



ITS
Institut
Teknologi
Sepuluh Nopember

TUGAS AKHIR - TL 141584

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *POLYPROPYLENE*
DAN *LOW DENSITY POLYETHYLENE* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK *WOOD PLASTIC*
COMPOSITE UNTUK APLIKASI GENTENG RAMAH
LINGKUNGAN**

**ROHMAN SIDIK
NRP. 025 11 44 0000 027**

**Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.d.
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018**



TUGAS AKHIR - TL 141584

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *POLYPROPYLENE*
DAN *LOW DENSITY POLYETHYLENE* TERHADAP
SIFAT FISIK DAN MEKANIK *WOOD PLASTIC*
COMPOSITE UNTUK APLIKASI GENTENG RAMAH
LINGKUNGAN**

ROHMAN SIDIK
NRP. 025 11 44 0000 027

Dosen Pembimbing
Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D.
Haniffudin Nurdiansah, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2018

(Halaman sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

**THE EFFECT OF ADDING POLYPROPYLENE AND LOW
DENSITY POLYETHYLENE IN PHYSICAL AND
MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD PLASTIC
COMPOSITE FOR ENVIRONMENTAL FRIENDLY
ROOFTILE**

**ROHMAN SIDIK
NRP. 025 11 44 0000 027**

**ADVISOR
SIGIT TRI WICAKSONO, S.SI., M.SI., PH.D.
HANIFFUDIN NURDIANSAH, ST., MT.**

**MATERIALS ENGINEERING DEPARTEMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

(Halaman sengaja dikosongkan)

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *POLYPROPYLENE*
DAN *LOW DENSITY POLYETHYLENE* TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIK *WOOD PLASTIC COMPOSITE*
UNTUK APLIKASI GENTENG RAMAH LINGKUNGAN**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada
Program Studi S1 Departemen Teknik Material
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh
ROHMAN SIDIK
NRP. 0251144000027

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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

Haniffudin Nurdiansah, ST., MT. (Pembimbing II)

SURABAYA

JULI 2018



(Halaman sengaja dikosongkan)

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *POLYPROPYLENE*
DAN *LOW DENSITY POLYETHYLENE* TERHADAP SIFAT
FISIK DAN MEKANIK *WOOD PLASTIC COMPOSITE*
UNTUK APLIKASI GENTENG RAMAH LINGKUNGAN**

Nama : Rohman Sidik
NRP : 0251144000027
Departemen : Teknik Material
Dosen Pembimbing : Sigit Tri W, S.Si., M.Si., Ph.D.
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.

ABSTRAK

Komposisi limbah terbesar di Indonesia selain limbah organik (70%) adalah limbah plastik (14%). Dari berbagai jenis limbah plastik, LDPE (*Low Density Poliethylene*) dan PP (*Polypropylene*) memiliki prosentase berturut-turut 23% dan 14 %. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh penambahan PP dan LDPE terhadap sifat fisik dan mekanik *wood plastic composite* LDPE/PP/serbuk kayu. Pada penelitian ini dibuat *wood plastic composite* (WPC) dengan memanfaatkan limbah LDPE, PP, dan serbuk kayu jati dengan serbuk kayu jati sebesar 30% fraksi volume dan perbedaan fraksi volume PP/LDPE untuk diaplikasikan sebagai material genteng ramah lingkungan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan LDPE memberikan perbaikan sifat mekanik (*flexural stress, compression strength, hardness*) dan sifat fisik (*water absorbability, densitas*) yang lebih baik dibandingkan penambahan PP. Adapun WPC yang memiliki sifat fisik dan mekanik paling baik adalah WPC dengan komposisi 70%LDPE 0%PP 30%serbuk kayu dengan nilai densitas 1,081 g/cm³, *water absorbability* 0,01%, *flexural stress* 11 MPa, *hardness shore D* 40,33, dan kuat tekannya 10,8 MPa.

Keywords : *Wood Plastic Composite, PP, LDPE, Serbuk Kayu Jati, Genteng*

(Halaman sengaja dikosongkan)

THE EFFECT OF ADDING PP AND LDPE IN PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF WOOD PLASTIC COMPOSITE FOR ENVIRONMENTAL FRIENDLY ROOFTILE

Name : Rohman Sidik
NRP : 0251144000027
Departement : Teknik Material
Advisor : Sigit Tri W, S.Si., M.Si., Ph.D.
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.

ABSTRACT

The largest percentage of waste in Indonesia other than organic waste (70%) is plastic waste (14%). From many type of the plastic waste, LDPE and PP has percentage about 23% and 14%. The aims of this study is to analyze the effect of adding the PP and LDPE in physical and mechanical properties of wood plastic composite LDPE/PP/sawdust. In this study, wood plastic composites (WPC) were made from LDPE, PP and teak dust which the volume fraction of teak dust is 30%. Then the different volume fraction of PP and LDPE is used in fabrication process of the environmentally friendly roof tile. The results showed that the adding LDPE is better than adding PP in improved the mechanical properties (flexural stress, compression strength, hardness) and physical properties (water absorbability and density) of WPC. Then, the WPC which has the best physical and mechanical properties is WPC with 70% LDPE 0% PP 30% sawdust with density 1,081 g / cm³, water absorbability 0,01%, flexural stress 11 MPa, hardness shore D 40,33 , and the compressive strength is 10.8 MPa.

Keywords : Wood Plastic Composite, PP, LDPE, Teak Dust, Roof Tile

(Halaman sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji Syukur kehadirat Allah SWT atas segala rahmat hidayah dan inayah sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul “**Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene dan Low Density Polyethylene Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Wood Plastic Composite Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan**” sebagai salah satu persyaratan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)

Pada kesempatan kali ini penyusun mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Bapak Tukiman dan Ibu Lasmi karena telah menjadi orang tua terhebat yang telah memberikan dukungan moril dan materiil.
2. Dr. Agung Purniawan, S.T., M.Eng selaku Ketua Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.
3. Bapak Sigit Tri Wicaksono, S.Si., M.Si., Ph.D selaku dosen pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bekal yang sangat bermanfaat.
4. Bapak Haniffudin Nurdiansah, ST., MT. selaku dosen Pembimbing ke dua saya.
5. *Team Plastic Waste Project* dan MT 16 yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan semangat dan bantuannya.
6. Rekan-rekan kabinet Inspirasi, Ash-Habul Sekpa dan HEROBOYO 8 yang senantiasa memberikan pengingat dan semangatnya.
7. Rekan-rekan Laboratorium Material Inovatif, Laboratorium Fisika ITS, dan Laboratorium Kimia ITS yang memberikan bimbingan materi dan turut membantu dalam penyusunan laporan.
8. Seluruh dosen dan karyawan Departemen Teknik Material FTI-ITS yang telah membantu dalam proses administrasi dan pengujian spesimen

Penyusun menyadari adanya keterbatasan di dalam penyusunan laporan ini. Besar harapan penyusun akan saran, dan kritik yang sifatnya membangun.

Demikian penulis berharap semoga laporan ini dapat memberikan ilmu yang bermanfaat serta dapat bermanfaat bagi kemajuan teknologi khususnya di bidang material inovatif.

Surabaya, Juni 2018
Penyusun

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvi
DAFTAR TABEL	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang.....	1
I.2 Rumusan Masalah.....	2
I.3 Batasan Masalah	3
I.4 Tujuan Penelitian	3
I.5 Manfaat Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Plastik.....	5
2.1.1 Pengertian Plastik	5
2.1.2 Plastik <i>Thermosetting</i>	7
2.1.3 Plastik <i>Thermoplastic</i>	7
2.2 <i>Polyethylene</i>	8
2.3 <i>Polypropylene</i>	10
2.4 Komposit.....	13
2.4.1 Pengertian Komposit	13
2.4.2 Klasifikasi Material Komposit.....	14
2.4.3 Komposit Matriks Polimer	16
2.4.4 <i>Particulate Composites</i>	17
2.4.4 Ikatan <i>Filler</i> dan Matriks	18
2.5 Kayu.....	19
2.5.1 Kayu Jati (<i>Tectona grandis</i>)	20
2.5.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Kayu.....	21
2.5.3 Limbah Serbuk Kayu.....	22
2.5.4 Delignifikasi	23
2.6 <i>Wood Plastics Composite</i> (WPC)	25

2.6.1 Pengertian	25
2.6.2 Serat Selulosa Sebagai <i>Filler Plastic Composite</i>	26
2.6.3 Manfaat Komposit Kayu Plastik	26
2.6.4 Bahan Baku Komposit Kayu Plastik	27
2.7 Genteng	28
2.7.1 Genteng Komposit	28
2.7.2 Genteng Beton	30
2.7.3 Genteng Keramik	31
2.8 Penelitian Sebelumnya	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	37
3.1 Diagram Alir Penelitian	37
3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian	38
3.2.1 Bahan Penelitian	38
3.2.2 Peralatan Penelitian	39
3.3 Variable Penelitian	44
3.4 Metodologi Penelitian	45
3.4.1 Persiapan bahan	45
3.4.2 Pembuatan Komposit	46
3.4.3 Metode Pengujian	47
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	53
4.1 Analisis Hasil Karakterisasi <i>Fourier Transform Infrared spectroscopy</i> (FTIR)	53
4.1.1 Analisis Hasil FTIR Serbuk Kayu Jati	53
4.1.2 Analisis Hasil FTIR Komposit	56
4.2 Analisis Hasil <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM)	58
4.3 Analisis Densitas	60
4.5 Analisis Pengujian Bending	57
4.4 Analisis Pengujian <i>Water Absorbability</i>	62
4.6 Analisis Hasil Pengujian <i>Hardness</i>	67
4.7 Analisis Hasil Pengujian Kompresi	68
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	71
5.1 Kesimpulan	71
5.2 Saran	72

DAFTAR PUSTAKA	xxv
LAMPIRAN	xxix
BIODATA PENULIS	xxxix

(Halaman sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur Rantai Polietilen.....	9
Gambar 2.2 Struktur Polipropilena.....	11
Gambar 2.3 Jenis Struktur Polipropilen.....	12
Gambar 2.4 Skema Pembentukan Komposit.....	14
Gambar 2.5 Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya.....	15
Gambar 2.6 Ilustrasi Komposit Berdasar Jenis Penguatnya.....	15
Gambar 2.7 Komposit Berdasarkan Jenis Matriknya.....	16
Gambar 2.8 <i>Mechanical Bonding</i>	18
Gambar 2.9 <i>Electrostatic Bonding</i>	18
Gambar 2.10 <i>Chemical Bonding</i>	19
Gambar 2.11 Pengaruh Temperatur Terhadap Kayu.....	21
Gambar 2.12 Mekanisme Proses Delignifikasi.....	24
Gambar 2.13 Reaksi Pada Proses Delignifikasi NaOH.....	24
Gambar 2.14 Penampilan “GENTENG COMPOSITE”.....	29
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian.....	37
Gambar 3.2 Serbuk Kayu Jati.....	38
Gambar 3.3 Limbah LDPE.....	38
Gambar 3.4 Limbah PP.....	38
Gambar 3.5 Aquades.....	39
Gambar 3.6 NaOH.....	39
Gambar 3.7 Timbangan Digital.....	40
Gambar 3.8 Alat <i>Sieving</i>	41
Gambar 3.9 <i>Thermometer Laser Gun</i>	41
Gambar 3.10 Gerinda Duduk.....	42
Gambar 3.11 Mesin Uji SEM.....	42
Gambar 3.12 Mesin Uji FTIR.....	43
Gambar 3.13 Mesin Uji Bending.....	43
Gambar 3.14 Mesin Uji Kompresi.....	44
Gambar 3.15 Durometer.....	44
Gambar 3.16 Dimensi Spesimen SEM.....	47
Gambar 3.17 Prinsip Kerja SEM.....	48
Gambar 3.18 Skema Kerja FTIR.....	49
Gambar 3.19 Cara Uji Kekuatan Lentur.....	51

Gambar 4.1 Hasil FTIR Serbuk Kayu	53
Gambar 4.2 Hasil FTIR Komposit Serbuk Kayu/PP/LDPE	57
Gambar 4.3 Hasil SEM WPC dengan 30% Serbuk kayu (a) 70% PP 0% LDPE (b) 30 % LDPE 40% PP (c) 70% LDPE.....	59
Gambar 4.4 Grafik Densitas Teoritis dan Aktual WPC.....	61
Gambar 4.5 Hasil Pengujian <i>Water Absorbability</i> WPC	64
Gambar 4.6 Hasil Pengujian bending WPC.....	66
Gambar 4.7 Hasil Pengujian <i>Hardness Shore D</i> WPC	68
Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel WPC	69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Plastik, Kode dan Penggunaannya.....	6
Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik LDPE.....	10
Tabel 2.3 Sifat fisik dan Mekanik Polipropilena	11
Tabel 2.4 Sifat Mekanik dan Fisik “GENTENG COMPOSITE”	30
Tabel 2.5 Dimensi Genteng Beton.....	30
Tabel 2.6 Beban Lentur Genteng Beton	31
Tabel 2.7 Dimensi Genteng Keramik	32
Tabel 2.8 Kualitas Penyerapan Air Genteng Keramik	
Tabel 3.1 Rancangan Penelitian WPC.....	44
Tabel 4.1 Daerah Serapan Infra Merah Serbuk kayu Alkali dan <i>Non alkali treated</i>	54
Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah WPC	57

(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB 1

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Permasalahan sampah menjadi permasalahan yang tidak bisa dihindari di setiap negara. Melalui permasalahan ini timbullah masalah-masalah lainnya seperti masalah kesehatan, kekumuhan, bahkan sampah turut menyumbang penyebab terjadinya banjir di Indonesia. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia (2014), jumlah timbunan sampah di Indonesia diperkirakan mencapai 175.000 s.d. 176.000 ton/hari atau sekitar 64 juta ton/tahun. Hal yang lebih mengagetkan adalah 14% dari jumlah tersebut atau sekitar 9 ton/tahunnya merupakan sampah plastik. Bahkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan memperkirakan total jumlah sampah Indonesia di tahun 2019 akan mencapai 68 juta ton, dan sampah plastik diperkirakan akan mencapai 9,52 juta ton. Jumlah ini akan terus meningkat seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk.

Disisi yang lain, konsumsi berlebih terhadap plastic mengakibatkan jumlah sampah plastik yang besar. Plastik bukan berasal dari senyawa biologis, sehingga memiliki sifat sulit terdegradasi (*non biodegradable*). Plastik diperkirakan membutuhkan waktu 100 hingga 500 tahun dapat terdekomposisi/terurai dengan sempurna. Sampah plastik yang berada dalam tanah yang tidak dapat diuraikan oleh mikroorganisme menyebabkan mineral-mineral dalam tanah baik organik maupun anorganik semakin berkurang. Hal ini menyebabkan jaranganya fauna tanah seperti cacing dan mikorganisme tanah yang hidup pada area tanah tersebut. Ini dikarenakan sulitnya untuk memperoleh makanan dan berlindung. Selain itu kadar O₂ dalam tanah semakin sedikit sehingga fauna tanah sulit untuk bernafas dan akhirnya mati. Tentunya hal ini berdampak langsung pada tumbuhan yang hidup pada area tersebut. Hal ini dikarenakan tumbuhan membutuhkannya sebagai perantara dalam kelangsungan hidupnya (Suroño, 2005).



Selain itu, plastik bersifat mudah terbakar. Hal ini mengakibatkan ancaman terjadinya kebakaran pun semakin meningkat. Asap hasil pembakaran bahan plastik sangat berbahaya karena mengandung gas beracun seperti hidrogen sianida (HCN) dan karbon monoksida (CO). Hidrogen sianida berasal dari polimer berbahan dasar akrilonitril, sedangkan karbon monoksida sebagai hasil pembakaran tidak sempurna. Hal inilah yang menyebabkan sampah plastik sebagai salah satu penyebab pencemaran udara dan mengakibatkan efek jangka panjang berupa pemanasan secara global pada atmosfer bumi.

Berdasarkan uraian diatas, keberadaan sampah plastik perlu ditekan jumlahnya untuk mencegah permasalahan lingkungan dimasa yang akan datang. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan sendiri menargetkan pengurangan sampah plastik lebih dari 1,9 juta ton hingga tahun 2019. Penanganan sampah plastik yang sudah banyak diterapkan adalah konsep 3R (*reuse, reduce dan recycle*) dan konsep olah di sumber menjadi bentuk energi baru atau sesuatu yang memiliki nilai jual. Salah satu konsep yang dapat dipakai adalah merubah dan mengolah plastik-plastik tersebut menjadi bahan-bahan konstruksi bangunan seperti *paving block*, aspal, beton, genteng dan lain sebagainya.

Dalam penelitian ini dilakukan rekayasa pemanfaatan limbah plastik *Polypropylene*, *Low Density Polyethylene*, dan limbah serbuk kayu yang diaplikasikan dalam pembuatan *wood plastic composite* untuk mendapatkan variasi komposisi paling optimal yang memiliki sifat fisik dan mekanik terbaik yang kemudian digunakan untuk pembuatan komposit genteng ramah lingkungan.

