Toleransi panjang dan lebar ± 3 mm. Toleransi kesikuan yaitu perbedaan dari garis siku maksimum 2 mm.
Toleransi tebal disajikan pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Toleransi Tebal Papan Partikel (SNI 03-2105-2006)

No.	Macam Papan Partikel	Tebal (mm)	Toleransi Tebal (mm)		
			Tidak diamplas	Diamplas	Dekoratif
1	Papan partikel biasa	< 15	$\pm 1,0$	$\pm 0,3$	-
		> 15			
2	Papan partikel berlapis venir	< 20	$\pm 1,2$	$\pm 0,3$	-
		> 20	$\pm 1,5$	$\pm 0,3$	
3	Papan partikel dekoratif	< 18	-	-	$\pm 0,5$
		> 18	-	-	$\pm 0,6$

3. Kadar Air

Untuk papan partikel tipe 24 – 10 dan 17,5 – 10,5 bila tebalnya $\leq 12,7$ mm, maksimum 25% dan bila tebalnya $> 12,7$ mm, maksimum 20%. Sedangkan untuk papan partikel lainnya maksimum 12%.



4. Kerapatan

Kerapatan papan partikel antara $0,40 \text{ g/cm}^3 - 0,90 \text{ g/cm}^3$

5. Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur yang menjadi syarat dari papan partikel berbeda-beda tergantung dari tipe yang disesuaikan dengan kebutuhan. Syarat kekuatan lentur papan partikel dapat dilihat pada tabel 2.7.

Tabel 2.7 Kekuatan Lentur Minimum Papan Partikel (SNI 03-2105-2006)

Jenis Papan Partikel	Tipe	Kekuatan Lentur (Kgf/cm ²)
Papan partikel biasa dan papan partikel dekoratif	18	184
	13	133
	8	82
Papan partikel berlapis Venir	30-15	306
Papan partikel biasa struktural	24-10	245
	17,5-10,5	178

6. Kekuatan Tarik

Kekuatan tarik rata-rata minimum dari papan partikel yaitu sebesar $3,1 \text{ kgf/cm}^2$ untuk tipe 18, 2 kgf/cm^2 untuk tipe 13, dan $1,5 \text{ kgf/cm}^2$ untuk tipe 8.

2.8 Penelitian Sebelumnya

Ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pengolahan sampah plastik dengan cara yang efektif, efisien dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari proses engineering yang menggabungkan *sustainable*



engineering dan *green engineering*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah plastik terhadap lingkungan selain itu juga dapat memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Di Ghana, plastik diolah menjadi penguat untuk campuran aspal. Jalan yang dibuat dengan aspal jenis ini terbukti dapat meningkatkan performa campuran bitumen. Penambahan thermoplastik pada campuran bitumen dapat meningkatkan perilaku *viskoelastik* dan *rheological properties* dari aspal. Selain itu penambahan plastik juga dapat meningkatkan titik pelunakan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap deformasi dari aspal, pengolahan plastik dengan metode ini memiliki dampak positif dikarenakan harganya yang murah dan jumlah plastik yang tersedia sangat melimpah (Appiah, 2017).

Setyawati (2003) melakukan penelitian mengenai pengaruh ukuran serbuk kayu, kadar *compatibilizer* dengan matriks plastik daur ulang jenis polipropilene terhadap sifat fisik komposit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sifat komposit meningkat dengan makin halusnya ukuran partikel. Perbandingan plastik daur ulang dan serbuk kayu 50:50 dengan pemakaian 2,5 % *compatibilizer* disertai dengan penambahan inisiator menghasilkan kekuatan komposit yang optimal disamping sifat fisik yang memadai.

Penelitian dari Wahini dkk (2003) tentang komposit dari sampah plastik dan serbuk gergaji untuk penutup lantai memberikan hasil bahwa kenaikan jumlah serbuk kayu dalam komposit menurunkan sifat kuat tarik, kemuluran, kelenturan, dan kekerasan tetapi menaikkan stabilitas ukuran dan penguapan. Bila ditinjau dari sifat fisik komposit yang dibuat dari sampah plastik fleksibel dan serbuk gergaji dapat dipalिकासikan untuk lantai dan komposit yang dihasilkan dapat memenuhi persyaratan SNI 03-4060-1996 untuk tegel plastik PVC.

Hanna (2006) meneliti komposit plastik dan serbuk kayu diaplikasikan untuk wall tile dan peredam studio. Faktor faktor



yang dipelajari adalah perbandingan plastik dan serbuk kayu serta jenis kayu. Kayu yang digunakan adalah kayu jati (*Tectona grandis*) dan kayu kamfer (*Cinamommum camphora*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kekuatan tekan terbesar dimiliki oleh komposit dengan penguat serbuk kayu jati pada fraksi volume 2 % dengan nilai 7,5 kg/mm³ dengan demikian dikatakan jumlah dan jenis serbuk kayu berpengaruh terhadap kekuatan mekanik komposit.

Umi (2011) meneliti komposit untuk papan partikel menggunakan limbah plastik HDPE dan sekam padi serta penambahan *Maleic Anhydride* (MAH). Faktor-faktor yang diteliti adalah perbandingan komposisi antara sekam padi, polimer HDPE, dan *Maleic Anhydride* (MAH). Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa nilai kerapatan papan komposit yang dihasilkan dengan penambahan MAH 4% dan 8% berkisar antara 0,4-0,82 g/cm² telah memenuhi standard SNI 03-2105-1996. Daya serap air maksimum diperoleh pada komposisi sekam dengan plastik 60:40 yaitu dengan penambahan 4% dan 8% berturut-turut adalah 10,1% dan 6,9%. Nilai keteguhan tarik papan komposit baik dengan penambahan MAH 4% dan 8% telah memenuhi standart dengan kisaran nilai 7,61-18,1 kgf/cm².

Maka akan dilakukan penelitian pembuatan komposit dengan memanfaatkan limbah PP, HDPE, dan ampas tebu untuk diaplikasikan sebagai material papan partikel ramah lingkungan, diharapkan penelitian ini dapat menjadi alternatif pengolahan limbah sampah plastik yang ada sehingga masalah sampah plastik yang ada di Indonesia dapat terselesaikan.

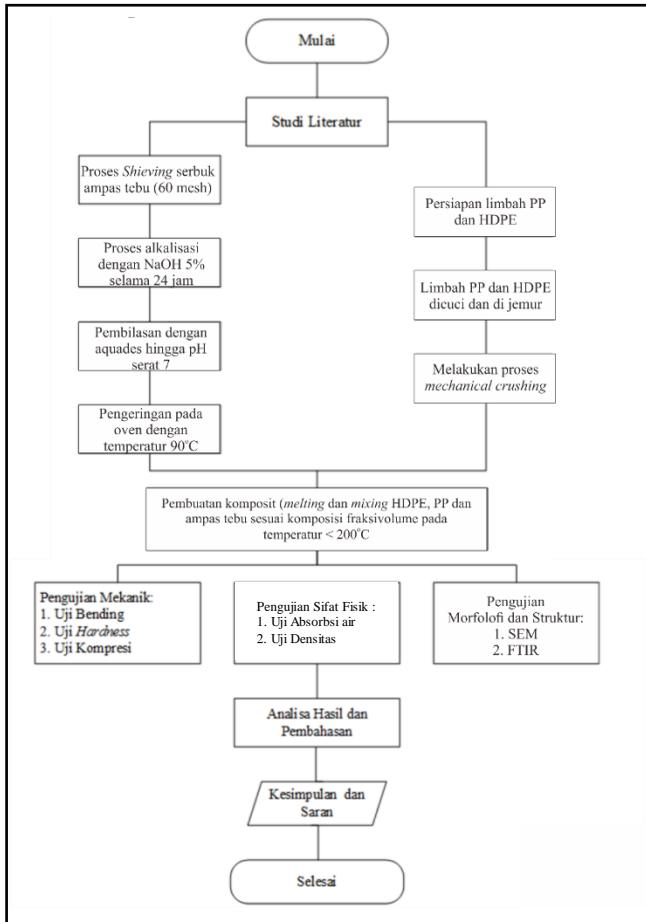


(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Gambar 3.1 merupakan diagram alir pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Serbuk Ampas Tebu
Ampas tebu merupakan limbah dari tanaman tebu yang akan dimanfaatkan sebagai *filler* pada penelitian ini.
2. Sampah Plastik PP
Sampah plastik PP yang digunakan berasal dari bungkus mie instan yang dipotong menjadi lebih kecil..
3. Sampah Plastik HDPE
Sampah plastik HDPE yang digunakan berasal dari botol HDPE yang dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil.
4. NaOH
NaOH digunakan dalam penelitian ini untuk proses penghilangan lignin dalam ampas tebu (*delignifikasi*).
5. Aquades
Aquades digunakan untuk campuran larutan alkalisasi dalam proses *delignifikasi* dan digunakan dalam pengujian *water absorbability*.

3.2.2. Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Kompor
Kompor digunakan untuk melelehkan plastik sebelum dicetak pada cetakan yang ada.
2. Panci dan Sodet



Panci digunakan sebagai tempat pelelehan limbah termoplastik dan untuk mengaduk campuran komposit agar merata.

