



TUGAS AKHIR - TL 141584

ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN FRAKSI BERAT TERMOSET DAN STYROFOAM PADA KOMPOSIT BERBASIS TERMOPLASTIK (LDPE) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK UNTUK APLIKASI MATERIAL KONSTRUKSI

SUSWANTO

NRP. 025 11 44 0000 031

DOSEN PEMBIMBING

SIGIT TRI WICAKSONO, S.SI., M.SI., PH.D.

HANIFFUDIN NURDIANSAH, ST., MT.

RIDHO BAYUAJI, ST., MT., PH.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018



TUGAS AKHIR - TL 141584

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN FRAKSI BERAT
TERMOSET DAN STYROFOAM PADA KOMPOSIT BERBASIS
TERMOPLASTIK (LDPE) TERHADAP SIFAT FISIS DAN
MEKANIK UNTUK APLIKASI MATERIAL KONSTRUKSI**

SUSWANTO

NRP. 025 11 44 0000 031

DOSEN PEMBIMBING

SIGIT TRI WICAKSONO, S.SI., M.SI., PH.D.

HANIFFUDIN NURDIANSAH, ST., MT.

RIDHO BAYUAJI, ST., MT., PH.D.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

(Halaman sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT - TL 141584

ANALYSIS EFFECT OF ADDITION WEIGHT FRACTION OF THERMOSET AND STYROFOAM ON THERMOPLASTIC BASED COMPOSITES (LDPE) TO THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES FOR CONSTRUCTION MATERIAL APPLICATIONS

SUSWANTO
NRP. 025 11 44 0000 031

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

**MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**



FINAL PROJECT - TL 141584

ANALYSIS EFFECT OF ADDITION WEIGHT FRACTION OF THERMOSET AND STYROFOAM ON THERMOPLASTIC BASED COMPOSITES (LDPE) TO THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES FOR CONSTRUCTION MATERIAL APPLICATIONS

SUSWANTO

NRP. 025 11 44 0000 031

ADVISOR

SIGIT TRI WICAKSONO, S.SI., M.SI., PH.D.

HANIFFUDIN NURDIANSAH, ST., MT.

RIDHO BAYUAJI, ST., MT., PH.D

**MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2018**

(This page left intentionally blank)

**ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN FRAKSI BERAT
TERMOSET DAN STYROFOAM PADA KOMPOSIT
BERBASIS TERMOPLASTIK (LDPE) TERHADAP SIFAT
FISIS DAN MEKANIK UNTUK APLIKASI MATERIAL
KONSTRUKSI**

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada

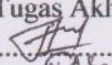


Bidang Studi Material Inovatif
Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

SUSWANTO

NRP. 025 11 44 0000 031

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

1. Sigit Tri W, S.Si., M.Si., Ph.D..... (Pembimbing I)
2. Haniffudin Nurdiansah, ST., MT..... (Pembimbing II)
3. Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D. (Pembimbing III)



ANALISIS PENGARUH PENAMBAHAN FRAKSI BERAT TERMOSET DAN STYROFOAM PADA KOMPOSIT BERBASIS TERMOPLASTIK (LDPE) TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIK UNTUK APLIKASI MATERIAL KONSTRUKSI

Nama : Suswanto
NRP : 0251144000031
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Dosen Pembimbing : Sigit Tri W, S.Si., M.Si., Ph.D.
Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D.

Abstrak

Sampah plastik merupakan salah satu masalah terbesar yang terjadi baik di dunia maupun di Indonesia. Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan sampah plastik agar permasalahan yang ada dapat diselesaikan. Pada penelitian ini dibuat komposit berbasis termoplastik yang memanfaatkan sampah plastik berupa LDPE, styrofoam dan melamin yang kemudian diaplikasikan sebagai material konstruksi. Dalam penelitian ini digunakan 10 variasi komposisi. Dari hasil SEM didapat bahwa penambahan jumlah LDPE dan styrofoam menyebabkan berkurangnya nilai porositas. Hasil uji densitas didapat nilai densitas terbesar pada spesimen 4 (tanpa styrofoam) sebesar 1.211 g/cm^3 . Hasil uji absorbability didapat nilai terendah pada spesimen 5 (dengan penambahan styrofoam) sebesar 4.2%. Hasil uji bending menunjukkan kekuatan bending tertinggi dicapai oleh spesimen 5 (dengan penambahan styrofoam) sebesar 115.3MPa dan hasil Kekuatan tekan tertinggi dicapai oleh spesimen 4 (dengan penambahan styrofoam) sebesar 13.72 MPa.

Kata Kunci: *Sampah plastik, LDPE, Material Konstruksi, LDPE, Melamin, Styrofoam, Komposit.*

(Halaman sengaja dikosongkan)

**ANALYSIS EFFECT OF ADDITION WEIGHT FRACTION
OF THERMOSET AND STYROFOAM ON
THERMOPLASTIC BASED COMPOSITES (LDPE) TO
THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES FOR
CONSTRUCTION MATERIAL APPLICATIONS**

Name : Suswanto
SRN : 0251144000031
Major : Material and Metallurgical Engineering
Advisor : Sigit Tri W, S.Si., M.Si., Ph.D.
Lecturer : Haniffudin Nurdiansah, ST., MT.
Ridho Bayuaji, ST., MT., Ph.D.

Abstract

Plastic waste is one of the biggest problems that occur not only in the world but also in Indonesia. Therefore, the need for plastic waste management so the problem can be solved. In this research, thermoplastic-based composites are made using LDPE plastic waste, styrofoam and melamine which are then applied as construction materials. In this study used 10 variations of composition. From the SEM results test obtained the number of LDPE and styrofoam addition causes a decrease in number of porosity. The density test results were obtained from the largest density in specimen 4 (without styrofoam) of 1.211 g / cm³. The absorbability test results were obtained in specimen 5 (with the addition of styrofoam) of 4.2%. The bending test results showed the highest bending strength by specimen 5 (with the addition of styrofoam) of 115.3MPa and highest of compressive strength by specimen 4 (with the addition of styrofoam) of 13.72 MPa.

Keywords: Plastic wastes, LDPE, Construction Materials, LDPE, Melamine, Styrofoam, Composites.

(This page left intentionally blank)

DAFTAR ISI

| | |
|------------------------|------|
| HALAMAN JUDUL..... | i |
| TITLE..... | iii |
| LEMBAR PENGESAHAN..... | v |
| ABSTRAK..... | vi |
| ABSTRACT..... | ix |
| KATA PENGANTAR..... | xi |
| DAFTAR ISI..... | xiii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xv |
| DAFTAR TABEL..... | xxi |

BAB I PENDAHULUAN

| | |
|------------------------------|---|
| 1.1. Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2. Perumusan Masalah..... | 2 |
| 1.3. Tujuan Penelitian..... | 2 |
| 1.4. Batasan Masalah..... | 3 |
| 1.5. Manfaat Penelitian..... | 3 |

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

| | |
|------------------------------|----|
| 2.1 Material Komposit..... | 5 |
| 2.2 LDPE..... | 10 |
| 2.3 Resin Melamin..... | 14 |
| 2.4 <i>Styrofoam</i> | 15 |
| 2.5 Material Konstruksi..... | 18 |

| | |
|---------------------------------|----|
| 2.6 Penelitian Sebelumnya | 25 |
|---------------------------------|----|