I.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang akan diteliti dalam penelitian ini antara lain adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan *Polypropylene* (PP) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik pada *Wood Plastic Composite*?



2. Bagaimana pengaruh penambahan *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik pada *Wood Plastic Composite*?
3. Material *Wood Plastic Composites* serbuk kayu dengan komposisi manakah yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material genteng ramah lingkungan?

I.3 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Pengotor pada saat pencampuran polimer dan agregat diabaikan.
2. Temperatur proses dianggap sama untuk masing masing eksperimen

I.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh penambahan *Polypropylene* (PP) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik pada *Wood Plastic Composite*.
2. Menganalisis pengaruh penambahan *Low Density Polyethylene* (LDPE) terhadap sifat fisik dan sifat mekanik pada *Wood Plastic Composite*.
3. Mengetahui komposisi terbaik material *Wood Plastic Composites* serbuk kayu yang memenuhi kriteria dan dapat diaplikasikan sebagai material genteng ramah lingkungan.

I.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan dari pembuatan komposit yang dapat memberikan dampak positif kepada lingkungan dengan adanya pengurangan plastik dalam jumlah besar.
2. Menciptakan genteng komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material bangunan dengan penggunaan limbah



-
- plastik sebagai peningkat dari *properties* untuk material tersebut.
3. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah plastik yang efisien dan ramah lingkungan.
 4. Dapat dijadikan referensi dalam penelitian lanjutan dalam menciptakan industri pengolahan limbah plastik yang dapat memberikan dampak ekonomi yang positif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Plastik

2.1.1 Pengertian Plastik

Plastik merupakan bahan organik yang mempunyai kemampuan untuk dibentuk apabila terpapar panas dan tekanan. Plastik dapat berbentuk batangan, lembaran, atau blok. Selain itu apabila dalam bentuk produk dapat berupa botol, pembungkus makanan, pipa, peralatan makan, dan lain-lain. Komposisi dari material plastik adalah polimer dan zat *additive* lainnya (*Waste management information, 2004*).

Substansi utama dari polimer disebut monomer. Sangatlah memungkinkan untuk menghasilkan polimer berbeda dari substansi dasar yang sama dengan mengubah proses produksi atau menciptakan campuran yang berbeda. *Raw material* monomer tersebut utamanya berupa minyak mentah dan gas alam. Dikarenakan karbon adalah satu-satunya elemen penting untuk polimer, secara teoritis dimungkinkan untuk membuat monomer dari kayu, batubara, atau bahkan CO₂ di atmosfer (*Walter, 1995*).

Perkembangan plastik bermula dari ditemukannya plastik pertama yang berasal dari polimer alami, yakni seluloid pada tahun 1869 oleh investor Amerika John W, Hyatt dan dibentuk pada tahun 1872. Plastik pertama tersusun oleh nitrat selulosa, kamfer, dan alkohol. Plastik menjadi industri modern setelah adanya produksi bakelit oleh American Chemist L. H Baakeland pada tahun 1909. Bakelit tersusun dari polimer fenol dan formaldehid. Dalam perkembangannya, plastik digunakan dalam berbagai bentuk dan kegunaan, seperti peralatan makan, pembungkus makanan, lensa optik, struktur bangunan, furnitur, *fiberglass*, dan lain-lain (*Waste management information, 2004*).

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



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

No.Kode	Jenis Plastik	Penggunaan
1	PET (<i>polyethylene terephthalate</i>)	Botol kemasan air mineral, botol minyak goreng, jus, botol sambal, botol obat, dan botol kosmetik
2	HDPE (<i>High-density Polyethylene</i>)	Botol obat, botol susu cair, jerigen pelumas, dan botol kosmetik
3	PVC (<i>Polyvinyl Chloride</i>)	Pipa selang air, pipa bangunan, mainan, taplak meja dari plastik, botol shampo, dan botol sambal.
4	LDPE (<i>Low-density Polyethylene</i>)	Kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.
5	PP (<i>Polypropylene</i> atau <i>Polypropene</i>)	Gelas air mineral, cup plastik, tutup botol dari plastik, mainan anak, dan margarin
6	PS (<i>Polystyrene</i>)	Kotak CD, sendok dan garpu plastik, gelas plastik, atau tempat makanan dari <i>styrofoam</i> , dan tempat makan plastik transparan
7	<i>Others</i> (O), jenis plastik lainnya selain dari no.1 hingga 6	Botol susu bayi, plastik kemasan, galon air minum, suku cadang mobil, alat-alat rumah tangga, komputer, alat-alat elektronik, sikat gigi, dan mainan lego

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



2.1.2 Plastik *Thermosetting*

Plastik *thermosetting* adalah jenis dari polimer yang ketika dipanaskan tidak melunak. Polimer jenis ini mengeras secara permanen pada pembentukannya. Berdasarkan struktur molekulnya polimer *thermosetting* adalah *network polymer* yang memiliki sifat mekanik dan ketahanan panas yang spesifik.

Pada saat perlakuan panas, ikatan pada rantai polimer termoset akan menguatkan diri satu sama lain pada rantainya untuk menahan pergerakan vibrasi dan rotasi. Maka dari itu, polimer termoset dapat tetap stabil dan tidak melunak meskipun dihadapkan pada temperatur yang tinggi. Namun pada temperatur yang berlebihan polimer termoset akan berubah bentuk dan terdegradasi. Polimer jenis ini lebih keras dan lebih kuat dibandingkan dengan polimer termoplastik. Beberapa contoh polimer termoset adalah *vulcanized rubbers*, *epoxies*, dan poliester resin (Callister, 2007).

2.1.3 Plastik *Thermoplastic*

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

- Berat molekul kecil
- Tidak tahan terhadap panas
- Jika dipanaskan akan melunak.
- Jika didinginkan akan mengeras
- Mudah untuk diregangkan
- Fleksibel
- Titik leleh rendah
- Dapat dibentuk ulang



- Mudah larut dalam pelarut yang sesuai
- Memiliki struktur molekul linier/bercabang

Adapun contoh plastik termoplastik adalah sebagai berikut:

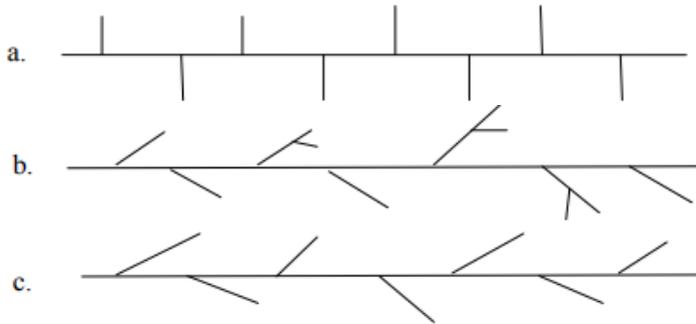
1. Polietilena (PE) = Botol plastik, mainan, bahan cetakan, ember, drum, pipa saluran, isolasi kawat dan kabel, kantong plastik dan jas hujan.
2. Polivinilklorida (PVC) = pipa air, pipa plastik, pipa kabel listrik, kulit sintetis, ubin plastik, piringan hitam, bungkus makanan, sol sepatu, sarung tangan dan botol detergen.
3. Polipropena (PP) = karung, tali, botol minuman, serat, bak air, insulator, kursi plastik, alat-alat rumah sakit, komponen mesin cuci, pembungkus tekstil, dan permadani.
4. Polistirena = Insulator, sol sepatu, penggaris, gantungan baju (Januastuti, 2015).

2.2 Polyethylene

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

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

Adapun struktur rantai dari polietilen dapat dilihat pada Gambar 2.1 dibawah ini.



Gambar 2.1 Struktur Rantai Polietilen
(berturut-turut a. HDPE b. LDPE c. LLDPE) (Curlee, 1991)

LDPE mempunyai massa jenis antara 0,91-0,94 g/mL, separuhnya berupa kristalin (50-60%) dan memiliki titik leleh 115°C. Sedangkan HDPE bermassa jenis lebih besar yaitu 0,95-0,97 g/mL, dan berbentuk kristalin (kristalinitasnya 90%) serta memiliki titik leleh di atas 127°C (beberapa macam sekitar 135°C). Kelebihan LDPE sebagai material pembungkus adalah harganya yang murah, proses pembuatan yang mudah, sifatnya yang fleksibel, dan mudah didaur ulang. Selain itu, LDPE mempunyai daya proteksi yang baik terhadap uap air, namun kurang baik terhadap gas lainnya seperti oksigen. LDPE juga memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun melarut dalam benzena dan tetrachlorocarbon (CCl₄). Keunggulan lain jenis plastik berkerangka dasar polietilen dibandingkan dengan jenis plastik lainnya ialah jenis plastik ini mempunyai nilai konstanta dielektrik yang kecil, sehingga sifat kelistrikannya lebih baik. Sifat tersebut semakin baik dengan tingginya jumlah hidrogen atau klorida dan fluorida yang terikat pada tulang punggung Polietilen. LDPE diklasifikasikan sebagai materi semi permeabel karena permeabilitasnya terhadap bahan kimia yang



volatil. LDPE diproduksi dari gas etilen pada tekanan dan suhu tinggi dalam reaktor yang berisi pelarut hidrokarbon dan katalis logam yaitu *ziegler catalysts*. Polimer yang dihasilkan berupa bubuk yang kemudian difiltrasi dari pelarutnya (Billmayer,1971).

Tabel 2.2 Sifat Fisik dan Mekanik LDPE (Plastic International,2009)

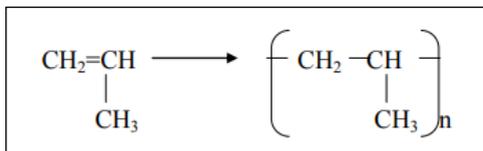
<i>Property</i>	<i>Test Method</i>	<i>Units</i>	LDPE
<i>Density</i>	ASTM D-792	Lbs/ft ³	57,39
<i>Water Absorbtion</i>	ASTM D-570	%	<i>Slight</i>
<i>Flexural Strength</i>	ASTM D-790	Psi	1.175
<i>Flexural Modulus</i>	ASTM D-790	Psi	28.565
<i>Hardness</i>	ASTM D-2240	Shore D	55
<i>Melt Point</i>	ASTM D-3417	^o F	230
<i>Yield Point</i>	ASTM D-638	Psi	1.363
<i>Tensile Break</i>	ASTM D-638	Psi	1.943

2.3 Polypropylene

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



mempunyai sifat melunak dan meleleh jika dipanaskan (Billmeyer, 1971). Adapun untuk gambar dari struktur kimia dari polipropilen dapat diamati di Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Polipropilena (Rosen, 1982)

Polipropilena mempunyai konduktivitas panas yang rendah (0,12 W/m), tegangan permukaan yang rendah, kekuatan benturan yang tinggi, tahan terhadap pelarut organik, bahan kimia anorganik, uap air, asam dan basa, isolator yang tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat, mudah terbakar dengan nyala yang lambat. Titik leleh 160°C dan temperatur dekomposisi 380°C. Kristalinitas merupakan sifat penting yang terdapat pada polimer. Kristalinitas merupakan ikatan antara rantai molekul sehingga menghasilkan susunan molekul yang lebih teratur. Pada polimer polipropilena, rantai polimer yang terbentuk dapat tersusun membentuk daerah kristalin (molekul tersusun teratur) dan bagian lain membentuk daerah *amorf* (molekul tersusun secara tidak teratur) (Cowd, 1991). Adapun untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.3

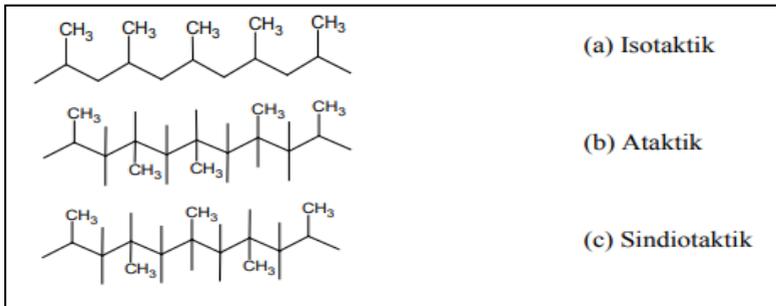
Tabel 2.3 Sifat Fisik dan Mekanik Polipropilena (Plastic International,2009)

<i>Property</i>	<i>Test Method</i>	<i>Units</i>	PP
<i>Density</i>	ASTM D-792	Lbs/ft3	56,3
<i>Water Absorbtion</i>	ASTM D-570	%	0,008
<i>Flexural Strength</i>	ASTM D-790	Psi	7.250



<i>Flexural Modulus</i>	ASTM D-790	Psi	221.425
<i>Hardness</i>	ASTM D-2240	Shore D	78
<i>Melt Point</i>	ASTM D-3417	^o F	329
<i>Yield Point</i>	ASTM D-638	Psi	5.150

Polipropilena ataktik tidak dapat berubah menjadi polipropilena sindiotaktik atau menjadi struktur lainnya tanpa memutuskan dan menyusun kembali beberapa ikatan kimia. Struktur yang lebih teratur memiliki kecenderungan yang lebih besar untuk berkristalisasi daripada struktur yang tidak teratur. Jadi, struktur isotaktik dan sindiotaktik lebih cenderung membentuk daerah kristalin dari pada ataktik. Untuk lebih jelasnya, dapat diperhatikan Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Jenis-Jenis Struktur Polipropilen (Coward, 1991)

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

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



pengaruh lingkungan seperti kelembaban cuaca, radiasi sinar matahari dan lain sebagainya.

2.4 Komposit

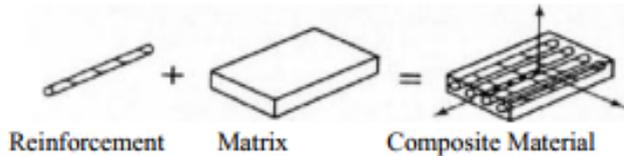
2.4.1 Pengertian Komposit

Komposit didefinisikan sebagai sebagai bahan yang terbuat dari gabungan secara makroskopis dua bahan atau lebih yang memiliki sifat kimia dan fisik yang berbeda untuk membentuk material baru dengan sifat yang lebih baik. Pada bahan komposit, sifat-sifat bahan pembentuknya masih dapat terlihat, hal inilah yang membedakan komposit dengan bahan paduan logam (*alloy*) dimana sifat-sifat bahan pembentuknya tidak dapat lagi terlihat. Bahan komposit dibentuk dari dua unsur yaitu unsur serat sebagai penguat (*reinforcement*) dan unsur pengikat (*matrix*). Adapun definisi dari keduanya adalah:

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



Adapun ilustrasi ikatan dan sifat fisik komposit dapat dilihat pada Gambar 2.4 berikut



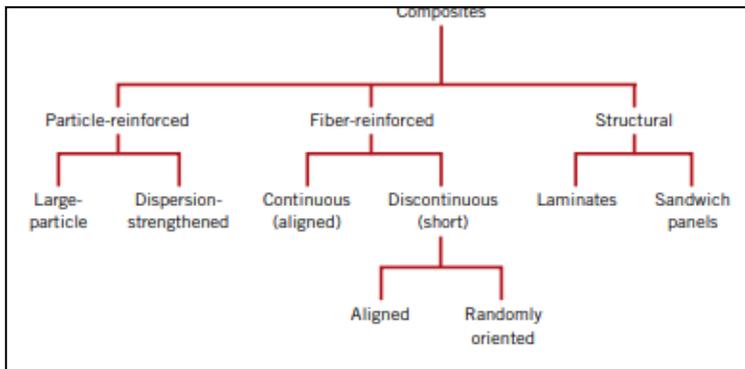
Gambar 2.4 Skema Pembentukan Komposit (K. Van Rijswijk, 2001)

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

2.4.2 Klasifikasi Material Komposit

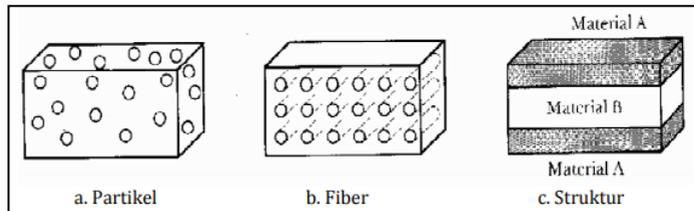
Berdasarkan jenis penguatnya komposit dibedakan menjadi 3 kelompok sebagaimana yang terdapat pada Gambar 2.5 yaitu:

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



Gambar 2.5 Komposit Berdasarkan Jenis Penguatnya (Callister, 2008)

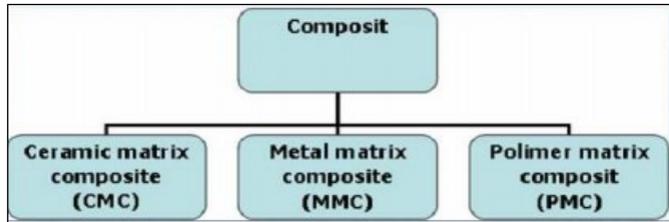
Adapun ilustrasi dari komposisi berdasarkan jenis penguatnya dapat dilihat pada Gambar 2.6 dibawah ini:



Gambar 2.6 Komposit Berdasar Jenis Penguatnya (Nayiroh, 2013)

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

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



Gambar 2.7 Komposit Berdasarkan Jenis Matriknya (Gibson, 1994)

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

2.4.3 Komposit Matriks Polimer

Bahan ini merupakan jenis komposit yang sering digunakan, biasa disebut polimer berpenguat serat (FRP – *Fibre Reinforced Polymers or Plastics*). Bahan ini menggunakan suatu polimer berbahan resin sebagai matriksnya, dan suatu jenis serat seperti kaca, karbon dan aramid (kevlar) sebagai penguatannya.

