



TESIS - TL142501

**Analisis Variasi Komposisi Limbah Plastik
Polyethylene Terephthalate, Limbah
Polypropylene, dan Serbuk Kayu Gergaji
Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Sebagai
*Wood Plastic Composite***

ASTRIT KIRANA

NRP. 02511650010009

DOSEN PEMBIMBING

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

Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc

PROGRAM MAGISTER

BIDANG KEAHLIAN MATERIAL INOVATIF

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



TESIS - TL142501

**VARIATION ANALYSIS OF PLASTIC WASTE
COMPOSITION OF POLYETHYLENE
TEREPHTHALATE WASTE, POLYPROPYLENE
WASTE, AND SAW DUST TO MECHANICAL
PROPERTIES AND PHYSICAL PROPERTIES AS
WOOD PLASTIC COMPOSITE**

ASTRIT KIRANA

NRP. 02511650010009

ADVISOR

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

Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc

MASTER PROGRAM

INOVIATION MATERIAL

DEPARTMENT OF MATERIALS

FACULTY OF INDUSTRY TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

**Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh
gelar**

Magister Teknik

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Astrit Kirana

NRP 02511650010009

Tanggal Ujian : 23 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh :

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

NIP. 197801132002121003


(Pembimbing I)

2. Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.

NIP. 198012072005011004


(Pembimbing II)

3. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph.D.

NIP. 197701162003122007


(Penguji)

4. Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D

NIP. 197703132003121001


(Penguji)



Dekan Fakultas Teknologi Industri


Dr. Bambang Lelono Widjiantoro, S.T., M.T.

NIP. 196905071995121001

Analisis Variasi Komposisi Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate, Limbah Polypropylene, dan Serbuk Kayu Gergaji Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Sebagai *Wood Plastic Composite*

Nama mahasiswa : Astrit Kirana
NRP : 02511650010009
Pembimbing : Sigit Tri Wicaksono, S.Si. M.Si., Ph.D
Co-Supervisor : Dr. Eng Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc

ABSTRAK

Permasalahan sampah merupakan permasalahan yang sejak lama dihadapi oleh kota-kota besar, baik di Indonesia maupun di dunia. Perkembangan teknologi aplikasi plastik dan kayu telah menjadikan *wood plastic composite* menjadi salah satu material yang paling banyak digunakan di seluruh dunia. Hal tersebut dikarenakan plastik memiliki sifat atau properties yang lebih unggul dibandingkan material lain. Sifat-sifat tersebut diantaranya adalah ketahanan korosi yang baik, *flexible*, ringan, dan isolator panas yang baik. Dalam penelitian ini dilakukan variasi jumlah plastik PET/PP, Serbuk kayu gergaji untuk mendapatkan variasi komposisi yang paling optimal yang memiliki sifat fisis dan mekanik terbaik untuk membuat *wood plastic composite*. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah jumlah dari PET/PP sebagai matriks, Serbuk kayu sebagai filler. Dibuat 7 variasi komposisi untuk mendapatkan komposisi matriks terbaik dan setelah itu dibuat 4 variasi komposisi filler untuk pembuatan *wood plastic composite* yang paling baik dengan metode pelelehan dan blending sebagai material konstruksi. Setelah proses pembuatan spesimen selesai kemudian dilakukan berbagai jenis pengujian. Pengujian densitas *water absorption*, tahan api, bending, impact, dan kekerasan dilakukan untuk melihat sifat mekanik dan sifat fisis dari produk yang dihasilkan. Sedangkan pengujian SEM dan FTIR juga dilakukan untuk proses karakterisasi produk yang dihasilkan. Dari hasil pengujian untuk matriks didapatkan bahwa semakin banyak komposisi PET dan menurunnya komposisi PP menyebabkan densitas, *water absorption*, tahan api, bending dan hardness meningkat karena dari properties PET secara teoritis lebih unggul dibanding PP, Sedangkan impactnya menurun hal ini dikarenakan adanya *Spherical balls*, yang dapat menurunkan kekuatan mekanik. Kemudian, dari hasil pengujian untuk komposit bahwa penambahan filler serbuk kayu pada *wood plastic composite* akan meningkatkan densitas, *water absorption*, tahan api, bending, dan impact tetapi hardness menurun. Pada saat filler serbuk kayu lebih dari 15% maka seluruh kekuatan komposit menurun karena terlalu banyak filler serbuk kayu yang di tambahkan membuat campuran antara matriks dan filler tidak baik, serbuk kayu mengalami aglomerasi yang membuat terbentuknya rongga yang nantinya akan menyebabkan initial crack. Komposisi WPC

terbaik adalah 85% matriks (50PET:50PP) dengan 15% serbuk kayu dan komposisi ini mendekati ke kriteria WPC tipe 8 untuk papan partikel.

Kata kunci : Limbah Plastik, Limbah PET, Limbah PP, Serbuk Kayu Gergaji, Wood Plastic Composite, Material Bangunan

Variation Analysis of Plastic Waste Composition of Polyethylene Terephthalate Waste, Polypropylene Waste, and Saw Dust to Mechanical Properties and Physical Properties as Wood Plastic Composite

Name : Astrit Kirana
NRP : 02511650010009
Supervisor : Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si. M.Si
Co-Supervisor : Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc

ABSTRACT

The problem of waste is a problem that has long faced by big cities, both in Indonesia and in the world. The development of plastic and wood application technology has made wood composites one of the most abundant materials in the world. This is because the plastic has properties or properties that are superior to other materials. These properties are good resistance, flexible, lightweight, and good summer insulators. In this study found the amount of PET / PP plastic, sawdust powder to find the most optimal variations that have the best physical and mechanical properties to make wood plastic composites. The variation in this research is the amount of PET / PP as matrix, Wood Powder as filler. To fill the best plastic composition with melting and blending methods as construction materials. After the process of making the specimen is completed then done various kinds of testing. Water-absorption density, flame retardant, bending, impact, and hardness tests are performed to see the mechanical properties and physical properties of the resulting product. While sales of SEM and FTIR are also done to process the products produced. From the test results to find more compositions and more PP composition of density, water absorption, fireproof, flexural and hardness increased because of better properties than PP, while the impact decreased this because of the spherically balls, which can decrease mechanical strength. Then, from the test results to fill the wood powder filler on the plastic composite wood will increase the density, water absorption, fireproof, bending, and impact but the hardness decreases. When the wood powder filler is more than 15% then all fillers due to a lot of defrosted wood powder make a mixture between the matrix and the unfavorable filler, the wood powder rather than the agglomeration that makes the cavity form which will cause the initial crack. The best WPC composition is 85% matrix (50PET: 50PP) with 15% wood powder and This structure can be incorporated nearly to WPC type 8 for particle board.

Key Word : Plastic Waste, PET Waste, PP Waste, Saw Dust, Wood Plastic Composite, Materials Construction

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr. Wb

Alhamdulillahirobbil'alamin, puji syukur kehadiran Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, hidayah serta kasih sayang-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan proposal tesis yang berjudul **“Analisis Variasi Komposisi Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate, Polypropylene, dan Serbuk Kayu Gergaji Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Sebagai *Wood Plastic Composite*”** Tidak lupa pula untaian sholawat dan salam kepada Rosulullah

Muhammad SAW, Nabi yang menuntun manusia dari zaman yang biadab menuju zaman yang beradab, yang penuh dengan ilmu pengetahuan luar biasa saat ini.

Dengan ini penulis menyadari bahwa penulis tesis ini tidak akan tersusun dengan baik tanpa adanya bantuan dari pihak-pihak yang terkait. Oleh karena itu, pada kesempatan ini tidak lupa juga penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu penulis dalam kegiatan penelitian maupun dalam penyusunan penulisan tesis ini.

Ucapan terimakasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada:

1. Orang tua dan keluarga yang senantiasa memberikan motivasi dan doa kepada penulis agar diberi kemudahan dalam menyelesaikan tesis ini.
2. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si. M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing yang memberikan banyak kesabaran, waktu dan ilmu dalam membimbing penelitian dan penulis agar tesis ini tersusun dengan baik dan benar.
3. Bapak Dr. Eng Hosta Ardhyananta, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing kedua yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan masukan dan bimbingannya hingga tesis ini terselesaikan.
4. Prof. Ir. Joni Hermana, M.Sc. ES. Ph.D selaku rektor Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
5. Dr. Agung Purniawan, ST, M.Sc selaku ketua Jurusan Teknik Material dan

Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

6. Bapak Lukman Noerochim, S.T., M.Sc.Eng., Ph.D selaku Ketua Prodi Pascasarjana Jurusan Teknik Material dan Metalurgi.
7. Segenap dosen, Laboran dan admin Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang senantiasa membantu dan memberikan ilmu pengetahuan serta pengarahannya.
8. Teman-teman Pascasarjana Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya yang memberikan motivasi agar terselesaikannya tesis ini.
9. Semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan dalam penulisan tesis ini.

Dalam Penyusunan tesis ini, penulis sangat menyadari masih ada banyak kekurangan dan kekeliruan dikarenakan keterbatasan kemampuan. Dengan kerendahan hati, segala kritik dan saran yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk kesempurnaan tesis ini. Akhir kata, semoga tesis ini dapat menambah khasanah pustaka dan bermanfaat bagi orang lain.

Surabaya, Agustus 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACK.....	v
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	
2.1 Polimer.....	5
2.1.1 Pengenalan.....	5
2.1.2 Molekul Polimer.....	5
2.1.3 Struktur Molekul.....	6
2.2 Plastik.....	8
2.2.1 Jenis-Jenis Plastik.....	9
2.2.2.1 Polimer Thermoplastik.....	9
2.2.2.2 Polimer Thermosetting.....	11
2.2.2 Sifat Thermal Bahan Plastik.....	12
2.3 <i>Polyethylene Terephthalate</i>	13
2.4 <i>Polypropylene</i>	14

2.5 Material Komposit.....	15
2.5.1 Komponen Komposit.....	16
2.5.2 Komposit Partikulat.....	17
2.6 Serbuk Kayu.....	18
2.7 Kayu Jati (<i>Tectona grandis</i>).....	20
2.8 Limbah Serbuk Kayu Sebagai Filler.....	21
2.9 <i>Wood Plastic Composite</i>	22
2.10 Papan Komposit untuk Konstruksi Bangunan.....	23
2.11 Penelitian Sebelumnya.....	25

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat Penelitian.....	27
3.1.1 Bahan Penelitian.....	27
3.1.2 Alat Penelitian.....	27
3.2 Diagram Alir.....	29
3.3 Prosedur Penelitian.....	30
3.3.1 Pengolahan Sampah Plastik PET dan PP.....	30
3.3.2 Persiapan Limbah Serbuk Kayu.....	31
3.3.3 Pembuatan Komposit.....	31
3.4 Proses Pengujian.....	32
3.4.1 <i>Fourier-transform infrared</i> (FTIR).....	32
3.4.2 <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM).....	32
3.4.3 Massa Jenis.....	33
3.4.4 Absorption.....	32
3.4.5 Tahan Api.....	34
3.4.6 Bending.....	35
3.4.7 Charpy.....	36
3.4.8 <i>Hadness</i>	37
3.5 Rancangan Penelitian.....	38

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian pada Matriks.....	39
---------------------------------	----

4.1.1 Hasil Pengujian dan Analisis FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy).....	39
4.1.1.1 Analisis Hasil FTIR Serbuk Kayu.....	40
4.1.1.2 Analisis Hasil FTIR Matrik (<i>Polyethylene Terephthalate</i> dan <i>Polypropylene</i>).....	42
4.1.2 Hasil Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)	45
4.1.3 Hasil Analisis Pengujian Densitas.....	46
4.1.4 Hasil Analisis Pengujian Water Absorption.....	48
4.1.5 Hasil Analisis Pengujian Bending.....	50
4.1.6 Hasil Analisis Pengujian Impact.....	51
4.1.7 Hasil Analisis Pengujian Hardness.....	53
4.1.8 Hasil Analisis Pengujian Tahan Api.....	55
4.2 Pengujian Pada Komposit.....	56
4.2.1 Analisis Hasil FTIR Komposit (<i>Polyethylene Terephthalate</i> , <i>Polypropylene</i> , dan Serbuk kayu).....	56
4.2.2 Hasil Analisis SEM.....	58
4.2.3 Hasil Analisis Pengujian Densitas.....	61
4.2.4 Hasil Analisis Pengujian <i>Water Absorption</i>	63
4.2.5 Hasil Analisis Pengujian Bending.....	65
4.2.6 Hasil Analisis Pengujian Impact.....	67
4.2.7 Hasil Analisis Pengujian Hardness.....	69
4.2.8 Hasil Analisis Pengujian Tahan Api.....	70
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	
5.1 Kesimpulan.....	73
5.2 Saran.....	74
DAFTAR PUSTAKA.....	xvii
LAMPIRAN	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ikatan Polymer Karbon Atom.....	5
Gambar 2.2 Tabel Kelompok Hidrokarbon.....	6
Gambar 2.3 Struktur Molekul Polimer Linear.....	6
Gambar 2.4 Struktur Molekul Polimer <i>Branched</i>	7
Gambar 2.5 Struktur Molekul Polimer <i>Crosslinked</i>	7
Gambar 2.6 Struktur Polimer <i>Network</i>	8
Gambar 2.7 Nomor Kode Plastik.....	9
Gambar 2.8 Pengaruh Plastik Thermoplast Terhadap Waktu dan Tempertaur.....	11
Gambar 2.9 Reaksi Pembentukan PET.....	13
Gambar 2.10 Properties <i>Polypropylene</i>	14
Gambar 2.11 Skema Klasifikasi Beberapa Tipe Komposit.....	17
Gambar 2.12 Sketsa Komposit Partikel.....	18
Gambar 2.13 Serbuk Kayu.....	20
Gambar 2.13 Skema Reaksi MAPP dan serat Kayu.....	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian Pembuatan Matriks.....	26
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian Pembuatan Komposit.....	27
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian WPC dengan variasi ukuran mesh.....	28
Gambar 3.4 Skema Uji FTIR.....	30
<i>Gambar 3.5 Scanning Electron Microscopy</i>	31
Gambar 3.6 Dimensi Spesimen Uji Bending.....	32
Gambar 3.7 Set-up Charpy Impact Test (a) Mesin charpy Impact, (b) Geometri Spesimen Charpy Impact.....	33
Gambar 4.1 Spektra FTIR Pada (a) Serbuk Kayu, (b) Serbuk kayu setelah perlakuan Alkalisasi	40
Gambar 4.2 Spektra FTIR pada Matriks PET-PP, (a) PP, (b) PET, (c) PET(50%)-PP.....	42
Gambar 4. 3 Mikrografi SEM Matriks PET(50%)-PP pada	45
Gambar 4.4 Grafik Densitas Matriks PET-PP	47
Gambar 4.5 Grafik Water Absorption Matriks PET-PP	49
Gambar 4.6 Grafik Flexural Strength Matriks PET/PP.....	51

Gambar 4.7 Grafik Impack Matriks PET-PP.....	52
Gambar 4.8 Grafik Hardness Matriks PET-PP.....	54
Gambar 4.9 Burning rate Matriks PET-PP.....	56
Gambar 4.10 Spektra FTIR Pada (a) matriks PET-PP, dengan (b) Komposit PET/PP/Serbuk Kayu.....	57
Gambar 4. 11 Mikrografi SEM Matriks PET-PP pada perbesaran (a) 100x dan (b) 350x.....	58
Gambar 4.12 Persebaran Unsur C (Warna Merah) pada Matriks PET-PP.....	60
Gambar 4.13 Persebaran Unsur O (Warna Hijau) pada Matriks PET-PP.....	60
Gambar 4.14 X-Ray Hasil Spektrum EDX Komposit PP/PET/Serbuk kayu	60
Gambar 4.15 Grafik densitas WPC.....	61
Gambar 4.16 Water Absorption Pada Wood Plastic Composite Serbuk Kayu/PP/Serbuk Kayu.....	64
Gambar 4.17 Grafik Bending Pada <i>Wood Plastic Composite</i> Serbuk Kayu/PET/PP.....	66
Gambar 4.18 Impack Pada <i>Wood Plastic Composite</i> Serbuk Kayu/PET/PP	68
Gambar 4.20 Burning Rate Pada <i>Wood Plastic Composite</i> Serbuk Kayu/PET/PP.....	71

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya.....	10
Tabel 2.2 Properties Thermoplastic.....	11
Tabel 2.3 Data Temperatur Transisi dan Temperatur Lebur Plastik.....	12
Tabel 2.4 Karakteristik <i>Polyethylene terephthalate</i>	14
Tabel 2.5 Sifat <i>Polypropylene</i>	15
Tabel 2.6 Sifat Fisis dan Mekanik Kayu Jati.....	21
Tabel 2.7 Sifat Fisik Papan Partikel Menurut SNI.....	23
Tabel 2.8 Mutu Papan Partikel Menurut SNI.....	24
Tabel 2.9 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Spesifikasi sifat-sifat fisis dan mekanis menurut standar SNI 03-2105-2006.....	24
Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya.....	25
Tabel 3.1 Variasi Komposisi Matriks PET/PP.....	38
Tabel 3.2 Variasi Komposisi Matriks terbaik dengan Filler Serbuk Kayu.....	38
Tabel 4.1 Daerah Serapan FTIR Serbuk kayu Non alkali dan Alkali Treated.....	41
Tabel 4.2 Daerah Serapan FTIR Polypropylene.....	43
Tabel 4.3 Daerah Serapan FTIR <i>Polyethylene Terephthalate</i>	43
Tabel 4.4 Daerah Serapan FTIR matriks PET-PP.....	44
Tabel 4.5 Hasil Uji Densitas Matrik PET-PP.....	47
Tabel 4.6 Water Absorption Matriks PET-PP.....	48
Tabel 4.7 Bending Properties pada Matriks PET-PP.....	50
Tabel 4.8 Impact Properties pada Matriks PET-PP.....	51
Tabel 4.9 Hardness Properties pada Matrik PET-PP.....	53
Tabel 4.10 Tahan Api Properties pada Matrik PET-PP.....	55
Tabel 4.11 Daerah Serapan FTIR Komposit Serbuk Kayu/PET/PP.....	57
Tabel 4.12 Hasil EDX Persen Berat dan Persen Atom Unsur pada komposit Serbuk Kayu/PET/PP pada perbesaran 100x.....	60
Tabel 4.13 Hasil EDX Persen Berat dan Persen Atom Unsur pada komposit	

<i>Pet/PP/Serbuk kayu pada perbesaran 350x</i>	61
Tabel 4.14 Densitas Properties WPC Serbuk Kayu/PET/PP.....	61
Tabel 4.15 Water Absorption WPC. Serbuk Kayu/PET/PP.....	63
Tabel 4.16 Bending Properties pada WPC Serbuk Kayu/PET/PP.....	65
Tabel 4.17 Impact Properties pada WPC Serbuk Kayu/PET/PP.....	67
Tabel 4.18 Hardness Properties WPC Serbuk Kayu/PET/PP.....	69
Tabel 4.19 Tahan Api Properties WPC Serbuk Kayu/PET/PP.....	70
Tabel 4.20 Perbandingan Hasil Pengujian WPC.....	72
Tabel 4.21 Perbandingan WPC Teoritis dan Ekspreimen.....	72

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan utama yang terjadi di Indonesia salah satunya adalah mengenai penumpukan sampah yang semakin tahun semakin bertambah banyak. Kota-kota di dunia menghasilkan sampah plastik 1,3 miliar ton setiap tahunnya. Menurut perkiraan Bank Dunia, jumlah ini akan bertambah hingga 2,2 miliar ton pada tahun 2025. Di Indonesia plastik juga menjadi masalah yang belum ditemukan solusi yang efektif untuk mengatasinya. Indonesia menjadi negara penghasil sampah plastik terbesar ke dua di dunia setelah Cina dengan produksi sampah plastik 65 juta ton per tahunnya. Sedangkan Kota Surabaya seperti yang dilansir pada kutipan berita Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Sekretaris Dinas Kebersihan dan Ruang Terbuka Hijau Kota Surabaya, Aditya Waskita mengatakan bahwa pada tahun 2017 Kota Surabaya setiap hari memproduksi sampah 2000 ton setiap harinya. Yang memprihatinkan adalah hanya 500 ton sampah di Surabaya yang bisa di daur ulang setiap harinya dan 1500 ton lainnya masuk ke Tempat Pembuangan Akhir. (menlhk.go.id, 2017)

Jenis sampah terbanyak yakni limbah plastik yang sangat mengganggu kelestarian lingkungan, sehingga diperlukan upaya untuk memanfaatkan limbah plastik yang semakin banyak. Pemanfaatan limbah plastik dapat dilakukan dengan pemakaian kembali (reuse) maupun daur ulang (recycle). Pemanfaatan limbah plastik dengan cara daur ulang (recycle) umumnya dilakukan oleh pihak industri. Hampir seluruh jenis limbah plastik (80%) dapat diproses kembali menjadi barang semula walaupun harus dilakukan pencampuran dengan bahan baku baru dan aditif untuk meningkatkan kualitas (Syafitri, 2001). Menurut Hartono (1998) empat jenis limbah plastik yang populer dan laku dipasaran yaitu: Polietilena (PE), Polypropylene Terephthalate (PET), High Density Polyetilena (HDPE), dan Polipropilena (PP).

Selain limbah plastik, permasalahan yang sekarang terjadi adalah tentang produksi kayu. Menurut Trisna (2012) dalam Fathanah (2011: 53),



ketergantungan akan bahan kayu harus segera ditanggulangi, agar tidak mengurangi hasil hutan. Salah satu upaya yang dilakukan adalah dengan menggantikan kayu dengan material lain untuk memenuhi kebutuhan kayu pada bidang perumahan. Peningkatan kebutuhan kayu dapat pula kita lihat pada usaha pembuatan meubel, namun disisi lain terdapat limbah berupa serbuk hasil gergaji dari kayu tersebut yang apabila tidak dimanfaatkan dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada lingkungan.

Karena sifat dan karakteristiknya yang unik, kayu merupakan bahan yang paling banyak digunakan untuk keperluan bangunan. Kebutuhan kayu yang terus meningkat dan potensi hutan yang terus berkurang menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana, antara lain dengan memanfaatkan limbah berupa serbuk kayu menjadi produk yang bermanfaat. Di lain pihak, seiring dengan perkembangan teknologi, kebutuhan akan plastik terus meningkat. Sebagai konsekuensinya, peningkatan limbah plastikpun tidak terelakkan. Limbah plastik merupakan bahan yang tidak dapat terdekomposisi oleh mikroorganisme pengurai (non biodegradable), sehingga penumpukannya di alam dikhawatirkan akan menimbulkan masalah lingkungan.

Oleh karena itu diharapkan melalui adanya riset dalam pengolahan limbah plastik dan limbah serbuk kayu menjadi komposit untuk material bangunan ini dapat mengurangi jumlah plastik dan pengurangan penggunaan kayu dan pengurangan limbah kayu yang ada dalam skala yang besar. Dan diharapkan juga dengan adanya riset tentang pengolahan limbah plastik menjadi material bangunan ini dapat dijadikan inspirasi dan referensi yang baik untuk orang-orang atau perusahaan yang dapat menciptakan industri pengolahan limbah plastik dan limbah kayu yang memiliki banyak manfaat.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Bagaimana pengaruh variasi komposisi matriks PET/PP terhadap sifat mekanik dan sifat fisik?



- 2) Bagaimana pengaruh penambahan *filler* serbuk kayu gergaji dengan variasi komposisi filler terhadap sifat mekanik dan sifat fisik pada komposit PET/PP/serbuk kayu?
- 3) Material komposit Serbuk Kayu/PET/PP manakah yang sesuai standart *wood plastic composite* dan dapat diaplikasikan untuk material bangunan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Menganalisis pengaruh variasi komposisi matriks PET/PP terhadap sifat mekanik dan sifat fisik
- 2) Menganalisis pengaruh penambahan *filler* serbuk kayu gergaji dengan variasi komposisi filler terhadap sifat mekanik dan sifat fisik pada komposit Serbuk Kayu/PET/PP.
- 3) Menentukan material *wood plastic composite* dengan komposisi yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material bangunan.

1.4 Batasan Penelitian

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Kadar uap air dan gas pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
2. Pengotor pada saat pencampuran polimer dan serbuk kayu dapat diabaikan.
3. Distribusi partikel dianggap merata.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Menciptakan komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material bangunan dengan penggunaan limbah plastik sebagai pengikat dan limbah serbuk kayu gergaji sebagai filler.
 2. Memanfaatkan limbah plastik dan limbah serbuk kayu gergaji sebagai bahan dari pembuatan *wood plastic composite* yang dapat memberikan dampak positif kepada lingkungan dengan adanya pengurangan plastik dan pengurangan penggunaan kayu maupun limbah kayu dalam jumlah besar.
-



3. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah plastik dan serbuk kayu yang efisien dan ramah lingkungan.
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Polimer

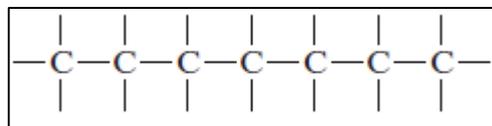
2.1.1 Pengenalan

Polimer adalah molekul besar atau makromolekul yang terbentuk dari subunit yang berulang-ulang dan banyak. Karena jangkauan *properties* yang luas, baik sintetis maupun polimer alami dapat menjadi peran yang signifikan dalam kehidupan sehari-hari manusia. Polimer bermacam-macam mulai dari plastik sintetis seperti *polystyrene* sampai ke biopolymer alami seperti DNA dan protein. Polimer, baik yang alami maupun yang sintetis dibuat dari hasil polimerisasi dari molekul-molekul kecil yang banyak yang disebut monomer.