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

| | |
|--|----|
| 3.1. Diagram Alir Penelitian..... | 29 |
| 3.2. Bahan dan Peralatan Penelitian | 30 |
| 3.2.1 Bahan Penelitian..... | 30 |
| 3.2.2 Peralatan Penelitian | 31 |
| 3.3. Rancangan Penelitian | 35 |
| 3.4. Metode Penelitian..... | 35 |
| 3.4.1 Persiapan Bahan | 36 |
| 3.4.1.1 Penanganan Pasir..... | 36 |
| 3.4.1.2 Pengolahan Sampah Plastik LDPE dan Styrofoam | 36 |
| 3.4.1.3 Pembuatan Komposit | 36 |
| 3.4.2 Proses Pengujian..... | 37 |
| 3.4.2.1 Pengujian Bending | 37 |
| 3.4.2.2 Pengujian SEM..... | 38 |
| 3.4.2.3 Pengujian FTIR | 39 |
| 3.4.2.4 Uji Densitas | 40 |
| 3.4.2.5 Uji Penyerapan Air..... | 41 |
| 3.4.2.6 Pengujian Kuat Tekan | 43 |

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

| | |
|---|----|
| 4.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) .. | 45 |
|---|----|

| | |
|--|----|
| 4.2 Scanning Electron Microscope (SEM) | 47 |
| 4.3 Uji Densitas | 50 |
| 4.4 Uji Absorbability | 53 |
| 4.5 Uji Bending | 56 |
| 4.6 Uji Kompresi | 58 |

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

| | |
|----------------------|----|
| 5.1 Kesimpulan | 63 |
| 5.2 Saran | 64 |

| | |
|----------------------|-------|
| DAFTAR PUSTAKA | xxiii |
|----------------------|-------|

| | |
|----------------|-----|
| LAMPIRAN | xiv |
|----------------|-----|

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

| | |
|--|----|
| Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks..... | 6 |
| Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit berdasarkan Jenis Penguat..... | 7 |
| Gambar 2.3 Parameter Fiber pada Komposit | 9 |
| Gambar 2.4 a. Laminate b. Sandwich Panels | 10 |
| Gambar 2.5 Struktur plastik Polietilena | 11 |
| Gambar 2.6 Ikatan kimia dari Resin Melamina..... | 14 |
| Gambar 2.7 Struktur polistirena | 17 |
| Gambar 3.1 Diagram alir penelitian | 29 |
| Gambar 3.2 Pasir | 30 |
| Gambar 3.3 LDPE | 30 |
| Gambar 3.4 Resin Melamin..... | 30 |
| Gambar 3.5 <i>Styrofoam</i> | 31 |
| Gambar 3.6 Cetakan pembuatan Spesimen | 31 |
| Gambar 3.7 Timbangan digital..... | 31 |
| Gambar 3.8 Kompor Portable | 32 |
| Gambar 3.9 Mesin Sieving..... | 32 |
| Gambar 3.10 Mesin Scanning Electron Microscope | 33 |
| Gambar 3.11 Mesin Uji Bending | 33 |
| Gambar 3.12 Mesin FTIR | 34 |
| Gambar 3.13 Mesin Uji Kompresi | 34 |
| Gambar 3.14 Dimensi spesimen Bending | 38 |
| Gambar 3.15 Dimensi spesimen Uji Morfologi | 38 |
| Gambar 3.16 Prinsip Kerja SEM..... | 39 |
| Gambar 3.17 Skema mesin uji FTIR..... | 40 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4.1 Hasil uji FTIR pada spesimen tanpa styrofoam dan spesimen dengan penambahan styrofoam | 45 |
| Gambar 4.2 Hasil Uji SEM (a) Spesimen nomor tanpa styrofoam, (b) spesimen dengan ditambahkan styrofoam dengan perbesaran 100x..... | 48 |
| Gambar 4.3 Hasil Uji SEM (a) Spesimen nomor tanpa styrofoam, (b) spesimen dengan ditambahkan styrofoam dengan perbesaran 500x..... | 48 |
| Gambar 4.4 Hasil uji EDAX dari spesimen dengan penambahan styrofoam..... | 49 |
| Gambar 4.5 Hasil uji densitas..... | 52 |
| Gambar 4.6 Hasil Uji Absorbability..... | 55 |
| Gambar 4.7 Hasil Uji Bending | 57 |
| Gambar 4.8 Grafik Massa Spesimen uji Kompresi | 60 |
| Gambar 4.9 Grafik nilai kuat tekan dari hasil uji kompresi | 60 |
| Gambar 4.8 Grafik hubungan massa spesimen dan nilai kuat tekan | 59 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2.1. Keuntungan dan kerugian dari komposit..... | 6 |
| Tabel 2.2 Sifat mekanik dari Low Density Poly Etilene (LDPE) | 11 |
| Tabel 2.3 Sifat mekanik dan sifat fisis dari material Resin Melamina..... | 15 |
| Tabel 2.4 Sifat mekanik dan sifat fisis dari material polistirena . | 17 |
| Tabel 2.5 Sifat Mekanik dari Beton struktural | 20 |
| Tabel 2.6 Tabel klasifikasi mutu Paving Block..... | 21 |
| Tabel 2.7 Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaiannya..... | 22 |
| Tabel 2.8 Jenis-jenis Beton Ringan Berdasarkan Kuat Tekan, Berat Beton, dan Agregat Penyusunnya | 24 |
| Tabel 2.9 Jenis-Jenis Beton Ringan Menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1987) | 25 |
| Tabel 3.1 Rancangan Penelitian | 35 |
| Tabel 4.1 Daerah serapan LDPE dan melamin | 46 |
| Tabel 4.2 Daerah serapan LDPE, melamin dan styrofoam | 47 |
| Tabel 4.3 Hasil uji densitas spesimen tanpa styrofoam..... | 51 |
| Tabel 4.4 Hasil uji densitas spesimen ditambah styrofoam..... | 51 |
| Tabel 4.4 Hasil uji densitas spesimen ditambah styrofoam..... | 54 |
| Tabel 4.6 Hasil uji absorbability spesimen ditambah styrofoam. | 54 |
| Tabel 4.7 Hasil pengujian kekuatan lentur spesimen tanpa styrofoam..... | 57 |
| Tabel 4.8 Hasil pengujian kekuatan lentur spesimen ditambah styrofoam..... | 57 |
| Tabel 4.9 Hasil massa spesimen pengujian kompresi spesimen tanpa styrofoam | 59 |

| | |
|---|----|
| Tabel 4.10 Hasil massa spesimen pengujian kompresi spesimen ditambah styrofoam..... | 59 |
| Tabel 4.11 Hasil pengujian kompresi spesimen tanpa styrofoam..... | 59 |
| Tabel 4.12 Hasil pengujian kompresi spesimen ditambah styrofoam..... | 59 |



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sampah telah menjadi permasalahan lingkungan hidup yang dihadapi oleh masyarakat Indonesia dan dunia. Setiap manusia di dunia setiap harinya membuang sampah ke lingkungan dengan jenis yang berbeda-beda. Dari berbagai jenis sampah yang dibuang tersebut plastik masih menjadi penyumbang terbesar sampah di dunia. Di Indonesia khususnya, kebutuhan plastik terus meningkat hingga mengalami kenaikan rata-rata 200 ton per tahun. Tahun 2002, tercatat 1,9 juta ton, di tahun 2003 naik menjadi 2,1 juta ton, selanjutnya tahun 2004 naik lagi menjadi 2,3 juta ton per tahun. Di tahun 2010, 2,4 juta ton, dan pada tahun 2011, sudah meningkat menjadi 2,6 juta ton (Untoro, 2013). Akibat dari peningkatan penggunaan plastik ini adalah bertambah pula sampah plastik. Berdasarkan asumsi Kementerian Lingkungan Hidup (KLH), setiap hari penduduk Indonesia menghasilkan 0,8 kg sampah per orang atau secara total sebanyak 189 ribu ton sampah/hari. Dari jumlah tersebut 15% berupa sampah plastik atau sejumlah 28,4 ribu ton sampah plastik/hari (Surono, 2013).