3. Cetakan

Gambar 3.2 menunjukkan cetakan pembuatan spesimen yang digunakan. Bahan yang digunakan sebagai cetakan yaitu kayu



Gambar 3.2 Cetakan Spesimen

4. Timbangan Digital

Gambar 3.3 menunjukkan timbangan yang digunakan untuk menimbang massa dari bahan sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan



Gambar 3.3 Timbangan Digital



5. Mesin Uji SEM

Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Departemen Material FTI ITS, yang dapat dilihat pada gambar 3.4



Gambar 3.4 Mesin SEM

6. Mesin Uji FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material ITS, yang dapat dilihat pada gambar 3.5 :



Gambar 3.5 Mesin FTIR

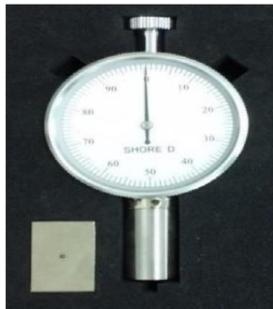


7. Oven

Oven digunakan untuk mengeringkan ampas tebu setelah proses delignifikasi dan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air selama 24 jam.

8. Shore Durometer

Gambar 3.6 merupakan alat yang digunakan untuk menguji kekuatan *hardness* material.



Gambar 3.6 Durometer Shore D

9. Alat *Shieving*

Gambar 3.7 merupakan alat *shieving* yang digunakan untuk menyeragamkan ukuran ampas tebu dan memisahkannya dari pengotor yang tidak diinginkan.



Gambar 3.7 Alat *Shieving*



10. Gerinda Duduk

Gambar 3.8 merupakan gerinda duduk yang digunakan dalam tahap *finishing* spesimen (proses perapihan spesimen uji).



Gambar 3.8 Gerinda Duduk

11. Alat Uji Bending

Gambar 3.9 merupakan alat untuk pengujian bending milik Laboratorium Inovasi material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.9 Alat Uji Bending

12. Alat Uji Tarik

Gambar 3.10 merupakan alat untuk pengujian tarik milik Laboratorium Inovasi material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.10 Alat Uji Tarik



3.3 Variabel Penelitian

Tabel 3.1 menunjukkan variabel penelitian yang akan digunakan pada penelitian yang akan dilakukan.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Komposisi PP/HDPE/AT	Pengujian						
	SEM	FTIR	Kekerasan	Bending	Tarik	Absorpsi Air	Densitas
0/50/30	V	V	V	V	V	V	V
15/55/30	-	-	V	V	V	V	V
25/45/30	-	-	V	V	V	V	V
35/35/30	V	V	V	V	V	V	V
45/25/30	-	-	V	V	V	V	V
70/0/30	V	V	V	V	V	V	V

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Persiapan Bahan

Pelaksanaan penelitian memerlukan persiapan bahan yang baik dan benar. Persiapan bahan dapat memengaruhi analisis pada produk dimana persiapan yang baik akan menghasilkan spesimen sesuai dengan yang diinginkan.

3.4.1.1 Pembuatan Serbuk Ampas tebu

1. Membersihkan dan mengeringkan serbuk ampas tebu.
2. Menumbuk ampas tebu yang sudah kering menggunakan alat penumbuk
3. Mengayak limbah ampas tebu dengan ukuran 60 mesh agar terpisah dengan pengotor yang mungkin tercampur
4. Merendam ampas tebu dalam larutan NaOH 5% selama 4 jam untuk menghilangkan lignin (proses delignifikasi)
5. Membersihkan ampas tebu dengan air bersih.
6. Mengeringkan ampas tebu dengan menggunakan oven dalam temperatur 90° C selama 6 jam



3.4.1.2 Pengolahan Sampah Plastik

1. Membersihkan sampah plastik PP dan HDPE dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan.
2. Mengeringkan sampah plastik PP dan HDPE dibawah sinar matahari agar kandungan air hilang.
3. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah plastik untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil sehingga mudah dalam proses pelelehan.

3.4.2 Pembuatan Komposit

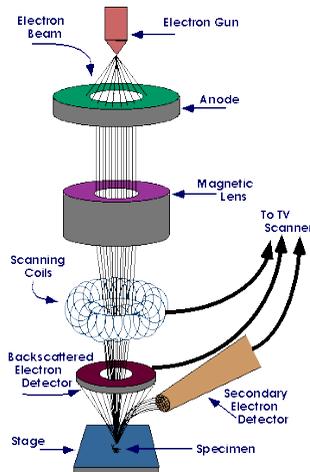
1. Pembuatan komposit dilakukan dengan menimbang berat dari sampah plastik (PP dan HDPE) sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
2. Kemudian menimbang berat dari serbuk ampas tebu sesuai dengan komposisi yang akan digunakan.
3. Sampah Plastik yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam panci untuk dipanaskan menggunakan panas dari kompor hingga menjadi fasa liquid, gunakan thermogun untuk mengetahui temperatur kerja.
4. Setelah semua bagian dari sampah plastik meleleh dan mencair, serbuk ampas tebu dimasukkan sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
5. Pengadukan campuran sampah plastik (PP dan HDPE) dan serbuk ampas tebu menggunakan spatula sampai seluruh campuran tercampur secara merata.
6. Setelah semua campuran tercampur secara merata, campuran sampah plastik (PP dan HDPE) dan serbuk ampas tebu yang telah menjadi komposit dituang ke dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan.
7. Komposit yang telah dituang kemudian ditekan dengan kayu dan didinginkan hingga semua bagian menjadi solid.
8. Spesimen dikeluarkan dari cetakan.



3.4.3 Proses Pengujian

3.4.3.1 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Scanning Electron Microscope adalah jenis mikroskop elektron yang memanfaatkan sinar elektron berenergi tinggi dalam pola raster scan sehingga dapat menampilkan gambar morfologi sampel. Cara kerja SEM adalah dengan menembakkan elektron dari *electron gun* lalu melewati *condensing lenses* dan pancaran elektron akan diperkuat dengan sebuah kumparan, setelah itu elektron akan difokuskan ke sampel oleh lensa objektif yang ada di bagian bawah. Pantulan elektron yang mengenai permukaan sampel akan ditangkap oleh *backscattered electron detector* dan *secondary electron detector* yang kemudian diterjemahkan dalam bentuk gambar pada display. Skema prinsip kerja SEM ditunjukkan pada Gambar 3.11



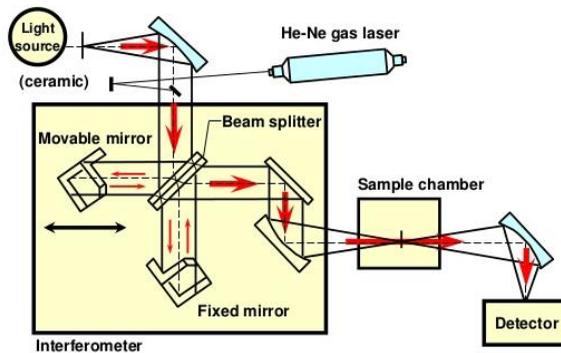
Gambar 3.11 Prinsip Kerja SEM

Pengujian ini memiliki fungsi untuk mengetahui morfologi, ukuran partikel, pori serta bentuk partikel material. Standar yang digunakan adalah ASTM E986. Mesin SEM yang

digunakan adalah Inspect S50. Sampel yang digunakan berupa lembaran yang dilengketkan pada *holder* dengan menggunakan selotip karbon *double tape*. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis *autofine-coater* JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20). Lalu, sampel dimasukkan dalam *specimen chamber* pada alat SEM.

3.4.3.2 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada komposit. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan polimer serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Berikut ini adalah skema dari mesin uji FTIR pada Gambar 3.12



Gambar 3.12 Prinsip Kerja FTIR

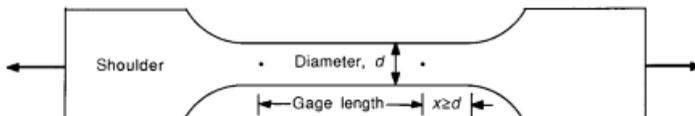
Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain



melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan ampliflier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah. Standar yang digunakan adalah ASTM E1252.