Polimer alami yang berasal dari tumbuhan dan hewan telah digunakan selama berabad-abad. Polymer alami ini contohnya kayu, karet, katun, wol, kulit, dan sutra. Pada beberapa aplikasi material seperti logam dan keramik telah digantikan oleh material berbahan dasar polimer seiring dengan berkembangnya teknologi dalam bidang polimer. (Callister, 2007)

2.1.2 Molekul Polimer

Molekul polimer disebut makromolekul karena molekul nya yang berukuran besar. Setiap molekul nya terikat satu sama lain melalui ikatan interatomic kovalen. Gambar 2.1 menunjukkan bagaimana atom Karbon saling berikatan satu sama lain membentuk ikatan polimer.



Gambar 2.1 Ikatan Polymer Karbon Atom (Callister, 2007)

Molekul-molekul panjang ini terbentuk dari satu kesatuan yang disebut *repeat units* yang tersusun berulang membentuk suatu rantai ikatan. Monomer adalah molekul kecil di mana polimer akan disintesa.



Gambar 2.2 menunjukkan pembagian kelompok ikatan Hidrokarbon beserta bentuk ikatan polimer nya. Di antaranya adalah alcohol, ether, asam, aldehida, dan aromatik.

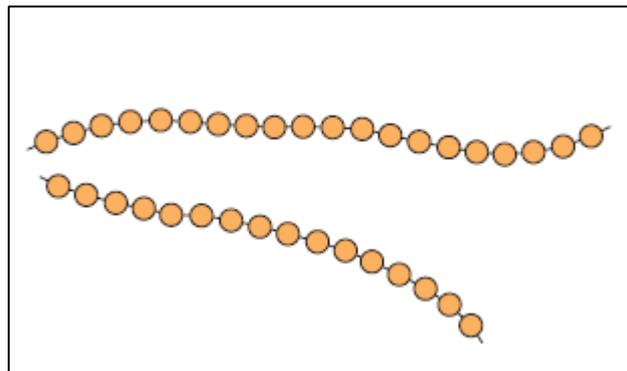
Family	Characteristic Unit		Representative Compound
Alcohols	$R-OH$		Methyl alcohol
Ethers	$R-O-R'$		Dimethyl ether
Acids			Acetic acid
Aldehydes			Formaldehyde
Aromatic hydrocarbons			Phenol

* The simplified structure  denotes a phenyl group.

Gambar 2.2 Tabel Kelompok Hidrokarbon (Callister, 2007)

2.1.3 Struktur Molekul

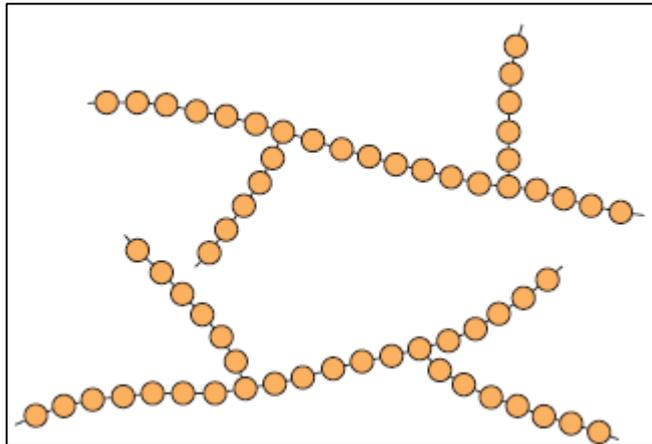
Karakteristik fisik dari polimer tidak hanya tergantung oleh berat molekul dan bentuknya, namun juga dari perbedaan pada struktur dari rantai molekul nya.



Gambar 2.3 Struktur Molekul Polimer Linear (Callister, 2007)

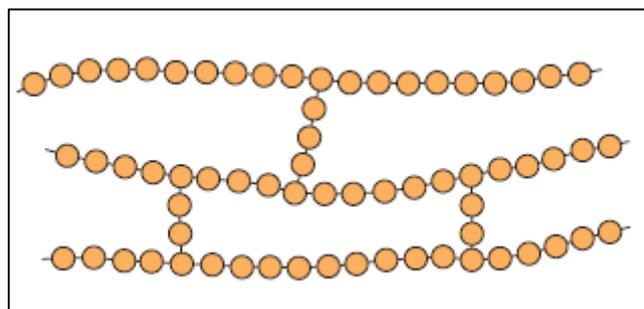


Polimer linear adalah jenis polimer yang *repeat unit* nya disambungkan bersama-sama pada ujung-ujungnya. Gambar 2.3 menunjukkan gambar ikatan dari polimer yang memiliki struktur linear. Polimer jenis ini memiliki karakteristik yang flexibel. Beberapa jenis polimer linear adalah *polyethylene*, *poly(vinyl chloride)*, *polystyrene*, *poly(methyl methacrylate)*, nilon dan, *fluorocarbons*.



Gambar 2.4 Struktur Molekul Polimer *Branched* (Callister, 2007)

Polimer *branched* atau adalah jenis polimer yang memiliki *side-branch chain* yang terhubung dengan inti dari rantai polimer lainnya. Gambar 2.4 menunjukkan gambar ikatan dari polimer yang memiliki struktur *branched*. Polimer jenis memiliki karakteristik berikatan dengan bercabang ke rantai yang lainnya. Beberapa jenis polimer linear juga dapat dikategorikan sebagai polimer bercabang seperti *High Density Polyethylene* (HDPE).

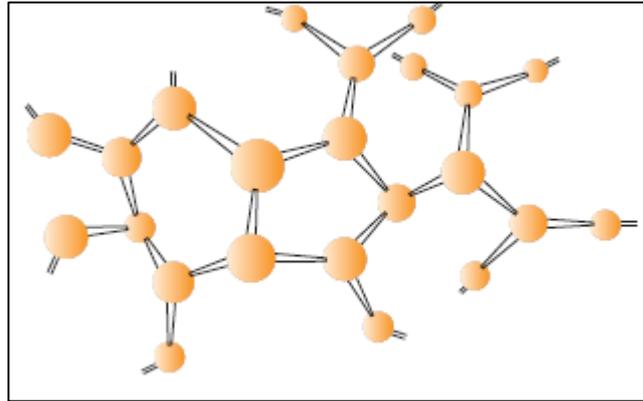


Gambar 2.5 Struktur Molekul Polimer *Crosslinked* (Callister, 2007)

Pada polimer jenis *crosslinked* rantai linear yang berseberangan berikatan satu sama lain pada beberapa posisi. Gambar 2.5 menunjukkan gambar ikatan dari polimer yang memiliki struktur *crosslinked*. Rantai-rantai polimer berikatan karena adanya



ikatan kovalen. *Crosslinking* biasanya dapat dihasilkan dengan penambahan zat atom ataupun molekul aditif yang dapat berikatan secara kovalen dengan rantai. Proses ini biasa disebut dengan nama vulkanisasi. Polimer jenis ini kebanyakan memiliki *properties* yang elastis seperti karet.



Gambar 2.6 Struktur Polimer *Network* (Callister, 2007)

Gambar 2.6 menunjukkan gambar ikatan dari polimer yang memiliki struktur *network*. Struktur polimer *network* terjadi ketika *multifunctional* monomer membentuk tiga atau lebih ikatan kovalen aktif yang membuat jaringan tiga-dimensi. Polimer yang sangat *crosslink* juga dapat dikategorikan sebagai polimer *network*. Polimer jenis ini memiliki sifat mekanik dan sifat thermal yang spesifik. Beberapa contoh polimer jenis ini adalah epoxy dan *polyurethane*. (Callister, 2007)

2.2 Plastik

Plastik adalah material yang mengandung satu atau lebih polimer yang memiliki berat molekul yang besar. Plastik terdiri dari beberapa jenis seperti sintetik atau semi-sintetik senyawa organik yang dapat ditempa sehingga bisa dibentuk atau dituang ke dalam objek yang padat. Melihat ke permasalahan global tentang polusi lingkungan yang disebabkan oleh sampah plastik, usaha dalam melakukan riset telah difokuskan untuk mengurangi jumlah sampah plastik dalam jumlah yang banyak dengan cara yang efisien dan ramah lingkungan.

Para ilmuwan merencanakan untuk menggunakan sampah plastik sebagai bahan dalam konstruksi bangunan.. Kegunaan dari sampah plastik pada konstruksi bangunan



tidak hanya akan membuat metode pembuangannya menjadi aman namun juga dapat meningkatkan *properties* seperti kekuatan tarik, ketahanan kimia, *drying shrinkage*, dan *creep* dalam basis yang pendek dan panjang. (Tapkire & Parihar, 2014)

Mengapa plastik: Polimer memiliki beberapa sifat yang penting yang dapat memberikan kontribusi yang signifikan untuk meningkatkan *properties* dari bahan konstruksi :

- Tahan terhadap korosi
- Isolator dingin, panas yang baik
- Ekonomis dan memiliki *lifespan* yang panjang
- Tidak memerlukan *maintenance*
- Higienis dan bersih
- Pembuatan/pemasangan yang mudah
- Berat yang ringan

2.2.1 Jenis-jenis Plastik

Plastik dapat dikelompokkan menjadi dua macam yaitu thermoplastik dan termosetting. Thermoplastic adalah bahan plastik yang jika dipanaskan sampai temperatur tertentu, akan mencair dan dapat dibentuk kembali menjadi bentuk yang diinginkan. Sedangkan termosetting adalah plastik yang jika telah dibuat dalam bentuk padat, tidak dapat dicairkan kembali dengan cara dipanaskan.

2.2.2.1 Polimer Thermoplastik

Berdasarkan sifat kedua kelompok plastik di atas, thermoplastik adalah jenis yang memungkinkan untuk didaur ulang. Jenis plastik yang dapat didaur ulang diberi kode berupa nomor untuk memudahkan dalam mengidentifikasi dan penggunaannya lihat pada Gambar 2.7 dan Tabel 1.



Gambar 2.7 Nomor kode plastik Sumber (UNEP, 2009)

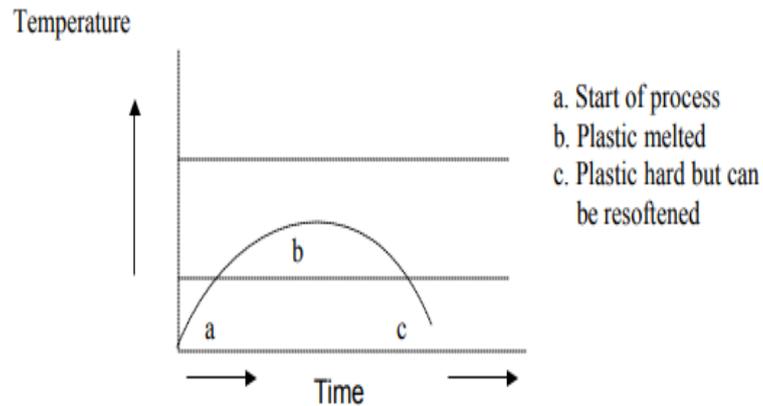


Tabel 2.1. Jenis plastik, kode dan penggunaannya (Kurniawan, 2012)

No. Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (polyethylene terephthalate)	botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (High-density Polyethylene)	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 atau Polypropene)	cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarine
6	PS (Polystyrene)	kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari styrofoam, dan tempat makan plastik transparan
7	Other (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	botol susu bayi, plastik kemasan, gallon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

Respon dari polimer terhadap gaya mekanik pada temperatur yang tinggi memiliki hubungan dengan struktur dominan dari polimer tersebut. Berdasarkan perilaku polimer pada temperatur tinggi, polimer diklasifikasikan menjadi dua macam yaitu *thermoplastic* dan *thermoset*. Pada *thermoplastic* polimer, ketika dipanaskan akan melunak dan ketika didinginkan akan mengeras. Proses nya dapat dibalik dan dapat diulang.

Pada temperatur yang tinggi gaya ikatan sekunder pada polimer melemah dan pergerakan molekul meningkat. Polimer jenis *thermoplastic* cenderung lunak. Berdasarkan struktur molekul nya polimer linear dan beberapa *branched polymer* yang memiliki rantai yang flexibel termasuk ke dalam kategori *thermoplastic*. Beberapa contoh *thermoplastic* yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari adalah *polyethylene*, PET, dan PVC. (Callister, 2007)



Gambar 2.8 Pengaruh Plastik Thermoplast terhadap waktu (Iman Mujiarto, 2009)

Tabel 2.2 . Properties Thermoplastic (Iman Mujiarto, 2009)

<i>Properties</i>	<i>Value</i>
<i>Density (g/cm³)</i>	0,90 - 0,91
<i>Modulus of elasticity(GPa)</i>	1,14 - 1,55
<i>Tensile strength (MPa)</i>	31,0 - 41,4
<i>Conductivity (W/mK)</i>	0,12
<i>Elongation (%)</i>	100 - 600
<i>Melting temperature (°C)</i>	175

2.2.2.2 Polimer Thermosetting

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 mechanical dan thermal *properties* yang spesifik.

Pada saat perlakuan panas, ikatan pada rantai polimer *thermoset* akan menguatkan diri satu sama lain pada rantainya untuk menahan pergerakan vibrasi dan rotasi. Maka dari itu, polimer thermosetting dapat tetap stabil dan tidak melunak meskipun dihadapkan pada temperatur yang tinggi. Namun pada temperatur yang berlebihan polimer thermosetting akan berubah bentuk dan terdegradasi. Polimer jenis ini lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan



polimer termoplastik. Beberapa contoh polimer thermosetting adalah *vulcanized rubbers, epoxies*, dan polyester resin. (Callister, 2007)

2.2.2 Sifat Thermal Bahan Plastik

Pengetahuan sifat thermal dari berbagai jenis plastik sangat penting dalam proses pembuatan dan daur ulang plastik. Sifat-sifat thermal yang penting adalah titik lebur (T_m), temperatur transisi (T_g) dan temperatur dekomposisi. Temperatur transisi adalah temperatur di mana plastik mengalami perenggaan struktur sehingga terjadi perubahan dari kondisi kaku menjadi lebih fleksibel. Di atas titik lebur, plastik mengalami pembesaran volume sehingga molekul bergerak lebih bebas yang ditandai dengan peningkatan kelenturannya. Temperatur lebur adalah temperatur di mana plastik mulai melunak dan berubah menjadi cair. Temperatur dekomposisi merupakan batasan dari proses pencairan. Jika suhu dinaikkan di atas temperatur lebur, plastik akan mudah mengalir dan struktur akan mengalami dekomposisi. Dekomposisi terjadi karena energi thermal melampaui energi yang mengikat rantai molekul. Secara umum polimer akan mengalami dekomposisi pada suhu di atas 1,5 kali dari temperatur transisinya (Budiyantoro, 2010) Data sifat thermal yang penting pada proses daur ulang plastik bisa dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2.3 Data temperatur transisi dan temperatur lebur plastik
(Budiyantoro, 2010)

Jenis Bahan	T_m (°C)	T_g (°C)	Temperatur kerja maks. (°C)
PP	168	5	80
HDPE	134	-110	82
LDPE	330	-115	260
PA	260	50	100
PET	250	70	100
ABS		110	85
PS		90	70
PMMA		100	85
PC		150	246
PVC		90	71



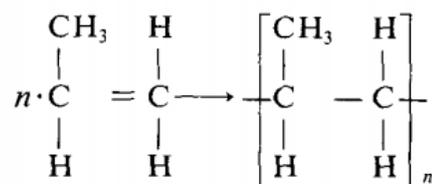
Tabel 2.4 Karakteristik *Polyethylene terephthalate* (Nabeel, 2010)

Sifat	Nilai
Density Amorphous	1.370 g/cm ³
Density Crystalline	1.455 g/cm ³
Young's Modulus (E)	2800-3100 MPa
Tensile Strength('Of)	55-75 MPa
Elastic Limit	50-150%
Glass Temperature	75 °C
Melting Point	260 °C
Water Absorption (ASTM)	00.16

2.4 *Polypropylene* (PP)

Polypropylene merupakan jenis polimer termoplastik yang sangat luas penggunaannya karena sangat mudah diproses dengan berbagai macam cara, antara lain proses cetakan, ekstrusi, film, dan serat. Sifat-sifat *polypropylene* serupa dengan sifat-sifat *polyethylene*. Massa jenisnya rendah (0,90 – 0,92 g/cm³). Termasuk kelompok yang paling ringan diantara bahan polimer. Titik lunaknya tinggi sekali (176°C, T_m), kekuatan tarik, kekuatan lentur dan kekakuannya lebih tinggi, tetapi ketahanan impaknya rendah terutama pada suhu rendah.

Polypropylene mempunyai sifat mampu cetak yang baik seperti halnya polietilen. Polipropilen mempunyai faktor penyusutan cetakan yang lebih kecil dibandingkan dengan polietilen yang bermassa jenis tinggi, pada kondisi optimal dapat diperoleh produk dengan ketelitian dimensinya baik dan tegangan sisa yang kecil (Fratiwi,2015)



Gambar 2.10 Properties *Polypropylene* (Surdia, 1999)



Tabel 2.5 Sifat *Polypropylene* (Mochtar, 2007)

Sifat	Nilai
Kekuatan Tarik	31-38 MPa
Modulus Fleksural	1170-1730 MPa
Berat Jenis	0.89-0.92 gr/cm ³
<i>Heat distortion temperature, 455 kPa</i>	107- 121 °C
Temperatur transisi gelas	-35 to 26 °C
Temperatur leleh	160-170 °C
<i>Mold Shrinkage</i>	0.015-0.025 cm/cm

Plastik polipropilen merupakan salah satu plastik konvensional (*nonbiodegradable*) yang paling sering digunakan saat ini. Hal ini dikarenakan selain harganya yang relatif murah dan proses produksi yang relatif mudah. Plastik polipropilen ini juga memiliki kesetimbangan sifat mekanik dan termal yang cukup baik. Plastik jenis ini memiliki permukaan yang tidak rata, seringkali lebih kaku daripada beberapa plastik yang lain dan memiliki nilai ekonomis yang lumayan baik. Plastik polipropilen memiliki permukaan bening tapi tidak setransparan plastik polistirena akrilik maupun plastik tertentu lainnya (Cowd, 1991).

2.5 Material Komposit

Material komposit adalah multifasa material yang terdiri dari dua jenis bahan atau lebih yang terikat secara fisika. Dengan penggabungan dua material atau lebih yang berbeda maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat-sifat mekanik dan fisik yang lebih unggul dari material tersebut. Material komposit terdiri dari dua fasa yaitu matrix yang bersifat kontinu dan mengelilingi fasa lainnya. Dan juga fasa *reinforce* sebagai fasa diskontinu yang berfungsi sebagai pelindung dan penguat dari matrix.

Berdasarkan jenis penguatnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu :

1. Komposit Partikel, yaitu komposit yang tersusun atau matriks kontinu dan penguat (reinforced) yang diskontinu yang berbentuk partikel, fiber pendek atau whiskers.
2. Komposit Serat, yaitu komposit yang tersusun atas matriks kontinu dan memiliki penguat berbentuk serat/fiber



3. Komposit Laminat, yaitu komposit yang terdiri dari beberapa lapisan lamina berpenguat fiber atau lamina berpenguat partikel atau lamina logam atau kombinasi dari lamina-lamina dengan material yang berbeda di mana lapisan saling terikat.

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dibedakan menjadi tiga, yaitu

1. *MMC: Metal Matriks Composite* (menggunakan *matriks* logam) Metal Matriks Composite adalah salah satu jenis komposit yang memiliki matriks logam.
2. *CMC: Ceramic Matriks Composite* (menggunakan *matriks* keramik) CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik.
3. *PMC: Polymer Matriks Composite* (menggunakan *matriks* polimer). Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan.

2.5.1 Komponen Komposit

a) Serat

Serat terdiri dari ratusan bahkan ribuan filamen, masing-masing filament memiliki diameter 5 sampai 15 μm , sehingga dapat diproses lebih lanjut (Gay, 2015). Serat secara umum terdiri dari dua jenis yaitu:

1. Serat pendek, dengan panjang fraksi dalam milimeter atau beberapa centimeter. Contohnya *felts*, *mats*, dan serat pendek untuk *injection molding*.
1. Serat panjang, dipotong selama proses fabrikasi material komposit, biasanya berupa anyaman (*woven*).

Ditinjau dari pembuatannya, serat diklasifikasikan menjadi dua kelompok, yaitu serat sintetis dan serat alami. Kedua jenis serat itu digunakan sebagai penguat atau pengisi pada material komposit. Serat sintetis banyak berperan sebagai penguat, sedangkan serat alami digunakan sebagai pengisi.

Serat alami merupakan serat yang terbuat dari bahan-bahan alami seperti aren, serabut kelapa, pelepah pisang, serat pohon, residu kayu, dan lain-lain. Penggunaan serat alami bukanlah memberikan efek penguatan, tetapi hanya penambah massa dari material



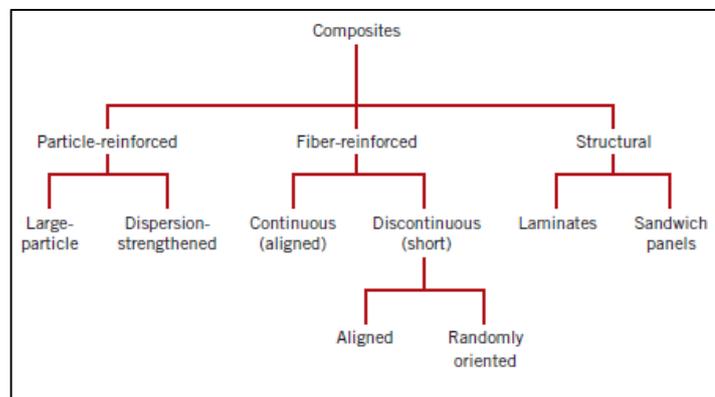
komposit sehingga mempunyai kekuatan dan kekakuan yang rendah bahkan menurunkan kekuatan dan kekakuan matriks sebelumnya.

b) Matriks

Matriks merupakan fasa yang memberikan bentuk pada struktur komposit dengan cara mengikat penguat atau serat bersama-sama. Matriks merupakan kontituen penyusun komposit yang berperan sebagai pengikat atau penyangga yang menjaga kedudukan antar fasa penguat. Karakteristik yang harus dimiliki matriks umumnya adalah ulet, kekuatan dan rigiditas rendah apabila dibandingkan penguat. Matriks harus mampu membeku pada temperatur dan tekanan yang wajar. Bahan matriks yang umum digunakan pada komposit adalah matriks logam, matriks polimer, dan matriks keramik.

2.5.2 Komposit Partikulat

Komposit berdasarkan jenis filler nya terbagi menjadi tiga macam yaitu komposit partikulat, komposit serat, dan komposit struktural. Gambar 2.10 menunjukkan klasifikasi komposit.



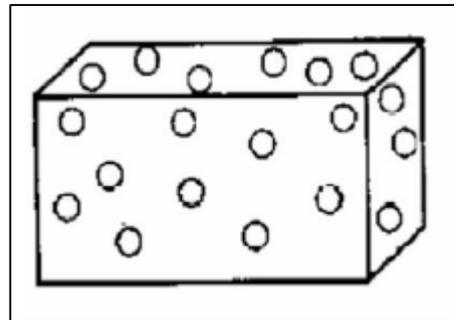
Gambar 2.10 Skema Klasifikasi Beberapa Tipe Komposit (Callister, 2007)

Large particle dan *Dispersion-strengthened* adalah subklasifikasi dari *particle-reinforced composite*. Perbedaan dari kedua jenis komposit ini ada pada mekanisme penguatannya. Pada komposit *large particle* interaksi antara partikel dan matrix nya tidak dapat dilakukan pada level atomik ataupun molekular. *Particle-reinforced composite* biasanya lebih keras dan lebih kaku dari material matrix nya. Partikel penguat cenderung menahan gerakan pada fasa matrix di setiap partikel. Kenaikan *properties* mekanik dari



komposit tergantung pada seberapa kuatnya ikatan antara *interface* antara *matrix* dan partikel nya.

Untuk *dispersion-strengthened composite interface* antara matrix dan partikel yang menyebabkan penguatan terjadi pada level atomik atau molekular. Mekanisme penguatannya mirip dengan *precipitation hardening* di mana matrix menerima sebagian besar tegangan yang diberikan lalu partikel-partikel kecil terdispersi menghalangi gerakan dislokasi. Maka dari itu, kekerasan dan kekuatan tarik dari komposit tersebut akan naik. (Wessel, 2004)



Gambar 2.11 Sketsa Komposit Partikel (Wessel, 2004)

Gambar 2.11 menunjukkan skema komposit partikel. Komposit jenis partikel biasa digunakan pada bahan konstruksi karena memiliki beberapa keunggulan seperti memiliki kekuatan yang seragam pada segala arah, dan meningkatkan kekuatan dan kekerasan pada material dengan tetap menjaga berat yang ringan.