Pembuangan sampah plastik dianggap menjadi masalah yang besar karena sifat *non-biodegradability* yang tinggi dan jumlahnya yang sangat banyak. Oleh karena itu, perlu adanya manajemen pengolahan sampah plastik dan metode alternatif yang ramah lingkungan untuk mengolah dan meningkatkan nilai dari sampah plastik tersebut.

Berbagai macam cara telah dicoba untuk memecahkan permasalahan besar yang sering dianggap sepele ini. Banyak dari mereka yang mengolah sampah plastik menjadi barang baru atau cinderamata. Namun solusi tersebut dirasa kurang ampuh untuk mengurangi jumlah sampah plastik yang begitu banyak. Ilmuwan telah menemukan cara untuk mengurangi sampah plastik dalam jumlah yang besar dengan cara menggunakannya untuk proses



pembuatan material konstruksi. Sampah plastik yang ada dibuat material konstruksi berupa paving block, aspal, beton, genteng dan lain sebagainya.

Dalam penelitian ini dilakukan variasi jumlah plastik LDPE, resin melamina dan *styrofoam* untuk mendapatkan variasi komposisi yang paling optimal yang memiliki sifat fisis dan mekanik terbaik yang kemudian digunakan untuk pembuatan komposit material konstruksi.

1.2 Perumusan Masalah

Masalah yang terdapat dalam penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana pengaruh penambahan Resin Melamina terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran LDPE dan pasir?
2. Bagaimana pengaruh penambahan Styrofoam terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran LDPE, pasir dan Resin Melamina?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Kadar uap air dan gas pada atmosfer dianggap tidak berpengaruh.
2. Pengotor pada saat pencampuran polimer dan agregat dapat diabaikan.
3. Distribusi partikel dianggap merata.
4. Nilai densitas dari air dianggap sama dengan 1 gr/cm^3

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menganalisis pengaruh penambahan Resin Melamina terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran LDPE dan pasir.



2. Menganalisis pengaruh penambahan Styrofoam terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran LDPE, pasir dan Resin Melamina.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Menciptakan komposit yang dapat memenuhi kebutuhan material konstruksi dengan penggunaan limbah plastik sebagai pengikat.
2. Memanfaatkan limbah plastik sebagai bahan dari pembuatan komposit yang dapat memberikan dampak positif kepada lingkungan dengan adanya pengurangan plastik dalam jumlah besar.
3. Dapat dijadikan alternatif untuk pengolahan limbah plastik yang efisien dan ramah lingkungan.
4. Sebagai acuan penelitian yang berkaitan di masa yang akan datang.



(Halaman sengaja dikosongkan)



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Material Komposit

Material komposit dapat didefinisikan sebagai perpaduan antara dua material atau lebih untuk mendapatkan sifat yang lebih baik dari material penyusunnya ketika berdiri sendiri. Lain halnya dengan paduan logam, material penyusun pada komposit ini tetap mempertahankan masing-masing sifat kimiawi, fisik, maupun mekaniknya satu sama lain (Campbell, 2010).

Material komposit merupakan bahan gabungan secara makro yang didefinisikan sebagai suatu sistem material yang tersusun dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur-unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan atau komposisi material yang tidak dapat dipisahkan (Schwartz, 1984).

Dengan Penggabungan dua atau lebih material yang berbeda, maka dapat diperbaiki dan dikembangkan sifat-sifat mekanik dan fisik dari material-material tersebut diantaranya adalah (Sulistijono, 2012):

- Konduktivitas Termal
- Ketahanan Fatik
- Kekuatan
- Tampilan
- Kekakuan
- Ketahanan Korosi
- Ketahanan Gesek
- Insulasi Listrik
- Berat
- Insulasi Panas

Keuntungan utama dari material komposit yaitu kekuatan dan kekakuan yang tinggi, digabungkan dengan densitas yang rendah jika dibandingkan dengan bulk material, sehingga memungkinkan untuk mendapatkan material yang lebih ringan (Campbell, 2010).



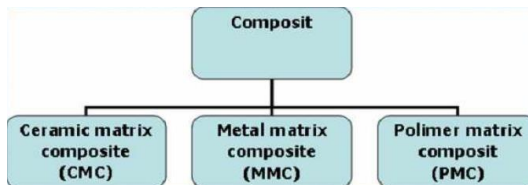
Material komposit memiliki banyak keuntungan dan kerugian, seperti yang dijelaskan di dalam tabel di bawah ini:

Tabel 2.1. Keuntungan dan kerugian dari komposit

| Keuntungan | Kerugian |
|---|---|
| Berat Berkurang | Tidak efisien biaya dan waktu untuk fabrikasi |
| Kekuatan dan kekakuan dapat beradaptasi tergantung pembebanan | Sifat bidang bidang akan melemah |
| Biaya manufaktur rendah | Kelemahan matriks, kekerasan rendah |
| Konduktivitas listrik atau thermal dapat meningkat atau menurun | Matriks akan mengakibatkan degradasi lingkungan |
| Tahan terhadap korosi | Sulit dalam mengikat |
| Kehilangan sebagian sifat dasar material | Analisa sifat mekanik dan fisik sulit dilakukan |

Klasifikasi Komposit

Berdasarkan jenis matriksnya, komposit dapat diklasifikasikan seperti Gambar 2. 2 berikut (Callister, 2008):



Gambar 2.1 Klasifikasi Komposit Berdasarkan Jenis Matriks (Callister, 2008)



a. *Polymer Matrix Composite* (PMC)

Komposit jenis ini menggunakan polimer sebagai matriksnya, dengan *fibres* sebagai *reinforcednya*.

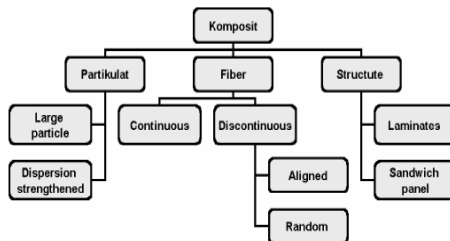
b. *Metal Matrix Composite* (MMC)

Komposit jenis ini menggunakan logam yang ulet sebagai matriksnya. Material ini dimanfaatkan pada temperatur yang lebih tinggi. Beberapa keuntungannya dibanding PMC yaitu temperatur operasinya yang lebih tinggi, *nonflammable*, dan juga lebih tahan akan degradasi oleh fluida organik.

c. *Ceramic Matrix Composite* (CMC)

Komposit jenis ini menggunakan keramik sebagai matriksnya. Secara inheren tahan terhadap oksidasi dan juga kerusakan pada temperatur tinggi. Jenis komposit ini sangat cocok untuk digunakan pada temperatur tinggi dan juga untuk aplikasi yang mengalami severe-stress, seperti komponen mobil dan juga turbin gas.

Selain itu, komposit juga dapat dibedakan berdasarkan jenis penguatnya pada Gambar 2.2 sebagai berikut:



Gambar 2.2 Klasifikasi Komposit berdasarkan Jenis Penguat (Nayiroh, 2013)



a. *Particulate Composite*

Menggunakan penguat berbentuk partikel. Peran partikel dalam komposit partikel adalah membagi beban agar terdistribusi merata dalam material dan menghambat deformasi plastik matriks yang ada di sela-sela partikel. Beberapa jenis partikel dapat dibagi menjadi seperti di bawah ini:

1. Partikulat
Aspek rasio panjang terhadap diameter kurang dari 5 mikrometer.
2. Dispersoidal
Sama seperti partikulat, bahkan diameter kurang dari 1 mikrometer.
3. Platelet
Berbentuk plat dengan rasio diameter terhadap ketebalan lebih besar dari 2 mikrometer.
4. Fiber pendek (Mat)
Berbentuk silinder dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 5 mikrometer.
5. *Whiskers*
Berupa kristal tunggal yang memanjang, dengan rasio panjang terhadap diameter lebih besar dari 10 mikrometer (Sulistijono, 2013).