3.4.3.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan komposit PP/HDPE/Serbuk Ampas tebu untuk menerima beban *out-of-plane*. Salah satu cara untuk menganalisa kemampuan komposit tersebut yakni melalui uji tarik. Sistem mesin uji tarik bekerja dengan memberikan beban tarik secara konstan hingga spesimen mengalami failure. Standar yang digunakan adalah ASTM D638 Tipe I dengan panjang total 165 mm, *gauge length* 57 mm, dan ketebalan 7 mm. Spesimen uji tarik berbentuk plat dengan ukuran adalah sebagai berikut ditunjukkan pada gambar 3.9 :



Gambar 3.13 Dimensi Spesimen Uji Tarik



Tabel 3.2 Kriteria Dimensi Spesimen Uji Tarik (ASTM, 2010)

Dimensi	Tipe I (mm)	Tipe II (mm)	Tipe III (mm)	Tipe V (mm)	Toleransi (mm)
W	13	6	19	3.18	± 0.5
L	57	57	57	9.53	± 0.5
WO	19	19	29	9.53	± 6.4
LO	165	183	246	63.5	Min
G	50	50	50	7.62	± 0.25
D	115	135	115	25.4	± 5
R	76	76	76	12.7	± 1
T	≤ 7	≤ 7	7 – 14	≤ 4	-

Dari pengujian yang dilakukan akan didapatkan beban maksimum untuk mematahkan spesimen yang kemudian dimasukkan ke dalam persamaan berikut ini:

$$UTS = \frac{F}{A} \quad (3.1)$$

Keterangan:

UTS = *Ultimate Tensile Strength* (N/mm²)

P = Beban Maksimum (N)

A = Luas Patahan (mm²)

Gambar 3.14 merupakan proses pembuatan spesime uji tarik



Gambar 3.14 Proses pembuatan spesimen uji tarik (a) persiapan alat (b) *melting* (c) *mixing* (d) penuangan (e) solidifikasi

Gambar 3.15 merupakan spesimen yang dipakai dalam uji tarik





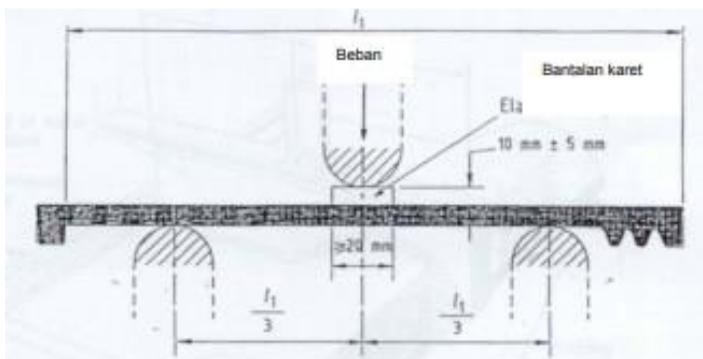
Gambar 3.15 Spesimen Uji Tarik

3.4.3.4 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan dari sampel komposit PP/HDPE/Serbuk ampas tebu. Dimensi spesimen dan prosedur yang dilakukan menggunakan sumber acuan standar ASTM D2240 - Durometer Hardness. Dimana ketebalan minimal sampel yaitu 6 mm. Durometer ini bekerja mengukur ketahanan material terhadap penetrasi indenter seperti jarum berpegas. Skala yang digunakan pada pengujian ini adalah dalam nilai Shore D.

3.4.3.5 Pengujian Beban Lentur

Pengujian kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode *threepoint bend*, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Laboratorium Farmasi di Jurusan Farmasi Universitas Airlangga. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM D-790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 127x12.7x3 mm seperti yang ditunjukkan pada gambar 3.15.





Gambar 3.16 Cara Uji Kekuatan Lentur

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3.2)$$

Keterangan :

σ_f = Kekuatan Lentur (MPa)

L = Support span (mm)

P = Beban patah (N)

b = lebar spesimen (mm)

d = tebal spesimen (mm)

Gambar 3.17 merupakan spesimen yang dipakai untuk uji beban lentur



Gambar 3.17 Spesimen Uji Bending



3.4.3.6 Pengujian Absorpsi Air

Pengujian *water absorbability* digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu material akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering, ketika material tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering ke dalam air selama 24 jam. Standar yang digunakan adalah ASTM D570.

$$\text{Water Absorbability} = \frac{A - B}{B} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

A = berat basah (gram)

B = berat kering (gram)

Proses pengujian nilai *water absorbability* mengacu pada ASTM D570 dimana dalam prosesnya spesimen direndam terlebih dahulu di dalam akuades selama 24 jam kemudian ditimbang untuk mengetahui berat basah dari spesimen yang ada. Setelah itu spesimen dilap menggunakan kain bagian permukaannya hingga kering dan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Kemudian data yang ada dimasukkan ke persamaan diatas untuk mengetahui nilai *Water absorbability*-nya.

Gambar 3.18 merupakan spesimen yang dipakai untuk uji absorpsi air



Gambar 3.18Spesimen Uji Absorpsi Air

3.4.3.7 Pengujian Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah. Untuk pengukuran densitas komposit menggunakan metode Archimedes mengacu pada standard ASTM D2395 dalam Murdock (1991) dan dihitung dengan persamaan:

$$\rho_{pc} = \frac{\text{massa}}{\text{Volume}} \quad (3.4)$$

Keterangan:

ρ_{pc} = densitas (gr/cm^3)



m_s = massa sampel kering (gr)
 m_g = massa sampel digantung didalam air
 m_k = massa kawat penggantung (gr)
 ρ air = densitas air = 1 (gr/cm^3).

Dalam proses pengujiannya spesimen ditimbang terlebih dahulu. Kemudian spesimen dimasukkan ke dalam akuades (berada di gelas beker di atas timbangan) dengan posisi digantung menggunakan benang. Posisi spesimen tidak boleh menyentuh dasar gelas. Setelah kita dapatkan massa spesimen yang menggantung tersebut kita dapat mengetahui volume spesimen yang ada dengan cara membaginya dengan massa jenis dari akuades. Setelah semuanya diketahui maka nilai densitas dapat dihitung menggunakan persamaan diatas. Akan tetapi nilai massa kawat penggantung (m_k) diabaikan karena nilainya yang terlalu kecil.



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

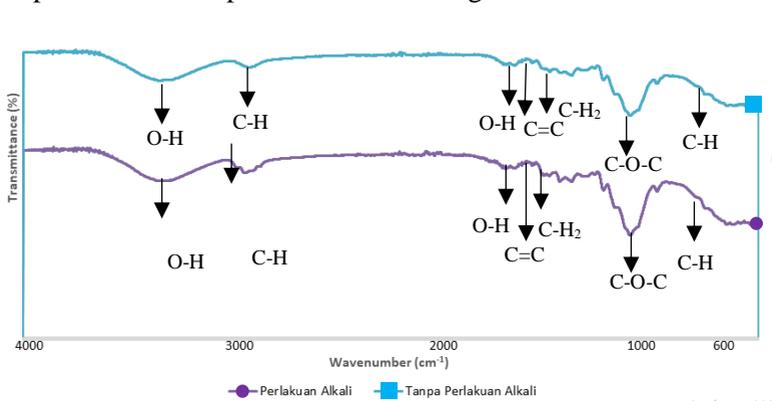
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji Karakterisasi *Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR)*

Analisis FTIR ini bertujuan untuk mengamati gugus fungsi serta ikatan kimia yang terbentuk pada material komposit PP dan HDPE berpenguat ampas tebu. Uji FTIR dilakukan pada sampel komposit dengan komposisi 70% HDPE 30% serbuk ampas tebu, 35% HDPE 35% PP 30% serbuk ampas tebu, dan 70% PP 30% serbuk ampas tebu.

4.1.1 Hasil Uji FTIR Serbuk Ampas Tebu

Gambar 4.1 merupakan grafik dari hasil ujit FTIR pada serbuk ampas tebu. Hasil puncak yang terbentuk pada grafik hasil FTIR tampak tidak terlalu berbeda antara serbuk ampas tebu sebelum proses alkalisasi dan setelah alkalisasi. Hal ini menunjukkan adanya sedikit perubahan struktural pada serbuk ampas tebu setelah proses alkalisasi dengan NaOH.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Uji FTIR pada Serbuk Ampas Tebu



Pengujian FTIR pada serbuk ampas tebu yang telah dialkalisasi bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung pada serat setelah dilakukan proses alkalisasi. Proses alkalisasi merupakan salah satu metode yang bertujuan untuk menghilangkan komponen pengisi serat yang mengganggu dalam menentukan ikatan serta kekuatan antar muka yaitu lignin. Adanya lignin akan menyebabkan matriks dan serat tidak memiliki interface yang baik. Oleh karena itu proses alkalisasi diperlukan untuk memperbaiki sifat permukaan dan menghilangkan lignin tersebut.

Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serbuk Ampas Tebu

Daerah Serapan		Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
<i>Non Alkali Treated</i>	<i>Alkali Treated</i>	
3334,71	3335,23	O-H <i>stretching</i>
2890,41	2915,84	C-H <i>stretching alifatic</i>
1637,04	-	C=O <i>stretching</i>
1596,15	1595,72	O-H deformasi
1508,18	1508,16	C=C <i>stretching (Aromatic)</i>
1420,83	1424,83	-CH ₂ deformasi
1316,03	1315,70	C-O-C <i>stretching</i>
896,85	820,5	C-H deformasi

Tabel 4.1 menunjukkan hasil karakterisasi FTIR serbuk ampas tebus yang telah dialkalisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa serbuk ampas tebu alkalisasi terdapat ikatan O-H *stretching* pada puncak gelombang 3335,23 cm⁻¹, C-H *stretching* pada puncak gelombang 2915,84 cm⁻¹, O-H deformasi pada puncak



gelombang $1595,72 \text{ cm}^{-1}$, C=C *stretching* pada puncak gelombang $1596,72 \text{ cm}^{-1}$, CH₂ defromasi pada puncak gelombang $1265,1 \text{ cm}^{-1}$. Tidak adanya gugus karbonil tak terkonjugasi (C=O) dan gugus C-H asimetrik deformasi pada serbuk kayu hasil alkalisasi menunjukkan bahwa kandungan lignin ampas tebu telah berkurang sedikit (Ahmed, 2015)

Perlakuan alkalisasi mengurangi ikatan hidrogen karena gugus hidroksil bereaksi dengan NaOH. Hal ini menyebabkan meningkatnya konsentrasi O-H jika dibandingkan serat sebelum perlakuan (Lojeswa, 2005) seperti ditunjukkan pada Gambar 4.1. Ikatan O-H deformasi pada daerah serapan sekitar $1596,15 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan penyerapan air oleh selulosa (Lojewska, 2005).

Lignin (C₉H₁₀O₂(OCH₃)_n) bereaksi dengan larutan NaOH (sodium hidroksida) yang terdisosiasi menjadi ion Na⁺ dan OH⁻. Ion OH dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Diharjo (2005), perlakuan alkali (5% NaOH) serat kenaf dapat membersihkan lapisan lilin (lignin dan kotoran) pada permukaan serat sehingga menghasilkan *mechanical interlocking* antara serat dengan matrik poliester. Namun dari kedua hasil pengujian tersebut, hanya terjadi sedikit perubahan dan masih adanya gugus C-H deformasi pada serbuk ampas tebu setelah alkalisasi, yang menunjukkan hasil alkalisasi dari serbuk ampas tebu tidak terjadi secara efektif. Kurang efektifnya proses alkalisasi pada serbuk ampas tebu ini bisa terjadi karena kurang tingginya temperature yang dipakai saat mengeringkan serbuk ampas tebu setelah di alkalisasi atau karena pemakaian NaOH yang kurang efektif untuk melarutkan lignin pada serbuk ampas tebu.

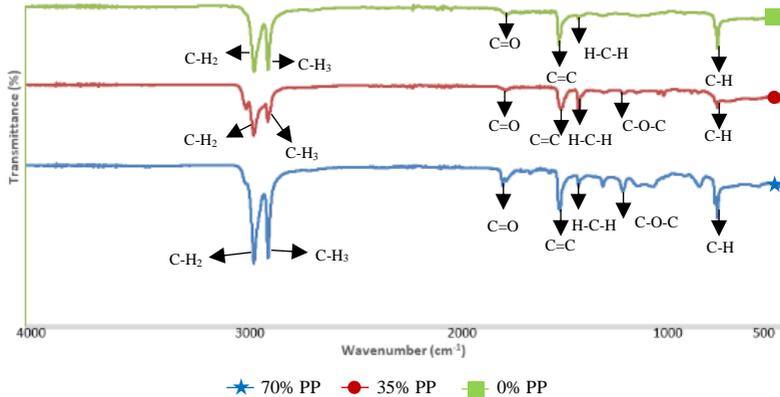


4.1.2 Hasil Uji FTIR Komposit Serbuk Ampas Tebu/PP/HDPE

Gambar 4.2 merupakan gambar hasil karakterisasi FTIR untuk komposit dengan komposisi 30% serbuk ampas tebu dengan variasi matriks 70% HDPE, 35% HDPE 35% PP, dan 70% PP.

Pada Gambar 4.2 tersebut didapatkan bahwa grafik sampel dengan komposisi 35% PP 35% HDPE 30% Ampas Tebu menunjukkan ikatan CH_3 *stretching* dan CH_2 *stretching* pada puncak gelombang 2949,95 dan 2848,86, ikatan $\text{C}=\text{O}$ *stretching* pada panjang gelombang 1718,69, ikatan $\text{C}=\text{C}$ *stretching* aromatik pada 1459,86, ikatan $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ bending pada 1375,71 ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ *stretching* pada 1166,26, ikatan $\text{C}=\text{C}-\text{H}$ deformasi pada 997,36 serta $\text{C}-\text{H}$ deformasi pada 717,46. Pada hasil FTIR komposit dengan komposisi 70% HDPE 30% Ampas Tebu menunjukkan ikatan CH_3 *stretching* dan CH_2 *stretching* pada puncak gelombang 2914,03 dan 2847,55, ikatan $\text{C}=\text{O}$ *stretching* pada panjang gelombang 1718,53, ikatan $\text{C}=\text{C}$ *stretching* aromatik pada 1471,24, ikatan $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ bending pada 1376,15, dan ikatan $\text{C}-\text{H}$ deformasi pada panjang gelombang 716,88.

Sedangkan karakterisasi FTIR pada komposit dengan komposisi 70% PP 30% Ampas Tebu menunjukkan adanya ikatan CH_3 *stretching* dan CH_2 *stretching* pada puncak gelombang 2914,67 dan 2847,47, ikatan $\text{C}=\text{C}$ *stretching* pada 1471,67, ikatan $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ bending pada 1375,64, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ *stretching* pada 1167,00, dan ikatan $\text{C}-\text{H}$ deformasi pada panjang gelombang 729,84.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Uji FTIR Komposit Ampas Tebu/PP/HDPE

Berdasarkan **Tabel 4.2**, dapat kita lihat bahwa pada 3 komposisi komposit yang berbeda secara garis besar memiliki gelombang yang relatif sama dan juga intensitas dalam range yang sama CH_3 dan CH_2 pada peak dengan range 2850-2970 memiliki intensitas yang kuat, untuk ikatan $\text{C}=\text{O}$ memiliki peak dengan range 1690-1760 memiliki intensitas yang kuat, untuk ikatan $\text{C}=\text{C}$ memiliki peak dengan range 1500-1600 dengan intensitas berubah-ubah. Dalam 70% PP ikatan. Perbedaan puncak intensitas pada 70% PP dan 0% PP disebabkan karena konsentrasi yang ada pada komposit tersebut, 0% PP memiliki puncak intensitas yang lebih rendah karena mengandung konsentrasi HDPE, sedangkan pada 70% PP memiliki puncak intensitas yang lebih tinggi karena mengandung konsentrasi PP (Mellisa, 2010). Hal ini juga mengindikasikan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara PP, HDPE, dan Serbuk ampas tebu (Astrut., 2016).



Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah Komposit Ampas Tebu/PP/HDPE

Daerah Serapan			Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
0% PP	35% PP	70% PP	
2914,03	2949,95	2914,67	CH ₃ <i>stretching</i> CH ₂ <i>stretching</i>
2847,55	2848,86	2847,47	CH ₃ <i>stretching</i> CH ₂ <i>stretching</i>
1718,53	1718,69	1735,60	C=O <i>stretching</i>
1471,24	1459,86	1471,67	C=C <i>stretching</i> Aromatic
1376,15	1375,71	1375,64	H-C-H bending
1257,88	1255,91	1260,59	C=C <i>stretching</i> Aromatic
1097,91	1166,26	1167,00	C-O-C <i>stretching</i>
-	997,36	-	C=C-H deformasi
716,88	717,46	729,84	C-H defromasi

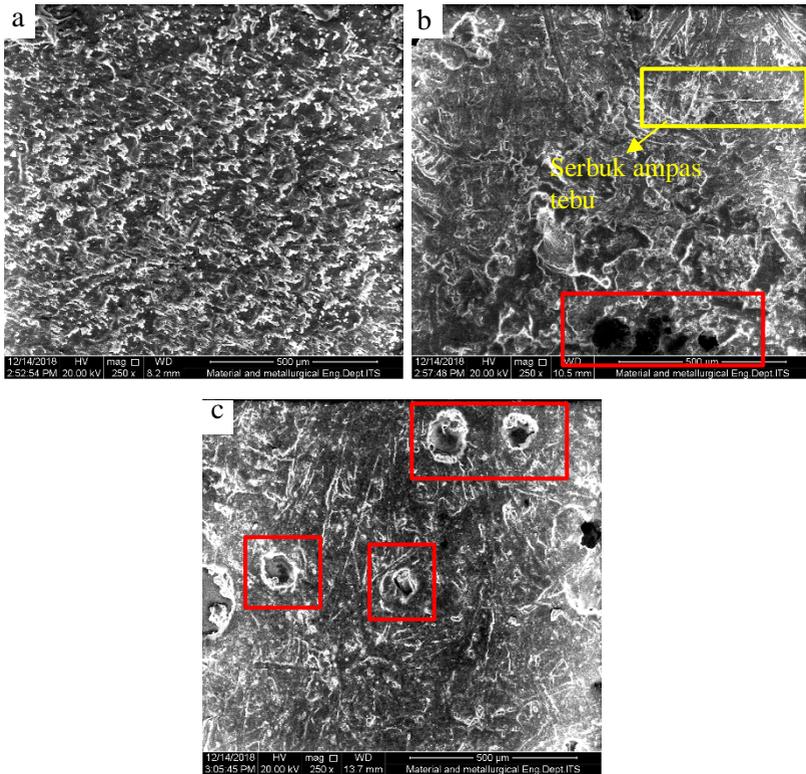
4.2 Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pengujian *Scanning Electron Miscroscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa morfologi dari komposit yang dibentuk. Pengujian SEM dilakukan di Laboratorium Karakterisasi, Departemen Teknik Material, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat perbedaan morfologi sampel dengan komposisi 30% ampas tebu dengan variasi matriks (a) 0% PP 70% HDPE (b) 35% PP 35% HDPE (c) 70% PP 0% HDPE pada perbesaran 250x. Sampel (a) yang merupakan