2.6 Serbuk Kayu (Wood Flour)

Reineke (1966) dalam Craig, et al. (2005), menyatakan bahwa istilah serbuk kayu “diterapkan agak longgar untuk kayu halus yang terpisah kemudian direduksi menjadi partikel lebih mendekati kepada pengertian tepung sereal dalam ukuran, penampilan, dan teksturnya”. Meskipun demikian, definisi ini tidak tepat untuk istilah serbuk kayu yang umum digunakan. Praktiknya, serbuk kayu biasanya merujuk pada sebuah partikel yang cukup kecil untuk melewati sebuah saringan dengan ukuran 850 mikron (menurut standar Amerika sekitar 20 mesh).



Serbuk kayu telah diproduksi secara komersial sejak 1906 dan telah digunakan pada banyak variasi produk termasuk perubahan tanah, ekstender untuk perekat, dan absorben untuk bahan peledak. Salah satu langkah yang paling awal dalam penggunaan plastik adalah pada fenol formaldehida dan serbuk komposit kayu yang disebut Bakelite. Produk komersial pertama diangkat kembali pada sebuah tombol untuk perpindahan gigi mobil (porsneling) pada tahun 1916. Meskipun begitu cukup lazim sebagai bahan pengisi untuk termoset, dan penggunaannya telah berkurang (Craig, et al., 2005).

Berbeda dengan penggunaannya dalam termoset, penggunaan serbuk kayu pada termoplastik untuk skala besar hanya terjadi dalam beberapa dekade terakhir. Pada pertumbuhannya, penggunaan kayu plastik komposit telah berkembang lebih kurang dari 50.000 ton pada tahun 1995 kemudian menjadi hampir 600.000 ton pada tahun 2002. Sebagian dari hal ini telah mengalami pertumbuhan cepat dalam hal pembuatan produk eksterior bangunan seperti pagar, jendela dan profil pintu, dan terutama geladak khusus (Craig, et al., 2005).

Karena stabilitas panas yang rendah, serbuk kayu biasanya digunakan sebagai pengisi hanya dalam plastik yang diproses pada suhu yang lebih rendah kurang dari 200°C. Mayoritas utama dari kayu plastik komposit dengan menggunakan plastik jenis polietilena sebagai matriks. Pada kenyataannya bahwa banyak dari awal pembuatan kayu plastik komposit tersebut dikembangkan sebagai saluran untuk film daur ulang. Beberapa pabrik juga menggunakan kombinasi dari bahan termoplastik dan termoset sebagai bahan matriks (Craig, et al., 2005). Serbuk kayu berasal dari berbagai potongan kayu dari kayu prosesor. Kualitas tinggi pada serbuk kayu harus dari spesies tertentu atau kelompok spesies dan harus bebas dari kulit kayu, kotoran, dan benda asing lainnya. Banyak jenis pohon yang berbeda yang ditawarkan sebagai serbuk kayu dan sering didasarkan pada daerah bersih ketersediaan bahan baku dari kayu hasil proses industri. Yang paling sering digunakan pada serbuk kayu untuk plastik komposit di Amerika Serikat adalah terbuat dari kayu jenis pinus, oak, dan maple. Banyak alasan yang diberikan untuk seleksi jenis, termasuk perbedaan sedikit warna (Craig, et al., 2005).

Meskipun tidak ada metode standar produksi serbuk kayu, umumnya beberapa dapat didiskusikan. Langkah-langkah utama dalam produksi serbuk kayu ukuran pengurangan dan ukuran klasifikasi. Jika bahan baku yang lebih besar digunakan, ukuran awalnya dapat dikurangi dengan menggunakan peralatan seperti mesin penggiling dan pembuat chip (Craig, et al., 2005).



Gambar 12. Serbuk kayu (wood flour)

Kebutuhan manusia akan kayu sebagai bahan bangunan baik untuk keperluan konstruksi, dekorasi, maupun furniture terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk. Kebutuhan kayu untuk industri perindustrian di Indonesia diperkirakan sebesar 70 juta m³ per tahun dengan kenaikan rata-rata sebesar 14,2 % per tahun sedangkan produksi kayu bulat diperkirakan hanya sebesar 25 juta m³ per tahun, dengan demikian terjadi defisit sebesar 45 juta m³. Hal ini menunjukkan bahwa sebenarnya daya dukung hutan sudah tidak dapat memenuhi kebutuhan kayu. Keadaan ini diperparah oleh adanya konversi hutan alam menjadi lahan pertanian, perladangan berpindah, kebakaran hutan, praktik pemanenan yang tidak efisien dan pengembangan infrastruktur yang diikuti oleh perambahan hutan. Kondisi ini menuntut penggunaan kayu secara efisien dan bijaksana, antara lain melalui konsep the whole tree utilization, disamping meningkatkan penggunaan bahan berlignoselulosa non kayu, dan pengembangan produk-produk inovatif sebagai bahan bangunan pengganti kayu (Macklin, 2008b).

Selama ini limbah serbuk kayu banyak menimbulkan masalah dalam penanganannya yang selama ini dibiarkan membusuk, ditumpuk dan dibakar yang kesemuanya berdampak negatif terhadap lingkungan sehingga Universitas Sumatera Utara penanggulangannya perlu dipikirkan. Salah satu jalan yang dapat ditempuh adalah memanfaatkannya menjadi produk yang bernilai tambah dengan teknologi aplikatif dan kerakyatan sehingga hasilnya mudah disosialisasikan kepada masyarakat (Macklin, 2008b).

2.7 Kayu Jati (*Tectona grandis*)

Kayu Jati (*Tectona grandis*) banyak terdapat di India, Thailand, Laos, Kamboja, Vietnam bagian utara dan Indonesia. Jati juga terdapat di daerah tropik Amerika Latin dan Afrika (Forest Product Laboratory, 1987). Penyebaran kayu jati di Indonesia antara lain



meliputi daerah seluruh Jawa, Sulawesi Selatan, Sulawesi Tenggara, Nusa Tenggara Barat (Sumbawa), Maluku dan Lampung (Martawijaya, 1981). Tekstur jati bersifat agak kasar dan tidak rata dengan arah serat lurus, bergelombang sampai agak berpadu. Sedangkan apabila dilihat dari sifat kimianya, kayu jati mengandung selulosa 47,5%, lignin 29,9%, pentosan 14,4%, abu 1,4% dan silika 0,4% (Martawijaya,1981). Umumnya jati mudah diolah baik itu oleh peralatan dengan tangan atau mesin. Tetapi kayu ini sering menumpulkan alat-alat karena kandungan silikanya (Foret Products Laboratory,1987).Adapun sifat fisik dan mekanik dari kayu jati dapat dilihat pada Tabel 2.4

Menurut data statistik dari Departemen Kehutanan (2004), pada tahun 2003 produksi log Indonesia mencapai 10.086.217,06 m³ yang berasal dari hutan alam, hutan tanaman industri dan hutan rakyat. Perkembangan industri perkayuan yang pesat tentunya juga menimbulkan hasil samping berupa limbah. Dalam proses pengolahan kayu hanya sekitar 60-70% dari komoditi kayu yang diolah menjadi produk, dengan limbah sisa kayu dan serbuk gergajiannya mencapai jumlah kurang lebih 30-40% (Darmaji, 1998)

Tabel 2.6 Sifat Fisis dan Mekanik Kayu Jati (Martawijaya,1981)

Sifat	Nilai
Massa Jenis	0,62-0,75 g/cm ³
Keteguhan Tekan	550 kg/cm ² (kering)
	419 kg/cm ² (basah)
Keteguhan Lentur	1026 kg/cm ² (kering)
	815 kg/cm ² (basah)
Kekakuan	1,55 x 10 ⁶ Psi (kering)
	1,37 x 10 ⁶ Psi (basah)

2.8 Limbah Serbuk kayu gergajian sebagai Filler

Serbuk Kayu Sebagai Filler Filler ditambahkan ke dalam matriks dengan tujuan meningkatkan sifat-sifat mekanis plastik melalui penyebaran tekanan yang efektif di antara serat dan matriks. Selain itu penambahan filler akan mengurangi biaya disamping memperbaiki beberapa sifat produknya (Han, 1990). Universitas Sumatera Utara Serbuk kayu memiliki kelebihan sebagai filler bila dibandingkan dengan filler mineral seperti



mika, kalsium karbonat, dan talk yaitu temperatur proses lebih rendah (kurang dari 400°F) dengan demikian mengurangi biaya energi, dapat terdegradasi secara alami, berat jenisnya jauh lebih rendah, sehingga biaya per volume lebih murah, gaya geseknya rendah sehingga tidak merusak peralatan pada proses pembuatan, serta berasal dari sumber yang dapat diperbaharui (Strak and Berger, 1997).

Beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemanfaatan serbuk kayu sebagai filler dalam pembuatan komposit kayu plastik adalah jenis kayu, ukuran serbuk serta nisbah antara serbuk kayu dan plastik. Hal lain yang perlu diperhatikan adalah sifat dasar dari serbuk kayu itu sendiri. Kayu merupakan bahan yang sebagian besar terdiri dari selulosa (40-50%), hemiselulosa (20-30%), lignin (20-30%), dan sejumlah kecil bahan-bahan anorganik dan ekstraktif. Karenanya kayu bersifat hidrofilik, kaku, serta dapat terdegradasi secara biologis. Sifat-sifat tersebut menyebabkan kayu kurang sesuai bila digabungkan dengan plastik, karena itu dalam pembuatan komposit kayu-plastik diperlukan bantuan coupling agent (Setyawati, 2003).

2.9 Wood Plastic Composite (WPC)

Papan plastik komposit (WPC) adalah hasil dari polimerisasi monomer cair atau oligomer yang telah dipenuhi di dalam kayu. Struktur berpori-pori kayu, terdiri atas lignin, selulosa dan hemiselulosa, diisi dengan bahan padat, plastik dan zat yang cukup keras. Pada prinsipnya, WPC akan menampilkan sifat mekanik yang unggul, dimensi yang stabil, lebih tahan terhadap kimia dan degradasi biologis, dan daya serap yang rendah daripada bukan resapan pada kayu. Produksi WPC bergerak melalui dua fase berbeda yaitu peresap dengan monomer/oligomer diikuti dengan polimerisasi di dalam kayu (Stolf dan Lahr, 2004).

Komposit kayu merupakan istilah untuk menggambarkan setiap produk yang terbuat dari lembaran atau potongan-potongan kecil kayu yang direkat bersama-sama. Komposit serbuk kayu plastik adalah komposit yang terbuat dari plastik sebagai matriks dan serbuk kayu sebagai pengisi (filler), yang mempunyai sifat gabungan keduanya. Penambahan filler ke dalam matriks bertujuan mengurangi densitas, meningkatkan kekakuan, dan mengurangi biaya per unit volume. Dari segi kayu, dengan adanya matriks polimer di dalamnya maka kekuatan dan sifat fisisnya juga akan meningkat (Setyawati, 2003).



Penelitian faktor-faktor yang berperan penting dalam pembuatan komposit serbuk kayu plastik, yaitu tipe dan bentuk bahan baku, jenis kayu, nisbah filler dan matrik, jenis dan kadar compatibilizer serta kondisi saat pengadonan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sampai batas tertentu terjadi peningkatan kekuatan komposit dengan makin kecil ukuran serbuk yang digunakan, tipe, nisbah serbuk dan plastik, kadar air serta jenis kayu berpengaruh nyata terhadap sifat-sifat komposit yang dihasilkan

2.10 Papan Komposit untuk Kontruksi Bangunan

Papan partikel menurut Departemen Pekerjaan Umum (1982:83, dalam Titan 2008) mendefinisikan papan partikel adalah “papan tiruan yang dibuat dari partikel (serpih) kayu atau bahan selulosa lainnya yang diikat dengan perekat organik dengan atau tanpa bahan pembantu lainnya melalui proses tekan panas”. Sedangkan dalam ASTM disebutkan bahwa papan partikel merupakan istilah umum dari sebuah papan campuran dengan bahan utamanya terdiri dari bahan komposit, yang biasanya terdiri atas potongan atau butiran partikel dari bahan serat yang terikat bersama dengan sistem pengikat dan itu boleh berisi aditif (Standart ASTM, 2003).

Dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2006 menyebutkan bahwa sifat fisika papan partikel yang diuji ada 3 macam yaitu: (1) kerapatan, (2) kadar air, dan (3) pengembangan tebal. Sedangkan untuk sifat mekanis papan partikel ada 4 yaitu: (1) Keteguhan lentur minimum, (2) Modulus elastisitas lentur (kering) minimum, (3) Keteguhan tarik tegak lurus permukaan minimum, (4) Keteguhan cabut sekrup minimum.

Tabel 2.7 Sifat Fisik Papan Partikel Menurut SNI (sumber: SNI, 03-2105-2006:5)

No	Uraian Sifat	Satuan	Besaran
Sifat fisika			
1	Kerapatan	g/cm ³	0,4 - 09
2	Kadar air	%	14
3	Pengembangan tebal	%	*
	- Tebal < 12,5mm		25
	- Tebal > 12,5mm		20
	- Papan partikel biasa		12

Keterangan: * = setelah perendaman 24 jam
 (Sumber: SNI, 03-2105-2006:5)

Menurut Dumanauw (2001) faktor-faktor yang mempengaruhi mutu papan partikel: (1) berat jenis kayu, (2) zat ekstraktif kayu, (3) jenis kayu, (4) campuran jenis kayu, (5) ukuran partikel, (6) perekat, dan (7) pengolahan/proses pembuatan. Sedangkan



menurut Sutigno, Paribroto (2006) mutu papan partikel dapat digolongkan meliputi cacat, ukuran, sifat fisik, sifat mekanik, dan sifat kimia. Dalam standar papan partikel yang dikeluarkan oleh beberapa negara masih mungkin terjadi perbedaan dalam hal kriteria, cara pengujian, dan persyaratannya. Mutu papan partikel tersebut meliputi: (1) cacat, (2) ukuran, (3) sifat fisik, terdiri atas kerapatan, kadar air, pengembangan tebal dan daya serap air, (4) sifat mekanis, terdiri atas keteguhan (kuat) lentur, keteguhan rekat internal (kuat tarik tegak lurus permukaan), dan keteguhan (kuat) pegang skrup, dan (5) sifat kimia.

Tabel 2.8 Mutu Papan Partikel Menurut SNI

No	Jenis cacat	A	B	C	D
1	Partikel kasar dipermukaan panel	Maksimum 10 buah, tidak berkelompok	Maksimum 15 buah, tidak berkelompok	Maksimum 20 buah, tidak berkelompok	Maksimum 50 buah, tidak berkelompok
2	Noda serbuk	Maksimum diameter 0,5cm, 1 buah	Maksimum diameter 2,0 cm, 1 buah	Maksimum diameter 4,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 6,0 cm, 5 buah
3	Noda minyak	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum diameter 1 cm, 1 buah	Maksimum diameter 2 cm, 2 buah
4	Noda perekat	Maksimum diameter 1,0 cm, 1 buah	Maksimum diameter 1,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 2,0 cm, 2 buah	Maksimum diameter 4,0 cm, 4 buah
5	Rusak tepi	Tidak ada	Tidak ada	Maksimum lebar 5,0 mm, panjang maks 100 mm	Maksimum lebar 10,0 mm, panjang maks 200 mm

(Sumber: SNI, 03-2105-2006:5)

Papan partikel mempunyai sifat fisik yang sangat dipengaruhi oleh kadar air kayu pembentuk papan partikel. Menurut Dumanauw (1990), Kadar air yang terdapat di dalam kayu terdiri atas dua macam, yaitu: Air bebas, yaitu air yang terdapat pada rongga-rongga sel, paling mudah dan terdahulu keluar; Air terikat, yaitu air yang berada pada dinding-dinding sel kayu dan sangat sulit untuk dilepaskan..

Tabel 2.9 Sifat Fisik dan Mekanik Papan Partikel Spesifikasi sifat-sifat fisis dan mekanis menurut standar SNI 03-2105-2006

Kadar air	< 14 %
Kerapatan	0,40 g/cm ³ – 0,90 g/cm ³
Berat Jenis	0,8-1 g/cm ³
Keteguhan lentur kering tipe 8	82 (kgf/cm ²)
Keteguhan lentur kering tipe 13	133 (kgf/cm ²)
Keteguhan lentur kering tipe 18	184 (kgf/cm ²)
Keteguhan tarik tegak lurus permukaan tipe 8	1,5 (kgf/cm ²)



Keteguhan tarik tegak lurus permukaan tipe 13	2,0 (kgf/cm ²)
Keteguhan tarik tegak lurus permukaan tipe 18	3,1 (kgf/cm ²)
Flexural Strength tipe 8	44,9 MPa
Flexural Strength tipe 13	50,8 MPa
Flexural Strength tipe 18	52,9 MPa
Modulus elastisitas lentur tipe 8	2,04 (104 kgf/cm ²)
Modulus elastisitas lentur tipe 13	2,55 (104 kgf/cm ²)
Modulus elastisitas lentur tipe 18	3,06 (104 kgf/cm ²)
Impact Strength tipe 8	4,28 J/m
Impact Strength tipe 13	5,73 J/m
Impact Strength tipe 18	6,66 J/m
Hardness tipe 8	85,2 HRR
Hardness tipe 13	92,4 HRR
Hardness tipe 18	94 HRR
Tensile Strength tipe 8	3200 MPa
Tensile Strength tipe 13	4372 MPa
Tensile Strength tipe 18	5024 MPa

2.11 Penelitian Sebelumnya

Sebelumnya telah banyak dilakukan penelitian tentang pengaruh penambahan filler serbuk kayu terhadap komposit termoplastik pada Tabel 4 sebagai berikut:

Tabel 2.10 Penelitian Sebelumnya

No.	Penulis	Metode	Hasil
1.	Ariyo Satito (2015)	<i>Liquid phase sintering</i> . dengan cara <i>hot press</i> pada tekanan 100 MPa dan temperatur 170 °C.	Komposisi yang paling baik untuk membuat komposit kayu plastik dengan metode <i>liquid phase sintering</i> adalah 70 % kayu dan 30 % plastik.



2.	Dina Setyawati (2003)	Metode <i>solid state reaction</i> $MgB_2 + x \text{ wt\% CNT}$ ($x = 0$ dan 2.5) pada temperatur <i>sintering</i> 800°C dengan <i>holding time</i> 30 menit	Secara umum perbedaan ukuran partikel sabut kelapa tidak berpengaruh nyata terhadap kualitas papan komposit. Sifat fisis papan komposit seperti kerapatan dan pengembangan tebal, serta sifat mekanis yang meliputi modulus elastisitas, keteguhan patah, dan kekuatan tarik tegak lurus permukaan 7 telah memenuhi standar JIS A 5908 (1994).
3.	Partini (2003)	blending	Perlakuan dengan berbagai konsentrasi Maleic Anhydride (MAH) sampai 12% memberikan pengaruh terhadap sifat fisik dan mekanik papan. Kadar MAH tertinggi (12%) menunjukkan serangan jamur terbanyak karena MAH bersifat asam (kondisi baik untuk pertumbuhan jamur). Papan partikel dengan konsentrasi MAH 12% menunjukkan sifat fisik dan mekanik terendah.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Bahan dan Alat Penelitian

Adapun beberapa bahan dan alat yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

3.1.1 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Sampah plastik *Polyethylene Terephthalate* (PET)
Didapatkan dari pengepul sampah yang berada di jalan keputih
2. Sampah plastik *polypropylene* (PP)
Didapatkan dari pengepul plastik khusus PP yang berada di jalan ampel
3. Serbuk Kayu Gergaji
Serbuk kayu gergaji jenis Jati yang dibeli di Lamongan
4. NaOH 5%
Didapatkan di toko kimia UD Sumber Ilmiah Persada
5. Aquades
Didapatkan di toko kimia UD Sumber Ilmiah Persada

3.1.2 Alat Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah

1. Cetakan
Alat ini digunakan untuk membentuk specimen uji untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan.
2. Mesin Pencacah Plastik
Berfungsi untuk mencacah plastik menjadi ukuran yang kecil sehingga mudah dilelehkan dan pengadukan lebih efisien.
3. Blender
Berfungsi untuk menghaluskan cacahan plastic menjadi lebih halus.
4. Mesin Grenda Konvensional.
Berfungsi sebagai alat penghalus dan memotong specimen.



5. Mesin Sieving

Berfungsi sebagai untuk mendapatkan ukuran serbuk kayu yang diinginkan

6. Oven

yang digunakan untuk mengeringkan spesimen uji *absorbability* yang telah direndam air selama 24 jam.

7. Kompor

Kompor digunakan untuk melelehkan plastik sebelum dicetak pada cetakan yang ada.

Alat karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah:

8. *Scanning Electron Microscopy* (SEM) merk FEI INSPECT S50.

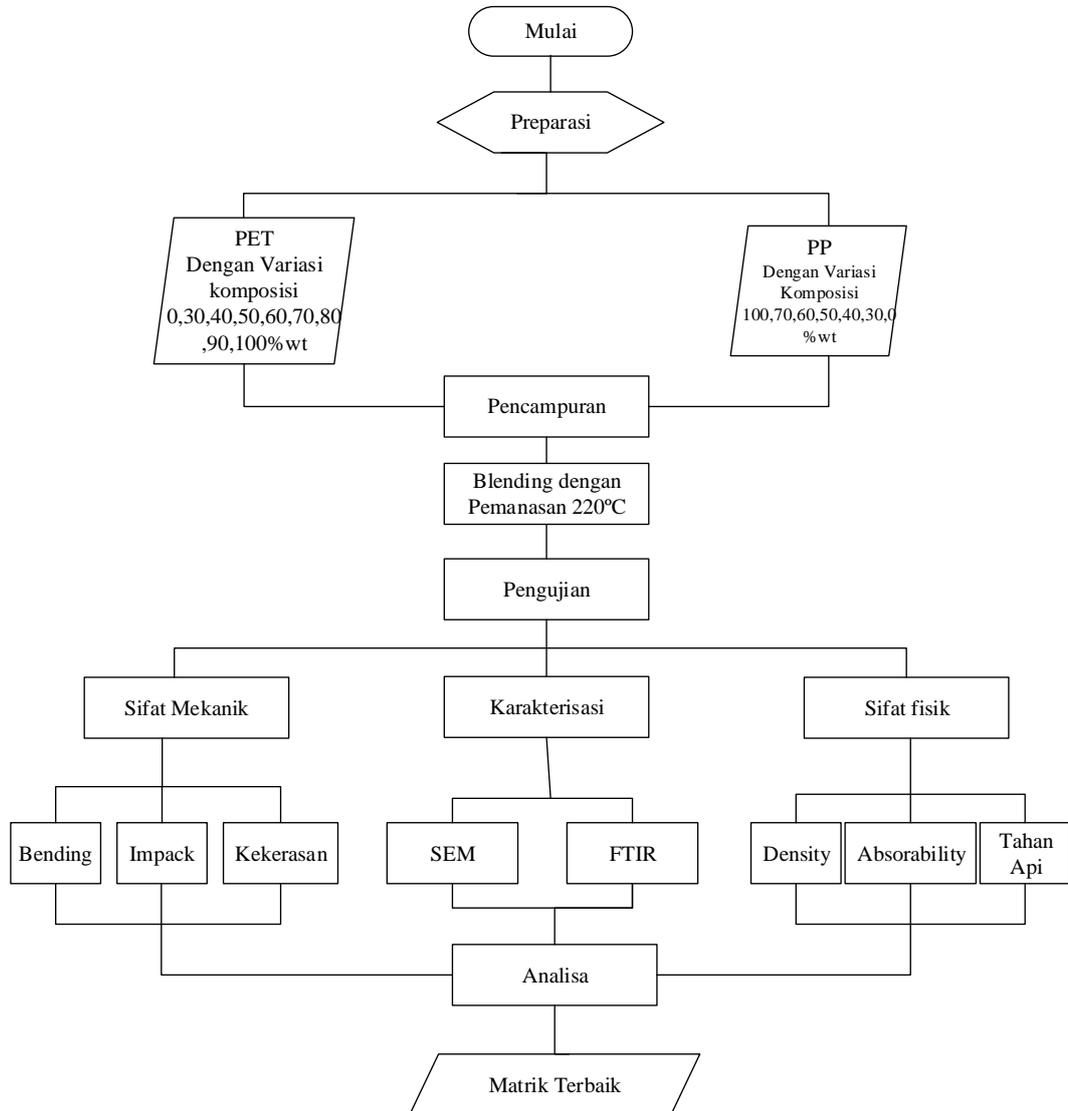
Berfungsi untuk menganalisa morfologi sampel dan distribusi komposisi.