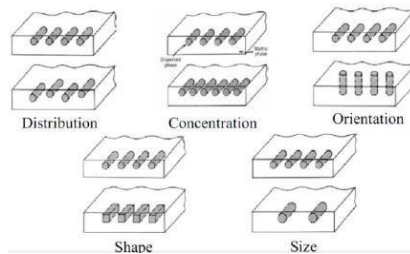
b. *Fiber Composite*

Fungsi utama dari serat adalah sebagai penopang kekuatan dari komposit, sehingga tinggi rendahnya kekuatan komposit sangat tergantung dari serat yang digunakan, karena tegangan yang dikenakan pada komposit mulanya diterima oleh matrik akan diteruskan kepada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh karena itu serat harus mempunyai tegangan tarik dan modulus elastisitas yang lebih tinggi daripada matrik penyusun komposit. Adapun parameter serat pada komposit, yaitu:



1. Distribusi
2. Konsentrasi
3. Orientasi
4. Bentuk
5. Ukuran

Parameter serat pada komposit dapat digambarkan seperti Gambar 2. 4 sebagai berikut:



Gambar 2.3 Parameter Fiber pada Komposit (Callister, 2008)

c. *Structural Composite*

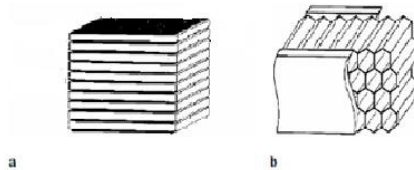
Komposit jenis ini biasanya terdiri dari material homogen, dimana sifatnya tak hanya bergantung pada konstituen materianya saja, namun juga bergantung pada desain geometrinya dari struktur elemen. Jenis ini dapat dibagi lagi menjadi:

1. *Laminar Composite*

Terdiri dari *two-dimensional sheet* yang memiliki arah *high-strength* seperti yang ditemukan pada kayu. Lapisan ditumpuk dan kemudian ditempel secara bersamaan sehingga orientasi arah *high-strength* nya bervariasi.



2. Sandwich Panels



Gambar 2.4 a. *Laminate* b. *Sandwich Panels* (Callister, 2008)

Pada Gambar 2.4 *sandwich panels* terdiri dari dua lembar luar yang kuat, atau wajah, dipisahkan oleh lapisan bahan yang kurang padat, atau inti, yang memiliki kekakuan yang lebih rendah dan kekuatan yang lebih rendah. Bagian wajah menanggung sebagian besar in-plane loading, dan juga bending stress yang melintang (Callister, 2008).

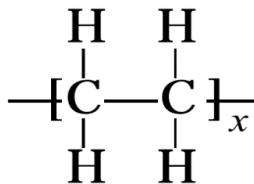
2.2 LDPE

Etilena ialah monomer paling sederhana yang akan berpolimerisasi. Melalui polimerisasi adisi yang diinisiasi radikal-bebas pada tekanan tinggi (1000-3000 atm) dan suhu tinggi (300-500°C), senyawa ini membentuk polietilena (Nachtrieb, 2003).

Polietilena yang terbentuk dengan cara ini bukanlah rantai linier yang sempurna sebagaimana tersirat dari persamaannya yang sederhana. Radikal bebas sering mencabut hidrogen dari bagian tengah rantai dalam sintesis ini, sehingga polietilennya sangat bercabang dengan rantai samping hidrokarbon yang bervariasi panjangnya. Jenis polietilena ini dinamakan polietilena kerapatan rendah (low density



polyethylene, LDPE) sebab kesulitan dalam mengemas rantai sampingnya yang tak beraturan ini menyebabkan kerapatannya lebih rendah ($<0,94 \text{ g cm}^3$) daripada polietilena linier sempurna. Ketidakteraturan ini juga membuatnya relatif lembut, sehingga kegunaan utamanya ialah dalam pembungkusan, plastik pengemas, kantung sampah, dan botol semprot, yang kelembutannya memang diinginkan, dan bukan suatu kelemahan (Nachtrieb, 2003).



Gambar 2.5 Struktur plastik Polietilena (Brazel, 2012)

Low Density Poly Etilene (LDPE) memiliki sifat mekanik yang berbeda dari HDPE, berikut ini merupakan sifat mekanik dari LDPE (Britten, 1999):

Tabel 2.2 Sifat mekanik dari Low Density Poly Etilene (LDPE)

| Property | Value | Range / Comments |
|--|-------|---|
| Density, g/cc | 0.91 | 0.910-0.925 g/cc |
| Hardness, Shore D | 44 | 41-46 Shore D |
| Tensile Strength, Yield, MPa | 10 | 4-16 MPa; ASTM D638 |
| Tensile Strength, Ultimate, MPa | 25 | 7-40 MPa |
| Modulus of Elasticity, GPa | 0.2 | 0.07-0.3 GPa; In Tension; ASTM D638 |
| Flexural Modulus, GPa | 0.4 | 0-0.7 GPa; ASTM D790 |
| Coefficient of Thermal Expansion, linear 20°C, $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$ | 30 | 20-40 $\mu\text{m/m}^\circ\text{C}$; ASTM D696 |
| Melting Point, °C | 115 | |



Pengukuran nilai densitas pada plastik sangat penting, karena densitas dapat menunjukkan struktur plastik secara umum. Aplikasi dari hal tersebut yaitu dapat dilihat kemampuan plastik dalam melindungi produk dari beberapa zat seperti air, O_2 dan CO_2 . Plastik dengan densitas yang rendah menandakan bahwa plastik tersebut memiliki struktur yang terbuka, artinya mudah atau dapat ditembusi fluida seperti air, oksigen atau CO_2 (Birley, et al. 1988). Jadi tidak seperti pada kertas, nilai densitas plastik sangat penting dalam menentukan sifat-sifat plastik yang berhubungan dengan pemakaiannya. Dalam perdagangan mungkin digunakan satuan gramatur, karena satuan ini cukup mewakili berat molekul dan luas plastik.

Secara kimia, polietilena sangat lembam. Polimer ini tidak larut dalam pelarut apapun pada suhu kamar, tetapi mengembang oleh hidrokarbon dan tetraklorometana (karbon tetraklorida). Polietilena tahan terhadap asam dan basa, tetapi dapat dirusak oleh asam nitrat pekat. Polietilena tidak tahan terhadap cahaya dan oksigen. Perombakan oleh sinar ultra-violet dapat dikurangi oleh penambahan sejumlah kecil jelaga. Bilamana dipanasi secara kuat, polietilena membentuk sambungan silang yang diikuti oleh pembelahan ikatan secara acak pada suhu lebih tinggi, tetapi depolimerisasi tidak terjadi (Cowd, 1982).

Sifat fisika polietilena tekanan tinggi dan polietilena tekanan rendah sangat berbeda. Sebagaimana telah diterangkan, pencabangan dapat menurunkan kekristalan, massa jenis, titik lunak, dan titik leleh kristalin. Polietilena bermassa jenis rendah (LDPE) bersifat kenyal, tak mudah sobek, dan tahan terhadap kelembapan dan bahan kimia, sehingga banyak dipakai untuk film ataupun pembungkus, dus, isolator listrik, pelapis kawat dan kabel, dan sebagainya. Polietilena bermassa jenis tinggi (HDPE) yang daya regang dan kekakuannya besar, digunakan untuk membuat pipa, tabung, serta berbagai bejana dan benda lainnya (Cowd, 1982).