komposit dengan komposisi 70% HDPE 30% serbuk ampas tebu tampak lebih rata dan halus. Hal ini menunjukkan bahwa matriks HDPE dan *filler* serbuk ampas tebu tercampur dengan baik. Selain itu permukaan yang halus ini juga mengindikasikan bahwa kompatibilitas antara HDPE dan serbuk ampas tebu baik. Minimnya serbuk ampas tebu yang keluar dari permukaan matriks HDPE juga mengindikasikan bahwa *interfacial bonding* yang baik antara serbuk ampas tebu dengan matriks HDPE (Atuanya, 2011). Sedangkan pada sampel komposit dengan komposisi 35% HDPE 35% PP 30% serbuk ampas tebu (b) dan pada sampel komposit dengan komposisi 70% PP 30% serbuk ampas tebu (c) tampak adanya beberapa pori (ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah). Pori ini timbul akibat rendahnya kompatibilitas antara HDPE dengan PP serta perbedaan sifat polaritas antara *filler* serbuk ampas tebu dengan matriks HDPE ataupun PP (Rohman, 2017).



Gambar 4.3 Hasil SEM Komposit dengan 30% serbuk ampas tebu (a) 70% HDPE (b) 35% HDPE 35% PP (c) 70% PP

4.3 Hasil Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan untuk mengetahui massa jenis dari komposit yang dibuat dengan cara menghitung massa dan volume dari masing-masing spesimen. Pengujian densitas dilakukan dengan alat timbangan digital dan kelengkapannya di Laboratorium Material Inovatif Departemen Teknik Material, Fakultas Tknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

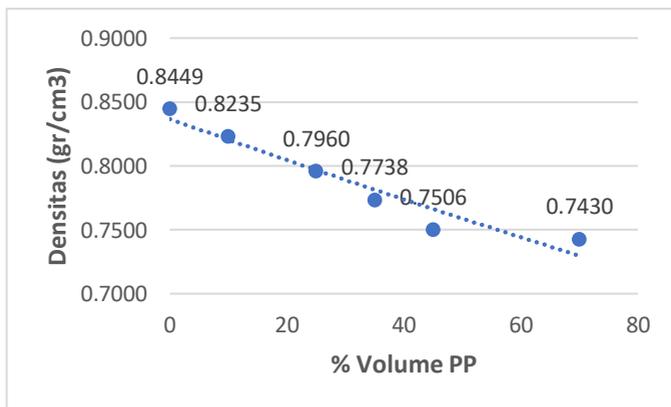


Hasil uji densitas ditunjukkan pada **Tabel 4.3**.

Tabel 4.3 Hasil Uji Densitas

No	Matriks (%)		Agregat Ampas Tebu (%)	Densitas (gr/cm ³)
	PP	HDPE		
1	0	70	30	0,8449
2	10	60	30	0,8235
3	25	45	30	0,7960
4	35	35	30	0,7738
5	45	25	30	0,7506
6	70	0	30	0,7430

Tabel 4.3 tersebut menunjukkan nilai massa jenis dari material komposit yang dibentuk dengan komposisi matriks PP dan HDPE berpenguat ampas tebu. Hasil pengujian densitas tersebut menunjukkan massa jenis paling tinggi didapatkan pada komposisi 1 dengan komposisi 70% HDPE dan 30% ampas tebu dengan nilai massa jenis sebesar 0,8449 g/cm³. Sedangkan massa jenis paling kecil didapatkan pada komposisi 6 dengan komposisi 70% PP dan 30% ampas tebu dengan nilai massa jenis sebesar 0,7430 g/cm³.



Gambar 4.4 Grafik Hasil Uji Densitas



Gambar 4.4 menunjukkan nilai densitas dari komposit dengan matriks PP dan HDPE berpenguat ampas tebu dalam grafik. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan PP dan berkurangnya HDPE cenderung menurunkan nilai massa jenis dari material komposit yang dibentuk.

Massa jenis akan turun seiring dengan bertambahnya PP. Hal ini dikarenakan massa jenis PP lebih rendah dibandingkan dengan HDPE. Massa jenis PP bernilai $0,92 \text{ g/cm}^3$, massa jenis HDPE bernilai $0,94 \text{ g/cm}^3$ sedangkan massa jenis ampas tebu bernilai $0,12 \text{ g/cm}^3$ namun komposisi ampas tebu disini tetap sehingga tidak mempengaruhi penurunan massa jenis pada komposit. Dengan begitu maka penambahan PP yang memiliki massa jenis yang lebih rendah dari HDPE berpengaruh besar terhadap penurunan densitas (Chand, 2006). Nilai densitas aktual memiliki tren turun sudah sesuai dengan nilai densitas teoritis. Namun nilai densitas aktual sedikit lebih tinggi dibandingkan dengan nilai densitas teoritis.

Mengacu pada SNI 03-2105-2006 yaitu standar untuk syarat mutu papan partikel, seluruh variasi komposisi material komposit yang dibentuk sudah sangat memenuhi standar yang ada, karena nilai massa jenisnya sudah termasuk dalam syarat yang dibutuhkan yaitu diantara $0,4-0,9 \text{ g/cm}^3$.

4.4 Hasil Uji Water Absorbability

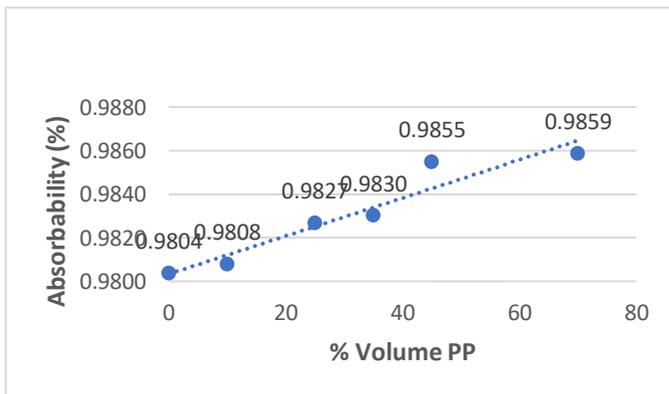
Pengujian fisik ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari material komposit yang terbentuk. Dari hasil pengujian absorpsi air yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada **tabel 4.4**.



Tabel 4.4 Hasil Uji Absorpsi Air

No	Matriks (%)		Filler (%)	Nilai Absorpsi Air (%)
	PP	HDPE		
1	0	70	30	0,9804
2	10	60	30	0,9808
3	25	45	30	0,9827
4	35	35	30	0,9830
5	45	25	30	0,9855
6	70	0	30	0,9859

Berdasarkan **Tabel 4.4** tersebut menunjukkan nilai uji absorpsi air dari material komposit yang dibentuk dalam bentuk persentase (%). Dari hasil pengujian dapat dilihat bahwa komposisi matriks PP dan HDPE dapat mempengaruhi nilai absorpsi air dari komposit. Nilai absorpsi air paling besar terdapat pada komposisi 6 dengan komposisi 70% PP dan 30% ampas tebu dengan nilai absorpsi air 0,9859%. Sedangkan nilai absorpsi air paling kecil terdapat pada komposisi 1 dengan komposisi 70% PP dan 30% ampas tebu dengan nilai absorpsi air sebesar 0,9804%.



Gambar 4.5 Grafik Hasil Pengujian Absorpsi Air



Gambar 4.5 menunjukkan nilai absorpsi air dari komposit dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa dengan penambahan matriks PP dan berkurangnya HDPE dapat menaikkan nilai absorpsi air.

Kenaikan nilai absorpsi air ini diakibatkan oleh karakteristik polimer PP yang mengisi pori antar partikel ampas tebu (Asthana, 2004). Selain itu nilai absorpsi air dipengaruhi juga oleh sifat alami dari polimer yang hidrofobik (Justnes, Harald). Kenaikan nilai absorpsi air ini dipengaruhi oleh penambahan PP yang memiliki nilai absorpsi air sebesar 0,01-0,1% (ASTM D570). Sedangkan HDPE memiliki nilai water absorpsi air sebesar 0,005-0,01% (ASTM D570). Sehingga penambahan PP dan berkurangnya HDPE akan menaikkan nilai absorpsi air dari komposit.