9. *Fourier-transform infrared* (FTIR) merk Nicolet IS10

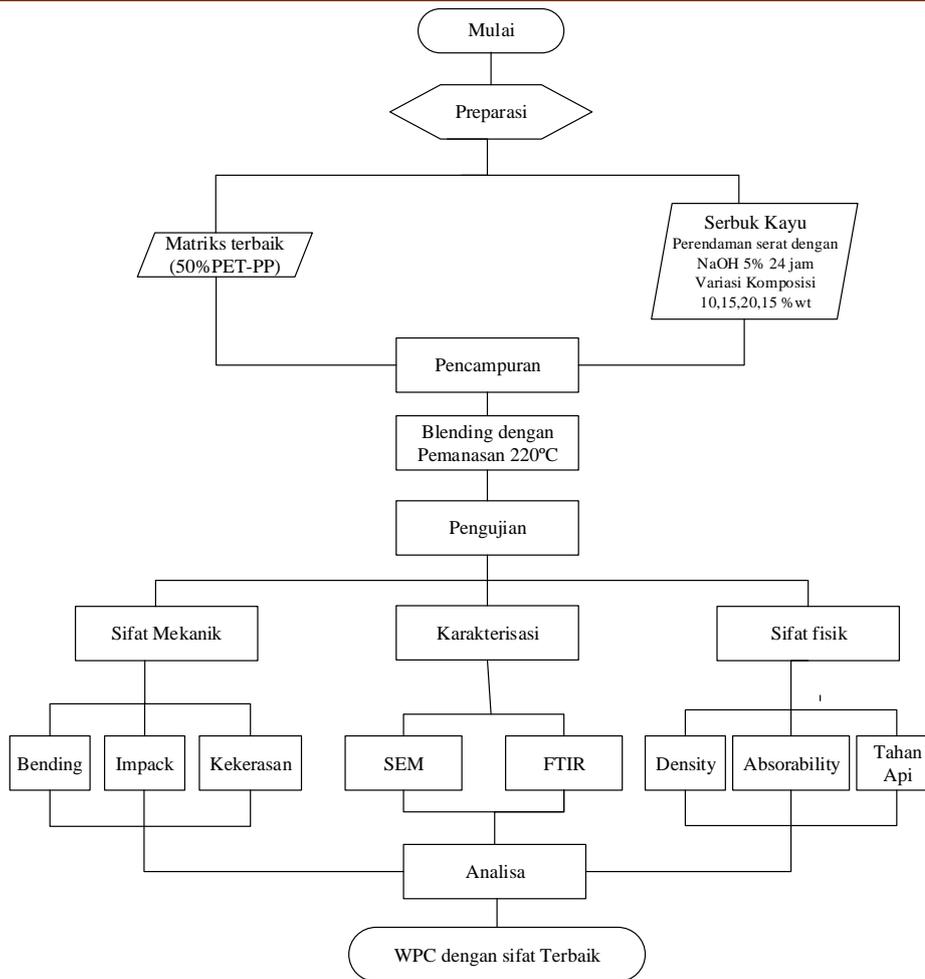
Berfungsi untuk menganalisa gugus fungsi dan ikatan kimia yang terbentuk.



3.2 Diagram Alir



Gambar 3.1 Diagram alir penelitian Pembuatan Matriks



Gambar 3.2 Diagram alir penelitian Pembuatan komposit

3.3 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian ini Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu disiapkan persiapan bahan. Persiapan bahan ini sangat penting untuk dilakukan karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisa dan pembahasan. Sampel yang sudah dibuat akan dikarakterisasi menggunakan FTIR, SEM-EDX

3.3.1 Pengolahan Sampah Plastik PET dan PP

1. Sampah plastik PET dan PP dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaannya.



2. Sampah plastik PET dan PP dijemur di bawah sinar matahari sampai kering untuk menghilangkan kandungan air.
3. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah plastik untuk mendapatkan ukuran yang kecil sehingga mudah untuk dilelehkan.

3.3.2 Persiapan Limbah Serbuk Kayu

1. Serbuk kayu dibersihkan dari pengotor dengan air bersih.
2. Serbuk kayu yang telah bersih direndam dengan NaOH 5% selama 24 jam untuk mengurangi kandungannya ligninnya.
3. Setelah direndam, serbuk kayu dibilas dengan aquades lalu dikeringkan dengan dijemur selama 24 jam.
4. Serat di meshing untuk didapatkan ukuran yang homogen sesuai dengan keperluan
5. Serbuk kayu di kompaksi untuk melakukan pengukuran berat jenisnya

3.3.3 Pembuatan Komposit

1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menimbang massa dari plastik (PET dan PP) sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
2. Setelah itu menimbang massa dari serbuk kayu sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
3. Setelah itu plastik (PET/PP) dan serbuk kayu dicampur hingga homogeny
4. Setelah semua campuran tercampur secara merata, campuran yang akan dijadikan komposit tadi di lelehkan sampai temperature 200°C dan d tuangkan ke cetakan.
5. Setelah komposit terbentuk selanjutnya dilakukan n proses hot press pada suhu 200°C .
6. Komposit yang telah dicetak kemudian didinginkan pada temperature kamar.
7. Spesimen dikeluarkan dari cetakan.
8. Melakukan pembuatan komposit untuk 9 komposisi.

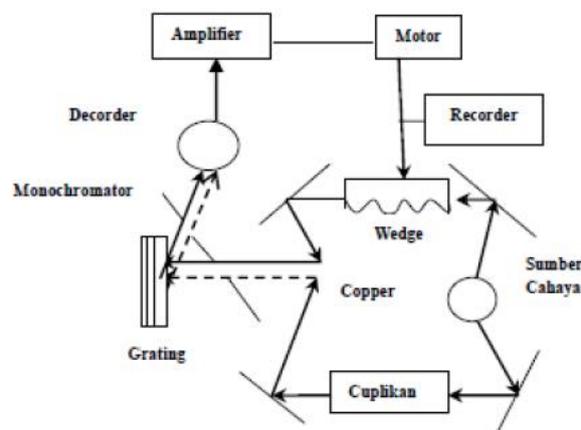


3.4 Proses Pengujian

Setelah spesimen matrik dan komposit selesai dibuat, maka dilakukan beberapa pengujian yang terdiri dari:

3.4.1 *Fourier-transform infrared (FTIR)*

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan serta untuk mengkonfirmasi apakah bahan yang dipakai telah sesuai. Skema dari mesin FTIR dapat dilihat pada Gambar 3.12 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 amplififier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.



Gambar 3.3 Skema Uji FTIR

Spesimen yang digunakan untuk pengujian FTIR berupa cuplikan kecil dari material yang dibuat seperti ditunjukkan pada Gambar. Mesin uji FTIR yang digunakan adalah Nicolet IS10 milik laboratorium di jurusan Teknik Material FTI-ITS. Sampel diletakkan *sample holder*, kemudian *detector* didekatkan pada sampel. Pastikan sampel uji memiliki permukaan yang rata dan ketebalan yang sama.



3.4.2 Uji *Scanning Electron Microscopy*

Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dilakukan untuk mendapatkan gambaran morfologi dari sampel. Tahap pertama pada uji SEM ini adalah meng-*coating* (melapisi) sampel yang akan diuji dengan bahan pelapis emas menggunakan alat *auto fine coater*. Tujuan dari *coating* (pelapisan) ini adalah untuk mencegah terjadinya akumulasi dari medan elektrik statis pada sampel sehubungan dengan elektron irradiasi sewaktu proses penggambaran sampel. alat SEM FEI INSPECT S50 milik jurusan Teknik Material FTI-ITS seperti yang terlihat pada Gambar 3.10:



Gambar 3.4 *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Langkah-langkah dari pengujian SEM adalah :

1. Mempersiapkan sampel yang akan dikarakterisasi
2. Membersihkan permukaan sampel
3. Meletakkan sampel uji pada holder
4. Memasukkan sampel uji kedalam mesin SEM
5. Hasil yang didapat akan ditampilkan pada layar komputer

3.4.3 Pengujian Massa Jenis

Pengujian dilakukan dengan perhitungan massa spesimen dalam udara dan air masing-masing spesimen komposit menggunakan standard ASTM D792. Yang dilakukan di jurusan Teknik Material FTI-ITS



3.4.4 Pengujian *Absorption*

Pengujian angka penyerapan air digunakan untuk menghitung perubahan berat dari suatu agregat akibat air yang menyerap ke dalam pori di antara partikel pokok dibandingkan dengan pada saat kondisi kering. Standar proses pengujian nilai penyerapan air 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 dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dalam temperatur 50°C kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia tentang genteng, besar *water Absorbability* maksimal adalah 10 %. Kemudian data yang ada dimasukkan ke persamaan 3.1 untuk mengetahui nilai *Water absorption*-nya. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut:

$$\text{Absorption} : \frac{W-K}{K} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

W = berat material dalam keadaan basah (gram)

K = berat material dalam keadaan kering (gram)

3.4.4 Pengujian Tahan Api

Pengujian dilakukan dengan perhitungan masing-masing spesimen menggunakan standard ASTM D635. Yang dilakukan di jurusan Teknik Material FTI-ITS Pengujian dilakukan dengan mengukur ketebalan spesimen, kemudian menandai setiap spesimen dengan dua garis tegak lurus dengan sumbu longitudinal dari bar, 25 ± 1 dan 100 ± 1 mm dari ujung yang akan dinyalakan. Spesimen dijepit di ujung terjauh dari 25 mm. kemudian mendandai referensi dengan sumbu longitudinalnya horizontal dan sumbu transversalnya pada $45 \pm 2^\circ$ seperti pada Gambar. 3.5.

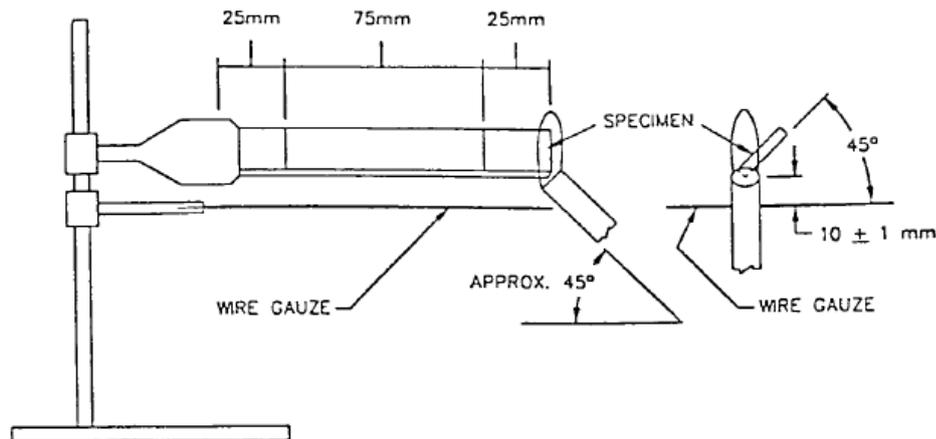
Kemudian specimen diletakkan dengan sumbu pusat dari umbi burner di vertical posisi, spesimen harus jauh dari burner. Kemudian mencatat waktu perambatan api dan habisnya panjang specimen setelah diberi api.

$$V = \frac{60L}{t} \quad (3.2)$$

Dimana:

L = Panjang yang terbakar (mm)

t = waktu (s)

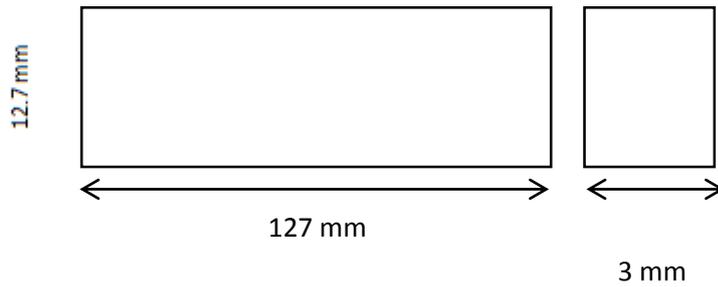


Gambar 3.5 Skema Pengujian Tahan Api (ASTM D635)

3.4.6 Pengujian Bending

Pengujian kelenturan dilakukan untuk mendapatkan informasi kekuatan material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode three point bend, dengan cara spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan di tengah spesimen. Pengujian dilakukan dengan Mesin uji bending dengan nama AUTOGRAPH yang digunakan milik laboratorium UNAIR

. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 127x12.7x3 mm seperti pada Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Dimensi Spesimen Uji Bending

Kekuatan lentur suatu material dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3.3)$$

Keterangan :

σ_f = Kekuatan Lentur (Kg/cm²)

L = Support span (cm)

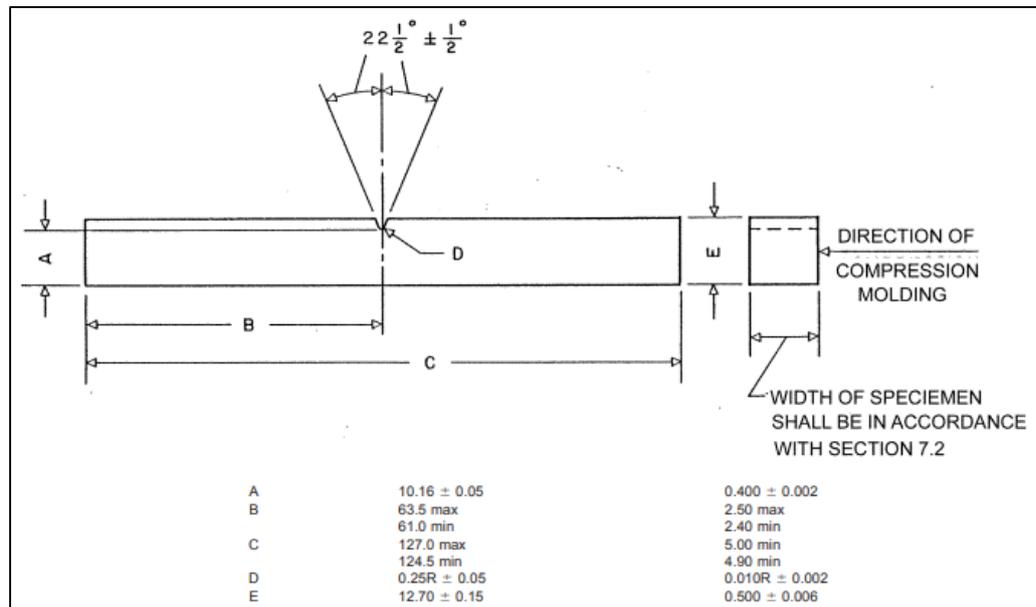
P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

d = tebal spesimen (cm)

3.4.7 Pengujian Impak *Charpy*

Pengujian impak dilakukan di Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS. Pengujian ini dilakukan untuk menganalisa kemampuan dari material komposit Serat karbon/epoksi terhadap impak.. Metode pengujian impak pada penelitian ini menggunakan mesin uji impak metode *Charpy*. Standar yang digunakan pada pengujian impak *Charpy* untuk komposit Serat karbon/epoksi menggunakan ASTM D6110-04. Spesimen diletakkan mendatar dan kedua ujung spesimen ditumpu pada suatu landasan. Letak takikan (*notch*) tepat ditengah dengan arah pemukulan dari belakang takikan. Alat yang digunakan bermerek Wolfrund dengan beban impak maksimum 150 J.



Gambar 3.7 Dimensi *Beam* Sederhana, Tipe *Charpy*, Spesimen Uji Impak

Pada pengujian impak, energi yang diserap oleh benda uji biasanya dinyatakan dalam satuan joule dan dibaca langsung pada skala (dial) penunjuk yang telah dikalibrasi yang terdapat pada mesin penguji. Harga impak (HI) suatu bahan yang diuji dengan metode *charpy* :

$$HI = E/A \dots\dots\dots \text{Persamaan 3.3}$$

dimana, E = energi yang diserap (joule).

$$A = \text{luas penampang di bawah takik (mm}^2\text{)}$$

3.4.8 Pengujian Kekerasan (*Hardness*)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dengan menggunakan durometer. Dengan menggunakan shore D yang dilakukan di Jurusan Teknik Material FTI-ITS



3.5 Rancangan Penelitian

Tabel 3.1 Variasi Komposisi Matriks (PET-PP)

No.	Binder (% wt)		Pengujian							Tahan Api
	PET	PP	FTIR	SEM	Massa Jenis	Serap Air	Bending	Impack	Hardness	
1	-	100	v	v	v	v	v	v	v	v
2	30	70	v	v	v	v	v	v	v	v
3	40	60	v	v	v	v	v	v	v	v
4	50	50	v	v	v	v	v	v	v	v
5	60	40	v	v	v	v	v	v	v	v
6	70	30	v	v	v	v	v	v	v	v
7	-	100	v	v	v	v	v	v	v	v

Tabel 3.2 Variasi Komposisi Matriks terbaik dengan Filler Serbuk Kayu

No	matriks (% wt)	Serbuk kayu (% wt)	Pengujian							
	PET-PP		SEM	FTIR	Massa Jenis	Serap Air	Bending	Impack	kekerasan	Tahan Api
1.	100	0	v	v	v	v	v	v	v	v
2.	90	10	v	v	v	v	v	v	v	v
3.	85	15	v	v	v	v	v	v	v	v
4.	80	20	v	v	v	v	v	v	v	v
5.	75	25	v	v	v	v	v	v	v	v

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam bab ini akan membahas tentang hasil pengujian yang telah dilakukan. Pertama kali yaitu melakukan pengujian pada polimer yang dipakai yang terdiri dari *Polyethylene Terephthalate* dan *Polypropylene* untuk menentukan matriks terbaik yang akan digunakan untuk membuat komposit. Selanjutnya dilakukan pengujian pada komposit yang sudah dibuat dengan campuran komposisi matrik terbaik untuk menghasilkan *Wood Plastic Composite* terbaik. Penelitian ini mempelajari pengaruh penambahan komposisi PET 0, 30,40,50,60, 70, dan 100%. Kemudian penelitian ini juga mempelajari pengaruh penambahan komposisi Serbuk kayu 10,15,20, dan 25%. Pengujian yang dilakukan pada penelitian kali ini terdiri dari pengujian karakterisasi yang terdiri dari FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) kemudian dilakukan pengujian fisis yang terdiri dari *Density*, *Water absorption*, dan Tahan Api. Selanjutnya dilakukan pengujian mekanik yang terdiri dari Bending (*Flexural Test*), *Impact Test*, dan *Hardness Test*.

4.1 Pengujian Pada Matriks

Pengujian pada matriks dilakukan untuk menentukan matriks terbaik pada komposit sebelum membuat komposit agar didapatkan *wood plastic composite* terbaik.

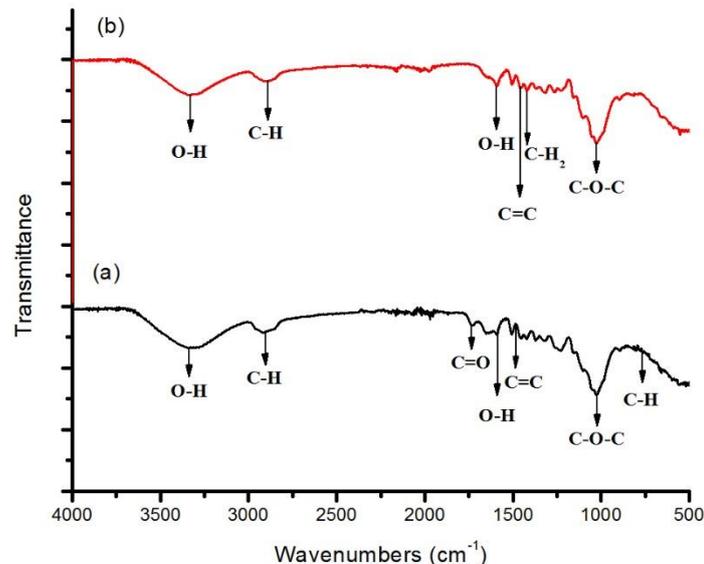
4.1.1 Hasil Pengujian dan Analisis FTIR (*Fourier-Transform Infrared Spectroscopy*)

Dalam pengujian FTIR, dilakukan pengujian awal bahan yang digunakan yaitu serbuk kayu jati dengan perlakuan alkalisasi, *Polyethylene Terephthalate*, *Polypropylene*, dan komposit yang dihasilkan yaitu *Polyethylene Terephthalate/polypropylene/Serbuk Kayu*. masing-masing sampel diuji dan dianalisa FTIR agar dapat menentukan peak dari tiap sampel dan mengidentifikasi gugus ikatan yang mengindikasikan sampel tersebut.



4.1.1.1 Analisis Hasil FTIR Alkalisasi Serbuk Kayu

Profil dari peak yang terbentuk pada grafik tampak berbeda antara serbuk kayu sebelum proses alkalisasi dan setelah proses alkalisasi. Hal ini menunjukkan adanya perubahan struktural pada serbuk kayu setelah proses alkalisasi dengan NaOH.



Gambar 4.1 Spektra FTIR Pada (a) Serbuk Kayu, (b) Serbuk kayu setelah perlakuan Alkalisasi

Menurut Nikitin (1975) setiap kayu pada umumnya tersusun dari selulosa (45-55%), hemiselulosa (25-30%), lignin (20-30%) dan substansi ekstraktif (1-3%). Sedangkan pengujian FTIR serbuk kayu yang telah dialkalisasi bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung pada serat setelah dilakukan proses alkalisasi. Proses alkalisasi dilakukan dengan tujuan 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, dan berdampak turunnya kekerasan permukaan. Oleh karena itu proses alkalisasi diperlukan untuk memperbaiki sifat permukaan dan menghilangkan lignin tersebut.



Tabel 4.1 Daerah Serapan FTIR Serbuk kayu Non alkali dan Alkali Treated

Wavenumber (cm ⁻¹)		Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi
<i>Non Alkali Treated</i>	<i>Alkali Treated</i>	
3339,92	3331,42	O-H <i>stretching</i>
2914,23	2902,83	C-H <i>stretching</i> aliphatic
1729,92	-	C=O <i>stretching</i>
1593	1591,91	O-H deformasi
1507,29	1507,27	C=C <i>stretching</i> (Aromatic)
1421,06	1420,22	-CH ₂ deformasi
1228,79	1265,1	C-O-C <i>stretching</i>
799,18	-	C-H deformasi

Tabel 4.1 menunjukkan hasil karakterisasi FTIR serbuk kayu jati yang telah dialkalisasi. Dari hasil pengujian tersebut dapat dilihat bahwa serbuk kayu alkalisasi terdapat ikatan O-H *stretching* pada puncak gelombang 3331,42 cm⁻¹, C-H *stretching* pada puncak gelombang 2902,83 cm⁻¹, O-H deformasi pada puncak gelombang 3331,42 cm⁻¹, C-H *stretching* pada puncak gelombang 2902,83 cm⁻¹, O-H deformasi pada puncak gelombang 1591,91 cm⁻¹, C=C *stretching* pada puncak gelombang 1507,27 cm⁻¹, CH₂ deformasi pada puncak gelombang 1420,22 cm⁻¹ serta C-O-C *stretching* pada puncak gelombang 1265,1 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 kayu telah berkurang dan hilang (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 1590 cm⁻¹ menunjukkan penyerapan air oleh selulosa (Lojewska, 2005).

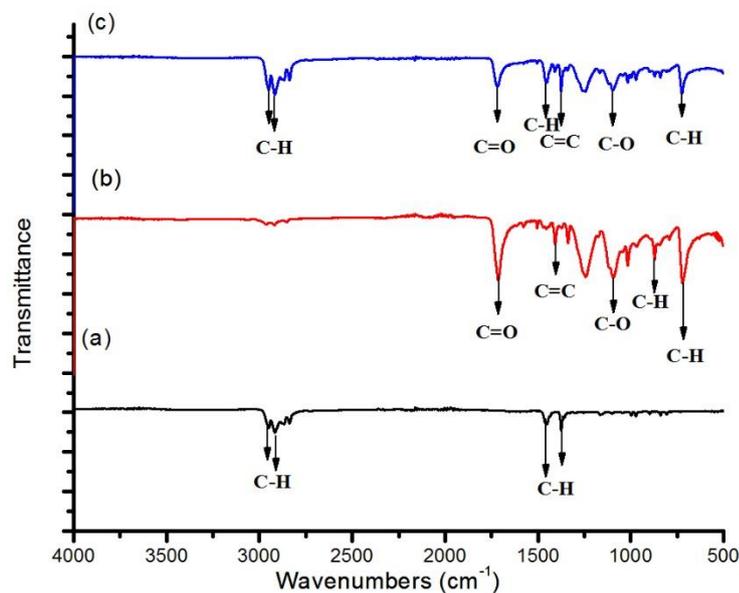
Lignin (C₉H₁₀O₂(OCH₃)_n) bereaksi dengan larutan NaOH yang terdisosiasi menjadi ion Na⁺ dan OH⁻. Ion OH dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na⁺ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut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



Ion OH- ini kemudian bereaksi dengan gugus H pada lignin membentuk H₂O. Hal ini menyebabkan gugus O pada lignin membentuk radikal bebas dan reaktif dengan C membentuk cincin epoksi (C-O-C). Sehingga menyebabkan serangkaian gugus melepaskan ikatan pada gugus O. Reaksi menghasilkan dua cincin benzene yang terpisah, dimana masing-masing cincin memiliki gugus O yang reaktif. Gugus O reaktif ini bereaksi dengan Na⁺ dan ikut larut dalam larutan natrium fenolat sehingga lignin hilang apabila dibilas. (Aditama, 2017)

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.