Sifat-sifat PE secara umum dapat dijelaskan sebagai berikut (Nurminah, 2002):

1. Hubungan dengan massa jenis

Polimerisasi PE yang berbeda akan menghasilkan struktur molekul yang berbeda pula. LDPE memiliki sifat molekul yang tidak mengkristal secara baik tetapi mempunyai banyak cabang. HDPE memiliki cabang yang sedikit dan merupakan rantai lurus, sehingga massa jenisnya besar, mampu mengkristal dengan baik dan memiliki kristanilitas yang tinggi. Kristanilitas yang baik akan mempunyai gaya antar molekul kuat, sehingga memiliki kekuatan mekanik dan titik lunak yang tinggi.

2. Hubungan dengan berat molekul

Material dengan sifat kristalinitas yang sama, karakteristik mekanik dan kemampuan proses akan berbeda. Kondisi ini akan dipengaruhi oleh berat molekul. Berat molekul kecil akan memiliki sifat mencair lebih baik, namun ketahanan akan zat pelarut dan kekuatannya menurun.

3. Sifat-sifat listrik

PE merupakan senyawa non polar dengan sifat listrik yang baik, sehingga dimanfaatkan sebagai bahan isolasi untuk radar, TV dan berbagai alat komunikasi.

4. Sifat-sifat kimia

PE stabil terhadap beberapa sifat kimia kecuali dengan kalida dan oksida kuat. PE larut dalam hidrokarbon terklorinasi diatas suhu 70°C, tetapi tidak ada pelarut yang dapat melarutkan PE secara sempurna pada suhu biasa.



5. Permeabilitas gas

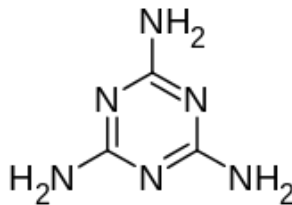
PE sangat sukar ditembus air, tetapi mempunyai permeabilitas cukup tinggi terhadap CO₂, pelarut organik, parfum dan sebagainya. HDPE bersifat kurang permeabel dibandingkan LDPE.

6. Kemampuan olah

PE mudah diolah dan dapat dicetak dengan penekanan, injeksi, ekstrusi peniupan dan dengan hampa udara, namun penyusutannya cukup tinggi.

2.3 Resin Melamina

Resin melamin-formaldehida diperkenalkan di Jerman oleh Henkel pada tahun 1935. Resin ini termasuk dalam golongan resin amino yang diproduksi melalui reaksi polikondensasi antara melamin dan formaldehida. Dibanding resin amino lainnya, seperti resin urea-formaldehida, mempunyai kelebihan yakni transparan; kekerasan(hardeness) yang lebih baik; stabilitas termal yang tinggi; tahan terhadap air, bahan kimia, dan goresan; dan bersifat sebagai *flame retardant*. Dari kelebihan ini, penggunaan resin ini sangat luas, seperti pada industri perekat, tekstil, laminasi, kertas, pelapisan permukaan (*surface coatings*), *moulding* dan sebagainya.



Gambar 2.6 Ikatan kimia dari Melamina



Beikut ini adalah sifat mekanik dan sifat fisis dari Melamina (makeitfrom.com):

Tabel 2.3 Sifat mekanik dan sifat fisis dari material Melamina

| Property | Value |
|----------------------------------|-------------------------|
| Density | 1.574 g/cm ³ |
| Melting Point | 345 °C |
| Tensile Strength: Ultimate (UTS) | 30 MPa |
| Thermal Conductivity | 0.5 W/m-K |
| Elongation at Break | 1.0 % |

2.4 Styrofoam (Polistirena)

Polistirena adalah salah satu contoh polimer adisi yang disintesis dari monomer stirena. Pada suhu ruangan, polistirena biasanya bersifat termoplastik padat dan dapat mencair pada suhu yang lebih tinggi sehingga dapat dimolding atau 'extrusion', kemudian kembali menjadi padat (Rina, 2008). Polistirena merupakan polimer sintetik yang transparan dengan sifat fisik dan sifat termal yang baik, dan relatif tahan terhadap degradasi baik oleh mikroorganisme di dalam tanah maupun oleh sinar matahari.

Polistirena pertama kali dibuat pada tahun 1839 oleh Eduard Simon, seorang apoteker Jerman, melalui isolasi dari resin alami. Seorang kimiawan organik Jerman lainnya, Hermann Staudinger, menemukan bahwa polistirena tersebut terdiri dari rantai panjang molekul stirena. Polistirena mula-mula berkembang pada tahun 1930-an, dan dikenal dalam dunia

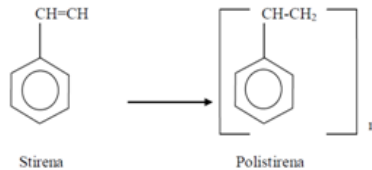


perdagangan sebagai bahan isolator listrik yang sangat baik, kemudian dalam perkembangannya polistirena merupakan bahan plastik yang komersial dan dapat digunakan dalam berbagai aplikasi misalnya tempat penyimpanan makanan, pengepakan (packing) dan lain- lain.

Polistirena merupakan polimer yang mempunyai sifat transparan, kaku dan getas dan memiliki kestabilan dimensional yang baik sehingga polistirena sangat sulit mengalami perubahan bentuk. Disamping itu juga polistirena memiliki absorpsi yang sangat rendah terhadap uap air, asam, basa, alkohol dan detergen. Polistirena yang bebas dari aditif bersifat non-toksik serta tidak menunjang terjadinya pertumbuhan jamur dan bakteri.

Keunggulan lain dari polistirena adalah polistirena mempunyai ketahanan yang baik terhadap panas, memiliki temperatur transisi gelas berkisar 100 °C dan titik lelehnya 230 – 240 °C.⁷ Polistirena tahan terhadap cahaya, akan tetapi bersifat rapuh bila diradiasi dengan sinar UV setelah 350 jam. Walaupun terjadi pemutusan rantai makromolekul akibat radiasi sinar UV, akan tetapi distribusi berat molekulnya tidak berubah. (Rina, 2008)

Sifat dari suatu polimer ditentukan oleh struktur polimer dan susunan rantainya. Jika struktur rantai polimer tersusun secara acak, maka polimer tersebut digolongkan sebagai polimer ataktik, dan polimer ataktik biasanya dibuat dengan metode polimerisasi radikal bebas. Jika polistirena disintesis menggunakan katalis Ziegler-Natta maka dihasilkan polistirena yang bersifat isotaktik. Pada umumnya polistirena yang dihasilkan bersifat amorf dan semikristalin. Struktur polistirena dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Struktur polistirena

Namun kekurangan dari sifat polistirena adalah umumnya larut dalam pelarut hidrokarbon baik alifatik maupun aromatik, sehingga polistirena harus dihindarkan dari beberapa bahan makanan seperti mentega dan minyak kelapa yang berperan sebagai pelarut organik karena polistirena merupakan polimer yang bersifat non polar, dan pelarut yang terklorinasi juga akan dapat merusak permukaan polistirena (Rina, 2008). Berikut ini adalah sifat mekanik dan sifat fisis dari polistirena (makeitfrom.com):

Tabel 2.4 Sifat mekanik dan sifat fisis dari material polistirena

| Property | Value |
|---------------------------|-----------------------|
| Density | 1.0 g/cm ³ |
| Melting Point | 240 °C |
| Ultimate Tensile Strength | 32 to 44 MPa |
| Thermal Conductivity | 0.14 to 0.22 W/m-K |
| Elongation at Break | 1.8 to 40 % |



2.5 Material Konstruksi

2.5.1 Beton Struktural

Beton adalah suatu campuran yang terdiri dari pasir, kerikil, batu pecah, atau agregat-agregat lain yang dicampur menjadi satu dengan suatu pasta yang terbuat dari semen dan air membentuk suatu massa mirip batuan. Terkadang, satu atau lebih bahan aditif ditambahkan untuk menghasilkan beton dengan karakteristik tertentu, seperti kemudahan pengerjaan (*workability*), durabilitas dan waktu pengerasan. (Mc Cormac, 2004).