Faktor lain yang turut mempengaruhi nilai *water absorbability* komposit ialah porositas yang terbentuk. Berdasarkan hasil uji SEM, komposit dengan komposisi 35% PP dan 35 HDPE dan komposisi 70% PP memiliki porositas sedangkan pada komposisi 70% HDPE tidak terjadi porositas. Besarnya porositas dalam material komposit yang terbentuk akan menyebabkan % *absorbability* terhadap air juga meningkat (Shohana, 2015)

Nilai absorpsi air yang kecil sangat menguntungkan untuk aplikasi papan partikel karena dapat mengurangi risiko kerusakan yang disebabkan oleh air ke papan partikel seperti retakan dan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan.

Mengacu pada SNI 03-2105-2006 yaitu standar untuk syarat mutu papan partikel, seluruh variasi komposisi material komposit yang dibentuk sudah sangat memenuhi standar yang ada, yaitu nilai absorpsi airnya kurang dari 14%.

4.5 Hasil Uji Kekerasan (*Hardness*)

Pengujian kekerasan yang dilakukan bertujuan untuk mengetahui kekerasan pada surface dari komposit yang terbuat dari matriks PP dan HDPE berpenguat ampas tebu. Dari hasil uji

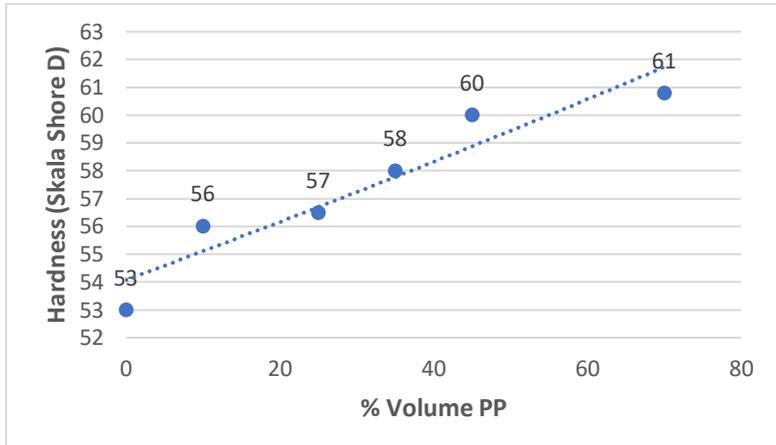


kekerasan yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada **Tabel 4.5**.

Tabel 4.5 Hasil Uji Kekerasan

No	Matriks (%)		Ampas Tebu (%)	Shore D
	PP	HDPE		
1	0	70	30	53
2	10	60	30	56
3	25	45	30	56,5
4	35	35	30	58
5	45	25	30	60
6	70	0	30	60,8

Tabel 4.5 tersebut menunjukkan nilai kekerasan dari material komposit dengan matriks PP dan HDPE berpenguat ampas tebu. Dari hasil pengujian didapatkan hasil bahwa paduan komposisi matriks PP dan HDPE dalam komposit, mempengaruhi nilai kekerasan. Nilai kekerasan komposit paling tinggi didapatkan pada komposisi 70% PP dan 30% ampas tebu dengan nilai kekerasan sebesar 60,8 skala Shore D. Sedangkan nilai kekerasan komposit paling rendah didapatkan pada komposisi 1 dengan komposisi 70% HDPE dan 30% ampas tebu dengan nilai kekerasan sebesar 53 skala Shore D.



Gambar 4.6 Grafik Hasil Uji Kekerasan

Gambar 4.6 menunjukkan nilai hasil uji kekerasan dari komposit dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa kekerasan akan naik seiring dengan bertambahnya persentase PP. Hal ini dikarenakan nilai kekerasan PP lebih besar dari nilai kekerasan HDPE (Zadit, 2017).

4.6 Hasil Uji Bending

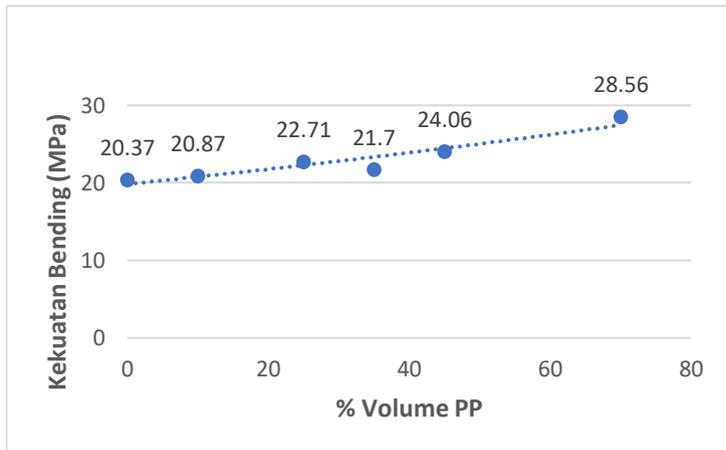
Pengujian bending dilakukan untuk mengetahui kekakuan dari komposit yang sudah dibentuk ketika dibengkokkan. Hasil uji bending ditunjukkan pada **Tabel 4.6**.



Tabel 4.6 Hasil Uji Bending

No	Matriks (%)		Agregat Ampas Tebu (%)	Kekuatan Bending (MPa)
	PP	HDPE		
1	0	70	30	20,37
2	10	60	30	20,87
3	25	45	30	22,71
4	35	35	30	26,12
5	45	25	30	24,06
6	70	0	30	28,56

Tabel 4.6 tersebut menunjukkan nilai kekuatan bending dari material komposit yang dibentuk dengan komposisi matriks PP dan HDPE berpenguat ampas tebu. Hasil pengujian kekuatan bending tersebut menunjukkan nilai kekuatan bending paling tinggi didapatkan pada komposisi 6 dengan komposisi 70% PP dan 30% ampas tebu dengan nilai kekuatan bending sebesar 28,56 MPa . Sedangkan nilai kekuatan bending paling kecil didapatkan pada komposisi 1 dengan komposisi 70% HDPE dan 30% ampas tebu dengan nilai kekuatan bending sebesar 20,37 MPa .



Gambar 4.7 Grafik Hasil Uji Bending



Gambar 4.7 menunjukkan kekuatan uji bending dari komposit yang dibentuk dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan PP dan berkurangnya HDPE cenderung menurunkan nilai kekuatan uji bending dari material komposit yang dibentuk.

Kekuatan uji bending akan naik seiring dengan bertambahnya PP. Hal ini dikarenakan nilai flexural strength PP sedikit lebih tinggi dari HDPE (Modern Plastic Encyclopedia, 1998). Namun pada komposisi 4 diperoleh nilai kekuatan bending yang justru menurun meskipun fraksi volume dari PP meningkat. Hal ini diakibatkan adanya void/rongga pada komposisi tersebut. Sebagaimana dapat diamati pada hasil karakterisasi SEM pada Gambar 4.7 dimana sampel dengan komposisi 35% PP dan 35% HDPE memperlihatkan surface yang kurang baik dan ditemukan beberapa void pada hasil karakterisasi di sampel tersebut.

Void atau rongga yang terdapat pada spesimen akan menyebabkan initial crack, sebab terjadi konsentrasi tegangan saat komposit diberi pembebanan. Hal tersebut tentu mengakibatkan nilai kekuatan mekanik dari komposit akan menurun (Dhidhit, 2014).

Mengacu pada SNI 03-2105-2006 yaitu standar untuk syarat mutu papan partikel, seluruh variasi komposisi material komposit yang dibentuk sudah sangat memenuhi standar yang ada, karena nilai kekuatan bendungnya sudah termasuk dalam syarat yang dibutuhkan yaitu lebih dari 8,2 MPa (82 kgf/cm²).

4.7 Hasil Uji Tarik

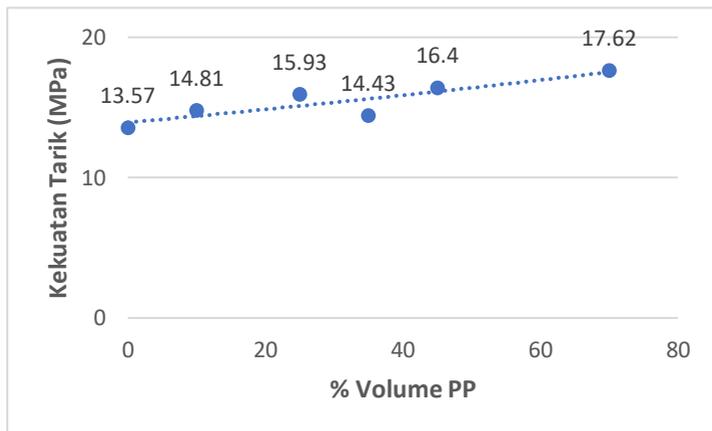
Pengujian Tarik diperlukan untuk mengetahui nilai kuat tarik komposit yang dibentuk.. Hasil uji tarik ditunjukkan pada **Tabel 4.7**.