Secara umum sifat dari komposit ini adalah:

- Biaya pembuatan lebih rendah
- Dapat dibuat dengan produksi massal
- Ketangguhan baik
- Tahan simpan
- Siklus pabrikasi dapat dipersingkat
- Kemampuan mengikuti bentuk
- Lebih ringan (Gibson, 1994).

Adapun jenis polimer yang sering digunakan antara lain:

1. *Thermoplastic*, plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. Contoh dari *thermoplastic* yaitu poliester, nilon 66, PP, PTFE, PET, polieter sulfon, PES, dan polieter eterketon (PEEK).



2. *Thermoset*, plastik tidak dapat mengikuti perubahan temperatur (*irreversibel*). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak dapat dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya. Contoh dari *thermoset* yaitu Epoksida, Bismaleimida (BMI), dan Poli-imida (PI) (Surdia, 1995).

2.4.4 Particulate Composites

Berdasarkan pada Gambar 2.5, *large particle* dan *dispertion strengthened composites* adalah 2 subklasifikasi dari *particulate composites*. *Large particle* merupakan subklasifikasi komposit yang disusun oleh *reinforcement* berbentuk partikel, dimana interaksi antara partikel dan matrik terjadi tidak dalam skala atomik atau molekular. Fasa partikel komposit ini lebih keras dan kaku daripada matriknya. Intinya, matriks memindahkan tekanan yang diberikan kepada partikel. Tingkat penguatan atau peningkatan sifat mekanik bergantung kekuatan ikatan pada antarmuka matriks-partikel.

Sedangkan pada *dispertion strengthened composites* ukuran partikel lebih kecil dengan diameter antara 10-100 nm. Interaksi antara partikel dan matriks terjadi pada tingkat atom atau molekul. Mekanisme penguatan hampir sama dengan mekanisme *presipitation hardening*. Sedangkan matriks menanggung porsi utama dari beban yang diaplikasikan, partikel partikel kecil yang terdispersi menghambat atau menghalangi pergerakan dari dislokasi. Dengan demikian deformasi plastis dapat dihambat sehingga *tensile strength hardness* akan meningkat (Callister, 2008).

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

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

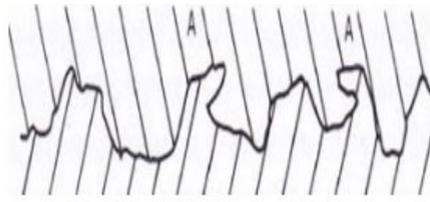


2.4.4 Ikatan *Filler* dan Matriks

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

1. *Mechanical Bonding*

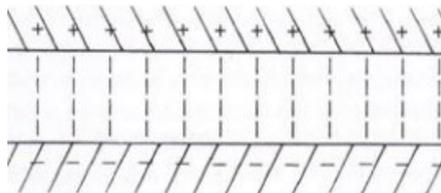
Mechanical bonding merupakan mekanisme ikatan yang saling mengunci yang terjadi pada dua permukaan yaitu resin dan serat yang kasar. Dalam *mechanical bonding* beban yang diterima harus paralel terhadap *interface*. Adapun skema dari *mechanical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.8 di bawah ini:



Gambar 2.8 *Mechanical Bonding* (Matthews, 1993)

2. *Electrostatic Bonding*

Electrostatic bonding terjadi akibat adanya gaya tarik antara dua permukaan yang berbeda muatan listrik pada skala atomik. Ikatan ini akan sempurna apabila tidak terdapat gas pada permukaan serat. Adapun skema dari *electrostatic bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.9 di bawah:

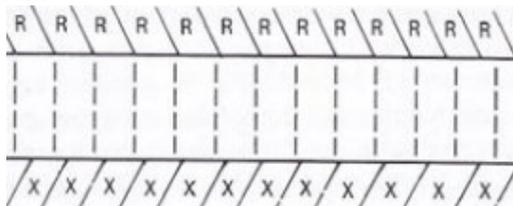


Gambar 2.9 *Electrostatic Bonding* (Matthews, 1993)



3. Chemical Bonding

Electrostatic bonding terjadi akibat adanya energi yang lebih bersifat kimia. Besarnya ikatan ini diperoleh dari sekumpulan ikatan kimia yang bekerja pada luas penampang serat sesuai jenis ikatan kimia yang ada pada serat maupun resin. (Matthews, 1993) Adapun skema dari *chemical bonding* dapat dilihat pada Gambar 2.10 di bawah ini:



Gambar 2.10 *Chemical Bonding* (Matthews, 1993)

2.5 Kayu

Kayu merupakan salah satu material yang banyak dipergunakan sebagai bahan konstruksi bangunan dan bahan baku mebel. Berbagai keunggulan kayu menyebabkan kayu masih banyak diminati para penggunanya walaupun sekarang ini telah banyak material lain seperti baja, beton, plastik, dll yang notabenehnya juga dapat dipergunakan sebagai bahan konstruksi dan mebel.

Menurut Dwi Harwita (2011) selain unsur C, H dan O yang terdapat dalam kayu, juga terdapat unsur-unsur lain seperti N, P, K, Ca, Mg, Si, Al dan Na. Unsur-unsur tersebut tergabung dalam sejumlah senyawa organik, secara umum dapat dibedakan menjadi dua bagian, yaitu:

1. **Komponen lapisan luar** yang terdiri atas fraksi-fraksi yang dihasilkan oleh kayu selama pertumbuhannya. Komponen ini sering disebut dengan zat ekstraktif. Zat ekstraktif ini adalah senyawa lemak, lilin, resin dan lainlain.



2. **Komponen lapisan dalam** terbagi menjadi dua fraksi yaitu fraksi karbohidrat yang terdiri atas selulosa dan hemiselulosa, fraksi non karbohidrat yang terdiri dari lignin.

2.5.1 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 (Forest Products Laboratory, 1987). Adapun sifat fisik dan mekanik dari kayu jati dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4 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)

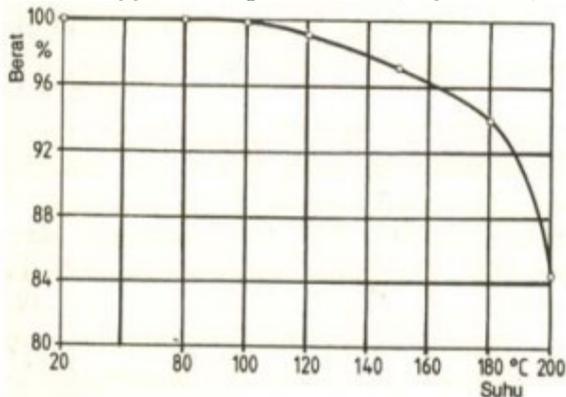
Menurut data statistik dari Departemen Kehutanan (2004), pada tahun 2003 produksi log Indonesia mencapai 10.086.217,06 m³ yang berasal dari hutan alam, hutan tanaman industri dan hutan rakyat. Perkembangan industri per kayu yang pesat tentunya juga

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)

2.5.2 Pengaruh Temperatur Terhadap Kayu

Dalam banyak macam proses, kayu mengalami perlakuan pada temperatur tinggi, misal pengeringan, stabilisasi dimensi, pembuatan *pulp*, produksi papan partikel dan papan serat. Proses-proses tersebut membutuhkan temperatur yang biasanya tidak lebih dari 200 °C karena degradasi termal tidak diharapkan.

Perubahan sifat-sifat fisika, misal pengurangan penyerapan, berat kering, dan dimensi kering kayu, ditentukan oleh Kolman dan Schneider (1964) melalui pemanasan bubuk kayu *spruce* selama 24 jam, kehilangan berat mulai pada 120 °C sebesar 0,8%, dan naik hingga 15,5% pada 200°C (Fengel, 1966).



Gambar 2.11 Pengaruh Temperatur Terhadap Kayu (Fengel, 1995)

Penyusutan kayu selama pengeringan berasal dari penyusutan dinding sel. Dimensi dinding sel berkurang dalam skala yang cukup besar. Boutelje (1962) menentukan penyusutan volumetrik dinding sel dalam kayu awal *spruce* sebesar 26,5% dan



dalam kayu akhir sebesar 29,5%. Penyusutan ini menghasilkan penurunan volume pori dalam kayu awal dan kenaikan dalam kayu akhir. Dari kenaikan temperatur terjadi gaya penyusutan tambahan karena penyusutan volume naik oleh kehilangan zat akibat peruraian termal.

2.5.3 Limbah Serbuk Kayu

Kusnadi (2011), menyebutkan beberapa tipe-tipe utama partikel kayu yang digunakan sebagai bahan pengisi untuk pembuatan papan partikel yaitu :

- a. Pasahan, yaitu partikel kayu berdimensi yang tidak menentu yang dihasilkan apabila mengentam lebar atau mengentam sisi ketebalan kayu, bervariasi ketebalannya dan sering tergulung.
- b. Serpih, yaitu partikel kecil dengan dimensi yang telah ditentukan sebelumnya yang dihasilkan dari peralatan yang telah dikhususkan. Ketebalannya seragam dan orientasi serat sejajar permukaannya.
- c. Biskit, merupakan partikel yang berbentuk serpihan namun lebih besar ukurannya.
- d. Tatal, yaitu bentuk kepingan yang dipotong dari suatu balok dengan memakai pisau yang besar atau pemukul, seperti mesin pembuatan tatal kayu pulp.
- e. Serbuk gergaji, merupakan partikel kayu halus yang dihasilkan dari pemotongan oleh gergaji kayu.
- f. Untaian, merupakan pasahan dalam bentuk panjang dan pipih dengan permukaan yang sejajar.
- g. Kerat, yaitu potongan potongan melintang dalam bentuk persegi dengan panjang paling sedikit empat kali ketebalannya.

Menurut Strak dan Berger (1997), serbuk kayu memiliki kelebihan sebagai bahan pengisi bila dibandingkan dengan bahan pengisi jenis mineral seperti mika, kalsium karbonat, dan *talk* yaitu temperatur proses lebih rendah kurang dari 400⁰F, dengan demikian mengurangi biaya energi, dapat tergedradasi secara alami, berat jenisnya jauh lebih rendah, sehingga biaya pervolume



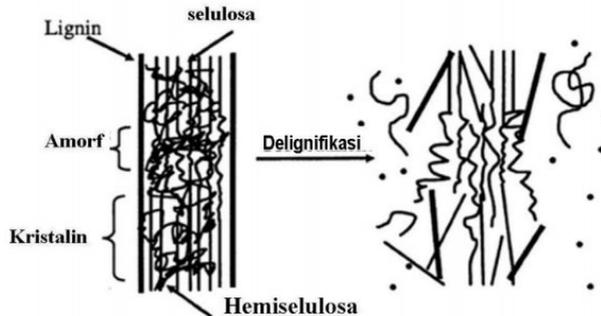
lebih murah, gaya geseknya rendah sehingga tidak merusak peralatan pada proses pembuatan, serta dapat berasal dari sumber yang dapat diperbaharui.

2.5.4 Delignifikasi

Delignifikasi merupakan tahapan awal yang bertujuan untuk mengurangi kadar lignin di dalam bahan berlignoselulosa. Delignifikasi akan membuka struktur lignoselulosa agar selulosa menjadi lebih mudah diakses. Proses delignifikasi akan melarutkan kandungan lignin di dalam bahan sehingga mempermudah proses pemisahan lignin dengan serat (permatasari, 2013).

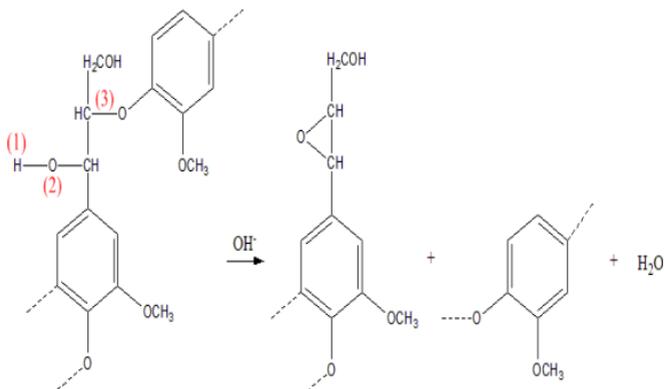
Lignin ($C_9H_{10}O_2(OCH_3)_n$) adalah salah satu komponen penyusun tanaman yang bersama dengan selulosa dan bahanbahan serat lainnya membentuk bagian struktural dan sel tumbuhan. Lignin, yang menyusun hingga 10-25% dari biomassa lignoselulosa, adalah polimer alam yang kedua paling melimpah. Lignin tidak larut dalam air dan stabil di alam dan bertindak sebagai "lem" yang menghubungkan selulosa dan hemiselulosa. Proses delignifikasi sering digunakan dengan penggunaan larutan basa (Madina dkk, 2013). Menurut Casey (1952) bahan yang telah dikenai proses delignifikasi selain mengalami penyusutan kandungan ligninnya, juga mengalami peningkatan kandungan selulosa dan hemiselulosa. Berbagai perlakuan pendahuluan atau delignifikasi dapat dilakukan secara fisik (penggilingan, pemanasan dengan uap, radiasi atau pemanasan dengan udara kering) dan kimia (pelarut, larutan pengembang, gas SO_2). Perlakuan pendahuluan dapat dilakukan dengan mengkombinasikan antara perlakuan fisik dan kimia (Foody et al., 1999).

Delignifikasi secara kimia dilakukan dengan senyawa $NaOH$ 0,68% dan H_2O_2 30%. Hal ini sesuai dengan pendapat Gould (1985) bahwa delignifikasi dapat dilakukan dengan asam, alkali dan H_2O_2 yang sekaligus juga mengurangi kadar hemiselulosa. Mekanisme kerja dari proses delignifikasi dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 2.12 Mekanisme Proses Delignifikasi (Achmadi,1989)

Penurunan kadar lignin pada delignifikasi secara kimiawi terjadi secara bertahap, yaitu *swelling* dan sifat alkali larutan karena penambahan NaOH. NaOH (larutan alkali) pada bahan lignoselulosa akan menyebabkan terjadinya pengembangan sehingga meningkatkan luas permukaan bahan, menurunkan derajat polimerisasi, menurunkan kristalinitas, memutuskan ikatan antar lignin dan karbohidrat serta melonggarkan struktur lignin. Delignifikasi dengan menggunakan NaOH akan meningkatkan daya cerna dari enzim selulase pada pH diatas 12.



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



Dalam penelitian Safaria (2013) larutan NaOH dapat menyerang dan merusak struktur lignin pada bagian kristalin dan amorf serta memisahkan sebagian hemiselulosa. Adapun reaksinya dapat dilihat pada Gambar 2.13 di atas. Ion OH^- dari NaOH akan memutuskan ikatan-ikatan dari struktur dasar lignin sedangkan ion Na^+ akan berikatan dengan lignin membentuk natrium fenolat. Garam fenolat ini bersifat mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut lindi hitam (*black liquor*).

2.6 Wood Plastics Composite (WPC)

2.6.1 Pengertian

WPC atau *Wood Plastic Composite* adalah komposit yang menggabungkan kayu dengan polimer termoplastik. Istilah komposit kayu plastik mencakup bahan komposit yang sangat luas penggunaannya mulai dari polipropilena sampai dengan polivinil klorida dan bahan pengisi mulai dari tepung kayu hingga serat-serata yang dihasilkan tanaman pertanian. Komposit kayu dengan perekat termoplastik sudah diproduksi di Amerika Serikat beberapa dekade yang lalu, namun pertumbuhan yang pesat baru dicapai akhir-akhir ini (Clemons, 2002).

Perkembangan produk komposit kayu plastik sendiri sebenarnya di dorong terutama oleh kebutuhan bahan baku kayu yang awet tetapi tanpa menggunakan bahan pengawet untuk penggunaan yang berhubungan langsung dengan ruang terbuka, karena penggunaan CCA (*Chromated copper arsenate*) sebagai bahan pengawet kayu sudah dilarang di seluruh dunia sejak akhir tahun 2003 (Lebow, 2004).