4.1.1.2 Analisis Hasil FTIR Matrik *Polyethylene Terephthalate* dan *Polypropylene*



Gambar 4.2 Spektra FTIR pada Matriks PET-PP, (a) PP, (b) PET, (c) PET(50%)-PP

Gambar 4.2 pada grafik warna hitam menunjukkan hasil uji FTIR dari *Polypropylene*. Sampel dianalisa pada *wavenumber* antara 4000-500 cm⁻¹. Hasil



menunjukkan ikatan C-H dari *Polypropylene* pada puncak gelombang tertinggi yaitu 2949 cm^{-1} , 2916 cm^{-1} , 2867 cm^{-1} , 2837 cm^{-1} , 1453 cm^{-1} , dan 1375 cm^{-1} dengan intensitas kuat (Skoog, 1998). Daerah frekuensi C-H alkana termasuk dalam range $2850\text{--}2970\text{ cm}^{-1}$ memiliki intensitas kuat dan $1340\text{--}1470\text{ cm}^{-1}$ memiliki intensitas kuat.

Tabel 4.2 Daerah Serapan FTIR *Polypropylene*

Wavenumber	Ikatan	Gugus
2949	C-H	Alkana
2916	C-H	Alkana
2867	C-H	Alkana
2837	C-H	Alkana
1453	C-H	Alkana
1375	C-H	Alkana

Gambar 4.2 dengan grafik warna merah terdapat ikatan-ikatan dari *Polyethylene Terephthalate* dengan ikatan karbonil C=O pada gelombang 1717 cm^{-1} . Ikatan C=C cincin aromatik ditemukan pada gelombang 1503 cm^{-1} . Ikatan ester C-O ditemukan pada gelombang 1241 cm^{-1} dan 1166 cm^{-1} . Ditemukan ikatan alkana C-H aromatik milik *Polyethylene Terephthalate* pada gelombang 872 cm^{-1} , 841 cm^{-1} , dan 724 cm^{-1} . Peak yang muncul sesuai dengan peak yang terbaca pada *Polyethylene Terephthalate*. (Handbook Of Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies)

Tabel 4.3 Daerah Serapan FTIR *Polyethylene Terephthalate*

Wavenumber	Ikatan	Gugus
1717	C=O	Karbonil
1503	C=C	Aromatik
1408	C-H	Alkana
1241	C-O	Ester
1166	C-O	Ester



873	C-H	Aromatik
841	C-H	Aromatik
724	C-H	Aromatik

Pada Gambar 4.2 grafik warna biru menunjukkan hasil uji FTIR dari matriks (*Polyethylene Terephthalate/Polypropylene*). Terbukti pada *wavenumber* antara 4000-500 cm^{-1} . Hasil menunjukkan pengulangan gugus fungsi ikatan C-H dari *Polypropylene* pada puncak gelombang tertinggi yaitu 2949 cm^{-1} , 2916 cm^{-1} , 2867 cm^{-1} , 2837 cm^{-1} , 1453 cm^{-1} , dan 1375 cm^{-1} dan Daerah frekuensi C-H alkana termasuk dalam range 2850- 2970 cm^{-1} Hal tersebut menunjukkan bahwa dalam matriks terdapat gabungan gugus fungsi dari PET dan PP.

Tabel 4.4 Daerah Serapan FTIR matriks PET-PP

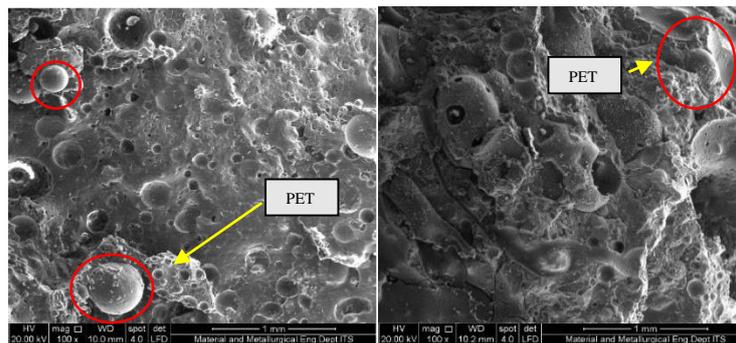
Wavenumber	Ikatan	Gugus
2949	C-H	Alkana
2916	C-H	Alkana
2867	C-H	Alkana
2837	C-H	Alkana
1717	C=O	Karbonil
1503	C=C	Aromatik
1453	C-H	Alkana
1408	C-H	Alkana
1375	C-H	Alkana
1241	C-O	Ester
1166	C-O	Ester
873	C-H	Aromatik
841	C-H	Aromatik
724	C-H	Aromatik



4.1.2 Hasil Analisis Scanning Electron Microscopy (SEM)

Morfologi dari spesimen matriks ditunjukkan dengan fotomikrograph *Scanning Electron Microscope*. Selain morfologi, melalui fotomikrograph SEM juga bisa didapatkan informasi persebaran unsur dan pori.

Pengamatan morfologi dilakukan di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya dengan perbesaran sebesar 100x.



Gambar 4. 3 Mikrografi SEM Matriks PET(50%)-PP pada perbesaran100x

Gambar 4.3 menunjukkan Mikrografi SEM Matriks PET (50%)-PP perbesaran 100x. Terlihat pada gambar morfologi dari sampel memiliki beberapa bentuk gelembung dan cekungan setengah bola yang dimiliki oleh *Polyethylene Terephthalate*. Sebagian besar struktur permukaan yang terlihat memiliki tekstur halus yang dimiliki oleh *Polypropylene*.

Pada campuran *thermoplastics Polyethylene Terephthalate* dan *Polypropylene* didapatkan banyak terbentuk gelembung-gelembung dan cekungan setengah bola. Ini terjadi ketika antara PET/PP memiliki rasio dimana PET dan PP sama. Sesuai dengan Araoujo (2018) yang menunjukkan bahwa pada PET/PP dengan rasio sama maka morfologi terlihat lebih halus/rata dan tidak terlihat banyak bentuk gelembung ataupun cekungan setengah bola. Menurut Neogi (2003), pada penelitiannya juga ditemukan hal yang sama yaitu terbentuknya *spherical balls* yang diindikasikan akibat adanya penambahan PET. Semakin bertambahnya PET dan berkurangnya PP maka semakin banyak *spherical balls* yang terbentuk dengan diameter yang bervariasi dan cenderung semakin meningkat, hal sama juga terjadi sesuai penelitian Chand (1999). PP dan PET



keduanya *immiscible* ketika dicampurkan. Terdapatnya *spherical balls* menunjukkan bahwa PET dan PP tidak melekat satu sama lain. PET mengalami solidifikasi terlebih dahulu dari pada PP karena *melting point* dari PET lebih tinggi. Sehingga PET membentuk bagian yang berbeda dengan PP yaitu berupa *spherical balls*.

Hal ini yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dari matriks. Semakin banyak gelembung atau *spherical balls* maka akan menurunkan sifat mekanik dari komposit. Maka nilai sifat mekanik akan cenderung lebih rendah ketika memiliki bentuk gelembung atau *spherical balls*.

Dalam campuran yang tidak terkompatibasi, dimungkinkan untuk mengamati sistem dua fasa yang heterogen, di mana terdapat fasa kontinu (matriks) dan domain di mana permukaan muncul dengan sangat jelas dan yang mencirikan adhesi yang buruk di antara fasa. Ukuran besar dari fase terdispersi adalah hasil dari tidak mudahnya komponen menyatu. Karena PET adalah polimer polar sementara PP adalah polimer nonpolar, campurannya tidak dapat bercampur. Menunjukkan bahwa fase terdispersi mudah ditarik dari campuran dan meninggalkan permukaan yang tidak rata, menunjukkan rendahnya hambatan antara dua polimer (oyman, 2002).

4.1.3 Hasil Analisis Pengujian Densitas

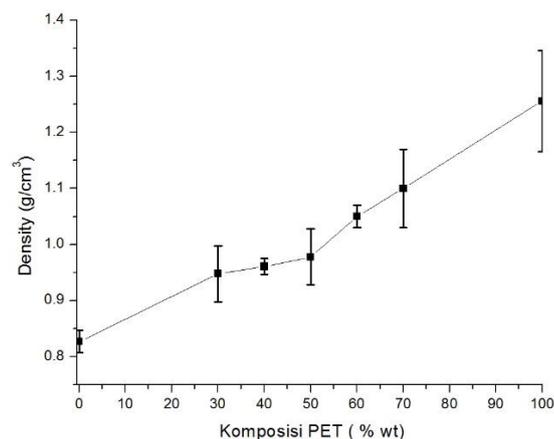
Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari masing-masing spesimen untuk diketahui massa jenisnya. Hasil pengujian densitas dari matrik PET-PP ditunjukkan oleh tabel dan grafik pada gambar dibawah ini:



Tabel 4.5 Hasil Uji Densitas Matrik PET-PP

No.	Matrik (% wt)		Density (g/cm ³)
	PP	PET	
1	100	0	0,82 ± 0,02
2	70	30	0,95 ± 0,05
3	60	40	0,96 ± 0,01
4	50	50	0,98 ± 0,05
5	40	60	1,03 ± 0,02
6	30	70	1,1 ± 0,07
7	0	100	1,25 ± 0,09

Berdasarkan Gambar 4.4 dan Tabel 4.5 tersebut menunjukkan nilai massa jenis dari variasi komposisi matriks yang terdiri dari PET dan PP. Hasil pengujian menunjukkan dengan variasi komposisi *Polyethylene Terephthalate* dan *Polypropylene* dapat mempengaruhi nilai massa jenis matriks. Massa jenis paling tinggi ditemukan pada spesimen nomor 7 yang terbuat dari 100% PET dengan nilai 1,25 g/cm³. Sedangkan yang paling kecil ditemukan pada spesimen nomor 1 yang terbuat dari 100% PP dengan massa jenis sebesar 0.82 g/cm³.



Gambar 4.4 Grafik Densitas Matriks PET-PP



Gambar 4.4 menunjukkan nilai massa jenis matriks dengan variasi komposisi *Polyethylene Terephthalate* dan *Polypropylene*. Dalam grafik, hal tersebut menunjukkan bahwa penambahan *Polyethylene Terephthalate* dan berkurangnya *Polypropylene* cenderung meningkatkan nilai massa jenis dari matriks.

Massa jenis akan naik seiring dengan bertambahnya *Polyethylene Terephthalate*. Hal ini dikarenakan massa jenis PET lebih tinggi dibandingkan dengan PP. Massa jenis *Polyethylene Terephthalate* nilainya yaitu $1,38 \text{ g/cm}^3$ sedangkan *Polypropylene* nilainya yaitu $0,946 \text{ g/cm}^3$. Dengan begitu maka penambahan *Polyethylene Terephthalate* yang memiliki massa jenis lebih tinggi dari *Polypropylene* berpengaruh besar terhadap kenaikan densitas (Chand, 2006).

4.1.4 Hasil Analisis Pengujian Water Absorption

Pengujian penyerapan air diperlukan untuk mengetahui kemampuan material komposit dalam menyerap air. Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan selisih antara berat basah dan kering dari spesimen dengan berat kering dari spesimen.

Pengujian ini dilakukan menggunakan timbangan digital dan oven pada Laboratorium Inovasi Material Departemen Teknik Material dan Metalurgi Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dari hasil pengujian penyerapan air yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.6:

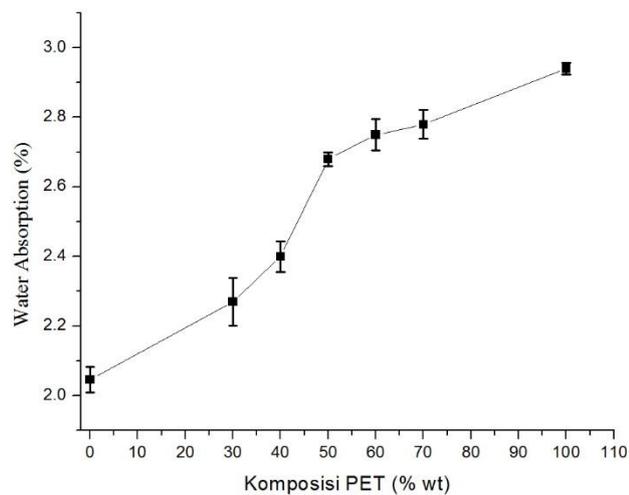
Tabel 4.6 Water Absorption Matriks PET-PP

No.	Matriks (% wt)		Absorption (%)
	PP	PET	
1	100	0	$2,05 \pm 0,04$
2	70	30	$2,27 \pm 0,07$
3	60	40	$2,4 \pm 0,04$



4	50	50	$2,68 \pm 0,02$
5	40	60	$2,75 \pm 0,04$
6	30	70	$2,78 \pm 0,04$
7	0	100	$2,94 \pm 0,02$

Berdasarkan Tabel 4.6 tersebut menunjukkan nilai *water absorption* dari matriks dalam bentuk persentase (%). Dari hasil pengujian didapatkan variasi komposisi matriks *Polypropylene* dan *Polyethylene Terephtalate* dapat mempengaruhi nilai *water absorption*. Nilai *water absorption* terendah terdapat pada 100% PP sebesar 2.05% sedangkan nilai *water absorbability* tertinggi berada pada 100% PET yaitu sebesar 2.94%.



Gambar 4.5 Grafik Water Absorption Matriks PET-PP

Gambar 4.5 Menunjukkan nilai *water absorbability* dari matriks (PET/PP) dalam bentuk grafik. Hal ini menunjukkan bahwa dengan semakin banyak penambahan komposisi *Polyethylene Terephtalate* dan berkurangnya *Polypropylene* dapat meningkatkan nilai *water absorbability*. Grafik puncak paling tinggi terdapat pada 100% PET. Kenaikan nilai *water absorbability* dipengaruhi oleh penambahan *Polyethylene Terephtalate* yang memiliki nilai



water absorbability sebesar 0,1-0,2% (ASTM D570 and ISO 62). Sedangkan *Polypropylene* yang memiliki nilai *water absorbability* sebesar 0,01-0,1% (ASTM D570 and ISO 62).

Sehingga penambahan *Polyethylene Terephthalate* dan berkurangnya *Polypropylene* akan menurunkan nilai *water absorbability*. Dan sebaliknya.

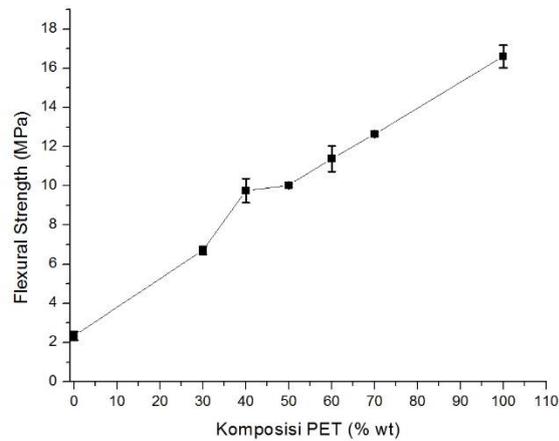
4.1.5 Hasil Analisis Pengujian Bending

Pengujian bending bertujuan untuk menunjukkan kelenturan dari suatu material ketika diberi beban. Uji bending komposit ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. Dari pengujian kekuatan lentur yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut:

Tabel 4.7 Bending Properties pada Matriks PET-PP

No.	Matrik (% wt)		<i>Flexural Stress</i> (MPa)
	PP	PET	
1	100	0	2,36 ± 0,22
2	70	30	6,7 ± 0,21
3	60	40	9,76 ± 0,61
4	50	50	10,03 ± 0,11
5	40	60	11,38 ± 0,65
6	30	70	12,64 ± 0, 11
7	0	100	14,6 ± 0,57

Berdasarkan Tabel 4.7 dapat dilihat bahwa flexural strength tertinggi pada matriks terdapat di specimen 7 yaitu 100% PET sebesar 14.6 MPa, sedangkan flexural strength terendah berada pada specimen 1 yaitu 100% PP sebesar 2.36 MPa. Pada saat pencampuran dua polimer PET dan PP nilai flexural strength tertinggi berada pada specimen 6 yaitu 70% PET dan 40% PP dengan nilai sebesar 12.64 MPa.



Gambar 4.6 Grafik Flexural Strength Matriks PET/PP

Berdasarkan pada Gambar 4.6 diatas, dapat diamati bahwa semakin bertambahnya fraksi massa dari PET dan berkurangnya PP *flexural stress* dari matriks yang dihasilkan semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena flexural strength dari PET lebih tinggi dari pada PP. nilai flexural stress dari PET sebesar 96-124 MPa sedangkan flexural strength dari PP adalah sebesar 41-55 MPa.

4.1.6 Hasil Analisis Pengujian *Impact*

Uji impak digunakan dalam menentukan kecenderungan material untuk rapuh atau ulet berdasarkan sifat ketangguhannya. Pengujian impak merupakan respon terhadap beban kejut atau beban tiba –tiba (beban impak).

Tabel 4.8 Impact Properties pada Matriks PET-PP

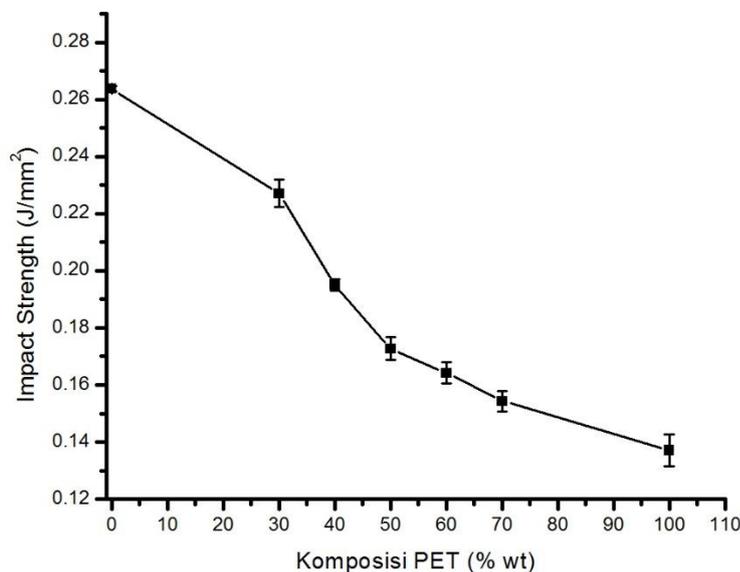
No.	Matrik (% wt)		<i>Impact Strength</i> (J/mm ²)
	PP	PET	
1	100	0	0,26 ± 0,0009
2	70	30	0,23 ± 0,0048
3	60	40	0,19 ± 0,0018



4	50	50	$0,17 \pm 0,004$
5	40	60	$0,16 \pm 0,0037$
6	30	70	$0,15 \pm 0,0035$
7	0	100	$0,14 \pm 0,0055$

Tabel 4.8 tersebut menunjukkan nilai kekuatan impact dari matriks *Polypropylene* dan *Polyethylene Terephthalate*. Dari hasil pengujian didapatkan bahwa variasi komposisi matriks mempengaruhi nilai kekuatan impact.

Dengan penambahan *Polypropylene* dan berkurangnya *Polyethylene Terephthalate* dapat meningkatkan kekuatan impact dari matriks untuk aplikasi material bangunan. Kekuatan impact paling tinggi didapatkan pada sampel 1 yaitu 100% PP dengan kekuatan impact sebesar 0.26 MPa. Sedangkan kekuatan impact paling rendah didapatkan pada sampel 7 yaitu 100% PET dengan kekuatan impact sebesar 0.14 MPa.



Gambar 4.7 Grafik Impact Matriks PET-PP

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.7 semakin bertambah komposisi PET maka impact semakin menurun atau semakin berkurangnya PP maka



kekuatan impact semakin menurun. Kekuatan impact pada matriks ini disebabkan oleh adanya *spherical balls* atau struktur seperti gelembung yang terbentuk ketika campuran dari PET/PP memiliki komposisi yang lebih banyak PET. Semakin banyak PET maka akan semakin banyak *spherical balls* terbentuk (Araoujo, 2018). Diameter *spherical balls* juga semakin besar saat bertambahnya PET (Neogi, 2003). Adanya *spherical balls* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik dari spesimen. Semakin banyak jumlah *spherical balls* atau diameter *spherical balls* yang semakin besar akan menurunkan sifat mekaniknya. Dalam penelitian kali ini sifat mekanik yang diuji adalah impact strength atau kekuatan impact.

4.1.7 Hasil Analisis Pengujian Hardness

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui kekerasan pada surface dari matrik PET/PP maupun komposit yang terbuat dari *Polypropylene*, *Polyethylene Terephthalate*, dan Serbuk Kayu. Dengan mengetahui kekerasannya, maka dapat dijadikan pertimbangan tambahan sifat mekanik dari material komposit yang dibuat pada penelitian ini.

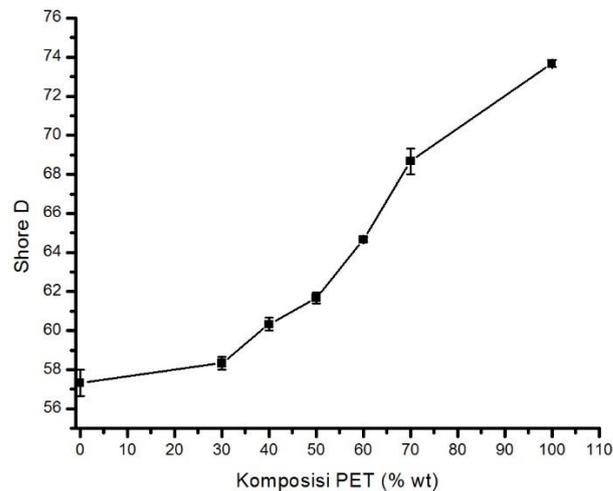
Uji kekerasan di lakukan di Laboratorium Material Inovatif Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri, Insitut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dari hasil uji kekerasan yang dilakukan, didapatkan hasil seperti pada Tabel 4.9:

Tabel 4.9 Hardness Properties pada Matrik PET-PP

No.	Matrik (% wt)		Shore D
	PP	PET	
1	100	0	57,33 ± 0,66
2	70	30	58,33 ± 0,33
3	60	40	60,33 ± 0,33
4	50	50	61,66 ± 0,28



5	40	60	64,66 ± 0,12
6	30	70	68,66 ± 0,66
7	0	100	73,66 ± 0,18



Gambar 4.8 Grafik Hardness Matriks PET-PP

Pada Tabel 4.9 dan Gambar 4.8 menunjukkan bukti bahwa dengan penambahan *Polyethylene Terephthalate* dan berkurangnya *Polypropylene* dapat menurunkan nilai kekerasan dari matriks untuk aplikasi material bangunan. Nilai kekerasan paling tinggi didapatkan dengan sampel 7 yaitu 100% *Polyethylene Terephthalate* sebesar 73.66 skala Shore D. Sedangkan nilai kekerasan paling rendah didapatkan pada sampel 1 yaitu 100% *Polypropylene* sebesar 57.33 skala Shore D. Penambahan PET cenderung meningkatkan nilai kekerasan (Thakre, 2018). Dan Hardness PET secara teoritis lebih tinggi dibanding PP yaitu sebesar 75 skala Shore D untuk PET dan 65 Skala Shore D untuk PP.

4.1.8 Hasil Analisis Pengujian Tahan Api

Pengujian Tahan Api dilakukan untuk mengetahui ketahanan terhadap api pada matrik PET/PP. Dengan mengetahui burning ratenya, maka dapat dijadikan pertimbangan tambahan sifat fisis dari material

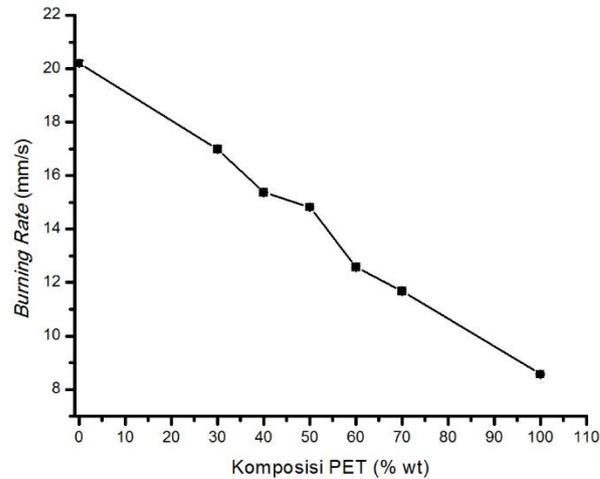


komposit yang dibuat pada penelitian ini.