Tabel 4.7 Hasil Uji Tarik

No	Matriks (%)		Agregat Ampas Tebu (%)	Kekuatan Tarik (MPa)
	PP	HDPE		
1	0	70	30	13,57
2	10	60	30	14,81
3	25	45	30	15,93
4	35	35	30	14,43
5	45	25	30	16,4
6	70	0	30	17,62

Tabel 4.7 tersebut menunjukkan nilai kekuatan tarik dari material komposit yang dibentuk dengan komposisi matriks PP dan HDPE berpenguat ampas tebu. Hasil pengujian kekuatan tarik tersebut menunjukkan nilai kekuatan tarik paling tinggi didapatkan pada komposisi 6 dengan komposisi 70% HDPE dan 30% ampas tebu dengan nilai kekuatan tarik sebesar 17,62 MPa. Sedangkan nilai kekuatan tarik paling kecil didapatkan pada komposisi 1 dengan komposisi 70% PP dan 30% ampas tebu dengan nilai kekuatan tarik sebesar 13,57 MPa.



Gambar 4.8 Grafik Hasil Uji Tensile



Gambar 4.8 menunjukkan kekuatan uji tarik dari komposit yang dibentuk dalam bentuk grafik. Dari grafik tersebut menunjukkan bahwa penambahan PP dan berkurangnya HDPE cenderung menaikkan nilai kekuatan uji tarik dari material komposit yang dibentuk.

Kekuatan uji tarik akan naik seiring dengan bertambahnya PP. Hal ini dikarenakan nilai uji tarik PP lebih tinggi dari HDPE (Material Property Data). Agregat filler yang tetap 30%, sehingga filler tidak terlalu banyak mempengaruhi nilai kekuatan uji tarik namun filler ditambahkan ke dalam matriks dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat mekanis plastik melalui penyebaran tekanan yang efektif di antara serat dan matriks (Han, 1990). Namun pada komposisi 4 diperoleh nilai kekuatan bending yang justru menurun meskipun fraksi volume dari PP meningkat. Hal ini serupa dengan kasus pada bending yaitu diakibatkan adanya void/rongga pada komposisi tersebut. Sebagaimana dapat diamati pada hasil karakterisasi SEM pada Gambar 4.7 dimana sampel dengan komposisi 35% PP dan 35% HDPE memperlihatkan surface yang kurang baik dan ditemukan beberapa void pada hasil karakterisasi di sampel tersebut.

Mengacu pada SNI 03-2105-2006 yaitu standar untuk syarat mutu papan partikel, seluruh variasi komposisi material komposit yang dibentuk sudah sangat memenuhi standar yang ada, karena nilai kekuatan uji tariknya sudah termasuk dalam syarat yang dibutuhkan yaitu lebih dari 0,14 MPa ($1,5 \text{ kgf/cm}^2$).

Jadi, dari hasil semua pengujian, didapatkan bahwa semua variasi komposisi sudah memenuhi standar papan partikel yang dibutuhkan yang ada dalam SNI 03-2105-2006. Lebih lengkapnya dapat dilihat pada **Tabel 4.8** dibawah ini.



Tabel 4.8 Perbandingan Hasil Uji dengan SNI

	SNI	1	2	3	4	5	6
Densitas (g/cm ³)	0,4- 0,9	0,8449	0,8235	0,7960	0,7738	0,7506	0,7430
Water absorpsi (%)	<14	0,9804	0,9808	0,9827	0,9830	0,9855	0,9859
Kekuatan lentur (MPa)	>8,2	20,37	20,87	22,71	26,12	24,06	28,56
Kekuatan tarik (MPa)	>0,14	13,57	14,81	15,93	14,43	16,4	17,62



(Halaman Ini Sengaja Dikosongkan)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan :

1. Pengaruh komposisi *binder thermoplastic* PP dan HDPE terhadap sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran PP/HDPE/Ampas Tebu adalah sebagai berikut:
Penambahan komposisi *binder* PP dan berkurangnya HDPE akan mengakibatkan meningkatnya nilai kuat tarik, *flexural strength*, dan kekerasan dari komposit..
2. Pengaruh komposisi *binder thermoplastic* PP dan HDPE terhadap sifat fisis komposit yang terbuat dari campuran PP/HDPE/Ampas tebu adalah sebagai berikut
 - a. Penambahan komposisi *binder* PP dan berkurangnya HDPE akan mengakibatkan meningkatnya nilai penyerapan air.
 - b. Penambahan komposisi *binder* PP dan berkurangnya HDPE akan mengakibatkan menurunnya nilai densitas dari komposit.
3. Variasi komposisi komposit PP/HDPE/Ampas tebu yang dapat diaplikasikan dan memenuhi standar mutu sebagai papan partikel yaitu:
Semua variasi komposisi sudah memenuhi semua standar SNI yang dibutuhkan untuk papan partikel, dan komposisi yang paling optimal ialah komposit dengan variasi 70% PP dan 30% serbuk ampas tebu.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya agar mendapatkan hasil yang lebih baik antara lain:



-
1. Penggunaan partikel serbuk ampas tebu dengan ukuran yang lebih kecil dan homogen untuk memperkecil terbentuknya rongga/*void* pada komposit yang dihasilkan.
 2. Diperlukan penelitian lanjutan untuk *curing time* dari komposit untuk dipertimbangkan kekuatan dan efektivitasnya pada aplikasi material bangunan.
 3. Penambahan *coupling agent* untuk memperbaiki campuran PP/HDPE sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik material komposit.
 4. Diperlukan penelitian proses manufaktur komposit yang lebih cepat dan efisien dalam pembuatan spesimen maupun untuk produksi massal.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S. S. 1989. *Kimia Kayu*. Diktat PAU Ilmu Hayati Industri Pertanian Bogor
- Appiah, J.K. 2017. *Use of Waste Plastic Materials for Road Construction in Ghana. Case Studies in Construction Materials* 6, 1-7.
- Araujo, Luciana Maria Guadagnini, dan Ana Rita Morales. 2018. *Compatibilization of recycled polypropylene and recycled poly (ethylene terephthalate) blends with SEBS-g-MA*. Brazil: Department of Materials Engineering and Bioprocess, School of Chemical Engineering, Universidade Estadual de Campinas
- ASTM D790. *Standard test methods for flexural properties of unreinforced and reinforced plastics and electrical insulating materials*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- Bierley, A. 1988. *Plastic Materials Properties and Applications*. New York: Chapman and Hall Publishing.
- Billmeyer, F.W. 1984. *Textbook of Polymer Science*. Third Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Brazel, C.S. dan Stephen L.B. 2012. *Fundamental Principles of Polymeric Materials Third Edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Callister, William D, Jr. 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction 8th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell, F.C. 2010. *Structural Composite Materials* .ASM Internasional Copyright.
- D. Hull, T. W. Clyne. 1996. *An Introduction to Composite Materials*. London : Cambridge University Press.
- Davies Molding. 2014. *The Thermoset Difference: Thermoset vs. Thermoplastic*.
- Fathanah, Umi. 2011. *Kualitas Papan Komposit dari Sekam Padi dan Plastik HDPE DaurUlang Menggunakan Maleic*

- Anhydride (MAH) sebagai Compatibilizer*. Banda Aceh: Universitas Syiah Kuala.
- Fengel, D. 1995. Kayu: Kimia, Ultrastruktur, *Reaksi reaksi*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Fратиwi, Anggun Astrian. 2015. *Pemanfaatan Serat Pelepah Daun Pinang (Areca Catechu) Dan Matriks Recycled Polypropylene (Rpp) Sebagai Bahan Baku Pembuatan Komposit Dengan Variasi Massa*. Other thesis, Politeknik Negeri Sriwijaya.
- Gaylord, M.W. 1974. *Reinforced Plastics: Theory and Practice*. Boston: Cahners Books
- Gibson, R.F.. 1994. *Principles of Composite Material Mechanics*. New York: McGraw-Hill Book Co.
- Harsono, H. 2002. *Pembuatan Silika Amorf dari Limbah Sekam Padi*. Jurnal Ilmu Dasar. 3 (2): 98 -103.
- Haryadi. 2006. *Teknologi Pengolahan Beras*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Helena, Melda, Baharudin, Ahmad Fadli. 2014. *Pengaruh Kadar Filler Abu Sawit (Ukuran Direduksi) Dan Temperatur Pencampuran Terhadap Morfologi Dan Sifat Komposit Polipropilen/Karet Alam*. Pekanbaru: Fakultas Teknik Universitas Riau.
- Houston, D.F. 1972. *Rice Chemistry and Technology*. St. Paul, Minnesota: American Association Of Cereal Chemist Inc.
- James P. Casey. 1952. *Pulp and Paper*. 2nd ed. New York: Interscience Publisher
- Jankauskaite, Virginija dan Ramunas Lygaitis. 2008. *Polyethylene Terephthalate Waste Recycling and Application Possibilities: a Review*. Lithuania: Kaunas University of Technology.
- Januastuti, Lia. 2015. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Sorbitol*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya

- Jenna, R. Jambeck. 2015. *Plastic waste inputs from land into the ocean*. University of Georgia.
- Jung, Melissa. R. 2018. *Validation of ATR FT-IR to Identify Polymers of Plastic Marine Debris, Including Those Ingested by Organisms*. Marine Pollution Bulletin
- K. van Rijswijk. 2001. *Natural Fibre Composites Structures and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology
- Karmarkar, Ajay. 2007. *Mechanical Properties of Wood-Fiber Reinforced Polypropylene Composites: Effect of A Novel Compatibilizer with Isocyanate Functional Group Vol.38*. India: Institute of Wood Science and Technology
- Kurniawan, Oswan dan Maryono. 2008. *Superkarbon Bahan Bakar Alternatif Pengganti Minyak Tanah dan Gas*. Jakarta: Penebar Swadaya
- Lebow S.2004.*Alternatives to chromated copper arsenate for residential construction forest service*. Forest Product Laboratory
- Martawijaya, A. 1981. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I*. Balai Penelitian Hasil Hutan. Bogor
- Matthews, L.F. 1993. *Composite Materials Engineering and Science*. London : Chapman & Hall.
- Maloney, T.M. 1993. *Modern Particle Board and Dry Process Fiberboard Manufacturing*. USA: Miller Freeman Publication, Inc.
- Margolis, J. M. 2006. *Engineering Plastics Handbook*. Montreal, Province of Quebec, Canada: McGraw-Hill.
- Nayiroh, Nurun. 2013. *Teknologi Material Komposit*. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Nugroho Panji, 2013. *Panduan Membuat Kompos Cair*. Jakarta: Pustaka baru Press.
- Oksman, K., Skrifvars, M., dan Selin, J. F. 2003. *Natural Fibers as Reinforcement in Polyactic Acid (PLA) Composites*. Composites Science and Technology

- Permatasari, H. R. Gulo F. & Lesmini, B. 2013. *Pengaruh Konsentrasi H₂SO₄ dan NaOH Terhadap Delignifikasi Serbuk Bambu (Gigantochloa Apus)*. PP. 131-140.
- Plastics Europe. 2017. *Plastics – The Facts 2017*. Brussels
- Pramiati Purwaningrum. 2016. *Upaya Mengurangi Timbunan Sampah Plastik Di Lingkungan*. Jakarta : Jurusan Teknik
- S, Oza. 2010. *Thermal and Mechanical Properties of Recycled High Density Polyethylene /Hemp Fiber Composite*, USA: University City Blvd Charlotte
- Sahid, M.N dan Soharto I. 2010. *Analisa Perbandingan Produktivitas Kerja Pada Pekerjaan Bata Konvensional dengan Dinding Balok Hebel*. Simposium Nasional. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Sarkanen, K.V., 1987. *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions.*, University of Washington: Seattle, Washington
- Setyawati D. 2003. *Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropilen Daur Ulang*. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Shubhra, Quazi TH, A. K. M. M. Alam, dan M. A. Quaiyyum. 2011. *Mechanical properties of polypropylene composites: A review*. Journal of thermoplastic composite materials.
- Sidik, Rohman. 2018. *Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene Dan Low Density Polyethylene Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Wood Plastic Composite Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel. Badan Standarisasi Nasional.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya: ITS Press.
- Surono, Budi Untoro dan Ismanto. 2016. *Pengolahan Sampah Plastik Jenis PP, PET dan PE Menjadi Bahan Bakar*

- Minyak dan Karakteristiknya*. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Thomas, D. S., Montagu K. D., dan Conroy J. P. 2007. *Temperature Effects on Wood Anatomy, Wood Density, Photosynthesis and Biomass Partitioning of Eucalyptus Grandis Seedlings*. Kanada: Heron Publishing
- Vychopnova, J.. 2007. *Morphology Variations of Polypropylene*. Formatex.
- Widyatmaja, Dhidhit Wahyu. 2014. *Pengaruh Pencampuran Terhadap Kekuatan Tarik dan Fracture Toughness Epoxy Resin-Organoclay Montmorillonite Nanokomposit*. MEKANIKA Volume 12 Nomor 2.
- Wessel, J. K. 2004. *Handbook of Advanced Materials*. John Wiley & Sons.

LAMPIRAN

Perhitungan Kekerasan

Variabel (%PP)		Nilai Hardness	Rata-rata	Standar Deviasi
0	A	53	53	1
	B	53		
	C	54		
10	A	54	56	2,081
	B	57		
	C	56		
20	A	58,5	56,5	2,291
	B	57		
	C	54		
25	A	53	58	4,769
	B	58,5		
	C	62,5		
30	A	63	60	2,645
	B	59		
	C	58		
40	A	62,5	60,8	1,755
	B	61		
	C	59		

Perhitungan Densitas

$$\rho = \frac{Massa}{Volume}$$

Keterangan:

Massa (gram)

Volume (cm³)

Variabel (%PP)	Spesimen				
	Massa	Volume	Densitas	Rata-rata	Standar Deviasi
0	2,12	2,5	0,848	0,8448	0,05007
	2,68	3	0,893		
	2,38	3	0,793		
10	2,22	2,7	0,822	0,8234	0,00932
	2,5	3	0,833		
	2,2	2,7	0,814		
20	2,12	2,5	0,848	0,7960	0,04613
	1,9	2,5	0,760		
	2,34	3	0,780		
25	2,7	3,5	0,771	0,7738	0,00858
	2,3	3	0,766		
	2,35	3	0,783		
30	2,75	3,5	0,785	0,7506	0,03191
	2,6	3,5	0,742		
	2,17	3	0,723		
40	2,82	3,5	0,805	0,7430	0,05633
	2,18	3	0,726		
	2,09	3	0,696		

Perhitungan *Water Absorbability*

$$\text{Water Absorbability} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = Massa setelah perendaman (gram)

B = Massa sebelum perendaman (gram)

Variabel (%PP)	Massa Sebelum	Massa Setelah	Absorpsi Air	Rata- rata	Standar Deviasi
0	1,24	1,26	0,9841	0,9803	0,00334
	1,41	1,44	0,9791		
	1,76	1,8	0,9777		
10	2,69	2,73	0,9853	0,9807	0,00422
	2,45	2,5	0,9800		
	2,55	2,61	0,9770		
20	2,66	2,73	0,9743	0,9826	0,0779
	2,44	2,48	0,9838		
	2,91	2,94	0,9898		
25	2,12	2,16	0,9814	0,9830	0,00152
	3,18	3,23	0,9845		
	2,32	2,36	0,9830		
30	2,16	2,18	0,9908	0,9854	0,00554
	2,42	2,47	0,9797		
	2,09	2,12	0,9858		
40	2,51	2,55	0,9843	0,9858	0,00618
	2,53	2,58	0,9806		
	2,71	2,73	0,9926		

Perhitungan Kuat Tarik

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Keterangan:

σ = Kuat Tarik (MPa)

F = Beban Patah Maksimum (Kg)

A = Luas Bidang Tarik (cm²)

Variabel (%PP)	Load(kg)	Load (kgf)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tensile Strength (MPa)	Rata-rata (MPa)	Standar Deviasi
0	23,4	229,48	19	9	13,16	13,573	0,4545
	25	235,36	19	9	13,49		
	24,2	245,17	19	9	14,06		
10	26,3	254,97	19	9	14,68	14,810	0,3247
	26,7	254,97	19	9	14,62		
	27	264,78	19	9	15,18		
20	28	274,59	19	9	15,74	15,935	0,4870
	28,3	276,68	19	9	15,98		
	29,5	284,39	19	9	16,31		
25	26,8	262,82	19	9	15,07	14,585	0,5072
	26,2	254,34	19	9	14,62		
	25,5	245,78	19	9	14,06		
30	29,6	284,48	19	9	16,31	16,497	0,3097
	29,1	284,12	19	9	16,35		
	30,3	294,88	19	9	16,87		
40	31,3	304,55	19	9	17,43	17,622	0,3083
	32,2	313,87	19	9	17,97		
	31,9	304,32	19	9	17,68		

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Ammar Al Faruqi, lahir di Bandar Lampung pada tanggal 26 Februari 1997. Merupakan anak keempat dari 7 bersaudara dari pasangan suami-istri Hery Novpriansyah dan Nita Yunitasari. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN 5 Talang Bandar Lampung (2003-2009), dilanjutkan di SMP Negeri 3 Bandar Lampung (2009-2012), dan di SMA Al-Kautsar Bandar Lampung (2012-2015). Penulis melanjutkan pendidikan

tinggi di Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama menempuh pendidikan penulis juga aktif dalam berbagai kegiatan intra kampus maupun ekstra kampus. Penulis pernah menjadi staff di LDJ Ashabul Kahfi, menjadi staff Kesejahteraan Mahasiswa HMMT FTI ITS 2016/2017, dan Staff Ahli di PKPLDJ JMMI ITS. Selain itu penulis juga pernah menjalani Kerja Praktek di PT. Dirgantara Indonesia bagian *Bonding Composite*. Penulis mengambil topik Material Inovatif untuk tugas akhir dengan judul “Studi Pengaruh Variasi Komposisi Binder Sampah Plastik *Polypropylene* (PP) dan *High-Density Polyethylene* (HDPE) Terhadap Sifat Fisis dan Sifat Mekanik Komposit Berpenguat Serbuk Ampas Tebu Untuk Aplikasi Papan Partikel”