Beberapa industri penghasil plastik yang telah mencoba menggunakan kayu atau serat-serat alami lainnya sebagai bahan pengisi atau penguat kebanyakan tidak memiliki pengetahuan tentang kayu yang cukup sehingga gagal dan bersikap skeptis dalam menggabungkan kayu dan plastik. (Youngquist, 1995). Namun dibeberapa dekade terakhir beberapa perusahaan mulai mengembangkan kembali material kayu plastik komposit tersebut.



Saat ini, produksi komersial komposit kayu plastik meningkat sangat pesat. Komposit kayu plastik diperkenalkan di pasaran Amerika tahun 1990-an. Setelah satu dekade produksi produk ini meningkat 300% dan diperkirakan peningkatan sebesar 60% setiap tahun dalam 5 tahun kedepan (Eckert, 2000). Di Amerika Serikat sendiri produksi geladak komposit kayu plastik meningkat 2 kali setiap tahunnya sejak 1996 (Clemons, 2002).

2.6.2 Serat Selulosa Sebagai *Filler Plastic Composite*

Wood plastic Composite yang diperkuat serat selulosa telah digunakan untuk mengembangkan produk-produk dengan nilai tambah baru seperti karpet lantai, vas bunga, bangku taman dan lain sebagainya sebagai bentuk daur ulang limbah.

Umumnya, komposit plastik yang diperkuat serat selulosa terbuat dari campuran plastik (*high density polyethylene dan polypropylene*) dan serat kayu, sabut atau limbah pertanian lainnya sebagai pengisi *filler*. Peneliti seperti Chen et al, (2006), dan Lee et al, (2010) telah meneliti bahwa rasio kayu-plastik biasanya berkisar antara 50 hingga 80% baik berupa serbuk gergaji atau serat lainnya.(Clemons, 2002). Kekuatan yang lebih tinggi dan aspek rasio dari serat alami memberikan potensi penguat yang baik dibandingkan dengan serat buatan (Abdul dkk, 2014 dan Clemons, 2008).

2.6.3 Manfaat Komposit Kayu Plastik

Komposit kayu plastik memiliki stabilisasi dimensi yang tinggi, tahan cuaca, air, cendawan, rayap, dan penggerek laut sehingga cocok untuk aplikasi diluar ruangan dimana kayu yang tidak diawetkan pada umumnya tidak cocok digunakan untuk kepentingan ini. Dari segi biaya, komposit kayu plastik dapat menggantikan penggunaan kayu seperti untuk perabot rangka pintu, profil dekoratif, dan pada semua tempat dimana kayu biasa digunakan. Juga secara biaya komposit kayu plastik dapat menggantikan penggunaan produk plastik seperti rangka jendela, pelindung kabel, produk atap dan langit langit, penutup, dan pada semua tempat dimana plastik biasa digunakan. Selain itu bahan baku komposit kayu plastik murah dan berlimpah.



Komposit kayu plastik bersifat ramah lingkungan karena bahan matrik plastik dapat berasal baik dari plastik *origin* ataupun plastik daur ulang dan bahan pengisi tepung kayu dapat berasal dari limbah kayu. Limbah kayu dan plastik daur ulang dalam banyak kegiatan berdampak negatif terhadap lingkungan dapat menjadi aset dalam pembuatan komposit kayu plastik. Selain itu, produk komposit kayu plastik dapat dan mudah didaur ulang setelah digunakan atau habis masa pakainya. Komposit kayu plastik mempunyai harga yang bersaing dengan material tradisional seperti kayu, MDF dan PVC-U. Lebih dari itu, produk akhir dan penampilan komposit kayu plastik tersedia beragam (Clemons, 2002).

2.6.4 Bahan Baku Komposit Kayu Plastik

Bahan baku komposit kayu plastik terdiri dari *filler*, matriks, dan aditif. Kayu berfungsi sebagai pengisi. Komposit kayu plastik umumnya mengandung 50% kayu, meskipun beberapa produk menggunakan sangat sedikit kayu dan beberapa lainnya menggunakan sangat sedikit kayu dan beberapa lainnya menggunakan kayu sampai dengan 70%. Pilihan umum adalah diantara 30%-65% (Clemons, 2002). Kayu yang digunakan dalam komposit kayu plastik lebih banyak dalam bentuk partikel atau serat kayu yang sangat pendek dibandingkan serat kayu yang panjang. Tepung kayu dihasilkan dari berbagai sumber seperti serbuk gergaji, serutan, pasahan, debu dari pengampelasan, dan potongan-potongan kayu lainnya. Kayu memiliki beberapa keunggulan sebagai *filler* tradisional seperti biaya yang lebih rendah, rasio kekuatan dan berat yang relatif tinggi, densitas yang rendah, relatif lembut dan mudah diintegrasikan ke dalam jalur produksi plastik yang ada, dapat mengimbangi jumlah polimer yang digunakan, dan merupakan sumber daya terbarukan (Wolcott, 2000).

Matriks komposit kayu plastik diperankan oleh material resin thermoplastik. Pemilihan resin yang akan digunakan dalam membuat komposit kayu plastik tergantung kepada banyak faktor salah satunya adalah sifat polimer, persyaratan produk,



ketersediaan, dan biaya. Baik termoplastik *origin* dan daur ulang dapat digunakan. Karena kayu cenderung untuk mengalami dekomposisi pada temperatur tinggi, maka resin thermoplastik yang digunakan adalah resin termoplastik yang dapat diproses dibawah temperatur 200⁰C (Wolcott, 2000). *Low Density Polyethylene, polypropylene* (PP) dan *polyvinyl chloride* (PVC) merupakan jenis polimer termoplastik yang sering dipakai dalam WPC (Klyosof, 2007).

Secara umum, penambahan bahan pengisi kayu kedalam resin thermoplastik meningkatkan kekakuan resin thermoplastik. Namun, akan menurunkan ketangguhan pukul dari komposit. Kebanyakan polimer terutama resin termoplastik adalah bahan yang bersifat non-polar dan menolak air, hal ini tentunya tidak kompatibel dengan kayu yang bersifat polar dan menyerap air. Akibatnya adhesi yang lemah akan terjadi antara polimer dan serat kayu jika keduanya digabungkan (Geottler, 1983). Untuk memperbaiki afinitas dan adhesi antara serat kayu dan matriks thermoplastik pada komposit kayu plastic ditambahkan *coupling agent* dalam jumlah yang terbatas (Whodams, 1984).

2.6 Genteng

Genteng merupakan bagian utama dari suatu bangunan sebagai penutup atap rumah. Fungsi utama genteng adalah menahan panas sinar matahari dan guyuran air hujan. Seiring dengan kemajuan ilmu dan teknologi dewasa ini genteng telah banyak memiliki macam dan bentuk dan tidak lagi berasal dari tanah liat semata. Beberapa jenis genteng yang saat ini beredar di pasaran adalah genteng keramik, genteng beton, bahkan diluar negeri telah dikembangkan genteng komposit.

2.6.1 Genteng Komposit

Sejauh pemantauan pasar Indonesia, genteng komposit belum beredar dipasaran nasional. Apalagi genteng komposit yang termasuk kedalam *Wood Plastic Composite*. Penulis hanya menemukan salah satu merk dagang “GENTENG COMPOSITE” yang merupakan produk dari PT INTEC PERSADA berkooperasi

dengan Tholander Abluftechnik GmbH Germany, Jerman. GENTENG COMPOSITE adalah atap rumah tahan karat, tahan cuaca, ringan, kuat, anti gempa, indah, dan sejuk dari material komposit polimer termoset (FRP: *fiberglass reinforced plastic*). Adapun penampakan visual dari “GENTENG COMPOSITE” tersebut tergambar dalam Gambar 2.14 dibawah ini:



Gambar 2.14 Penampakan “GENTENG COMPOSITE” (INTEC PERSADA, 2008)

Adapun karakteristik dari produk tersebut antara lain:

- Warna : abu-abu, merah marun, dan biru
- Panjang efektif : 770 mm
- Lebar efektif : 804 mm
- Tebal : 2 mm
- Jumlah profil setiap lembar : 8 unit
- Massa atap per lembar : 2,6 kg/ lembar

“GENTENG COMPOSITE” memiliki sifat mekanik dan fisik sebagaimana tercantum dalam Tabel 2.5



Tabel 2.5 Sifat Mekanik dan Fisik “GENTENG COMPOSITE”
(INTEC PERSADA, 2008)

Kategori Sifat	Karakteristik	Nilai
Sifat Fisik	Massa Jenis (kg/m^3)	1,5
	Penyerapan Air (%)	0,41
	a. Penambahan Berat (%)	0,37
	b. Material Terlarut (%)	0,04
Sifat Mekanik	Kekuatan Lentur (Mpa)	17
	Kekuatan Impact (Izod) (J/m)	900

2.6.2 Genteng Beton

Merupakan unsur bangunan yang dipergunakan untuk atap terbuat dari campuran merata antara semen *portland* atau sejenisnya dengan agregat dan air dengan atau tanpa menggunakan pigmen. Ada beberapa syarat mutu yang harus dipenuhi genteng beton, antara lain:

1. Sifat Tampak

Genteng harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, atau cacat lain yang mempengaruhi sifat pemakaian.

2. Ukuran

Adapun ukuran per bagian genteng beton dapat dilihat pada Tabel 2.6 dibawah ini:

Tabel 2.6 Dimensi Genteng Beton (SNI 0096:2007)

Bagian Yang diuji	Satuan	Persyaratan
Tebal :		
• Bagian yang rata	mm	• min. 8
• Penumpangan	mm	• min. 6
Kaitan :		
• Panjang	mm	• min. 30
• Lebar	mm	• min. 12
• Tinggi	mm	• min. 9



Penumpangan :		
• Lebar	mm	• min. 30
• Kedalaman alur	mm	• min. 12
• Jumlah alur	mm	• min. 9

3. Beban lentur

Genteng beton harus mampu menahan beban lentur minimal seperti Tabel 2.7

Tabel 2.7 Beban Lentur Genteng Beton (SNI 0096:2007)

Tinggi Profil (mm)	Genteng Interlok						Genteng non interlok
	Profil				Rata		
	$t > 20$		$20 \geq t \geq 5$		$t < 5$		
Lebar Penutup (mm)	300	200	300	200	300	200	-
Beban Lentur (N)	000	400	400	000	200	000	550

4. Penyerapan air

Penyerapan air maksimal untuk jenis genteng ini adalah 10 %.

5. Ketahanan terhadap rembesan air (*impermeabilitas*)

Tidak boleh ada tetesan air dari permukaan bagian bawah genteng dalam waktu 20 jam \pm 5 menit (SNI 0096:2007).

2.6.3 Genteng Keramik

Genteng keramik ialah unsur bangunan yang dipergunakan sebagai atap yang dibuat dari tanah liat dengan atau tanpa dicampur bahan lain dan dibakar sampai temperatur yang cukup tinggi. Keunggulan genteng tanah liat (lempung) selain murah, bahan ini tahan segala cuaca, dan lebih ringan dibanding genteng beton. Selain itu, warna genteng tahan lama, daya tahan yang baik, tidak perlu perawatan khusus, dan tahan terhadap api.



Di sisi yang lain, genteng ini mempunyai kelemahan diantaranya bisa pecah karena kejatuhan benda atau menerima beban tekanan yang besar melebihi kapasitasnya, rangka atap mahal serta tidak cocok untuk rumah minimalis. Kualitas genteng sangat ditentukan dari bahan dan suhu pembakaran, karena hal tersebut akan menentukan daya serap air dan daya tekan genteng. Adapun standar yang harus dipenuhi untuk genteng keramik antara lain:

1. Sifat Tampak

Genteng keramik harus mempunyai permukaan atas yang mulus, tidak terdapat retak, bintik-bintik hitam, benjolan dan lekukan yang disebabkan oleh bagian permukaan yang lepas atau cacat lain dan nuansa warna dan bentuk harus seragam bagi tiap jenis. Selain itu, susunan genteng pada pemasangan harus rapih dan baik.

2. Ketetapan Ukuran

Bila diuji, genteng keramik harus memenuhi ketetapan ukuran sebagaimana terdapat dalam Tabel 2.8

Tabel 2.8 Dimensi Genteng Keramik (SNI 03-2095-1998)

Nama Ukuran	Jenis Genteng		
	Kecil	Sedang	Besar
Panjang berguna (jarak reng) min.	200	250	300
Lebar berguna, min.	200	200	200
Jarak penutup memanjang, min	40	40	60
Jarak penutup melintang, min.	40	40	40
Kaitan minimum			
- Panjang	30	30	30
- Lebar	10	10	10

3. Penyerapan Air

Genteng keramik harus mempunyai penyerapan air maksimum menurut Tabel 2.8



Tabel 2.1 Kualitas tingkat penyerapan air genteng keramik (SNI 03-2095-1998)

Tingkat	Penyerapan air maksimum (%)
I	12
II	15
III	20

5. Beban Lentur

Genteng keramik harus mampu menahan beban lentur minimum seperti pada Tabel 2.9

Tabel 2.9 Beban lentur genteng keramik (SNI 03-2095-1998)

Tingkat Mutu	Beban lentur rata rata 6 buah genteng (Kgf)	Beban lentur minimal masing-masing genteng (Kgf)
I	170	140
II	110	90
III	80	65

2.7 Penelitian Sebelumnya

Ilmuwan di dunia telah mengembangkan solusi dan metode pengolahan sampah plastik dengan cara yang efektif, efisien dan biaya yang murah. Para ilmuwan telah menemukan tipe baru dari proses engineering yang menggabungkan *sustainable engineering* dan *green engineering*. Hal tersebut bertujuan untuk mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan oleh sampah plastik terhadap lingkungan selain itu juga dapat memaksimalkan keuntungan yang memberikan dampak positif terhadap ekonomi, sosial, dan lingkungan.

Di Ghana, plastik diolah menjadi penguat untuk campuran aspal. Jalan yang dibuat dengan aspal jenis ini terbukti dapat meningkatkan performa campuran bitumen. Penambahan termoplastik pada campuran bitumen dapat meningkatkan perilaku *viskoelastik* dan *rheological properties* dari aspal. Selain



itu penambahan plastik juga dapat meningkatkan titik pelunakan, ketahanan aus, dan ketahanan terhadap deformasi dari aspal, pengolahan plastik dengan metode ini memiliki dampak positif dikarenakan harganya yang murah dan jumlah plastik yang tersedia sangat melimpah (Appiah, 2017).

Peneliti dari *Materials Engineering Department Universitas Basrah*, Iraq memanfaatkan plastik sebagai campuran untuk beton. Melalui penelitian tersebut mereka menemukan bahwa dengan penambahan plastik dapat meningkatkan kekuatan tarik, ketahanan terhadap bahan kimia, *drying shrinkage* dan pemuluran dalam jangka waktu yang panjang. Massa jenis dan kekuatan kompresi dari beton juga mengalami kenaikan sampai pada fraksi massa 50 % dari massa pasir.

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

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

Hanna (2006) meneliti komposit plastik dan serbuk kayu diaplikasikan untuk wall tile dan peredam studio. Faktor faktor yang dipelajari adalah perbandingan plastik dan serbuk kayu serta jenis kayu. Kayu yang digunakan adalah kayu jati (*Tectona*

BAB II TINJAUAN PUSTAKA



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

Melalui referensi dari penelitian-penelitian sebelumnya, riset ini diharapkan dapat memberikan solusi untuk menciptakan komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material konstruksi dengan penggunaan limbah plastik sebagai pengikat. Selain itu penelitian ini diharapkan mampu memberikan dampak positif kepada lingkungan dengan adanya pengurangan plastik dalam jumlah besar. Penulis juga berharap penelitian ini dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah plastik yang efisien dan ramah lingkungan serta bisa digunakan sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.

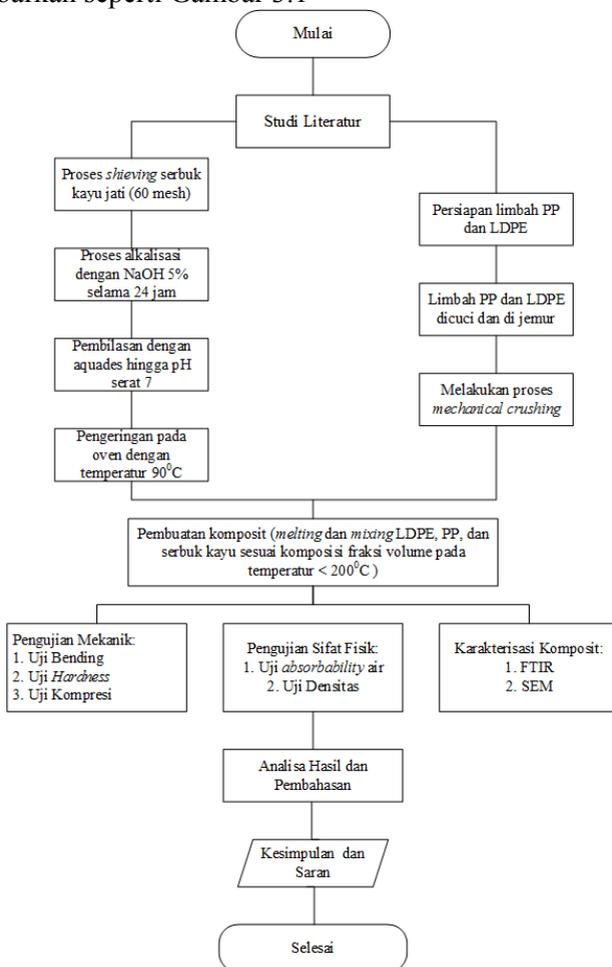


(Halaman sengaja dikosongkan)

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Penelitian ini menggunakan alur penelitian yang digambarkan seperti Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Bahan dan Peralatan Penelitian

3.2.1 Bahan Penelitian

Adapun beberapa bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Serbuk Kayu Jati

Gambar 3.2 adalah serbuk kayu jati yang digunakan sebagai *filler* dari proses pembuatan komposit.