Dalam pelaksanaannya, terdapat dua jenis beton yang diketahui dalam suatu bangunan, yaitu beton struktural dan beton non struktural. Yang dimaksud dengan beton Struktural adalah beton yang menerima beban struktur sehingga dalam pengerjaannya memerlukan perhitungan khusus dengan spesifikasi khusus material-material yang ada di dalamnya. Beton jenis ini biasanya berada di posisi pondasi, kolom, sloof, balok, plat lantai, tangga dan ring balok.

Beton didapat dari pencampuran bahan-bahan agregat halus dan kasar yaitu pasir, batu, batu pecah, atau bahan semacam lainnya dengan menambahkan secukupnya bahan perekat semen, dan air sebagai bahan pembantu guna keperluan reaksi kimia selama proses pengerasan dan perawatan beton berlangsung (Dipohusodo, 1999).

Menurut Mc Cormac (2004), ada banyak kelebihan dari beton sebagai struktur bangunan diantaranya adalah:

1. Beton memiliki kuat tekan lebih tinggi dibandingkan dengan kebanyakan bahan lain.



2. Beton bertulang mempunyai ketahanan yang tinggi terhadap api dan air, bahkan merupakan bahan struktur terbaik untuk bangunan yang banyak bersentuhan dengan air. Pada peristiwa kebakaran dengan intensitas rata-rata, batang-batang struktur dengan ketebalan penutup beton yang memadai sebagai pelindung tulangan hanya mengalami kerusakan pada permukaannya saja tanpa mengalami keruntuhan.

3. Beton bertulang tidak memerlukan biaya pemeliharaan yang tinggi.

4. Beton biasanya merupakan satu-satunya bahan yang ekonomis untuk pondasi telapak, dinding basement, dan tiang tumpuan jembatan.

5. Salah satu ciri khas beton adalah kemampuannya untuk dicetak menjadi bentuk yang beragam, mulai dari pelat, balok, kolom yang sederhana sampai atap kubah dan cangkang besar.

6. Di bagian besar daerah, beton terbuat dari bahan-bahan lokal yang murah (pasir, kerikil, dan air) dan relatif hanya membutuhkan sedikit semen dan tulangan baja, yang mungkin saja harus didatangkan dari daerah lain.

Lebih lanjut, Mc Cormac (2004), juga menyatakan kekurangan dari penggunaan beton sebagai suatu bahan struktur yaitu:

1. Beton memiliki kuat tarik yang sangat rendah, sehingga memerlukan penggunaan tulangan tarik.

2. Beton bertulang memerlukan bekisting untuk menahan beton tetap ditempatnya sampai beton tersebut mengeras.

3. Rendahnya kekuatan per satuan berat dari beton mengakibatkan beton bertulang menjadi berat. Ini akan sangat



berpengaruh pada struktur bentang panjang dimana berat beban mati beton yang besar akan sangat mempengaruhi momen lentur.

4. Rendahnya kekuatan per satuan volume mengakibatkan beton akan berukuran relatif besar, hal penting yang harus dipertimbangkan untuk bangunan-bangunan tinggi dan struktur-struktur berbentuk panjang.

5. Sifat-sifat beton sangat bervariasi karena bervariasinya proporsi campuran dan pengadukannya. Selain itu, penuangan dan perawatan beton tidak bisa ditangani setelah seperti yang dilakukan pada proses produksi material lain seperti baja dan kayu lapis.

Berikut ini adalah sifat mekanik dari beton structural (Melecot, 2010):

Tabel 2.5 Sifat Mekanik dari Beton structural

| Mechanical properties of the concretes | |
|---|-------|
| Average tested strength after 28 days (MPa) | 29 |
| Average slump measured using the Abrams cone (cm) | 7 |
| Volume of entrained air in fresh concrete (%) | 3.4 |
| Porosity accessible to water (%) | 12 |
| W/C ratio | 0.64 |
| Cement paste volume V_p (m^3/m^3) | 0.252 |

2.5.2 Paving Block

Bata beton (*paving block*) adalah suatu komposisi bahan bangunan yang dibuat dari campuran semen portland atau bahan perekat hidrolis sejenisnya, air dan agregat dengan atau tanpa bahan tambahan lainnya yang tidak mengurangi mutu bata beton itu. Paving Blok sering diaplikasikan pada jalan, tempat parkir ataupun taman.



2.5.2.1 Kalsifikasi

Paving Blok diklasifikasikan menjadi 4 mutu sesuai dengan aplikasi yang digunakan yaitu,

- Bata beton mutu A : digunakan untuk jalan
- Bata beton mutu B : digunakan untuk peralatan parkir
- Bata beton mutu C : digunakan untuk pejalan kaki
- Bata beton mutu D : digunakan untuk taman dan penggunaan lain.

2.5.2.2 Syarat Mutu

a. Sifat Tampak

Bata beton harus mempunyai permukaan yang rata, tidak terdapat retak-retak dan cacat, bagian sudut dan rusuknya tidak mudah direpihkan dengan kekuatan jari tangan.

b. Ukuran

Bata beton harus mempunyai ukuran tebal nominal minimum 60 mm dengan toleransi + 8%.

c. Sifat Fisik

Bata beton harus mempunyai sifat-sifat fisika seperti pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Tabel klasifikasi mutu *Paving Block* (SNI 03-0691-1996)

| Mutu | Kuat tekan (MPa) | | Ketahanan aus (mm/menit) | | Penyerapan air rata-rata maks. (%) |
|------|------------------|------|--------------------------|-------|------------------------------------|
| | Rata-rata | Min. | Rata-rata | Min. | |
| A | 40 | 35 | 0,090 | 0,103 | 3 |
| B | 20 | 17,0 | 0,130 | 0,149 | 6 |
| C | 15 | 12,5 | 0,160 | 0,184 | 8 |
| D | 10 | 8,5 | 0,219 | 0,251 | 10 |



2.5.3 Beton Ringan

Beton ringan merupakan beton yang mempunyai berat jenis beton yang lebih kecil dari beton normal. Pada dasarnya, semua jenis beton ringan dibuat dengan kandungan rongga dalam beton dengan jumlah besar. Menurut SNI-03- 2847-2002, beton ringan adalah beton yang mengandung agregat ringan dan mempunyai berat jenis tidak lebih dari 1900 kg/m^3 . Oleh karena itu, berdasarkan cara mendapatkan beton ringan menurut Tjokrodimuljo (1996), beton ringan dapat dibedakan menjadi 3 jenis dasar sebagai berikut:

1. Beton agregat ringan.
2. Beton busa.
3. Beton tanpa agregat halus (non pasir).

Menurut Tjokrodimuljo (2003), beton ringan adalah beton yang mempunyai berat jenis beton antara $1000\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$. Berdasarkan berat jenis dan pemakaiannya beton dapat dikelompokkan menjadi empat kelompok seperti yang ditunjukkan dalam Tabel 2.7

Tabel 2.7 Jenis-jenis Beton Berdasarkan Berat Jenis dan Pemakaiannya

| Jenis Beton | Berat Jenis Beton (kg/m^3) | Pemakaian |
|---------------------|--|-----------------|
| Beton sangat ringan | < 1000 | Non struktur |
| Beton ringan | $1000\text{-}2000$ | Struktur ringan |
| Beton normal | $2300\text{-}2500$ | Struktur |
| Beton berat | > 3000 | Perisai sinar X |

Sumber: Tjokrodimuljo, K (2003)

Menurut SK SNI 03-3449-2002 beton yang memakai agregat ringan atau campuran agregat kasar ringan dan pasir



alami sebagai pengganti agregat halus ringan dengan ketentuan beton dengan berat jenis di bawah 1850 kg/m^3 dan harus memenuhi ketentuan kuat tekan dan kuat tarik belah beton ringan dengan tujuan structural kuat tekan minimum $17,24 \text{ MPa}$ dan maksimum $41,36 \text{ MPa}$. Sedangkan beton isolasi adalah beton ringan yang mempunyai berat isi kering oven maksimum 1440 kg/m^3 . Dengan kuat tekan maksimum $17,24 \text{ MPa}$ dan kuat tekan minimumnya adalah $6,68 \text{ MPa}$. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.8.