Tabel 4.10 Tahan Api Properties pada Matrik PET-PP

No.	Matriks (% wt)		Burning Rate (mm/s)
	PP	PET	
1	100	0	20,20 ± 0,1
2	70	30	16,99 ± 0,1
3	60	40	15,37 ± 0,02
4	50	50	14,82± 0,04
5	40	60	12,57 ± 0,04
6	30	70	11,68± 0,05
7	0	100	8,57± 0,04

Berdasarkan Tabel 4.10 menunjukkan bukti bahwa dengan penambahan *Polyethylene Terephthalate* dan berkurangnya *Polypropylene* dapat menurunkan burning rate dari matrik untuk aplikasi material bangunan. Burning rate paling tinggi didapatkan pada sampel 1 yaitu 100% *Polypropylene* sebesar 20,20 mm/s. Sedangkan nilai kekerasan paling rendah didapatkan pada sampel 7 yaitu 100% *Polyethylene Terephthalate* sebesar 8,57 mm/s.



Gambar 4.9 Burning rate Matriks PET-PP

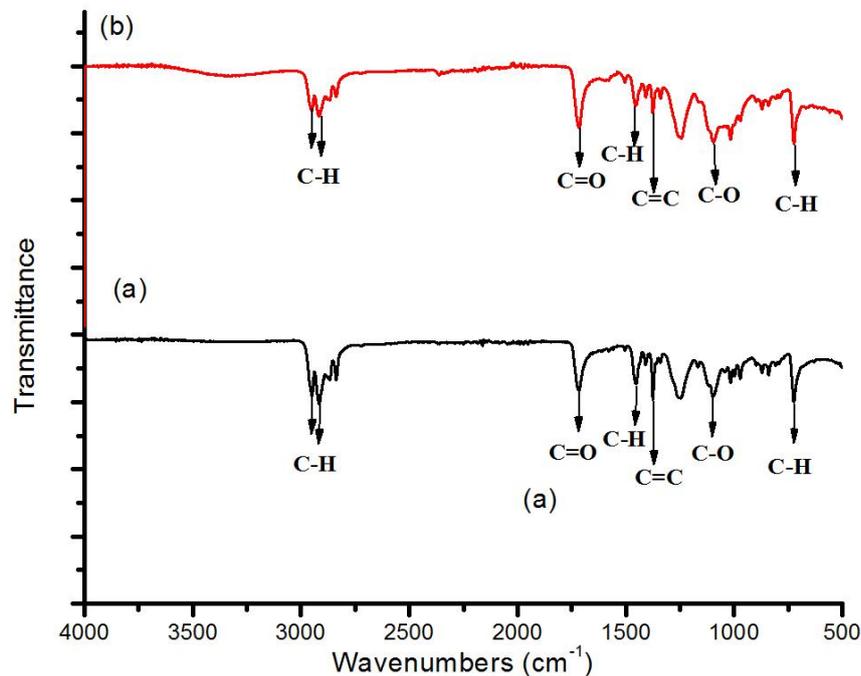
Pada Gambar 4.9 Penambahan PET cenderung menurunkan burning rate dari matriks PET-PP hal ini disebabkan karena melting point dari PET lebih tinggi dibanding PP. melting point dari PET sebesar 260°C sedangkan melting point dari PP sebesar 170°C

4.2 Pengujian Pada Komposit

Pengujian pada komposit dilakukan untuk menentukan komposit untuk mendapatkan *wood plastic composite* terbaik.

4.2.1 Analisis Hasil FTIR Komposit (*Polyethylene Terephthalate*, *Polypropylene*, dan Serbuk kayu)

Komposit merupakan material yang terdiri dari dua komponen atau lebih yang disatukan dan tidak membentuk senyawa. Pengujian hasil FTIR komposit PET/PP/Serbuk Kayu bertujuan untuk mengetahui senyawa yang terkandung dalam komposit dan untuk mengetahui tidak terjadi reaksi kimia antara matriks dan filler.



Gambar 4.10 Spektra FTIR Pada (a) matriks PET-PP, dengan (b) Komposit PET/PP/Serbuk Kayu

Gambar 4.10 menunjukkan perbandingan antara matriks PETPP dengan komposit Serbuk Kayu/PET/PP. Grafik keduanya memiliki gelombang yang hampir sama. Hal tersebut dapat mengindikasikan tidak terjadi reaksi antara matriks PET-PP dengan serbuk kayu sehingga menghasilkan *wood plastic composite*.

Tabel 4.11 Daerah Serapan FTIR Komposit Serbuk Kayu/PET/PP

Wavenumber	Ikatan	Gugus
2949	C-H	Alkana
2916	C-H	Alkana
2867	C-H	Alkana
2837	C-H	Alkana
1717	C=O	Karbonil
1503	C=C	Aromatik
1453	C-H	Alkana

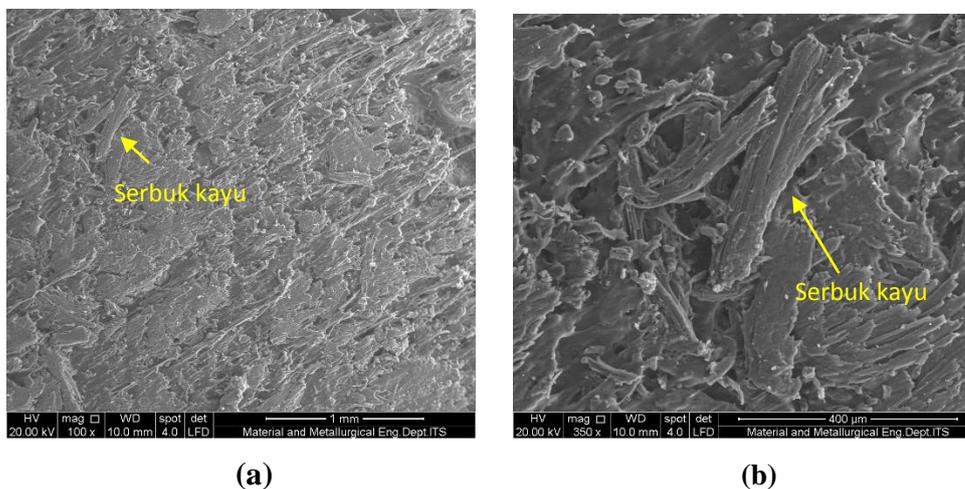


1408	C-H	Alkana
1375	C-H	Alkana
1241	C-O	Ester
1166	C-O	Ester
873	C-H	Aromatik
841	C-H	Aromatik
724	C-H	Aromatik

Di dalam gambar 4.10 tersebut juga dicantumkan hasil analisis FTIR dari bahan penelitian berupa PET, PP, dan serbuk kayu setelah proses alkalisasi sebagai referensi dalam pencarian peak dalam komposit yang terbentuk. Tabel menunjukkan daerah serapan dari hasil karakterisasi FTIR pada komposit

4.2.2 Hasil Analisa SEM

Morfologi dari spesimen matriks ditunjukkan dengan fotomikrograph *Scanning Electron Microscope*. Selain morfologi, melalui fotomikrograph SEM juga bisa didapatkan informasi persebaran unsur dan pori.



Gambar 4. 11 Mikrografi SEM Matriks PET-PP pada perbesaran (a) 100x dan (b) 350x

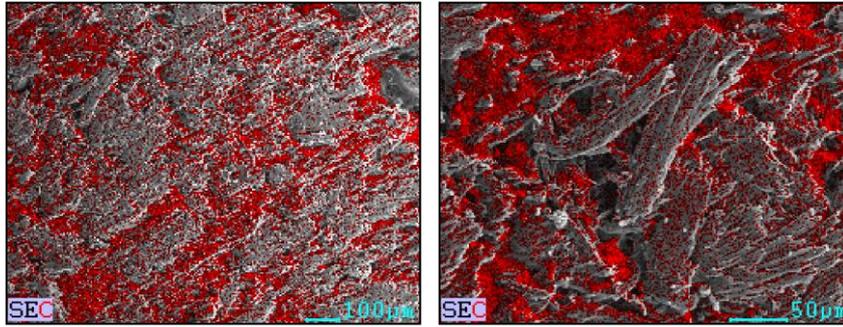
Pada Gambar 4.11 dapat dilihat pada WPC perbesaran 100x dan 350x yang merupakan WPC dengan komposisi matriks 50PET%-PP dan 15% Serbuk kayu jati



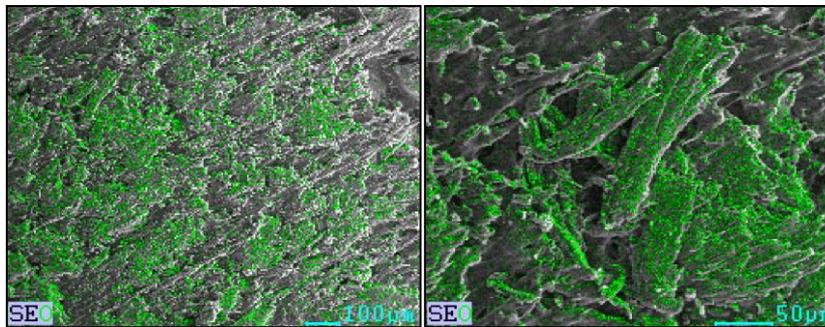
tampak lebih rata dan halus. Hal ini menunjukkan bahwa matriks dan *filler* serbuk kayu jati tercampur dengan baik. Selain itu permukaan yang halus ini juga mengindikasikan bahwa kompatibilitas antara serbuk kayu baik. Minimnya serbuk kayu jati yang keluar dari permukaan matriks juga mengindikasikan bahwa *interfacial bonding* yang lumayan baik antara serbuk kayu dengan matriks (Atuanya,2011). Namun tampak adanya beberapa pori (ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah). Pori ini timbul akibat rendahnya kompatibilitas antara PET dengan PP serta perbedaan sifat polaritas antara *filler* serbuk kayu jati dengan matriks PET ataupun PP. Faktor lain yang mempengaruhi keberadaan pori ini adalah proses manufaktur komposit yang kurang sempurna saat proses pencetakan sehingga gelembung udara terperangkap dan membentuk pori di dalam komposit tersebut.

Selain itu, hasil SEM pada gambar 4.11 (a) dan (b) tampak bahwa persebaran partikel serbuk kayu kurang merata. Hal ini ditunjukkan dengan adanya penumpukan partikel serbuk kayu di beberapa bagian pada permukaan komposit. Ketidakmerataan persebaran partikel serbuk kayu ini diakibatkan karena adanya perbedaan didalam sifat polaritas antara partikel serbuk kayu dan matriks akibat pengaruh temperatur proses sehingga partikel serbuk kayu cenderung untuk mengelompok/menggumpal. Hal ini menyebabkan terbentuknya ruang (*spaces*) disepanjang partikel, dan partikel menjadi terbuka. Hal ini menunjukkan rendahnya ikatan, kompatibilitas dan kontak antara partikel serbuk kayu dan matriks . Ketidakmerataan tersebut akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *wood plastic composite* yang dihasilkan.

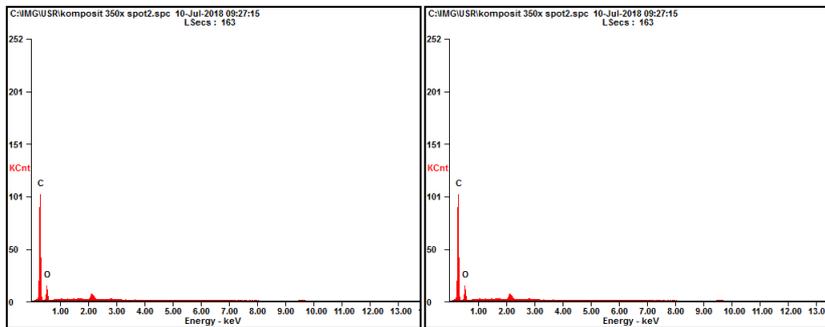
Pada pengujian SEM untuk komposit juga dilakukan EDX (Energy Dispersive X-Ray Analysis) untuk mengetahui persebaran unsur dan persentasenya. Persebaran unsur untuk semua parameter komposit yang terdiri dari matriks PET-PP dan Serbuk kayu dapat dilihat pada Gambar 4.12 dan 4.13 yang menunjukkan bahwa persebaran unsur yang terdapat pada paduan komposit b adalah unsur C dan O. Persebaran kedua unsur dari matriks ini merata di permukaan paduan. Banyaknya persebaran C, dan O yang terdapat pada komposit dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Tabel 4.12-4.13



Gambar 4.12 Persebaran Unsur C (Warna Merah) pada Matriks PET-PP



Gambar 4.13 Persebaran Unsur O (Warna Hijau) pada Matriks PET-PP



Gambar 4.14 X-Ray Hasil Spektrum EDX Komposit PP/PET/Serbuk kayu

4.12 Hasil EDX Persen Berat dan Persen Atom Unsur pada komposit Serbuk Kayu/PET/PP pada perbesaran 100x

Kode Sampel	Wt%		At%	
	C	O	C	O
Komposit Serbuk Kayu/PET/PP	64.79	35.21	71.03	28.97



4.13 Hasil EDX Persen Berat dan Persen Atom Unsur pada komposit Pet/PP/Serbuk kayu pada perbesaran 350x

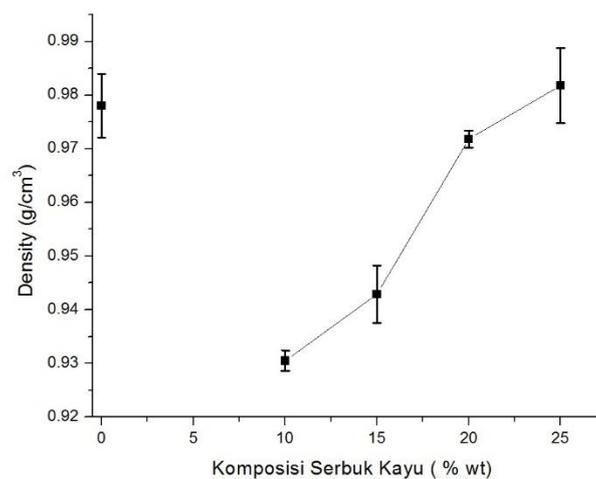
Kode Sampel	Wt%		At%	
	C	O	C	O
Komposit Serbuk Kayu/PET/PP	65.66	34.34	71.80	28.20

4.2.2 Hasil Analisis Pengujian Densitas

Berikut adalah hasil dari Uji densitas *wood plastic composite* dengan variasi komposisi matriks dan filler yang berbeda:

Tabel 4.14 Densitas Properties WPC Serbuk Kayu/PET/PP

No.	Matriks (%wt)	Serbuk Kayu (%wt)	Density (g/cm ³)
1	100	0	0,98 ± 0,005
2	90	10	0,93 ± 0,002
3	85	15	0,94 ± 0,005
4	80	20	0,97 ± 0,001
5	75	25	0,98 ± 0,007



Gambar 4.15 Grafik densitas WPC



Berdasarkan Tabel 4.14 dan grafik pada Gambar 4.15, nilai densitas *Wood Plastic Composites* yang dihasilkan semakin besar seiring dengan bertambahnya fraksi volume dari serbuk kayu. Nilai densitas aktual yang diperoleh nilainya lebih besar jika kita bandingkan dengan nilai densitas teoritis yang didapatkan dari perhitungan *rule of mixture* komposit yang cenderung stabil di nilai $0,8 \text{ gram/cm}^3$. Sebagaimana diketahui bersama bahwa nilai densitas dari serbuk kayu jati adalah $0,721 \text{ g/cm}^3$, densitas Polipropilen $0,946 \text{ gram/cm}^3$, dan densitas dari PET adalah $1,38 \text{ gram/cm}^3$. Selain itu dikarenakan nilai densitas merupakan ukuran indeks kristalinitas dimana polimer dengan nilai densitas yang lebih besar akan memiliki nilai indeks kristalinitas yang semakin tinggi sehingga akan mempengaruhi sifat produk (Makoto,2009). Hal yang sama juga didukung oleh pendapat Surdia dan Saito (1985) yang menyatakan bahwa apabila suatu polimer mempunyai bagian kristal yang lebih tinggi dibandingkan bagian amorfnya maka nilai densitasnya lebih tinggi.

Densitas komposit tertinggi dimiliki oleh *Wood plastic composites* dengan komposisi 75% matriks PET-PP dengan 25% Serbuk kayu sebesar 0.98 gram/cm^3 , Sedangkan densitas komposit terendah dimiliki oleh *Wood Plastic Composite* dengan komposisi 90% matrik PET/PP dan 10% Serbuk Kayu. Selain itu, semua sampel komposit dengan variasi komposisi yang berbeda tetap menunjukkan nilai densitas < 1 , artinya nilai densitas sampel *Wood Plastic Composite* tidak melebihi nilai densitas air sehingga apabila dilakukan pencelupan pada air, sampel tersebut akan mengambang. Hal ini dikarenakan pada matrik yang dipakai jumlah PP yang dipakai lebih banyak yaitu dengan perbandingan 50 PET : 50 PP. karena masa jenis PP lebih rendah di bandingkan PET dan masa jenis dari serbuk kayu sendiripun juga rendah semuanya kurang dari 1. Sifat dan karakteristik dari komposit banyak dipengaruhi oleh sifat dari penyusunnya, termasuk densitas komposit (Nurun, 2013).



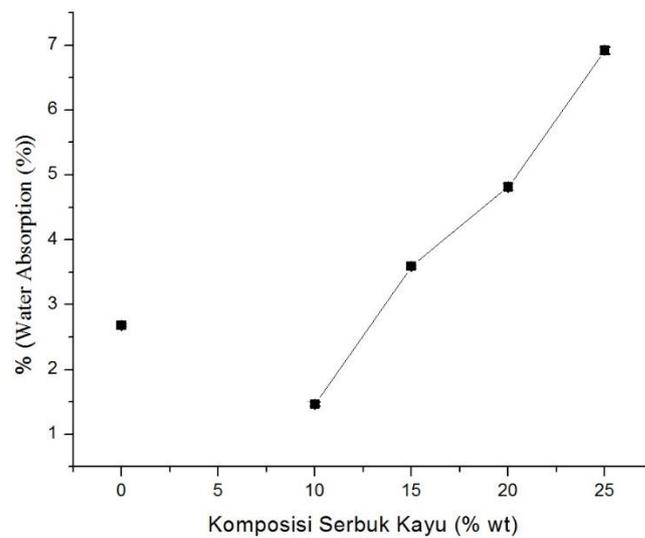
4.2.3 Hasil Analisis Pengujian *Water Absorption*

Setelah melakukan pengujian water absorption pada matriks, maka selanjutnya melakukan pengujian pada komposit. Berikut tabel hasil pengujian water absorbability pada WPC:

Tabel 4.15 Water Absorption WPC. Serbuk Kayu/PET/PP

No.	<i>Matriks</i> (%wt)	Serbuk Kayu (%wt)	<i>Absorption</i> (%)
1	100	0	2,68 ± 0,019
2	90	10	0,93 ± 0,03
3	85	15	0,94 ± 0,02
4	80	20	0,97 ± 0,05
5	75	25	0,98 ± 0,05

Berdasarkan Tabel 4.15 dapat dilihat bahwa nilai water absorbability terendah terdapat pada spesimen 2 yaitu 90% matriks PET/PP dengan 10% Serbuk kayu sebesar 0.93%. Sedangkan nilai water absorption tertinggi terdapat pada spesimen 5 yaitu pada 75% matrik PET/PP dengan 25% Serbuk kayu sebesar 0.98%.



Gambar 4.16 Water Absorption Pada Wood Plastic Composite
Serbuk Kayu/PP/Serbuk Kayu

Berdasarkan Gambar 4.16 Diantara 3 bahan utama yang dipakai yaitu PET, PP, dan Serbuk kayu sifat penyerapan air ini dipengaruhi oleh serbuk kayu yang bersifat hidrofilik. Sehingga ketika proses manufaktur komposit kurang baik dan menyisakan sebagian serat kayu yang tidak tertutupi oleh matriks PET maupun PP akan berpengaruh terhadap sifat water absorbabilitynya. Sedangkan sifat PET dan PP adalah hidrofobik dan tidak berpengaruh signifikan terhadap water absorbability.

Penurunan nilai *water absorption* diakibatkan oleh karakteristik polimer yang mengisi pori antar partikel (serbuk kayu) (Asthana, Development of polymer modified cementitious (polycem), 2004). Selain itu sifat alami dari polimer yang hidrofobik juga mengakibatkan turunnya nilai *water absorption* (Justnes, Harald).

Nilai *water absorption* yang kecil dapat menguntungkan untuk aplikasi bahan bangunan karena dapat mengurangi risiko kerusakan yang disebabkan oleh penetrasi air ke dalam rongga- rongga dari material bangunan seperti retakan dan tumbuhnya mikroorganisme yang tidak diinginkan. Nilai *water absorption* dari material komposit sudah sangat memenuhi standar dari *wood plastic composite*.



Serbuk gergaji mengandung komponen utama selulosa, hemiselulosa, lignin, dan zat ekstraktif kayu. Serbuk gergaji kayu merupakan bahan berpori, sehingga air mudah teresap dan mengisi pori-pori tersebut. Dimana sifat serbuk gergaji yang hidrofilik atau mudah menyerap air (Wardono A, 2007).

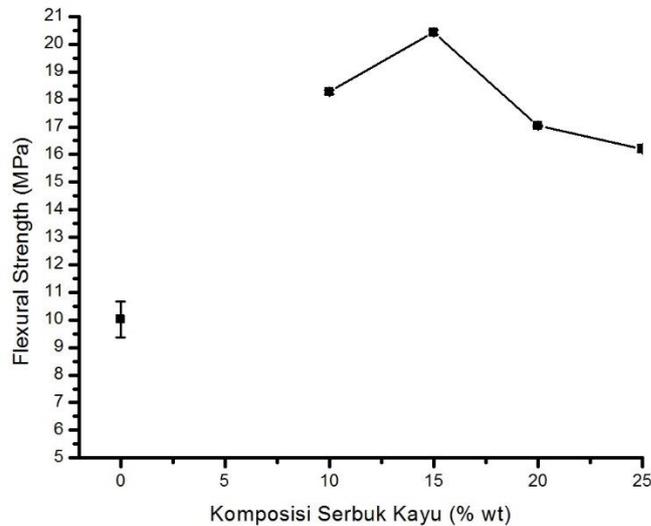
4.2.3 Hasil Analisis Pengujian Bending

Setelah melakukan pengujian Bending pada matriks, maka selanjutnya melakukan pengujian pada komposit. Berikut tabel hasil pengujian Bending pada WPC:

Tabel 4.16 Bending Properties pada WPC Serbuk Kayu/PET/PP

No.	<i>Matriks (%wt)</i>	Serbuk Kayu (%wt)	<i>Flexural Stress (MPa)</i>
1	100	0	10,03 ± 0,064
2	90	10	18,27 ± 0,08
3	85	15	20,42 ± 0,09
4	80	20	17,04 ± 0,03
5	75	25	16,21 ± 0,12

Berdasarkan Tabel 4.16 didapatkan WPC flexural strength paling tinggi terdapat pada spesimen 3 yaitu 85% matriks PET/PP dengan 15% Serbuk Kayu sebesar 10.42 MPa. Namun setelah itu pada sampel 4 dan 5 terjadi penurunan kekuatan bending. Flexural strength paling rendah terdapat pada sampe 4 yaitu pada 75% matriks PET/PP dan 25% Serbuk Kayu sebesar 6.21 MPa.



Gambar 4.17 Grafik Bending Pada *Wood Plastic Composite* Serbuk Kayu/PET/PP

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.20 diatas, dapat diamati bahwa nilai flexural stress dari WPC terendah dimiliki oleh WPC dengan komposisi 75% matriks PET-PP dengan 25% serbuk kayu sebesar 6,21 MPa. Sedangkan *flexural stress* tertinggi dimiliki oleh WPC dengan komposisi matriks 85% PET-PP dengan 15% Serbuk kayu sebesar 10,42. Pada beberapa komposisi diperoleh nilai flexural stress yang justru menurun meskipun fraksi volume dari serbuk kayu pada WPC tersebut meningkat. Hal ini diakibatkan karena adanya void/rongga pada WPC tersebut.

Pada sampel pertama dengan 90% matriks PET-PP dan 10% Serbuk Kayu didapatkan nilai kekuatan bending sebesar 8,27 MPa, namun nilai ini masih rendah dibandingkan dengan sampel kedua karena dengan 10% Serbuk kayu filler yang sebagai pengisi di komposit tidak atau belum tersebar rata pada WPC karena sedikitnya filler yang bercampur dengan matriks. Namun pada sampel 3 didapatkan hasil yang optimum paling tinggi yaitu 10,42 MPa. Ternyata dengan penambahan 15% serbuk kayu untuk komposit merupakan komposisi yang pas karena serbuk kayu sebagai filler di komposit mengisi dengan sempurna atau menyeluruh bersama dengan matriksnya sehingga kekuatan yang di dapat baik.



Namun pada sampel 4 dan 5 dengan semakin banyak penambahan serbuk kayu di atas 15% membuat kekuatan bendungnya menurun, hal ini disebabkan karena pada saat filler diatas 15% mengisi komposit hal tersebut sudah melewati batas optimum sehingga serbuk kayu yang di campur dengan plastic akan menggumpal dan tidak merekat secara menyeluruh, sehingga adanya void dan material menjadi rapuh.