Gambar 3.2 Serbuk Kayu Jati

2. Limbah Plastik *Low Density Polyethylene* (LDPE)

Gambar 3.3 adalah limbah LDPE yang berfungsi sebagai matriks dalam pembuatan komposit.



Gambar 3.3 Limbah LDPE

3. Limbah Plastik Polipropilena (PP)

Gambar 3.4 adalah limbah PP yang berfungsi sebagai variasi matriks dalam proses pembuatan komposit.



Gambar 3.4 Limbah PP



4. Aquades

Gambar 3.5 adalah aquades yang digunakan sebagai pembilas dalam proses alkalisasi serbuk kayu dan dalam pengujian *water absorbability*.



Gambar 3.5 Aquades

5. NaOH

Gambar 3.6 adalah sodium hidroksida yang digunakan dalam proses delignifikasi (proses penghilangan lignin serbuk kayu jati) dengan metode alkalisasi.



Gambar 3.6 NaOH

3.2.2 Peralatan Penelitian

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:



1. Timbangan digital

Gambar 3.7 merupakan timbangan digital yang berfungsi untuk menimbang bahan sesuai dengan massa yang diinginkan.



Gambar 3.7 Timbangan Digital

2. Kompor

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

3. Panci dan Sodet

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

4. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji sesuai dengan bentuk dan dimensi yang diinginkan.

5. Alat *Sieving*

Gambar 3.8 merupakan alat *sieving* yang digunakan untuk memperoleh ukuran serbuk kayu yang homogen dan memisahkannya dari pengotor-pengotor. Mesin *sieving* yang digunakan adalah milik Laboratorium Fisika Material di Departemen Teknik Material ITS.



Gambar 3.8 Alat *Sieving*

6. *Thermometer Laser Gun*

Gambar 3.9 merupakan *thermometer laser gun* yang digunakan sebagai kontrol temperatur saat proses *mixing* antara thermoplastik dan serbuk kayu.



Gambar 3.9 *Thermometer Laser Gun*

6. Sarung tangan dan Masker

Digunakan sebagai peralatan K3 (Kesehatan, Keamanan, dan Keselamatan) selama proses manufaktur komposit.



7. Gerinda Duduk

Gambar 3.10 merupakan gerinda duduk yang digunakan dalam tahap *finishing* spesimen (proses perapihan spesimen uji).



Gambar 3.10 Gerinda Duduk

8. Mesin SEM

Gambar 3.11 merupakan mesin SEM milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS yang digunakan untuk melakukan karakterisasi *Scanning Electron Microscopy*.



Gambar 3.11 Mesin Uji SEM

9. Mesin FTIR

Gambar 3.12 merupakan mesin FTIR milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS yang



digunakan untuk karakterisasi *Fourier Transform InfraRed*.



Gambar 3.12 Mesin Uji FTIR

10. Mesin Uji Bending

Gambar 3.13 merupakan alat untuk pengujian bending milik laboratorium Jurusan Farmasi, Univeritas Airlangga.



Gambar 3.13 Mesin Uji Bending

11. Mesin Uji Kompresi

Gambar 3.14 merupakan alat untuk pengujian kompresi milik Laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi.



Gambar 3.14 Mesin Uji Kompresi

12. Durometer

Gambar 3.15 merupakan durometer yang digunakan untuk mengetahui kekerasan komposit yang terbentuk.



Gambar 3.15 Durometer

3.3 Variable Penelitian

Untuk pelaksanaan penelitian, digunakan sebuah rancangan penelitian sebagaimana dicantumkan dalam Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian WPC

No	Komposisi			Pengujian						
	LD PE %	PP (%)	SB (%)	Hardness	SEM	FTIR	Densitas	Absorbability	Komposisi	Binding
1	0	70	30	V	V	V	V	V	V	V
2	10	60	30	V		-	V	V	V	V
3	20	50	30	V	-	-	V	V	V	V

BAB III METODOLOGI PENELITIAN



4	30	40	30	V	V	V	V	V	V	V
5	40	30	30	V	-	-	V	V	V	V
6	50	20	30	V	-	-	V	V	V	V
7	60	10	30	V	-	-	V	V	V	V
8	70	0	30	V	V	V	V	V	V	V

Keterangan:

LDPE : Limbah LDPE

PP : Limbah PP

SB : Serbuk Kayu Jati

3.4 Metodologi Penelitian

3.4.1 Persiapan bahan

Untuk dapat melaksanakan pengujian, terlebih dahulu dilakukan persiapan bahan. Persiapan bahan ini penting untuk dilakukan, karena dapat mempengaruhi hasil pengujian dan dapat mempengaruhi hasil dari analisis dan pembahasan yang dilakukan.

3.4.1.1 Persiapan serbuk kayu jati

1. Serbuk kayu jati dijemur dibawah sinar matahari untuk menghilangkan kandungan airnya
2. Serbuk kayu jati selanjutnya diayak dengan alat *shieving* untuk mendapatkan ukuran partikel yang homogen yaitu 60 mesh dan memisahkannya dengan pengotor-pengotor yang kemungkinan bercampur dengan *raw material*.
3. Serbuk kayu jati selanjutnya di rendam dalam NaOH 5 % selama 24 jam untuk proses alkalisasi (mengurangi kandungan lignin yang ada pada serbuk kayu dengan larutan alkali).
4. Serbuk kayu jati dibilas dengan aquades sampai pHnya netral lalu dikeringkan dengan oven dalam temperatur 90°C selama 12 jam untuk menghilangkan kandungan air pasca perendaman dengan NaOH.



3.4.1.2 Persiapan limbah plastik LDPE dan PP

1. Sampah plastik LDPE dan PP dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada permukaan material.
2. Sampah plastik LDPE dan PP dijemur di bawah sinar matahari sampai kering untuk menghilangkan kandungan air.
3. Sampah plastik LDPE dan PP dipotong menjadi ukuran yang lebih kecil dengan menggunakan gunting untuk mempermudah proses pelelehan saat plastik dipanaskan.

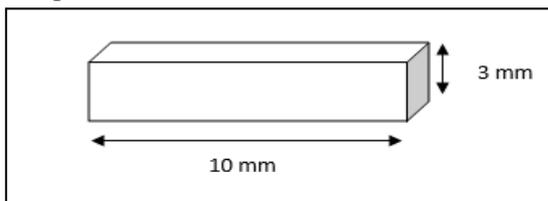
3.4.2 Pembuatan Komposit

1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menimbang berat dari plastik (LDPE dan PP) dan serbuk kayu jati sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan sebagaimana terdapat pada Tabel 3.1.
2. Plastik yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam panci dan dipanaskan hingga menjadi fasa liquid (15-25 menit).
3. Serbuk kayu jati dicampurkan dengan lelehan plastik sesuai dengan komposisi yang telah ditentukan sebagaimana terdapat pada Tabel 3.1 (digunakan *thermometer laser gun* sebagai alat kontrol temperatur dikarenakan temperatur lelehan plastik saat pencampuran dengan serbuk kayu tidak boleh lebih dari 200⁰C).
4. Campuran serbuk kayu jati dan lelehan plastik di aduk menggunakan sodet hingga hasil *mixing* terlihat merata secara visual.
5. Selanjutnya *molten wood plastic composite* dituangkan pada cetakan yang telah dibuat.
6. Setelah spesimen mengering dan mengeras ($\pm 1,5$ jam), spesimen diambil dari cetakannya.
7. Spesimen dirapihkan dimensi dan permukaannya dengan menggunakan gerinda duduk.

3.4.3 Metode Pengujian

3.4.3.1 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morfologi (bentuk permukaan), persebaran partikel, dan keberadaan pori. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809. Spesimen uji berbentuk balok kecil berukuran 10mm x 10mm x 3mm ditunjukkan pada Gambar 3.16.



Gambar 3.16 Dimensi Spesimen SEM

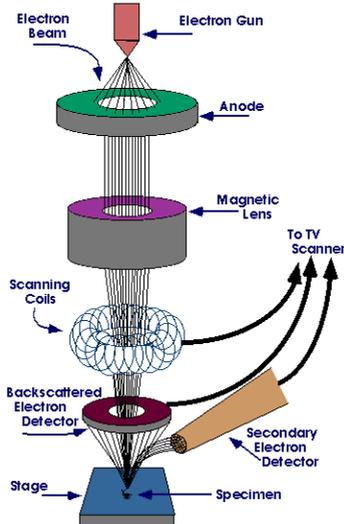
Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.

Mesin SEM yang digunakan adalah Inspect S50 dengan sampel harus mengikuti standar ASTM E986. Spesimen tersebut dilengketkan pada *holder* dengan menggunakan selotip karbon *double tape*. Kemudian dimasukkan ke dalam alat pelapis *autofine-coater* JFC-1100 untuk melapisi sampel dengan lapisan tipis Au-Pd (80:20). Setelahnya, sampel dimasukkan dalam *specimen*



chamber pada alat SEM. Adapun skema kerja dari alat SEM dapat dilihat pada Gambar 3.17.



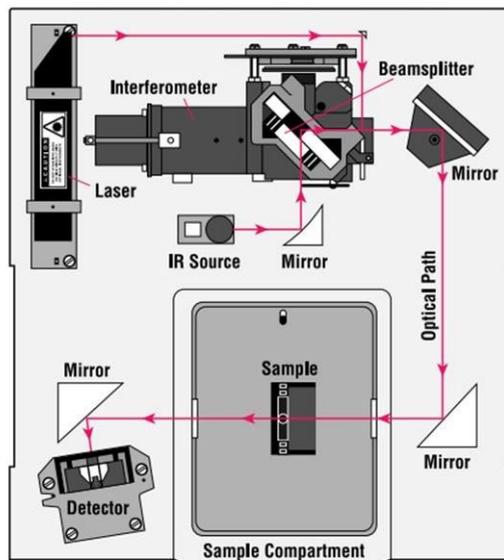
Gambar 3.17 Prinsip Kerja SEM (enfo.agbt.bme.hu)

3.4.3.2 Pengujian FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait gugus fungsi yang ada pada komposit yang dihasilkan. Gugus fungsi tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda.

Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini dapat dilihat pada Gambar 3.18. 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 *amplifier* bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah.

Standar yang digunakan adalah ASTM E1252. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Departemen Teknik Material Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.



Gambar 3.18 Skema Kerja Alat FTIR (facebook.com)

3.4.3.4 Pengujian *Water Absorbability*

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 absorbability*-nya. Adapun perhitungannya adalah sebagai berikut: dengan:

$$\text{Penyerapan air genteng} = \frac{W - K}{K} \times 100\% \quad (3.1)$$

Keterangan:

W = berat material dalam keadaan basah (gram)

K = berat material dalam keadaan kering (gram)

3.4.3.5 Pengujian Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah. Untuk pengukuran densitas *Wood Plastic Composites* digunakan standar ASTM D-2395 dan dihitung dengan persamaan:

$$Ppc = \frac{ms}{(mg - mk)} \times \text{densitas fluida} \quad (3.2)$$

Keterangan:

Ppc : densitas (gr/cm^3)

ms : massa sampel kering (gr)

mg : massa sampel digantung didalam air (gr)

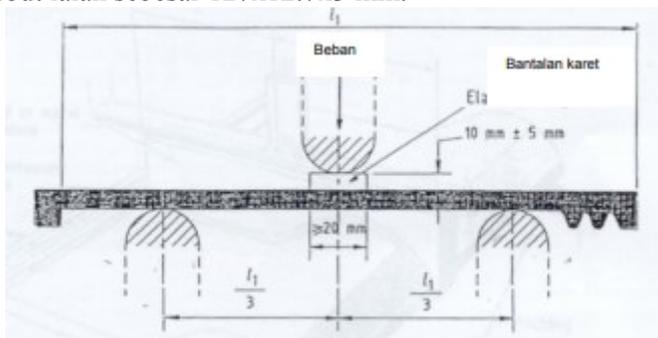
mk : massa kawat penggantung (gr)

Dalam proses pengujiannya spesimen ditimbang terlebih dahulu. Kemudian spesimen dimasukkan ke dalam akuades (berada di gelas beker di atas timbangan) dengan posisi digantung menggunakan benang. Posisi spesimen tidak boleh menyentuh dinding maupun dasar gelas. Setelah kita dapatkan massa spesimen yang menggantung, kita dapat mengetahui volume spesimen yang ada dengan cara membaginya dengan massa jenis dari akuades. Setelah semuanya diketahui maka nilai densitas dapat dihitung

menggunakan persamaan diatas. Akan tetapi nilai massa kawat penggantung (mk) diabaikan karena nilainya yang terlalu kecil.

3.4.3.6 Pengujian Beban Lentur (*Flexural Stress*)

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



Gambar 3.19 Cara Uji Kekuatan Lentur (SNI 0096:2007)

3.4.3.7 Pengujian Kuat Tekan (*Compression Strength*)

Kuat tekan adalah besarnya beban maksimum persatuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu yang dihasilkan oleh mesin tekan. Pengujian dilakukan dengan memberikan beban/tekanan hingga benda uji runtuh (Tjokrodimulyo, 1996). Dalam pengujian ini standar yang digunakan adalah SNI 03-0691-1996. Ukuran dimensi spesimen adalah 5cmx5cmx5cm. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:



$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A} \quad (3.3)$$

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan (mm²)

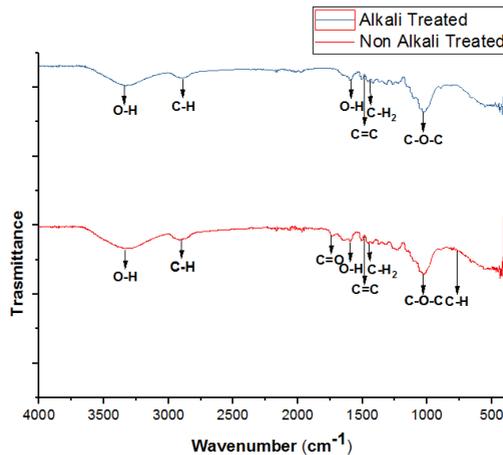
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

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

Dalam pengujian FTIR, dilakukan pengujian awal bahan yang di gunakan yaitu serbuk kayu jati dengan perlakuan perendaman dalam NaOH, *polypropylene*, *High Density Polyethylene*, dan *wood plastic composite* yang dihasilkan yaitu *polypropylene*/serbuk kayu, *High Density Polyethylene*/serbuk kayu, serta *High Density Polyethylene*/serbuk kayu/*polypropylene*. Masing masing sample diuji dan dianalisis FTIR agar dapat menentukan peak dari tiap sample dan mengidentifikasi gugus fungsi yang mengindikasikan masing-masing bahan.

4.1.1 Analisis Hasil FTIR Serbuk Kayu Jati

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 Hasil Karakterisasi FTIR pada Serbuk Kayu Sebelum dan Setelah 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 merupakan salah satu metode delignifikasi. Delignifikasi ini 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 Infra Merah Serbuk Kayu Alkali dan *Non alkali treated*

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

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

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN



gelombang $2902,83 \text{ cm}^{-1}$, O-H deformasi pada puncak gelombang $1591,91 \text{ cm}^{-1}$, C=C *stretching* pada puncak gelombang $1507,27 \text{ cm}^{-1}$, CH₂ deformasi pada puncak gelombang $1420,22 \text{ cm}^{-1}$ serta C-O-C *stretching* pada puncak gelombang $1265,1 \text{ cm}^{-1}$. Tidak adanya gugus karbonil tak terkonjugasi (C=O) dan gugus C-H asimetrik deformasi pada serbuk kayu hasil alkalisasi menunjukkan bahwa kandungan lignin 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). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.13.

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

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.