Tabel 2.8 Jenis-jenis Beton Ringan Berdasarkan Kuat Tekan, Berat Beton, dan Agregat Penyusunnya.

| Konstruksi Beton Ringan | Beton Ringan | | Jenis Agregat Ringan |
|---|------------------|--------------------------------|--|
| | Kuat Tekan (MPa) | Berat Isi (kg/m ³) | |
| Struktural | | | |
| • Minimum | 17,24 | 1400 | <ul style="list-style-type: none"> • Agregat yang dibuat melalui proses pemanasan batu serpih, batu apung, batu sabak, terak besi atau abu terbang; |
| • Maksimum | 41,36 | 1850 | |
| Struktural ringan | | | |
| • Minimum | 6,89 | 800 | <ul style="list-style-type: none"> • Agregat mangan alami seperti scoria atau batu apung |
| • Maksimum | 17,24 | 1400 | |
| Struktur sangat ringan, sebagai isolasi, maksimum | | 800 | <ul style="list-style-type: none"> • Pendit atau vermikulit |

Sumber: SK SNI 03-3449-2002

Menurut Dobrowolski (1998), beton ringan mempunyai berat jenis di bawah 1900 kg/m³. Menurut Neville dan Brooks (1987), beton ringan mempunyai berat jenis di bawah 1800 kg/m³. Jenis-jenis beton ringan menurut Dobrowolski (1998) dan Neville dan Brooks (1987) dapat dikelompokkan sesuai Tabel 2.9 di bawah ini.



Tabel 2.9 Jenis-Jenis Beton Ringan Menurut Dobrowolski (1998) dan Neville and Brooks (1987)

| Sumber | Jenis Beton Ringan | Berat Jenis Beton (kg/m ³) | Kuat Tekan (MPa) |
|---------------------------|---|--|------------------|
| Dobrowolski (1998) | Beton dengan berat jenis rendah (<i>Low-Density Concretes</i>) | 240-800 | 0,35-6,9 |
| | Beton ringan dengan kekuatan menengah (<i>Moderates-Strength Lightweight Concretes</i>) | 800-1440 | 6,9-17,3 |
| | Beton ringan struktur (<i>Structural Lightweight Concretes</i>) | 1440-1900 | >17,3 |
| Neville and Brooks (1987) | Beton ringan penahan panas (<i>Insulating Concrete</i>) | <800 | 0,7-7 |
| | Beton ringan untuk pemasangan batu (<i>Masonry Concretes</i>) | 500-800 | 7-14 |
| | Beton ringan struktur (<i>Structural Lightweight Concretes</i>) | 1400-1800 | >17 |

2.6 Penelitian Sebelumnya

Jumlah plastik yang setiap harinya terus bertambah dapat menjadi masalah kesehatan dan sosial yang besar. Tempat-tempat pembuangan akhir di kota-kota besar mulai kelebihan kapasitas dan tidak dapat menampung sampah plastik dalam jumlah besar. Proses daur ulang sampah plastik yang sudah ada dinilai kurang efektif karena jumlah sampah plastik yang begitu besar tidak



sebanding dengan jumlah sampah plastik yang dapat di daur ulang.

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

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.

Pemanfaatan penambahan plastik juga tidak hanya dapat dimanfaatkan menjadi material konstruksi dan jalan seperti aspal dan beton. Ilmuwan dari *Central Building Research*



Institute di India memanfaatkan plastik untuk estetika pada pembuatan ubin. Mereka telah mengembangkan ubin jenis baru bernama *Polymers Modified Cementitious Tiles* atau *Polycem Tiles*. Teknik kompaksi dengan tekanan yang tinggi digunakan dalam pembuatan ubin jenis ini untuk mendapatkan ubin dengan kepadatan yang tinggi. Hasilnya adalah dihasilkan ubin jenis baru yang memiliki keunggulan dengan naiknya *physico-mechanical properties* dari ubin tersebut. Melalui studi DTA dan SEM diperoleh informasi bahwa hal tersebut dikarenakan adanya interaksi dari polimer dengan Ca^{2+} yang terbentuk ketika proses hidrasi semen (Asthana, 2004).

Sebuah penelitian yang dipublikasikan di *Journal of Traffic and Transportation Engineering* memberikan informasi bahwa plastik dapat dimanfaatkan untuk pembuatan beton *paving block* untuk jalanan. Mereka membandingkan performa dari *paving block* biasa dengan *paving block* yang ditambahkan karet. Riset mereka menunjukkan bahwa kekuatan kompresi *paving block* tersebut lebih kecil dibandingkan *paving block* biasa. Akan tetapi *paving block* yang ditambahkan polimer berupa karet mengalami peningkatan *flexural strength* nya. Selain itu ketahanan *impact* serta keuletan dari *paving block* yang ditambahkan karet mengalami peningkatan (Murugan, 2016).

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. Kami 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.



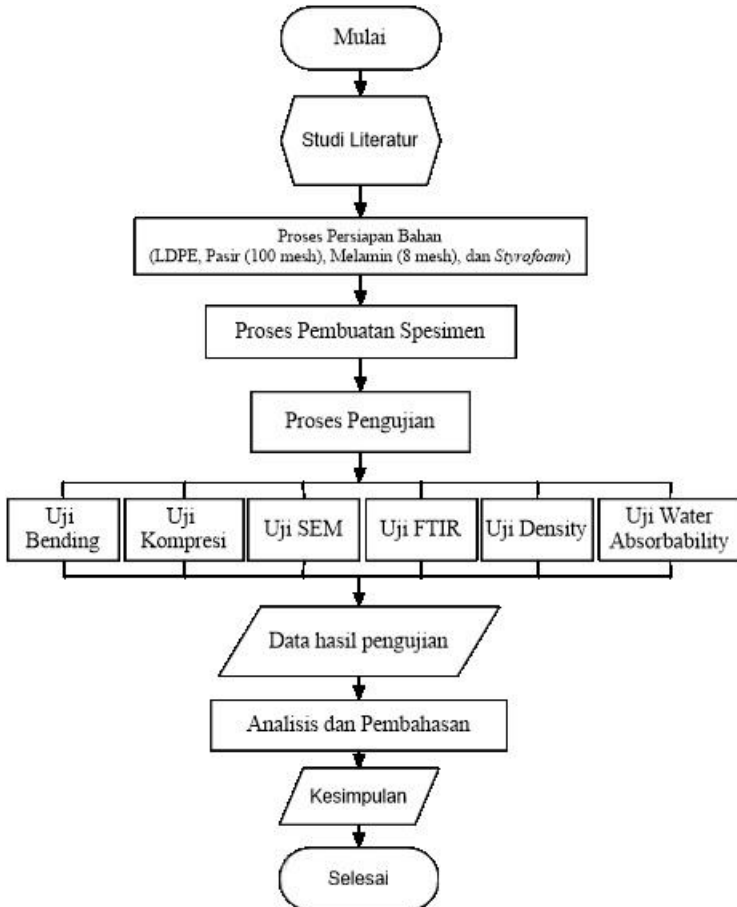
(Halaman sengaja dikosongkan)



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

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini antara lain:

1. Pasir



Gambar 3.2 Pasir

2. Limbah Plastik (LDPE)



Gambar 3.3 LDPE

3. Limbah Termoset (Resin Melamina)



Gambar 3.4 Resin Melamina



4. Limbah *Styrofoam*



Gambar 3.5 *Styrofoam*

3.2.2 Peralatan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

1. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak spesimen uji



Gambar 3.6 Cetakan pembuatan spesimen

2. Timbangan digital

Timbangan digital berfungsi untuk menimbang bahan yang akan digunakan.