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

Matrik pada material komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban pada serat-serat penguat, hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gaylord pada tahun 1974. Adanya cacat seperti void dan retak pada matriks akan mempengaruhi fungsi matriks sebagai pendistribusi beban, misalnya terjadi pada konsentrasi tegangan disekitar cacat yang dapat menurunkan sifat mekanik dari material komposit.

4.2.4 Hasil Analisis Pengujian *Impact*

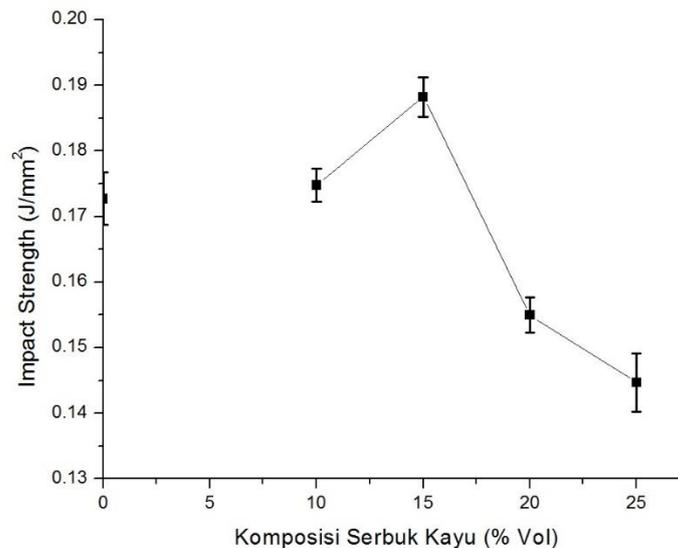
Setelah melakukan pengujian *Impact* pada matriks, maka selanjutnya melakukan pengujian pada komposit. Berikut tabel hasil pengujian *impact* pada WPC:

Tabel 4.17 Impact Properties pada WPC Serbuk Kayu/PET/PP

No.	<i>Matriks</i> (%wt)	Serbuk Kayu (%wt)	<i>Impact Strength</i> (J/mm ²)
1	100	0	0,17 ± 0,004
2	90	10	0,17 ± 0,002
3	85	15	0,19 ± 0,003
4	80	20	0,15 ± 0,002
5	75	25	0,14 ± 0,004



Tabel 4.17 menunjukkan bahwa impact strength WPC tertinggi terdapat pada sampel 5 yaitu 75% matriks PET/PP dengan 25% Serbuk kayu dengan nilai 0.14 J/mm^2 , sedangkan impact strength WPC terendah berada pada sampel 2 yaitu 90% matriks PET/PP dengan 10% serbuk kayu sebesar 0.17 J/mm^2 .



Gambar 4.18 Impact Pada *Wood Plastic Composite* Serbuk Kayu/PET/PP

Kekuatan impact pada material komposit ini disebabkan oleh adanya *spherical balls* atau struktur seperti gelembung yang terbentuk ketika campuran dari PET/PP memiliki komposisi yang lebih banyak PET. Semakin banyak PET maka akan semakin banyak *spherical balls* terbentuk (Araoujo, 2018). Diameter *spherical balls* juga semakin besar saat bertambahnya PET (Neogi, 2003). Adanya *spherical balls* sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik dari komposit. Semakin banyak jumlah *spherical balls* atau diameter *spherical balls* yang semakin besar akan menurunkan sifat mekaniknya. Dalam penelitian kali ini sifat mekanik yang diuji adalah impact



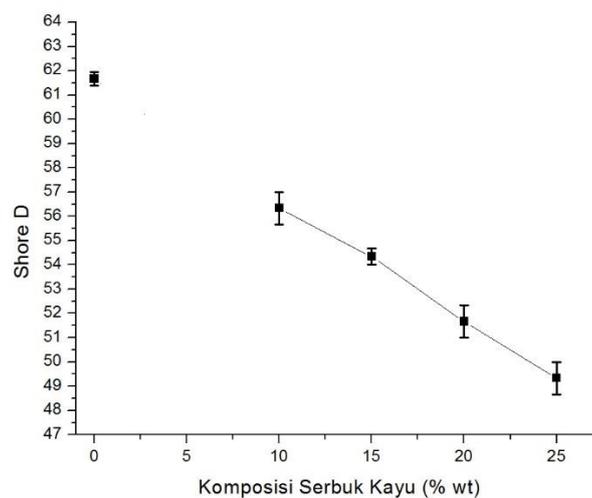
4.2.5 Hasil Analisis Pengujian *Hardness*

Setelah melakukan pengujian *hardness* pada matriks, maka selanjutnya melakukan pengujian pada komposit. Berikut tabel hasil pengujian *hardness* pada WPC:

Tabel 4.18 *Hardness* Properties WPC Serbuk Kayu/PET/PP

No.	<i>Matriks</i> (%wt)	Serbuk Kayu (%wt)	Shored D
1	100	0	61,66 ± 0,28
2	90	10	56,33 ± 0,66
3	85	15	54,33 ± 0,33
4	80	20	51,66 ± 0,66
5	75	25	49,33 ± 0,66

Pada Tabel 4.18 dapat dilihat bahwa *Hardness* tertinggi pada WPC terdapat di sampel 1 yaitu 100% matriks PET/PP nilainya sebesar 61,33 J/mm². Sedangkan *hardness* WPC terendah berada pada sampel 5 yaitu 75% matriks PET/PP dengan 25% serbuk kayu dengan nilai sebesar 49,33 J/mm.



Gambar 4.19 *Hardness* Wood Plastic Composite Serbuk Kayu/PET/PP



Berdasarkan grafik pada Gambar 4.19 dapat dilihat bahwa semakin banyak penambahan filler serbuk kayu maka nilai kekerasan pada *wood plastic composite* semakin menurun. Hal ini disebabkan karena pada saat filler di isi semakin banyak lama kelamaan antara filler dan matriks kurang berikatan atau menyatu, sehingga menyebabkan serbuk kayu yang di campur dengan plastic akan menggumpal dan tidak merekat secara menyeluruh, sehingga adanya void dan material menjadi rapuh. Selain itu juga menyebabkan surface material WPC menjadi tidak rata/kasar.

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

Matriks pada material komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban pada serat-serat penguat, hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gaylord pada tahun 1974. Adanya cacat seperti void dan retak pada matriks akan mempengaruhi fungsi matriks sebagai pendistribusi beban, misalnya terjadi pada konsentrasi tegangan disekitar cacat yang dapat menurunkan sifat mekanik dari material komposit.

4.2.8 Hasil Analisis Pengujian Tahan Api

Pengujian Tahan Api dilakukan untuk mengetahui ketahanan terhadap api pada komposit yang terbuat dari *Polypropylene*, *Polyethylene Terephthalate*, dan Serbuk Kayu. Dengan mengetahui burning ratenya, maka dapat dijadikan pertimbangan tambahan sifat fisis dari material komposit yang dibuat pada penelitian ini.

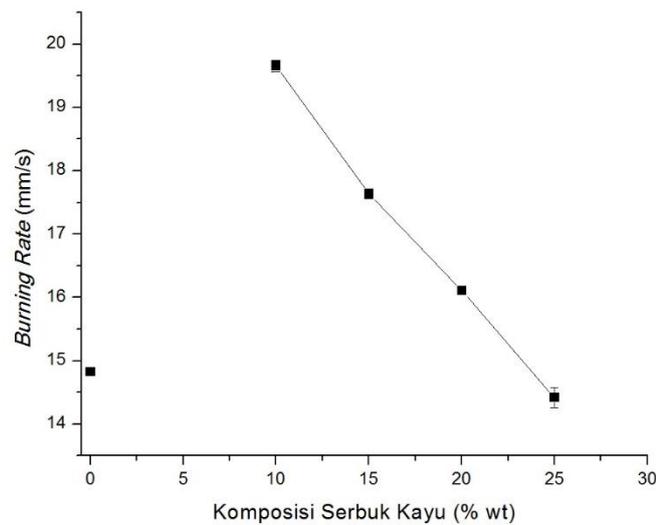
Tabel 4.19 Tahan Api Properties WPC Serbuk Kayu/PET/PP

No.	Matriks (%wt)	Serbuk Kayu (%wt)	Burning Rate (mm/s)
1	100	0	14,82 ± 0,28
2	90	10	19,65 ± 0,66



3	85	15	17,63 ± 0,33
4	80	20	16,1 ± 0,77
5	75	25	14,42 ± 0,16

Berdasarkan Tabel 4.19 menunjukkan bahwa dengan penambahan *filler* Serbuk kayu dapat menurunkan burning rate dari matrik untuk aplikasi material bangunan. Burning rate paling tinggi didapatkan pada sampel 2 yaitu 90% matrik PET/PP dengan 10% Serbuk kayu sebesar 19,65 mm/s. Sedangkan nilai kekerasan paling rendah didapatkan pada sampel 5 yaitu 75% matrik PET/PP dengan 25% Serbuk Kayu sebesar 14,42 mm/s.



Gambar 4.20 Burning Rate Pada *Wood Plastic Composite* Serbuk Kayu/PET/PP

Pada Gambar 4.20 Penambahan filler serbuk kayu cenderung menurunkan burning rate dari WPC hal ini disebabkan karena Kayu jati memiliki nilai kalor yang tinggi yaitu sebesar 4424,5 kal/gr. Semakin banyak persentase serbuk kayu, maka temperature leleh dan suhu kristalisasi semakin meningkat (Syarif, 2008).



Setelah Semua Pengujian dilakukan maka akan didapat WPC terbaik berdasarkan Tabel 4.20 di bawah ini:

Tabel 4.20 Perbandingan Hasil Pengujian WPC

Spesimen	Pengujian						Total
	Density	Absorption	Bending	Impact	Hardness	Tahan Api	
2	★★★★	★★★	★★★	★★★	★★★★	★	18
3	★★★	★★★★	★★★★	★★★★	★★★	★★	20
4	★★	★★	★★	★★	★★	★★★	13
5	★	★	★	★	★	★★★★	9

Berdasarkan hasil tabulasi pada tabel 4.20 pengujian yang dilakukan pada setiap spesimen didapatkan WPC terbaik yaitu pada spesimen 3.

Kemudian setelah mendapatkan WPC terbaik, properties dari WPC hasil eksperiment akan dibandingkan dengan hasil teoritis yang dapat dilihat pada tabel 4.21 dibawah ini:

Tabel 4.21 Perbandingan WPC Teoritis dan Eksperimen

	Teoritis	Eksperimen
Density	0,8-1 g/cm ³	0,94 g/cm ³
Absorption	<14%	0,94%
Bending	44,9 MPa	20,42 MPa
Impact	0,00428 J/mm ²	0,19 J/mm ²
Hardness	91 Shore D	54,33 Shore D
Tahan Api	-	17,63 mm/s

Berdasarkan perbandingan yang ditampilkan pada tabel 4.21 terlihat bahwa WPC dari penelitian ini tidak sesuai dengan kriteria WPC untuk material bangunan.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

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

1. Pengaruh variasi komposisi matriks PET/PP terhadap sifat mekanik dan sifat fisik adalah sebagai berikut:
 - a. Semakin banyak komposisi PET dan menurunnya komposisi PP menyebabkan densitas dan water absorptionnya meningkat karena densitas dari PET lebih besar dari PP yaitu sebesar $1,25 \text{ g/cm}^3$, sedangkan absorptionnya sebesar 0,1-0,2%.
 - b. Semakin banyak komposisi PET dan menurunnya komposisi PP menyebabkan bending dan Hardnessnya meningkat karena nilai kekuatan bending dari PET berdasarkan teoritis lebih besar dibanding PP yaitu 96-124 MPa begitu juga dengan hardnessnya sebesar 75 skala shore D.
 - c. Semakin banyak komposisi PET dan menurunnya komposisi PP menyebabkan kekuatan impactnya dan burning ratenya menurun karena semakin banyak PET spherical balls yang terbentuk semakin banyak. Spherical balls dapat menurunkan sifat mekanik spesimen. Sedangkan untuk burning ratenya PET memiliki melting point yang tinggi dibanding PP yaitu 260°C .
2. Pengaruh penambahan *filler* serbuk kayu gergaji dengan variasi komposisi filler terhadap sifat mekanik dan sifat fisik pada komposit PET/PP/serbuk kayu adalah sebagai berikut:
 - a. Penambahan filler serbuk kayu pada *wood plastic composite* akan meningkatkan densitas karena nilai densitas dari merupakan ukuran indeks kristalinitas yang semakin tinggi. Kemudian *water absorption* juga meningkat karena karakteristik polimer yang mengisi pori antar partikel.



- b. Penambahan filler serbuk kayu pada *wood plastic composite* akan meningkatkan kekutan bending dan impact, namun pada komposisi lebih dari 15% Serbuk kayu maka kekuatan bending dan impact menurun hal ini terjadi karena terlalu banyak filler serbuk kayu yang di tambahkan membuat campuran antara matriks dan filler tidak baik, serbuk kayu mengalami aglomerasi yang membuat terbentuknya rongga yang nantinya akan menyebabkan initial crack.
- c. Penambahan filler serbuk kayu pada *wood plastic composite* akan menurunkan Hardness karena semakin banyak serbuk kayu membuat spesimen tidak rata akibat aglomerasi yang terjadi. dan burning rate komposit menurun karena serbuk kayu mempunyai nilai kalor yang tinggi yaitu 4424,5 kal/gr.

Kriteria matriks yang paling cocok untuk campuran membuat *wood plastic composite* adalah komposisi 50% PET dan 50% PP karena memiliki densitas yang rendah <1 dan memiliki kekuatan bending serta hardness yang baik. Sedangkan untuk kriteria komposisi yang paling cocok untuk membuat *Wood Plastic Composite* adalah 85% matriks (50% PET:50%PP) dengan 15% serbuk kayu karena pada komposisi ini spesimen memiliki sifat fisis dan mekanik terbaik dan komposisi ini mendekati untuk ke kriteria WPC tipe 8 untuk papan partikel.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Dilakukan proses Hotpress pada saat proses pembuatan spesimen uji agar nilai mekanik dan fisisnya bisa meningkat.
2. Ditambahkan agen coupling saat pembuatan spesimen uji agar hasil yang didapat lebih baik.
3. Dilakukan proses penelitian tentang bahaya limbah PET/PP/Serbuk Kayu terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2017. Komitmen Menuju Laut Indonesia Bersih Sampah 2000 Orang Ikuti Gerakan Bersih Pantai di Pantai Kenjeran Jawa Timur. Tersedia pada www.ppkl.menlhk.go.id (diakses pada tanggal 5 Januari 2018).
- Araujo, Luciana Maria Guadagnini, dan Ana Rita Morales. 2018. *Compatibilization of recycled polypropylene and recycled poly (ethylene terephthalate) blends with SEBS-g-MA*. Department of Materials Engineering and Bioprocess, School of Chemical Engineering, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, Campinas, SP, Brazil.
- Ardi, Andi W. 2016. Uji Kuat Tekan, Daya Serap Air dan Densitas Material Batu Bata Dengan Penambahan Agregat Limbah Botol Kaca. Makassar : UIN Almuddin Makassar.
- Ardhyananta, H., Takeichi, T., dkk. 2006. *Preparation and Properties of Ethylene Vinyl Acetate (EVA0/Organoclay/Compatibilizer Nanocomposite: Effects of Organoclay Loading and Methyl Ethyl Ketone*. Universiti Sains Malaysia, School of Materials and Minerals Resources Engineering, Malaysia.
- ASTM C642. *Standard Test Method for Density, Absorption, and Voids in Hardened Concrete*, Annual book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM D2240. *Standard Test Method for Rubber Property – Durometer Hardness* Annual book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- 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.
- ASTM E1252. *Standard Practice for General Tehcniques for Obtaining Infrared Spectra for Qualitative Analysis*. Annual book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- ASTM E986. *Standard Practice for SEM Beam Size Characterization* Annual book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.



- ASTM E2809, *Standard Guide for Using Scanning Electron Microscopy/X Ray Spectrometry in Forensic Paint Examinations*, Annual book of ASTM Standards, Vol.08.01, American Society for Testing and Materials (ASTM), Philadelphia, USA.
- Budiyantoro, C., 2010, *Thermoplastik dalam Industri*, Teknika Media, Surakarta.
- Billmeyer, F.W. 1984. *Textbook of Polymer Science*. Third Edition. New York: John Wiley and Sons.
- Callister, William D, Jr. 2008. *Materials Science and Engineering: An Introduction 8th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Campbell, F.C. 2010. *Structural Composite Materials* .ASM Internasional Copyright.
- Chand, N , dan A Naik. 2006. *Abrasive wear studies on maleic anhydride modified polypropylene and polyethylene terephthalate blends*. Regional Research Laboratory (Council of Scientific and Industrial Research), Bhopal, India.
- Craig M. Clemons and Daniel F. Caufield. 2005. *Functional fillers for plastics*. WILEY.VCH Verlag GmbH & Co. Weinheim.
- Diharjo, K. 2005. *Tensile Properties of Undirectional Continuous Kenaf fiber Reinforced Polyester Composite*. *International Seminar Proceeding*, Kentingan Physic Forum, Surakarta : UNS
- Fathanah. Umi, *Kualitas Papan Komposit dari Sekam Padi dan Plastik HDPE Daur Ulang Menggunakan Meleic Anhydride (MAH) sebagai Compatibilizer*: *Jurnal Rekayasa Kimia* 8 no. 2 (2011): h. 58
- Han, G. S. 1990. *Preparation and physical properties of moldable wood plastic composites*. [Disertasi]. Kyoto University. Department Of Wood Science and Technology, Faculty of Agriculture. Kyoto.
- Kurniawan, A., 2012, *Mengenal Kode Kemasan Plastik yang Aman dan Tidak* <http://ngeblogging.wordpress.com/2012/06/14/mengenal-kodekemasan-plastik-yang-aman-dan-tidak/> , 1 Maret 2013
- Macklin, B. 2008a. *Pengolahan limbah plastik dengan metode daur ulang (recycle)*. <http://onlinebuku.com> [24-10-2009].



- Macklin, B. 2008b. Pengolahan limbah serbuk dengan menerapkan sistem waste to product. <http://onlinebuku.com> [24-10-2009].
- Neogi, Somit, S A R Hashmi, dan Navin Chand. 2003. *Role of PET in improving wear properties of PP in dry sliding condition*. Regional Research Laboratory, Hoshangabad Road, Bhopal 462 026, India.
- Nikitin, V.M. 1975. *Wood Chemistry*. Leningrad: Goslesbumizdat. Obada, David O. 2013. *Pressureless sintering and gas flux properties of porous ceramic membranes for gas applications*. Nigeria: Ahmadu Bello University.
- Reineke, L. H. 1966. *Wood flour*. US Forest Service Research Note FPL-0113. USDA Forest Service. Forest Products Laboratory. Madison.
- Rude, E.F., 2007, *Evaluation of Coupling Mechanisms in Wood Plastic Composite*. (Thesis), Department of Mechanical and Materials Engineering., Washington State University.
- Satito, A. 2015. Pengujian Sifat Mekanis Komposit Serbuk Kayu Dan Plastik High Density Polyethylene (*Hdpe*). Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Semarang.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc
- Setyawati, D. 2003., Sifat Fisis dan Mekanis Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang. [Thesis]. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Soleimani, H., Kord, B., Pourpasha, M.M., dan Pourabbasi, S., 2012, *The Relationship Between Plastic Virginity and Engineering Properties of Wood Plastic Composites*, World Applied Sciences Journal, Vol 19 (3), pp. 395-398.
- Stolf D. O, and Lahr, F. A. R. 2004. *Wood-polymer composite: physical and mechanical properties of some wood species impregnated with styrene and methyl methacrylate*. Materials Research, Vol. 7, No. 4, 611-617, 2004. Brazil: Sao Carlos. hlm 611-617.
-



- Strak N. M, dan Berger M. J. 1997. *Effect of particle size on properties of woodflour reinforced polypropylene composites*. di dalam fourth international conference on woodfiber-plastic composites. Madison, 12 –14 Mei 1997. Wisconsin: Forest Product Society. hlm 134-143.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya: ITS Press.
- Surdia, T., dan Saito, S., 2000, Pengetahuan Bahan Teknik, Pradnya Paramita, Jakarta.
- Syafitri. 2001. Analisis Aspek Sosial Ekonomi Pemanfaatan Limbah Plastik. Thesis (tidak dipublikasikan). Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor
- Batteries. *Journal of Power Source*, pp. 939-954.
- Tapkire, G. y Parihar, S. (2014) *Time laps and different joint affects quality of regular concrete*. *International Journal of Latest Trends in Engineering and Technology*. Vol 3 No 3.
- Thakre, Ashish R., dkk.. 2018. *Mechanical and Thermal Behavior of PP-PET Blends*. *International Journal of Innovations in Engineering and Science*, Vol. 3, No.1, 2018.
- Justnes, D. H. (n.d.). *Polymer Cement Concrete (PCC) of Interest for Concrete Block Paving*. Trondheim, Norway: SINTEF Structures and Concrete.
- UNEP (United Nations Environment Programme), 2009, *Converting Waste Plastics Into a Resource*, Division of Technology, Industry and Economics International Environmental Technology Centre, Osaka/Shiga.

LAMPIRAN

LAMPIRAN A PERHITUNGAN

Density (Massa Jenis)

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

Keterangan:

Massa (gram)

Volume (cm³)

	Matriks PET-PP						
Nomor Spesimen	1	2	3	4	5	6	7
Berat (gram)	3.68	4.66	4.68	6.55	5.67	5.27	1.25
Volum (cm ³)	4.47	4.89	4.73	6.75	5.5	4.78	1.25
Density (g/cm ³)	0.823	0.95	0.98	0.98	1.03	1.1	1.25

	WPC PET/PP/Serbuk Kayu				
Nomor Spesimen	1	2	3	4	5
Berat (gram)	6.55	4.55	5.5	3.95	6.25
Volum (cm ³)	6.75	4.9	5.8	4.2	6.28
Density (g/cm ³)	0.98	0.92	0.94	0.94	0.99

Nomor Spesimen 1 matriks

Diketahui:

Massa : 3.68 gr

Volum : 4.47 cm³

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Massa}{Volume} \\ &= \frac{3.68 \text{ gr}}{4.47 \text{ cm}^3} \\ &= 0.823 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$



Water Absorption

$$\text{Penyerapan Air} = \frac{A - B}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = berat basah

B = berat kering

	Matriks PET-PP						
Nomor Spesimen	1	2	3	4	5	6	7
Berat Basah (g)	3.6	4.69	4.64	6.47	5.5	5.2	5.74
Berat Kering (g)	3.7	4.83	4.74	6.65	5.7	5.33	5.93
Absorbability (%)	2.7	2.98	2.15	2.78	3.6	2.5	3.3

	WPC PET/PP/Serbuk Kayu				
Nomor Spesimen	1	2	3	4	5
Berat Basah (g)	6.47	4.55	5.33	5.88	6.26
Berat Kering (g)	6.65	4.63	5.52	6.12	6.66
Absorbability (%)	2.78	1.75	3.5	4.08	6.38

Nomor Spesimen 1 Matriks

Diketahui:

Berat Basah : 3.6gram

Berat Kering: 3.7gram

$$\begin{aligned}\text{Penyerapan Air} &= \frac{3.6 - 3.7}{3.7} \times 100\% \\ &= 2.7\%\end{aligned}$$



Uji Impact

$$HI = E/A$$

Keterangan :

E = energi yang diserap (joule).