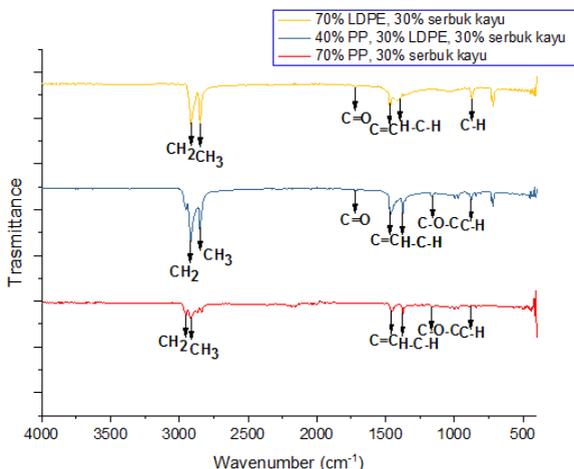
4.1.2 Analisis Hasil FTIR Komposit Serbuk Kayu/PP/LDPE

Gambar 4.2 merupakan gambar hasil karakterisasi FTIR untuk komposit dengan komposisi 30% Serbuk Kayu dengan variasi filler 40% PP 30% LDPE, 70% LDPE, dan 70% PP.

Di dalam gambar tersebut juga dicantumkan hasil analisis FTIR dari bahan penelitian berupa LDPE, PP, dan serbuk kayu setelah proses alkalisasi sebagai referensi dalam pencarian peak dalam komposit yang terbentuk. Tabel 4.2 menunjukkan daerah serapan dari hasil karakterisasi FTIR pada komposit dengan komposisi 30% Serbuk Kayu dengan variasi filler 40% PP 30% LDPE, 70% LDPE, dan 70% PP.

Spektra sampel dengan komposisi 40% PP 30% LDPE 30% SB menunjukkan ikatan CH_3 *stretching* dan CH_2 *stretching* pada puncak gelombang 2949,76 dan 2848,29, ikatan $\text{C}=\text{O}$ *stretching* pada panjang gelombang 1718,95, ikatan $\text{C}=\text{C}$ *stretching* aromatik pada 1461,71, ikatan $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ bending pada 1375,3 ikatan $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ *stretching* pada 1161,42 serta $\text{C}-\text{H}$ deformasi pada 874,69. Pada hasil FTIR komposit dengan komposisi 70% LDPE 30 % SB menunjukkan ikatan CH_3 *stretching* dan CH_2 *stretching* pada puncak gelombang 2913,92 dan 2847,13, ikatan $\text{C}=\text{O}$ *stretching* pada panjang gelombang 1718,56, ikatan $\text{C}=\text{C}$ *stretching* aromatik pada 1471,48, ikatan $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ bending pada 1412,77, ikatan $\text{C}=\text{C}$ pada 1366,29, dan ikatan $\text{C}-\text{H}$ deformasi pada panjang gelombang 872,95.

Sedangkan karakterisasi FTIR pada komposit dengan komposisi 70% PP 30% Serbuk kayu menunjukkan adanya ikatan CH_3 *stretching* dan CH_2 *stretching* pada puncak gelombang 2948,95 dan 2837,27, ikatan $\text{C}=\text{C}$ *stretching* pada 1455,46, ikatan $\text{H}-\text{C}-\text{H}$ bending pada 1375,1, $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ *stretching* pada 1165,58, ikatan $\text{C}=\text{C}-\text{H}$ deformasi pada 997,03 dan ikatan $\text{C}-\text{H}$ deformasi pada panjang gelombang 840,43.



Gambar 4.2 Hasil Uji FTIR Komposit Serbuk Kayu/PP/LDPE

Berdasarkan Tabel 4.2, dapat kita lihat bahwa pada 3 komposisi *Wood Plastic Composites* dengan jenis *filler* berbeda secara garis besar memiliki gelombang yang relatif sama. Hal ini mengindikasikan bahwa tidak terjadi reaksi kimia antara PP, LDPE, dan Serbuk kayu (Astrit, 2016).

Tabel 4.2 Daerah Serapan Infra Merah *Wood Plastic Composites* PP/LDPE/SB

Daerah Serapan			Ikatan dan Jenis Gugus Fungsi	Komponen Penyusun dari
30%LD PE	70%LD PE	0%LD PE		
2949,76	2913,92	2948,95	CH ₃ <i>stretching</i> CH ₂ <i>stretching</i>	PP,LDPE
2848,29	2847,13	2837,27	CH ₃ <i>stretching</i> CH ₂ <i>stretching</i>	PP,LDPE
1718,95	1718,56	-	C=O <i>stretching</i>	Serbuk Kayu
1461,71	1471,48	1455,46	C=C <i>stretching</i> aromatic	Serbuk Kayu



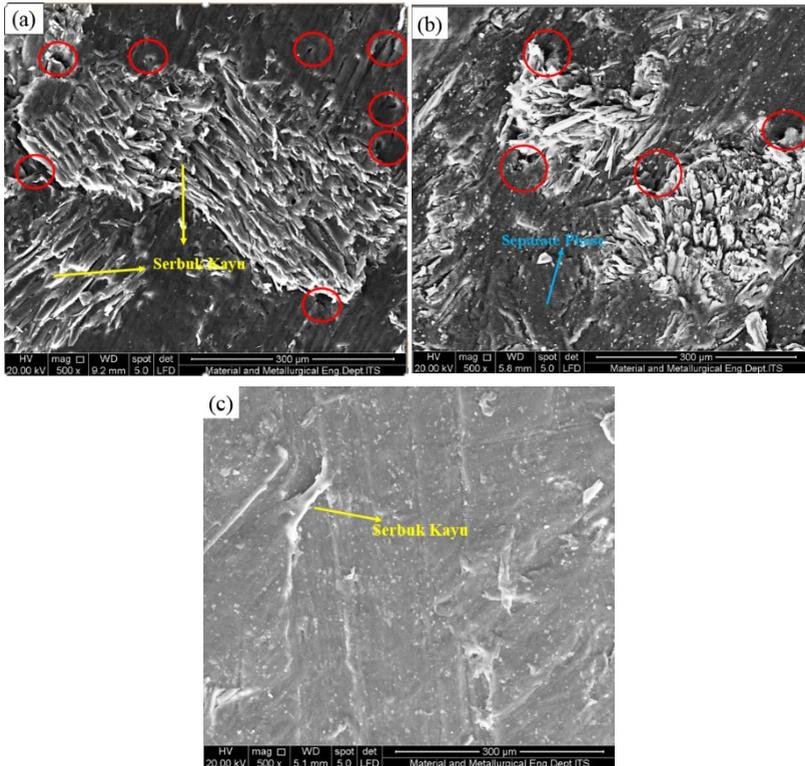
1375,3	1412,77	1375,1	H-C-H bending	PP,LDPE
-	1366,29	-	C=C stretching aromatic	Serbuk Kayu
1166,42	-	1165,58	C-O-C stretching	Serbuk Kayu
997,32	-	997,03	C=C-H deformasi	Pengotor
874,69	872,95	840,43	C-H deformasi	Serbuk Kayu

4.2 Analisis Hasil Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk mengetahui dan menganalisa morfologi dari komposit yang dihasilkan.

Pada Gambar 4.3 dapat dilihat perbedaan morfologi sampel 1, 4, dan 8 dengan komposisi berturut turut 30% serbuk kayu (a) 0 % LDPE 70% PP (b) 30 % LDPE 40% PP (c) 70% LDPE pada perbesaran SEM 500x. Sampel (c) yang merupakan WPC dengan komposisi 70% LDPE/30% serbuk kayu jati tampak lebih rata dan halus. Hal ini menunjukkan bahwa matriks LDPE dan *filler* serbuk kayu jati tercampur dengan baik. Selain itu permukaan yang halus ini juga mengindikasikan bahwa kompatibilitas antara serbuk kayu dan LDPE baik. Minimnya serbuk kayu jati yang keluar dari permukaan matriks LDPE juga mengindikasikan bahwa *interfacial bonding* yang lumayan baik antara serbuk kayu dengan matriks LDPE (Atuanya,2011). Sedangkan pada sampel WPC dengan komposisi 30 % LDPE/40% PP/30% serbuk kayu (b) dan pada sampel WPC dengan komposisi 70% PP 0% LDPE (a) tampak adanya beberapa pori (ditunjukkan dengan lingkaran berwarna merah). Pori ini timbul akibat rendahnya kompatibilitas antara LDPE dengan PP serta perbedaan sifat polaritas antara *filler* serbuk kayu jati dengan matriks LDPE 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.



Gambar 4.3 Hasil SEM WPC dengan 30% serbuk kayu (a) 70% PP 0% LDPE (b) 30 % LDPE 40% PP (c) 70% LDPE

Selain itu, hasil SEM juga memperlihatkan bervariasinya distribusi partikel serbuk kayu pada komposit yang terbentuk. Pada gambar a untuk komposisi 70%PP 30% serbuk kayu jati, serbuk kayu lebih cenderung menggumpal dibandingkan pada gambar b untuk komposisi 40%PP 30%LDPE 30%Serbuk kayu jati. Ketidakteraturan 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 terutama antara matriks PP dengan serbuk kayu. Ketidakmerataan tersebut akan mempengaruhi sifat fisik dan mekanik dari *wood plastic composite* yang dihasilkan.

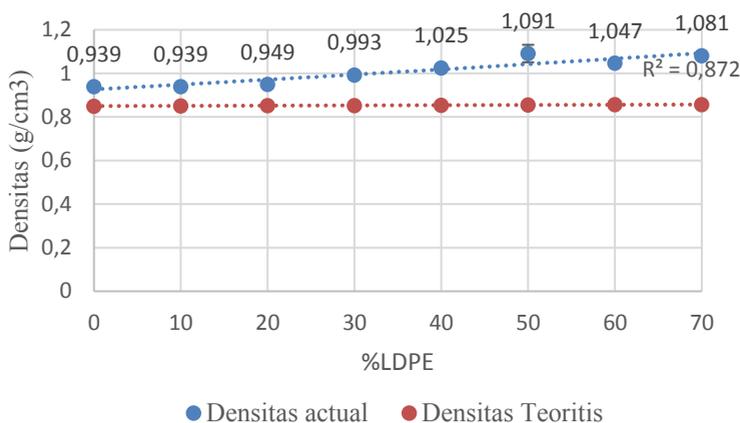
4.3 Analisis Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari masing-masing spesimen untuk diketahui massa jenisnya. Hasil pengujian densitas dari *wood plastic composite* yang terbentuk ditunjukkan oleh grafik pada Gambar 4.4

Berdasarkan grafik pada Gambar 4.4, nilai densitas *Wood Plastic Composites* yang dihasilkan semakin bertambah seiring dengan bertambahnya fraksi volume dari plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dan semakin berkurangnya fraksi volume dari plastik *Polypropylene* (PP). Nilai densitas aktual yang diperoleh, nilainya lebih besar jika dibandingkan dengan nilai densitas teoritis yang didapatkan dari perhitungan *rule of mixture* komposit yang cenderung stabil di nilai 0,8 gram/cm³. Densitas aktual WPC yang lebih tinggi menandakan bahwa polimer telah menembus serat kayu. Sifat ini berkaitan dengan nilai MFI (*Melt flow index*) polimer yang digunakan dimana polimer dengan MFI kecil memiliki berat molekul yang lebih kecil (LDPE = 7 g/10cm³) sehingga polimer mampu menembus lebih dalam kedalam pori serbuk kayu dibandingkan polimer yang mempunyai MFI tinggi (PP = 8 g/10cm³). Selain itu, pengaruh penyusutan pori kayu akibat temperatur tinggi juga mengakibatkan naiknya densitas WPC dibandingkan densitas teoritis. Hal ini sesuai dengan penelitian Boutelje (1962) dengan menentukan penyusutan volumetrik dinding sel dalam kayu awal *spruce* sebesar 26,5% dan dalam kayu akhir sebesar 29,5% akibat pemanasan. Penyusutan ini



menghasilkan penurunan volume pori dalam kayu awal dan kenaikan dalam kayu akhir. Dari kenaikan temperatur terjadi gaya penyusutan tambahan karena penyusutan volume naik oleh kehilangan zat akibat peruraian termal. Akibatnya densitas serbuk kayu akhir lebih tinggi dibandingkan densitas teoritis.



Gambar 4.4 Hubungan Densitas Teoritis dan Aktual WPC

Sebagaimana diketahui bersama bahwa nilai densitas dari serbuk kayu jati adalah $0,721 \text{ g/cm}^3$, densitas Polipropilen $0,905 \text{ gram/cm}^3$, dan densitas dari LDPE adalah $0,915 \text{ gram/cm}^3$, meningkatnya nilai densitas WPC sesuai dengan bertambahnya fraksi volume dari LDPE yang memiliki densitas lebih besar dibandingkan dengan 2 bahan lainnya. Dalam pengertian lainnya, 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 dari produk yang dihasilkan (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 50%LDPE 20%PP 30%SB dengan nilai 1,091 gram/cm³, Sedangkan densitas komposit terendah dimiliki oleh *wood plastic composite* dengan komposisi 70% PP 30% SB dan 10% LDPE 60%PP 30%SB dengan nilai 0,938 gram/cm³. Nilai densitas ini terus meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume dari LDPE. Ketika WPC telah mencapai pada komposisi 40% LDPE, nilai densitas *wood plastic composite* telah melebihi nilai densitas air sehingga apabila dilakukan pencelupan pada air, sampel tersebut akan tenggelam.

Berdasarkan pengamatan morfologi sampel WPC pada karakterisasi SEM, dapat dilihat bahwa sampel (a) memiliki *void* yang lebih banyak dibandingkan dengan sampel (b) maupun (c). Jumlah *void* yang banyak akan mengakibatkan jumlah gas dalam *void* akan bertambah. Gas ini mempunyai kekuatan mekanik yang dapat menurunkan sifat mekanik dan fisik dari komposit yang dihasilkan. Nilai densitas WPC juga berkaitan dengan banyak sedikitnya *void* dan porositas didalamnya. Shohana (2015) menyampaikan bahwa material yang lebih padat (densitasnya tinggi) umumnya memberikan kekuatan yang lebih tinggi dan lebih sedikit jumlah *void* dan porositas didalamnya. Dari penjelasan tersebut dapat didapatkan bahwa porositas semakin kecil dengan bertambahnya %LDPE.

Berdasarkan hasil pengujian densitas, semua sampel *wood plastic composite* yang dihasilkan memiliki nilai densitas yang lebih kecil dibandingkan densitas genteng acuan yaitu genteng komposit Intec Persada (1,5 g/cm³) maupun genteng keramik dan genteng beton.

4.4 Analisis Pengujian *Water Absorbability*

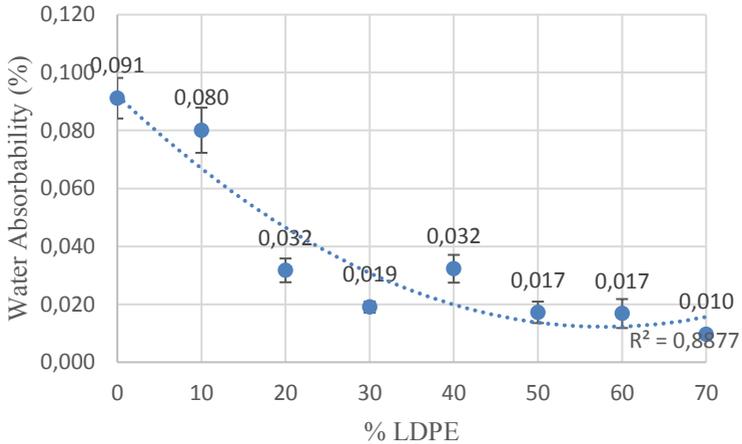
Pengujian fisik ini ditujukan untuk mengetahui kemampuan serap air dari komposit yang terbentuk. Berdasarkan data dari gambar tersebut, nilai *water absorbability* terbesar dimiliki



oleh spesimen dengan komposisi 0%LDPE 70%PP 30%serbuk kayu dengan nilai 0,091%. Nilai ini turun secara fluktuatif dengan bertambahnya %LDPE. Nilai *water absorbability* terendah dimiliki oleh WPC dengan komposisi 70%LDPE 0%PP 30%serbuk kayu dengan nilai 0,01%.

Diantara 3 bahan utama yang dipakai yaitu LDPE, PP, dan serbuk kayu jati, sifat penyerapan air ini dipegaruhi oleh serbuk kayu jati yang bersifat hidrofilik. Sehingga ketika proses manufaktur komposit kurang baik dan menyisakan sebagian serat kayu yang tidak tertutupi oleh matriks LDPE maupun PP, akan sangat berpengaruh terhadap sifat serap airnya. Sedangkan sifat LDPE dan PP adalah hidrofobik dan tidak berpengaruh signifikan terhadap *water absorbability*. Hal ini dikuatkan melalui hasil pengujian SEM pada Gambar 4.3, dimana pada sampel (a) yang merupakan WPC dengan komposisi 7% PP 0% LDPE 30% serbuk kayu jati terdapat lebih banyak serbuk kayu jati yang tidak tertutupi oleh matriks plastik dibandingkan sampel (b) yang merupakan WPC dengan komposisi 40% PP 30% LDPE 30% serbuk kayu jati. Akibatnya nilai serapan air dari sampel (a) lebih besar dibandingkan sampel (b). Berbeda lagi dengan sampel (c) yang merupakan WPC dengan komposisi 0% PP 70% LDPE 30% serbuk kayu jati, morfologi menunjukkan bahwa pada sampel (c) hampir seluruh serbuk kayu jati tertutupi oleh matriks sehingga nilai serapan airnya kecil karena serbuk kayu jati terhalang oleh matriks LDPE yang bersifat hidrofobik.

Sifat hidrofilik dari serbuk kayu tersebut memberikan efek negatif dan menghambat dispersi partikel kayu dan penguatan yang buruk diantara serbuk dan polimer yang digunakan. Serbuk kayu bersifat polar sedangkan polimer bersifat non polar. Sifat yang bertentangan ini menyebabkan interaksi *interface* antara serbuk kayu dan polimer kurang baik sehingga sifat mekanik dan fisik dari komposit akan terpengaruh termasuk didalamnya adalah sifat serapan airnya(Karmakar, 2007).



Gambar 4.5 Hasil pengujian *water absorbability* sampel *wood plastic composite*

Faktor lain yang turut mempengaruhi nilai *water absorbability* WPC adalah porositas WPC yang di dihasilkan. Berdasarkan hasil uji densitas, WPC dengan komposisi 70% LDPE memiliki nilai densitas yang baik ($1,08 \text{ g/cm}^3$). Sedangkan berdasarkan uji *water absorbability*, nilai serapan airnya adalah 0,01%. Material dengan densitas yang besar akan memiliki tingkat porositas yang lebih kecil dibandingkan material dengan densitas yang kecil. Besarnya porositas dalam material WPC yang terbentuk akan menyebabkan % absorbabiliti terhadap air juga meningkat (Shohana,2015).

Selain itu, proses manufaktur komposit juga turut mempengaruhi nilai *water absorbability* dari WPC yang dihasilkan. Ketidaksempurnaan dalam manufaktur misalnya kurang meratanya proses *mixing* antara serbuk kayu dan matriks polimer akan mengakibatkan *surface* WPC kurang baik akibatnya ketika WPC tersebut dilakuka perendaman dalam air, serbuk kayu akan memainkan perannya sebagai agen penyerap air. Ketidaksempurnaan ini dapat dilihat pada hasil SEM pada Gambar 4.3.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN



Pada gambar tersebut terlihat *surface* dari sampel dengan komposisi 0% LDPE 70%PP 30% serbuk kayu kurang baik jika dibandingkan dengan sampel dengan komposisi 30% LDPE 40% PP 30% serbuk kayu ataupun dengan WPC dengan komposisi 70% LDPE 0% PP 30% serbuk kayu jati.

Berdasarkan hasil pengujian *water absorbability*, nilai serapan air dari semua komposisi jauh lebih rendah dibandingkan nilai serapan air dari genteng komposit Intec Persada sebesar 0,41%. Nilai serapan sampel WPC juga telah memenuhi SNI genteng yang mensyaratkan nilai serapan air maksimalnya adalah 10%. Semakin kecil nilai serap air, maka kualitas genteng akan semakin baik (Musabbikhah, 2007).

4.5 Analisis Hasil pengujian Bending

Pengujian bending bertujuan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Uji bending komposit ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Universitas Airlangga Surabaya. Dari pengujian kekuatan lentur yang telah dilakukan, diperoleh data sebagaimana dalam Gambar 4.6.

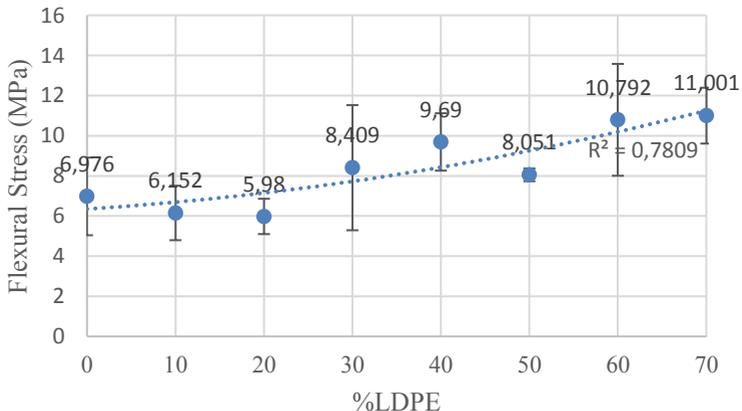
Berdasarkan grafik pada Gambar 4.6, ketika fraksi volume dari LDPE bertambah dan fraksi volume dari PP berkurang maka *flexural stress* dari *wood plastic composites* yang dihasilkan akan meningkat. Nilai *flexural stress* WPC terendah dimiliki oleh WPC dengan komposisi 70%PP 30% serbuk kayu sedangkan *flexural stress* tertinggi dimiliki oleh WPC dengan komposisi 70% LDPE 30% serbuk kayu jati.

Pada beberapa komposisi diperoleh nilai *flexural stress* yang justru menurun meskipun fraksi volume dari LDPE pada WPC meningkat. Hal ini diakibatkan adanya *void*/rongga pada WPC tersebut. Sebagaimana dapat diamati pada hasil karakterisasi SEM pada Gambar 4.3 dimana sampel WPC dengan komposisi 0% LDPE 70%PP 30%serbuk kayu jati (a) dan komposisi 30% LDPE 40%PP 30%serbuk kayu jati memperlihatkan *surface* yang kurang baik yang mana ditemukan sebagian serbuk kayu yang tidak terbungkus oleh matriks polimer. Selain itu, ditemukan



beberapa *void* pada hasil karakterisasi SEM pada kedua sampel. Selain itu, dapat diamati bahwa terdapat kecenderungan serbuk kayu untuk mengumpul/menggumpal pada suatu bagian. Hal ini tentunya akan berpengaruh saat WPC tersebut dikenai pembebanan, dimana distribusi tegangan pada serat tidak merata dan menyebabkan WPC cenderung lebih cepat untuk mengalami kegagalan. Lain halnya dengan hasil karakterisasi SEM pada sampel WPC dengan komposisi 70% LDPE 0%PP 30%serbuk kayu jati, *surface* dari WPC tampak lebih rata, tidak terdapat *void* dan hampir seluruh serbuk kayu jati tertutupi oleh matriks polimer.

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).



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Bending WPC

Matriks pada material komposit berfungsi untuk mendistribusikan beban pada serat-serat penguat. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Gaylord (1974) bahwa 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.

Berdasarkan hasil dari pengujian kuat lentur, nilai kuat lentur dari sampel WPC pada komposisi 40%, 60%, dan 70% LDPE memenuhi standar nilai genteng keramik kualitas II sebesar 8,8 MPa. Sedangkan nilai kuat lentur genteng komposit pada komposisi 60% dan 70% LDPE memiliki nilai kuat lentur yang mendekati nilai kuat lentur genteng komposit Intec Persada sebesar 17 MPa.

4.6 Analisis Hasil Pengujian *Hardness*

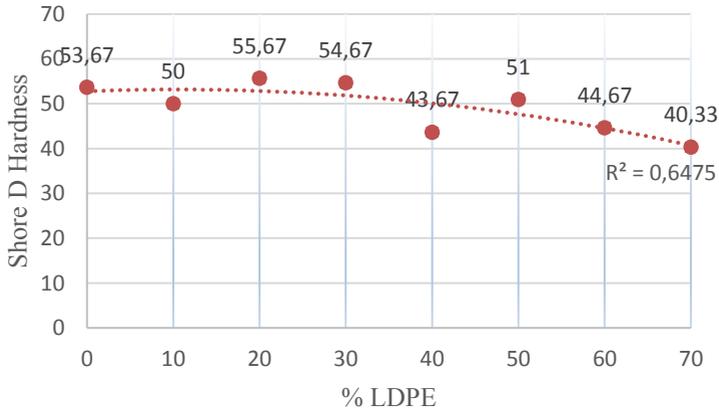
Pengujian kekerasan sampel *wood plastic composites* dilakukan dengan menggunakan alat durometer (*Shore Hardness*) dengan skala D. Alat ini menggunakan prinsip yang digunakan untuk mengukur kekerasan didasarkan pada mengukur kekuatan perlawanan dari penetrasi jarum ke dalam bahan uji di bawah beban pegas diketahui. Pengukuran dilakukan di Laboratorium Material Inovatif Jurusan Teknik Material ITS. Berikut ini merupakan hasil pengujian *shore hardness D* dari sampel *wood plastic composites* yang dihasilkan.

Berdasarkan data yang terbaca pada grafik pada gambar tersebut, sampel dengan komposisi 0%LDPE 70%PP 30%Serbuk Kayu memiliki nilai kekerasan 53,67. Nilai kekerasan ini berubah secara fluktuatif seiring dengan berkurangnya fraksi volume dari Plastik PP (Polipropilen) dan bertambahnya fraksi volume dari LDPE (*Low Density Polyethylene*). Terlihat pada grafik di gambar bahwa nilai kekerasan shore D memiliki rentang nilai yang tinggi pada %PP antara 70%-40% atau pada %LDPE antara 0%-30%. Bahkan pada komposisi 20%LDPE 50%PP 30%serbuk kayu jati dan pada komposisi 30%LDPE 40%PP 30%serbuk kayu jati nilai kekerasan meningkat menjadi 55,67 dan 54,67.

Sedangkan nilai kekerasan shore D terendah dimiliki oleh WPC dengan komposisi 70%LDPE 0%PP 30% serbuk kayu yaitu sebesar 40,33. Menurunnya nilai *hardness shore D* ini berkaitan dengan nilai kekerasan matriks yang berbeda. Polipropilena



memiliki nilai hardness *shore D* yang lebih tinggi yaitu sebesar 78 sedangkan *Low Density Polyethylene* sebesar 55. Akibatnya ketika %PP berkurang maka kekerasan *shore D* dari *wood plastic composite* yang terbentuk juga berkurang, meskipun %LDPE bertambah.



Gambar 4.7 Hasil Pengujian Kekerasan WPC dengan *Hardness Shore D*

Polipropilen memiliki sifat yang lebih kuat dan lebih *rigid* dibandingkan dengan *Polyethylene* (LDPE) karena PP memiliki gugus metil kaku yang melekat pada setiap atom karbon kedua dari rantai utama polimer, yang membatasi rotasi rantai sehingga menghasilkan bahan yang lebih kuat tetapi kurang lentur. Melalui pengujian kekerasan *shore D* dapat dikonfirmasi bahwa PP memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan dengan LDPE (Smith & Hashemi, 2006).

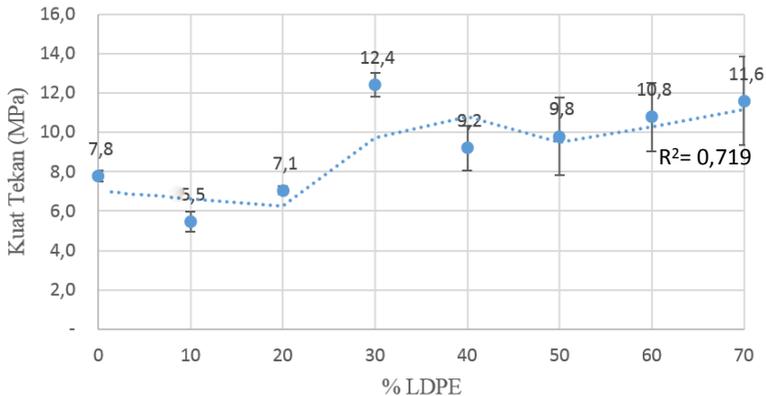
4.7 Analisis Hasil Pengujian Kompresi (Kuat Tekan)

Pengujian kompresi (kuat tekan) bertujuan untuk memperoleh nilai kuat tekan dari sampel *wood plastic composites* yang dihasilkan. Kuat tekan ini merupakan besarnya beban per



satuan luas, yang menyebabkan benda uji hancur bila dibebani dengan gaya tekan tertentu, yang dihasilkan oleh mesin tekan.

Compression Strength WPC



Gambar 4.8 Hasil Pengujian Kuat Tekan Sampel WPC

Berdasarkan pada gambar diatas, nilai kuat tekan *wood plastic composite* secara *trendline* mengalami kenaikan. Nilai kuat tekan bertambah secara *trendline* seiring dengan bertambahnya %LDPE yang ditambahkan. Nilai kuat tekan maksimum didapat pada komposisi 30%LDPE 40% PP 30%serbuk kayu jati dengan nilai 12,4 Mpa. Sedangkan nilai kuat tekan paling rendah didapatkan pada komposisi 10%LDPE 60% PP 30%serbuk kayu dengan nilai 5,5 MPa.

Besarnya kuat tekan dari *wood plastic composite* yang terbentuk berhubungan dengan densitas dan porositas pada WPC tersebut. Seperti halnya pada pengujian *flexural stress*, keberadaan rongga/*void* pada komposit akan mempengaruhi sifat mekanik komposit ketika dikenai beban/gaya. Adanya rongga yang terjadi akan berpengaruh terhadap menurunnya kekuatan kompresi pada komposit (Oza 2010). Keberadaan *void* dan persebaran serbuk kayu jati ini dapat di amati pada hasil karakterisasi SEM pada Gambar 4.3. Sampel WPC dengan komposisi 0% LDPE lebih banyak pori dan serbuk kayu lebih cenderung mengumpul pada



bagian tertentu dibandingkan sampel dengan komposisi 30% LDPE maupun 70% LDPE, akibatnya nilai kuat tekan sampel dengan komposisi 0% LDPE lebih rendah dibandingkan 2 komposisi lainnya. Bagian dari komposit yang berongga tersebut menjadi tempat konsentrasi tegangan dan menjadi titik inisiasi/awal retak, sehingga kekuatan tekannya menjadi turun.

Shohana (2015) menyampaikan bahwa material yang lebih padat (densitasnya tinggi) umumnya memberikan kekuatan yang lebih tinggi dan lebih sedikit jumlah *void* didalamnya. Penyampaian ini dibuktikan dengan hasil pengujian kuat tekan yang cenderung meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume dari LDPE. Hal ini sejalan dengan naiknya densitas *wood plastic composite* akibat naiknya fraksi volume LDPE. Densitas WPC yang semakin tinggi dan porositas WPC yang semakin kecil akibat kenaikan fraksi volume LDPE memberikan perambatan tegangan yang baik saat WPC tersebut dikenai pembebanan.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Penambahan %volume dari *polypropilene* sebagai matriks *wood plastic composite* LDPE/PP/serbuk kayu jati mengakibatkan perubahan sifat fisik dan mekanik sebagai berikut:
 - Menurunkan nilai densitas, *flexural stress*, dan kuat tekan WPC dengan nilai densitas, *flexural stress*, dan kuat tekan WPC tertinggi berturut-turut sebesar 1,091 g/cm³ (20%PP), 11 Mpa (0%PP), 12,4 Mpa (40%PP).
 - Meningkatkan nilai serapan air dan kekerasan WPC dengan nilai serapan air dan kekerasan WPC tertinggi berturut-turut sebesar 0,09% (70% PP) dan 53,67 (70%PP).
2. Penambahan %volume dari *Low Density Polyethylene* sebagai matriks *wood plastic composite* LDPE/PP/serbuk kayu jati mengakibatkan perubahan sifat fisik dan mekanik sebagai berikut:
 - Menurunkan nilai serapan air dan kekerasan WPC dengan nilai serapan air dan kekerasan WPC tertinggi berturut-turut sebesar 0,09% (0% LDPE) dan 53,67 (0%LDPE).
 - Meningkatkan nilai densitas, *flexural stress*, dan kuat tekan WPC dengan nilai densitas, *flexural stress*, dan kuat tekan WPC tertinggi berturut-turut sebesar 1,091 g/cm³ (50%LDPE), 11 Mpa (70%LDPE), 12,4 Mpa (30%LDPE)
3. WPC yang memiliki sifat fisik dan mekanik paling baik adalah WPC dengan komposisi 70%LDPE 0%PP 30%serbuk kayu dengan nilai densitas 1,081 g/cm³, *water*



absorbability 0,01%, *flexural stress* 11 MPa, *hardness shore D* 40,33, dan kuat tekannya 10,8 MPa.