A = luas penampang di bawah takik (mm²)

Nomor Spesimen	Matriks PET-PP						
	1	2	3	4	5	6	7
energi yang diserap (joule).	1.8	1.6	1.7	1.4	1.3	1.2	1.15
luas penampang di bawah takik (mm ²)	6.8	6.9	8.8	8.3	7.75	8.1	7.9
Kekuatan Impact (J/mm ²)	0.26	0.23	0.19	0.16	0.16	0.14	0.14

Nomor Spesimen	WPC PET/PP/Serbuk Kayu				
	1	2	3	4	5
energi yang diserap (joule).	1.4	1.4	1.55	1.3	1.2
luas penampang di bawah takik (mm ²)	8.3	8	8.48	8.67	18.05
Kekuatan Impact (J/mm ²)	0.16	0.175	0.182	0.15	0.14

Nomor Spesimen 1 Matriks

Diketahui:

E = 1.8

A = 6.8

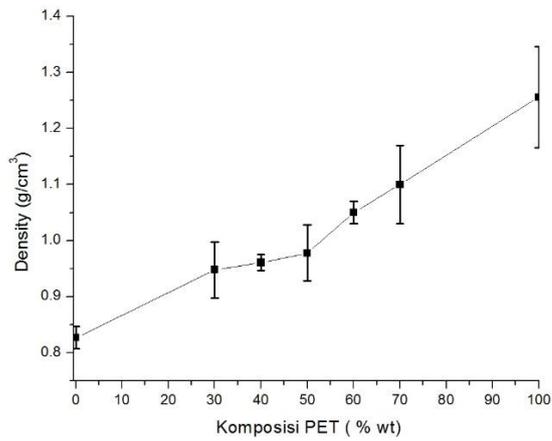
$$\begin{aligned} HI &= E/A \\ &= 1.8/6.8 \\ &= 0.26 \text{ J/mm}^2 \end{aligned}$$



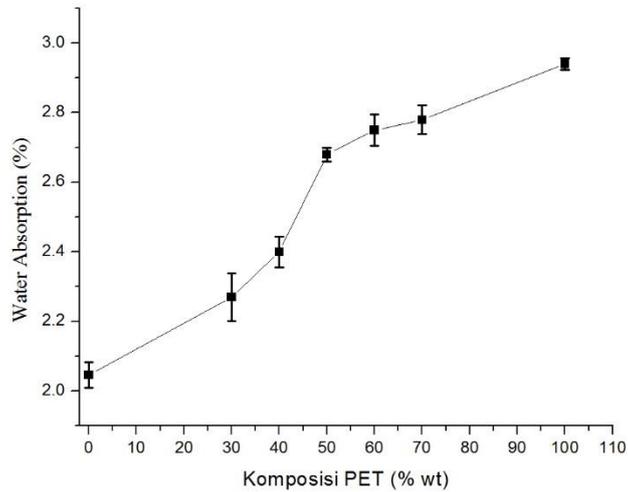
LAMPIRAN B

HASIL PENGUJIAN MATRIK

Hasil Pengujian Density (Massa Jenis)

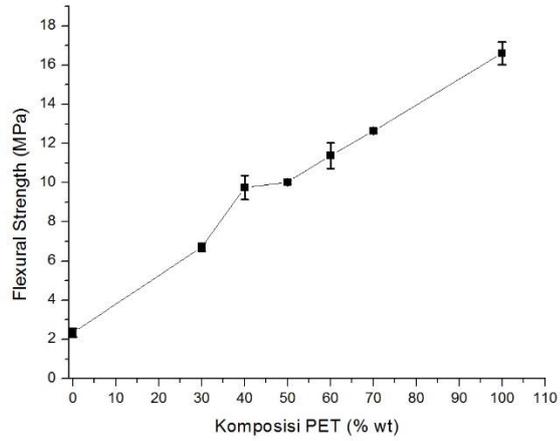


Hasil Pengujian Water Absorption

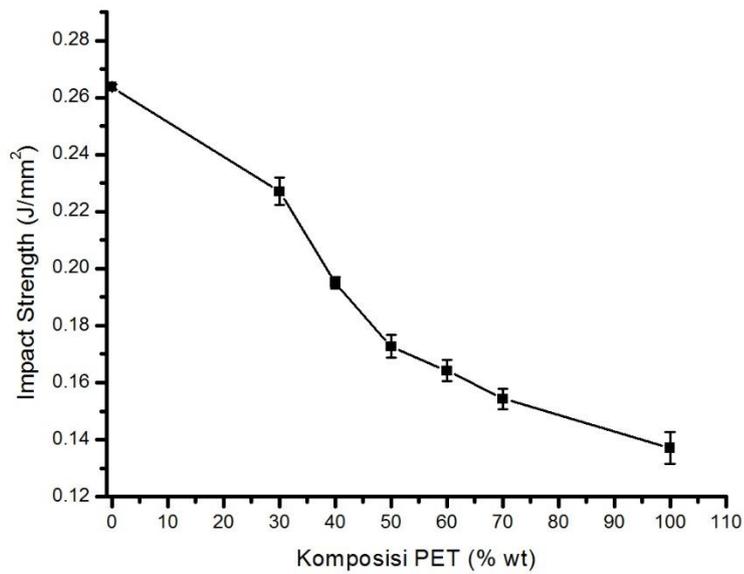




Hasil Pengujian Bending

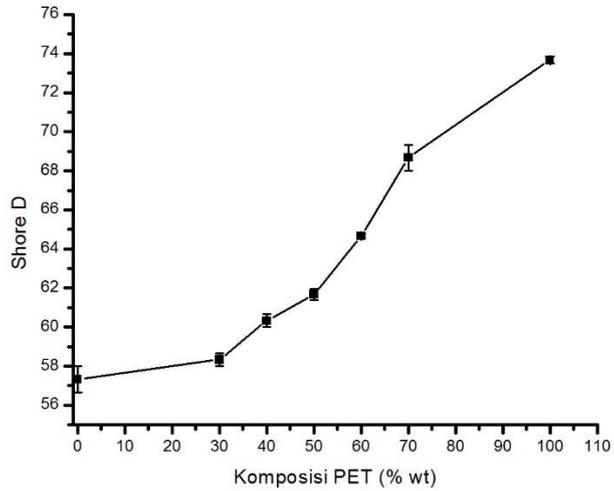


Hasil Pengujian Impact

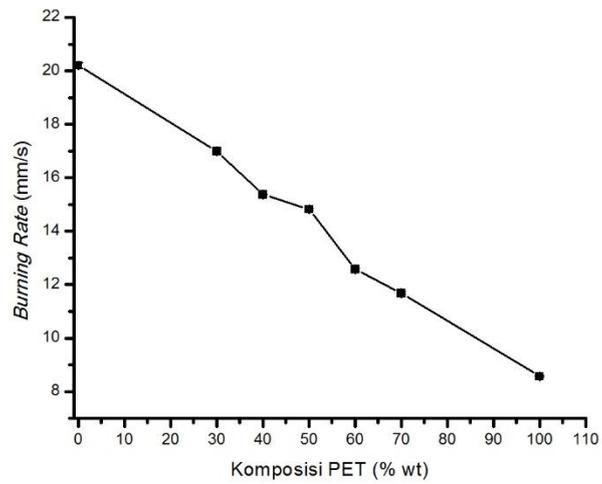




Hasil Pengujian Hardness



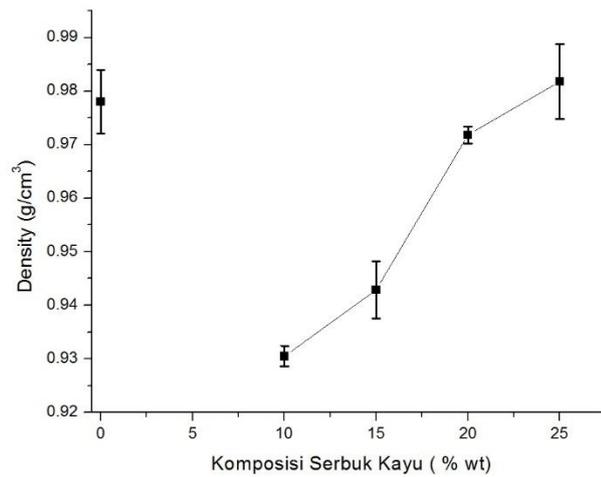
Hasil Pengujian Tahan Api



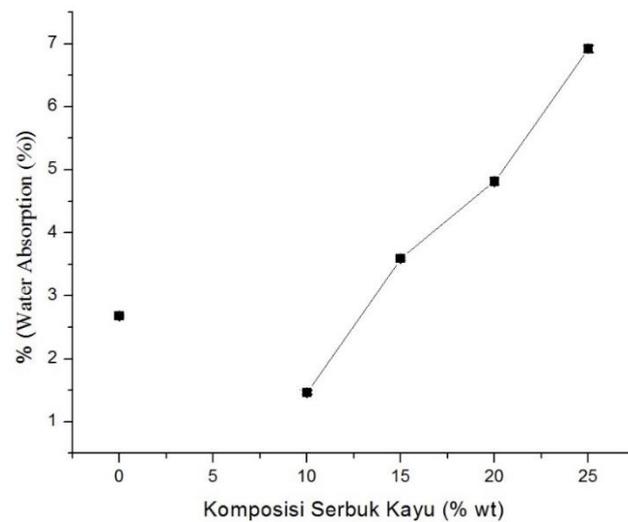


HASIL PENGUJIAN KOMPOSIT

Hasil Pengujian Density (Massa Jenis)

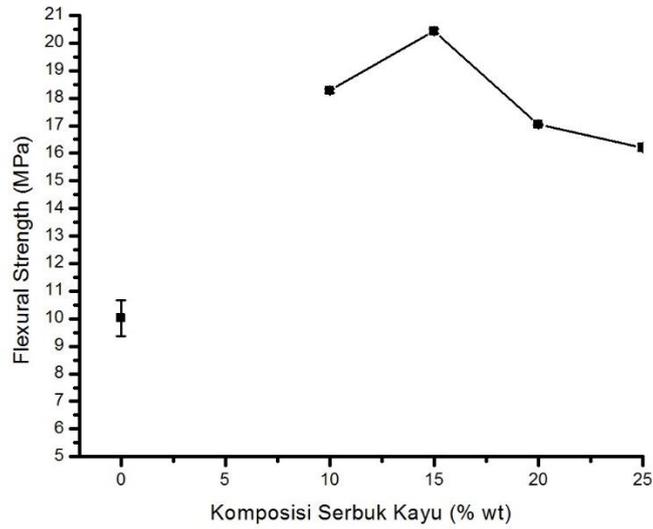


Hasil Pengujian Water Absorption

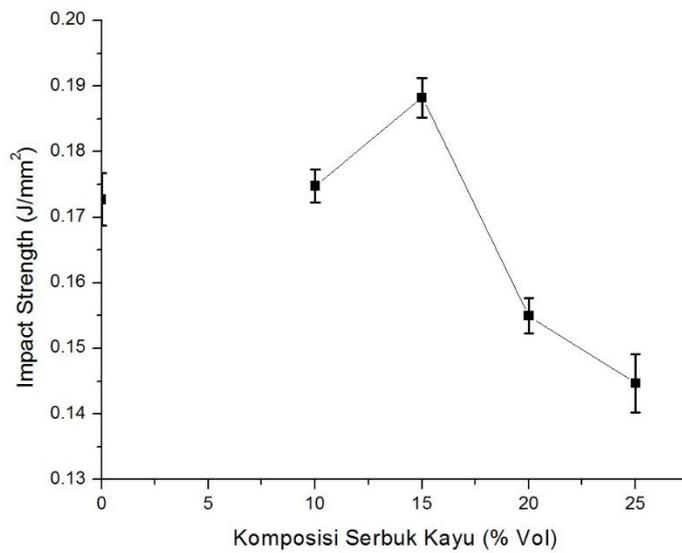




Hasil Pengujian Bending

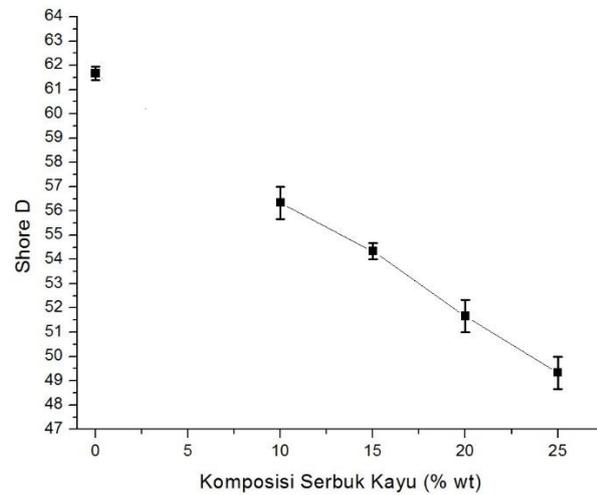


Hasil Pengujian Impact

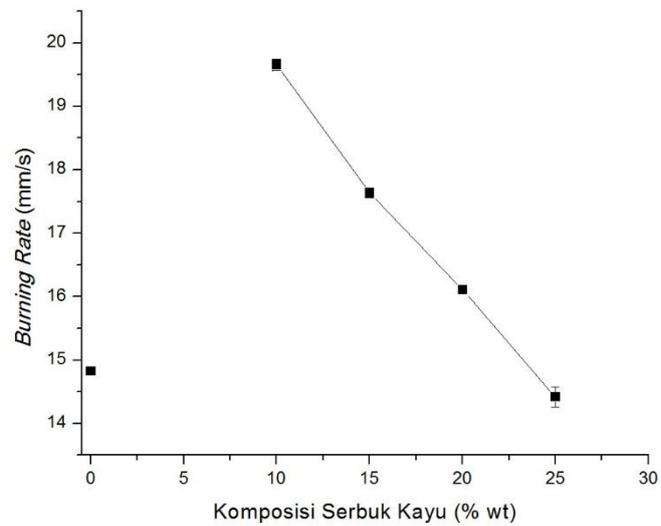




Hasil Pengujian Hardness



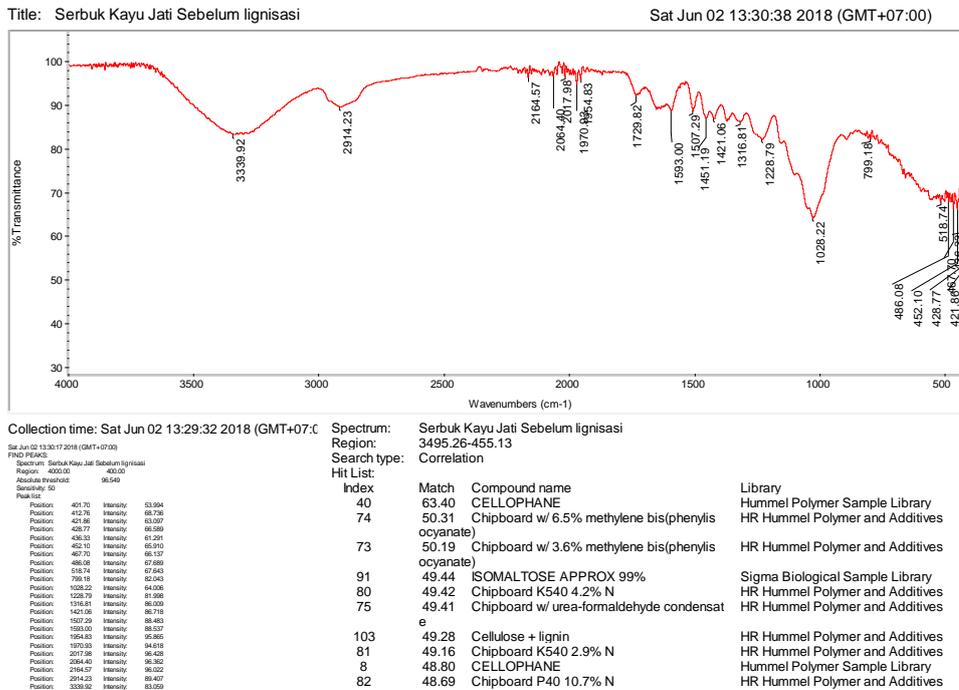
Hasil Pengujian Tahan Api



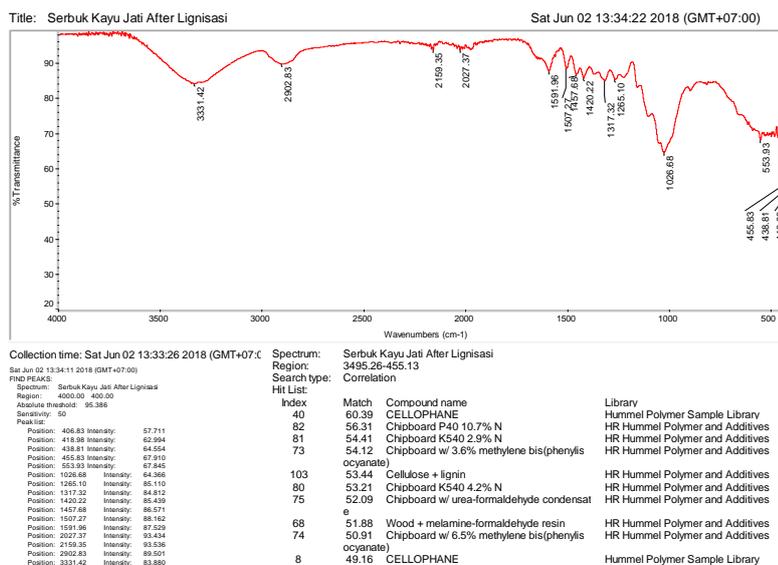


Hasil Pengujian FTIR

1. FTIR serbuk kayu

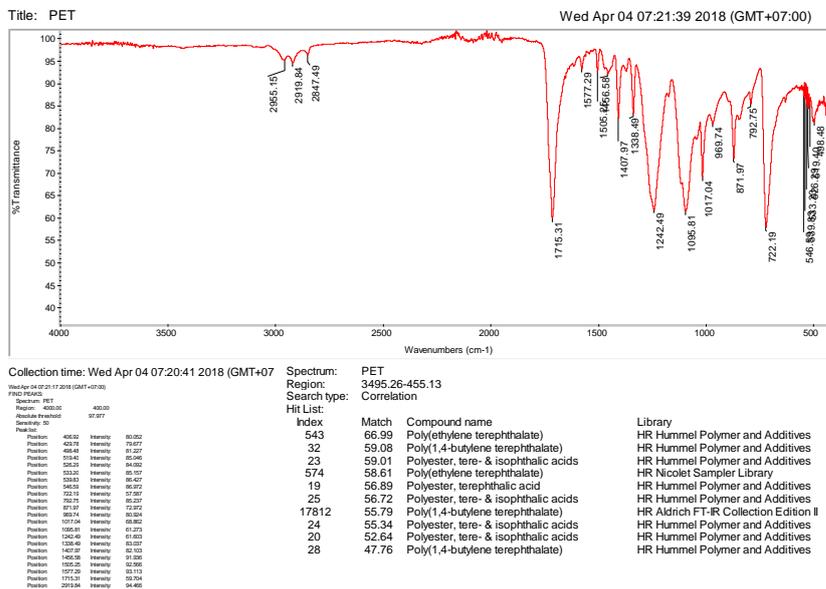


2. FTIR Serbuk Kayu Alkalisasi

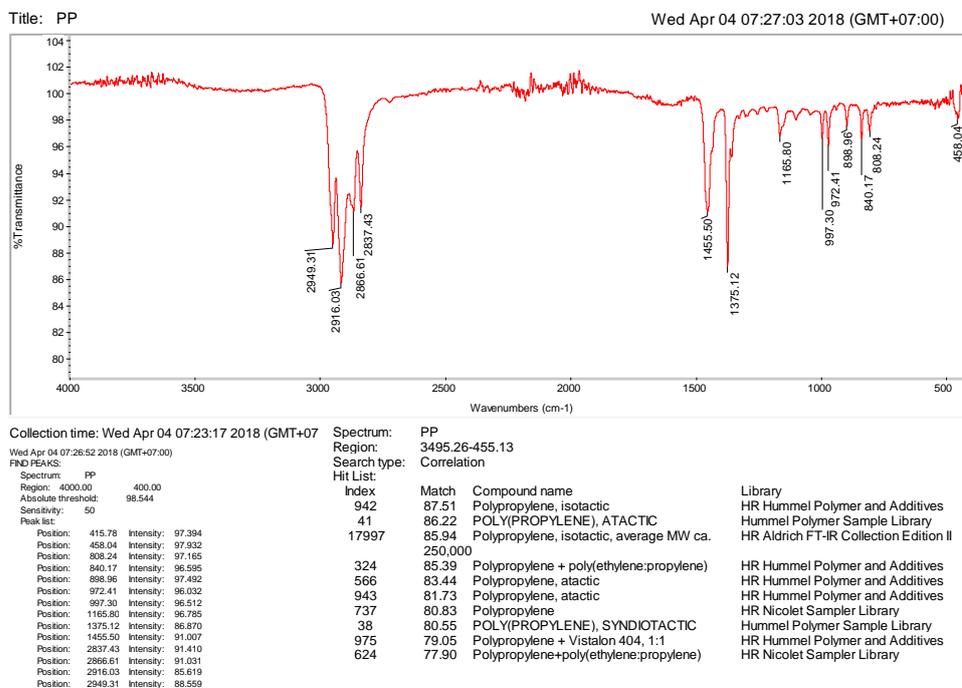




3. FTIR PET

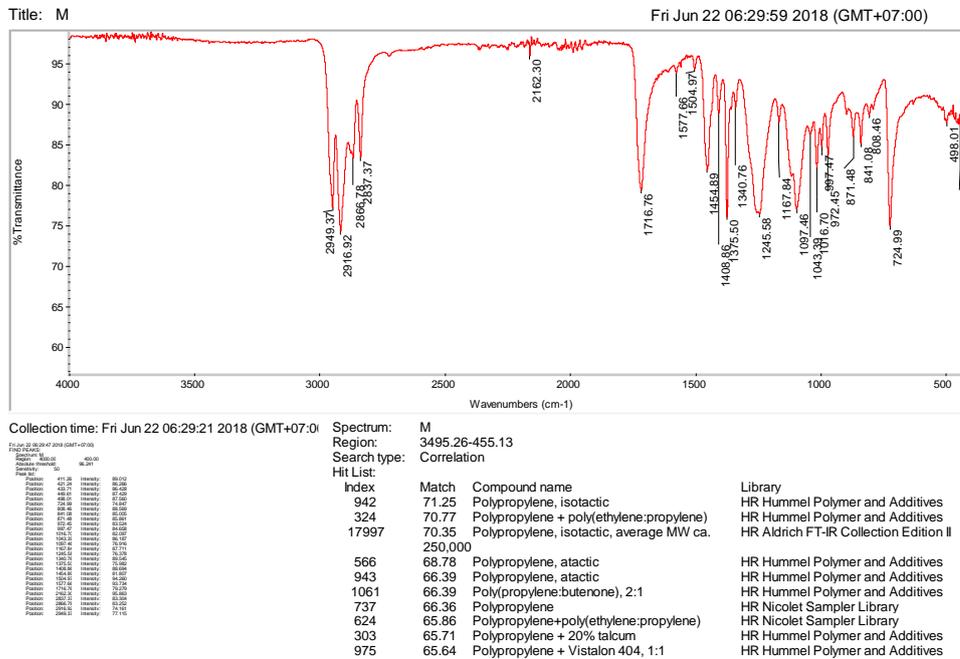


4. FTIR PP

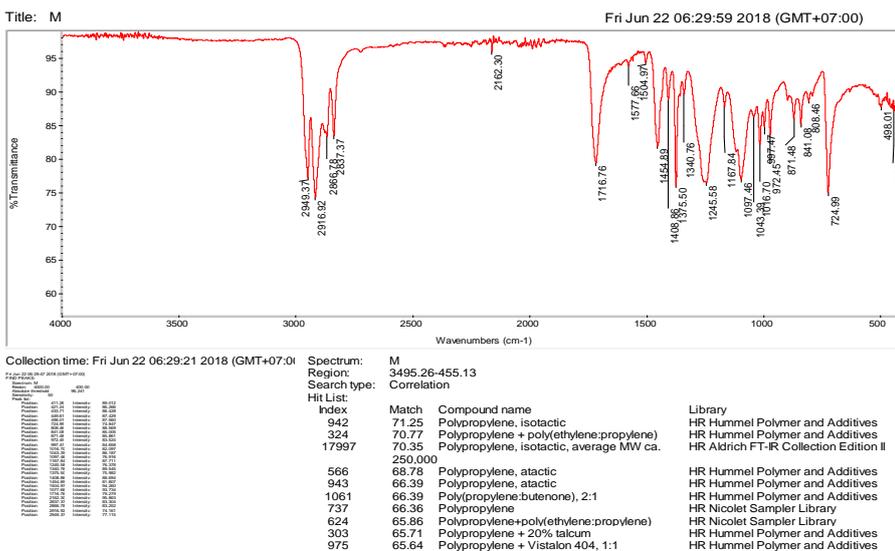




5. FTIR PET/PP



6. FTIR Komposit





Spesimen Uji Bending



Spesimen Uji Density dan Absorption



Spesimen Uji Impact





Pengujian Bending



Pengujian Absorption



Pengujian Densitas





Pengujian Tahan Api





(Halaman sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Astrit Kirana dilahirkan di Surabaya, 8 Nopember 1994, merupakan putri dari pasangan Bapak Agoes Pramoesinto dan Ibu Erna Ratnawati. Penulis merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu TK Putra Putri, SDN 58 Palembang, SMPN 4 Palembang dan SMAN 17 Palembang.

Setelah lulus dari SMA tahun 2012, penulis diterima menjadi mahasiswa di Jurusan Teknik Material di Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya melalui Jalur MANDIRI tahun 2012. Semasa perkuliahan, Penulis aktif Organisasi Intra Kampus yaitu menjabat sebagai sekretaris SENAT Mahasiswa Teknik Material FTI-ITS.

Pada tahun 2016 setelah lulus dari Jurusan Teknik Material FTI-ITS Surabaya, penulis di Magister Teknik Material dan Metalurgi dan mengambil thesis dengan judul “Analisis Variasi Komposisi Limbah Plastik Polyethylene Terephthalate, Polypropylene, dan Serbuk Kayu Gergaji Terhadap Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Sebagai *Wood Plastic Composite*” dengan pembimbing Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si. M.Si dan Dr. Eng Hosta Ardhyanta, S.T., M.Sc.

Handphone : 081325866416.

Email : astritkirana@gmail.com