6.2 Saran

Untuk memperoleh hasil yang lebih baik pada penelitian selanjutnya, beberapa hal yang perlu diperhatikan antara lain:

1. Penggunaan partikel serbuk kayu dengan ukuran yang lebih kecil dan homogen untuk memperkecil terbentuknya rongga/*void* pada komposit yang dihasilkan.
2. Serbuk kayu yang dipakai harus dalam keadaan benar-benar kering/tidak ada kandungan airnya untuk memperbaiki *interfacial bonding* antara serbuk kayu dengan polimer.
3. Penambahan *coupling agent* pada *wood plastic composite* untuk memperbaiki *interfacial bonding* antara matriks polimer dengan *filler* serbuk kayu.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi, S.S. 1989. *Kimia Kayu*. Diktat PAU Ilmu Hayati. Industri Pertanian Bogor
- A.Karmakar.2007.*Mechanical Properties of Wood-Fiber Reinforced Polypropylene Composites Vol.38*.India: Institute of Wood Science and Technology
- Anonim. 1998. *SNI 03-2095-1998 Genteng Keramik*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2007. *SNI 0096:2007 Genteng Beton*. Badan Standarisasi Nasional.
- Anonim. 2008. *Spesifikasi GENTENG COMPOSITE*. PT INTEC PERSADA
- Appiah, J.K. 2017. *Use of Waste Plastic Materials for Road Construction in Ghana. Case Studies in Construction Materials* 6, 1-7.
- 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 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.
- Atuanya, CU, Ibhadohe, A,O,A & Igboanugo, A,C. 2011. *Potential of Using Recycled LDPE in Wood Plastic Composites Board*. African Journal of Environmental Science and Technology
- Bierley, A. 1988. *Plastic Materials Properties and Applications*. New York: Chapman and Hall Publishing.
- Brazel, C.S. dan Stephen L.B. 2012. *Fundamental Principles of Polymeric Materials Third Edition*. New York: John Wiley and Sons, Inc.

- Cacic, Suzana. 2012. *Investigation of the curing kinetics of alkyd-melamine-epoxy resin system*. Serbia: University of Nis.
- Callister, William D, Jr. 2008. *Materials Science and Engineering: An Introduction 8th Edition*. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Clemons.2004. *Effect of processing method and moisture history on laboratory fungal resistance of wood HDPE composite*. Forest Product Society.Forest Product Jurnal 54
- Cowd, M.A. 1982. *Kimia Polimer, terjemahan oleh Harry Firman*. Bandung: Penerbit ITB.
- Diharjo, K. 2005. *Tensile Properties of Undirectional Continuous Kenaf fiber Reinforced Polyester Composite*. *International Seminar Proceeding, Kentingan Physic Forum, Surakarta : UNS*
- Dobrowolski, A.J. 1998. *Concrete Contruction Hand Book*. New York: Mc. Graw-Hill Companies Inc.
- Eckert.2000.*Opportunities for natural fiber in plastic composites In: Proc Progress in Woodfibre-Plastic Composites: Kanada*
- Farid, dkk (2015) *Mendapatkan kenaikan secara signifikan nilai koefisien absorpsi suara pada frekwensi 125 Hz untuk material polyester berpenguat serat rami dan pada frekwensi menengah 1000 Hz untuk material polyester berpenguat serat bambu*. Surabaya: Departemen Teknik Material FTI ITS.
- Fengel, D. 1995. *Kayu: Kimia, Ultrastruktur, Reaksi reaksi*.Yogyakarta: Gadjah Mada University Press
- Forest Product Laboratory.1987. *Wood Handbook: Wood as an engineering material*. Agric. Handbook 72. Washington DC : US Departement
- Gaylord, M.W. 1974. *Reinforced Plastics: Theory and Practice*. Boston: Cahners Books
- Geottler LA.1993.*US Patent 4.376.144*

- Gibson, R. F. 1984. *Prinsip of Composite Material Mechanics*. New York: Mc Graw Hill.
- Januastuti, Lia. 2015. *Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Plastik Biodegradable dengan Plasticizer Sorbitol*. Palembang : Politeknik Negeri Sriwijaya
- Klyosov A.2007. *Wood-Plastic composites*.Wiley: Hoboken
- K. van Rijswijk. 2001. *Natural Fibre Composites Structures and Materials*. Laboratory Faculty of Aerospace Engineering Delft University of Technology
- Lebow S.2004.*Alternatives to chromated copper arsenate for residential construction forest service*. Forest Product Laboratory
- J. Lojewska, P. Miskowiec, T. Lojewski, L. M. Proniewicz. 2005. “*Cellulose Oxidative and Hydrolytic Degradation: in situ FTIR Approach*” *Polymer Degradation and Stability* 88
- Martawijaya, A. 1981. *Atlas Kayu Indonesia Jilid I. Balai Penelitian Hasil Hutan*. Bogor
- Matthews, L.F. 1993. *Composite Materials Engineering and Science*. London : Chapman & Hall.,
- Michali, Walter. 1995 *.Training In Plastics Technology: A Text and Workbook* .Inggris: Carl Hanser Verlag
- Nayiroh, Nurul. 2013. *Klasifikasi Komposit – Metal Matrix Composite*. Teknologi Material Komposit: Indonesia.
- 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.
- S, Oza. 2010.*Thermal and Mechanical Properties of Recycled High Density Polyethylene /Hemp Fiber Composite*, USA: University City Blvd Charlotte
- Safaria, S. 2013. *Efektivitas Campuran Enzim Selulase dari Aspergillus Niger dan Trichoderma Reesei Dalam Menghidrolisis Substrat Sabut Kelapa*. Jkk. 2 (1).

- Sarkanen, K.V., 1987. *Lignins: occurrence, formation, structure and reactions.*, University of Washington: Seattle, Washington
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Setyawati D. 2003. *Sifat Fisik dan Mekanis Komposit Serbuk Kayu Plastik Polipropilena Daur Ulang*. Institut Pertanian Bogor
- Smith, W. F., & Hashemi, J. 2006. *Foundations of Material Science and Engineering (4th ed.)*. New York, Magraw Hill
- Stark N.M, and Berger M.J.1997. *Effect of Particle Size on Properties of wood flour reinforced Polypropilene Composites*. Winconsin Forest Product Society
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya: ITS Press.
- Sultoni, Yusuf. 2017. “Pengaruh Proses Alkali dan Fraksi Massa Serat terhadap Sifat Fisik dan Sifat Mekanik Komposit Polyurethane/Coir Fiber”. Tugas Akhir, ITS Surabaya
- Surdia, T. 1995. *Pengetahuan Bahan Teknik*. Jakarta: Pradnya Paramita.
- Wahyu, Dhidhit.2014. *Pengaruh suhu pencampuran terhadap kekuatan tarik dan fracture toughness epoxy resin - organoclay montmorillonite nanokomposit*. Thesis Program Sarjana Jurusan Teknik Mesin. Universitas Sebelas Maret
- Wolcott MP.2000.*New advances in wood fiber-polymer formulations. In: Proc Wood-Plastic Conference*. Plastic Technology Magazine and Polymer Process Communication.pp 107-114
- Woodhams, Thomas.1984.*Wood fibers as reinforcing fillers for polyolefins*.Polym.Eng.Sci.24 :1166-1171
- Youngquist JA.1995.*The Marriage of wood and non wood materials*.Forest product Journal

LAMPIRAN

Perhitungan Densitas (massa jenis)

Densitas Aktual (percobaan)

Berdasarkan ASTM D2395 perhitungan densitas aktual sesuai dengan rumus :

$$\rho = \frac{\text{Massa kering di udara (gr)}}{\text{Massa dalam minyak (gr)}} \times \rho \text{ minyak } \left(\frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}\right)$$

sedangkan nilai Densitas Rata-Rata diperoleh dari :

$$\rho \text{ rata - rata} = \frac{\rho_1 + \rho_2 + \rho_3}{3}$$

dimana ρ_1, ρ_2, ρ_3 adalah nilai densitas per varian komposisi

Tabel Hasil Pengujian Densitas *Wood Plastic Composite*

Spesimen	Variasi	Massa di udara (gr)	Massa dalam Minyak (gr)	Densitas (g/cm^3)	Rerata Densitas (g/cm^3)	Standar Deviasi
1	a	7,2	6,89	0,9596	0,939	0,018
	b	7,81	7,74	0,9266		
	c	6,76	6,68	0,9293		
2	a	6,9	6,66	0,9514	0,939	0,013
	b	6,84	6,69	0,9389		
	c	6,63	6,58	0,9253		
3	a	6,59	6,4	0,9456	0,949	0,006
	b	6,02	5,85	0,9450		
	c	7	6,73	0,9551		
4	a	6,59	6,08	0,9953	0,993	0,003
	b	6,74	6,25	0,9903		
	c	7,06	6,53	0,9928		
5	a	6,65	5,96	1,0246	1,025	0,001

	b	5,91	5,3	1,0240		
	c	7,31	6,54	1,0264		
6	a	6,59	5,79	1,0452	1,091	0,040
	b	7,01	5,77	1,1156		
	c	8,66	7,15	1,1122		
7	a	6,36	5,54	1,0542	1,047	0,013
	b	7,25	6,31	1,0551		
	c	6,19	5,51	1,0316		
8	a	7,16	6,06	1,0850	1,081	0,003
	b	8,33	7,09	1,0789		
	c	7,25	6,17	1,0790		

Densitas Teoritis

Berdasarkan pada *rule of mixture* densitas komposit secara teoritis dapat dihitung dengan rumus:

$$d_c = d_m V_m + d_f V_f$$

dimana :

d_c = densitas komposit

d_m = densitas matriks

V_m = volume matriks

d_f = densitas filler

V_f = volume filler

Diketahui :

Densitas PP = 0,905 ; Densitas LDPE= 0,915 ; Densitas Serbuk kayu = 0,721)

Tabel Hasil Perhitungan Densitas Komposit Secara Teoritis

Sampe l	Fraksi Volume matriks	Fraksi Volume		nilai densita s
		PP	HDPE	
1	0,3	0,7	0	0,850
2	0,3	0,6	0,1	0,851
3	0,3	0,5	0,2	0,852
4	0,3	0,4	0,3	0,853

5	0,3	0,3	0,4	0,854
6	0,3	0,2	0,5	0,855
7	0,3	0,1	0,6	0,856
8	0,3	0	0,7	0,857

Perhitungan *Water Absorbability*

Berdasarkan ASTM D570 perhitungan water absorbability sesuai dengan rumus :

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

Dimana :

A = Massa basah spesimen setelah perendaman 24 jam (gram)

B = Massa kering spesimen setelah dioven 24 jam (gram)

sedangkan nilai Densitas Rata-Rata diperoleh dari :

$$\text{Rerata Absorbability} = \frac{\text{absorbability 1} + \text{absorbability 2}}{2}$$

Tabel Hasil Pengujian *Water Absorbability Wood Plastic Composite*

No sampel	Massa Basah (gr)	Massa Kering (gr)	Water Absorbability (%)	Rerata Absorbability (%)	Standar Deviasi	
1	a	7,32	6,66	0,099	0,091	0,0070
	b	7,78	7,15	0,088		
	c	8,44	7,77	0,086		
2	a	7,33	6,81	0,076	0,080	0,0078
	b	7,47	6,95	0,075		
	c	7,09	6,51	0,089		
3	a	7,2	7,01	0,027	0,032	0,0041

	b	6,26	6,05	0,035		
	c	6,82	6,6	0,033		
4	a	7,21	7,09	0,017	0,019	0,0019
	b	6,76	6,63	0,020		
	c	6,96	6,82	0,021		
5	a	7,5	7,28	0,030	0,032	0,0048
	b	6,07	5,9	0,029		
	c	6,87	6,62	0,038		
6	a	6,76	6,66	0,015	0,017	0,0037
	b	7,13	6,98	0,021		
	c	6,69	6,59	0,015		
7	a	6,34	6,2	0,023	0,017	0,0050
	b	6,47	6,38	0,014		
	c	7,38	7,28	0,014		
8	a	8,41	8,33	0,010	0,010	0,0013
	b	7,33	7,25	0,011		
	c	7,23	7,17	0,008		

Perhitungan Kuat Lentur (Bending)

Berdasarkan pada ASTM D-790 perhitungan kuat lentur sesuai dengan rumus:

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2}$$

Dimana:

σ_f = Kekuatan Lentur (Kg/cm²)

L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

d = tebal spesimen (cm)

Tabel Hasil Pengujian Kuat Lentur (Bending)

Sampel		Ketebalan (mm)	Beban (N)	Span (mm)	Lebar (mm)	Flexural Stress (MPa)	Rerata Flexural Stress (MPa)	Standar Deviasi
1	a	11,00	196,00	100	30	8,099	6,976	1,934
	b	10,00	161,70	100	30	8,085		
	c	10,00	210,80	45	30	4,743		
2	a	10,00	102,90	92	30	4,733	6,152	1,357
	b	10,00	161,70	92	30	7,438		
	c	10,00	279,30	45	30	6,284		
3	a	11,00	186,20	90	30	6,925	5,980	0,880
	b	11,00	156,80	90	30	5,831		
	c	11,00	313,60	40	30	5,183		
4	a	12,00	181,30	94	28	6,340	8,409	3,118
	b	12,00	343,00	94	28	11,995		
	c	12,00	441,00	42	28	6,891		
5	a	10,00	225,40	100	30	11,270	9,690	1,429

	b	10,00	186,20	100	30	9,310		
	c	10,00	377,30	45	30	8,489		
6	a	11,00	181,30	96	28	7,706	8,051	0,317
	b	11,00	196,00	96	28	8,331		
	c	11,00	426,30	43	28	8,116		
7	a	11,00	240,10	98	29	10,058	10,702	2,786
	b	11,00	328,30	98	29	13,753		
	c	11,00	485,10	40	29	8,295		
8	a	10,00	205,80	90	28	9,923	11,006	1,391
	b	11,00	441,00	69	30	12,574		
	c	10,00	490,98	40	28	10,521		

Perhitungan Kuat Tekan (*Compression Strength*)

Berdasarkan pada SNI 03-0691-1996 perhitungan kuat lentur sesuai dengan rumus:

$$\text{Kuat tekan} = \frac{P}{A}$$

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan (mm²)

Tabel Hasil Pengujian Kuat Tekan Komposit

Sampe l		Gaya Tekan (KN)	Luas Permukaan (mm ²)	Compression Strength (Mpa)	Kuat Tekan Rata2 (MPa)	Standar Deviasi
1	a	19	2500	7,6	7,8	0,283
	b	20	2500	8,0		
2	a	12	2352	5,1	5,5	0,503
	b	10	1720	5,8		
3	a	18	2500	7,2	7,1	0,203
	b	14	2025	6,9		
4	a	30	2500	12,0	12,4	0,604
	b	29	2256	12,9		
5	a	21	2500	8,4	9,2	1,131
	b	25	2500	10,0		
6	a	17	2025	8,4	9,8	1,983
	b	28	2500	11,2		
7	a	22	2304	9,5	10,8	1,733
	b	30	2500	12,0		

8	a	33	2500	13,2	11,6	2,263
	b	24	2400	10,0		

Pengujian *Hardness Shore D*

Berdasarkan pada ASTM D-2240 didapatkan hasil pengujian hardness shore D sebagai berikut:

Tabel Hasil Pengujian *Hardness Shore D*

Sampel		Nilai Hardness	Hardness Rata Rata	Standar Deviasi
1	a	52	53,67	5,69
	b	49		
	c	60		
2	a	53	50,00	4,36
	b	45		
	c	52		
3	a	54	55,67	2,08
	b	55		
	c	58		
4	a	58	54,67	3,06
	b	54		
	c	52		
5	a	34	43,67	9,07
	b	45		
	c	52		
6	a	51	51,00	1,00
	b	52		
	c	50		
7	a	42	44,67	6,43

	b	40		
	c	52		
8	a	42	40,33	3,79
	b	43		
	c	36		

(Halaman sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama lengkap Rohman Sidik, lahir di Kab.Semarang pada tanggal 12 Februari 1996. Merupakan anak pertama dari pasangan suami istri Tukiman-Lasmi. Penulis menempuh pendidikan dasar di SDN timpik 02, pendidikan menengah di SMPN 1 Tengeran dan pendidikan atas di SMA N 1 Salatiga. Setelah itu penulis melanjutkan pendidikan perkuliahan di Departemen

Teknik Material FTI – ITS.

Semasa menjadi mahasiswa Institut Teknologi Sepuluh Nopember penulis aktif dalam Kepengurusan LDJ (Lembaga Dakwah Jurusan) Ash-haabul Kahfi Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS dan LDK (Lembaga Dakwah Kampus) Jamaah Masjid Manarul Imi (JMMI-ITS). Penulis juga pernah aktif dalam kepengurusan Unit Kegiatan Mahasiswa Pramuka ITS di semester 3-semester 6 sebagai bendahara organisasi.

Pada tahun ketiga penulis pernah melakukan kerja praktek di salah satu perusahaan Astra Otoparts Member di Cikarang yaitu PT. Menara Terus Makmur dengan topik “*Analisis Kegagalan pada Dies Crank Shaft K81 Pada Proses Forging*” dan penulis menutup kuliah di Tugas Akhir dengan judul “**Studi Pengaruh Penambahan *Polypropylene* dan *Low Density Polyethylene* terhadap Sifat Fisik dan Mekanik *Wood Plastic Composite* Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan**”.

Email : rohmanhidik@gmail.com

Hp : 085329102

(Halaman sengaja dikosongkan)