Gambar 3.7 Timbangan digital



3. Kompor *Portable*

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



Gambar 3.8 Kompor *Portable*

4. Mesin *Sieving*

Mesin *sieving* yang digunakan milik Laboratorium Fisika Material di Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.9 Mesin *Sieving*



5. Mesin SEM

Mesin SEM yang digunakan milik laboratorium di Jurusan Teknik Material dan Metalurgi FTI ITS



Gambar 3.10 Mesin *Scanning Electron Microscope*

6. Mesin Uji Bending

Mesin uji bending yang digunakan milik laboratorium UNAIR.



Gambar 3.11 Mesin Uji *Bending*



7. Mesin FTIR

Mesin FTIR yang digunakan milik laboratorium di Departemen Teknik Material dan Metalurgi ITS



Gambar 3.12 Mesin FTIR

8. Mesin Uji Kompresi

Mesin uji kompresi yang digunakan milik laboratorium Beton Departemen Teknik Infrastruktur Sipil Fakultas Vokasi



Gambar 3.13 Mesin Uji Kompresi



3.3 Rancangan Penelitian

Untuk pelaksanaan percobaan, dibawah ini adalah rancangan penelitian yang dilakukan.

Tabel 3.1 Rancangan Penelitian

| No | Komposisi | | | Densifier | Pengujian | | | | | |
|----|-------------|-------------|----------------|-----------|-----------------|-----|------|---------|---------------|----------|
| | LDP E (%wt) | Pasir (%wt) | Melamina (%wt) | | Styrofoam (phr) | SEM | FTIR | Density | Absorbability | Kompresi |
| 1 | 30 | 30 | 40 | 0 | V | V | V | V | V | V |
| 2 | 35 | 30 | 35 | 0 | - | - | V | V | V | V |
| 3 | 40 | 30 | 30 | 0 | - | - | V | V | V | V |
| 4 | 45 | 30 | 25 | 0 | - | - | V | V | V | V |
| 5 | 50 | 30 | 20 | 0 | - | - | V | V | V | V |
| 6 | 30 | 30 | 40 | 10 | - | - | V | V | V | V |
| 7 | 35 | 30 | 35 | 10 | - | - | V | V | V | V |
| 8 | 40 | 30 | 30 | 10 | - | - | V | V | V | V |
| 9 | 45 | 30 | 25 | 10 | - | - | V | V | V | V |
| 10 | 50 | 30 | 20 | 10 | V | V | V | V | V | V |

3.4 Metode 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 analisa dan pembahasan yang kita lakukan.



3.4.1.1 Penanganan Pasir

1. Pasir dijemur di bawah terik matahari selama 3 jam.
2. Kemudian pasir dishieving untuk didapatkan ukuran yang homogen sebesar 2 mesh.

3.4.1.2 Pengolahan Sampah Plastik LDPE dan Styrofoam

1. Sampah plastik LDPE dan *Styrofoam* dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaannya.
2. Sampah plastic LDPE dan *Styrofoam* dijemur di bawah sinar matahari sampai kering untuk menghilangkan kandungan air.
3. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah plastik untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil sehingga mudah dalam proses pelelehan.

1. Pengolahan Sampah Plastik Resin Melamina

1. Sampah plastik resin melamina dicuci sampai bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaannya.
2. Sampah plastik resin melamina dijemur di bawah sinar matahari selama 3 jam untuk menghilangkan kandungan air.
3. Melakukan *mechanical crushing* dengan mesin pencacah plastik untuk mendapatkan ukuran yang lebih kecil sehingga mudah dalam proses pelelehan.
4. Melakukan proses *shieving* untuk mendapatkan ukuran yang sama dengan pasir yaitu 2 mesh.

3.4.1.3 Pembuatan Komposit

1. Pembuatan spesimen dilakukan dengan menimbang berat dari plastik (LDPE, Resin Melamina dan *Styrofoam*) sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
 2. Kemudian menimbang berat dari pasir dan resin melamina sesuai dengan komposisi yang akan digunakan.
-



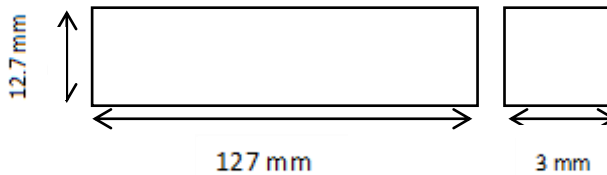
3. Plastik yang telah ditimbang kemudian dimasukkan ke dalam wajan untuk dipanaskan menggunakan panas dari kompor hingga menjadi fasa liquid.
4. *Blowtorch* digunakan untuk memanaskan plastik melalui bagian atas dari wajan agar proses pelelehan berjalan lebih cepat dan efisien.
5. Setelah semua bagian dari plastik meleleh dan mencair, pasir dan melamina dimasukkan sesuai dengan komposisi yang diinginkan.
6. Pengadukan campuran plastik, pasir dan resin melamina menggunakan spatula sampai seluruh campuran tercampur secara merata.
7. Setelah semua campuran tercampur secara merata, campuran plastik, pasir, dan resin melamina yang telah menjadi komposit dituang ke dalam cetakan untuk mendapatkan bentuk yang diinginkan.
8. Komposit yang telah dicetak kemudian didinginkan hingga semua bagian menjadi solid.
9. Spesimen dikeluarkan dari cetakan.

3.4.2 Proses Pengujian

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

3.4.2.1 Pengujian *Bending*

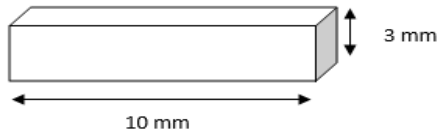
Kekuatan lentur digunakan untuk menunjukkan kekakuan dari suatu material ketika dibengkokkan. Pengujian kelenturan dilakukan dengan metode *threepoint bend*, dimana spesimen diletakan pada kedua tumpuan dan dilakukan pembebanan ditengah spesimen. Mesin yang digunakan adalah mesin uji bending milik Unair Surabaya. Prosedur pengujian menurut standar ASTM D790. Dimensi spesimen yang diuji sesuai standart tersebut ialah sebesar 127x12.7x3 mm.



Gambar 3.14 Dimensi spesimen uji Bending

3.4.2.2 Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*)

Pengujian SEM bertujuan untuk mempelajari morphology (sifat permukaan), ukuran partikel dan pori, serta bentuk partikel suatu material. Pengujian ini didasarkan pada standard ASTM E2809.



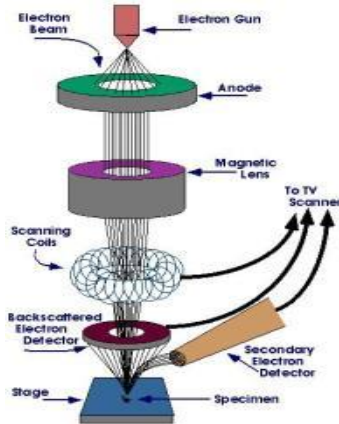
Gambar 3.15 Dimensi spesimen Uji Morfologi

Pengujian SEM (*Scanning Electron Microscope*) menggunakan mesin SEM menggunakan hamburan elektron dalam membentuk bayangan. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi 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



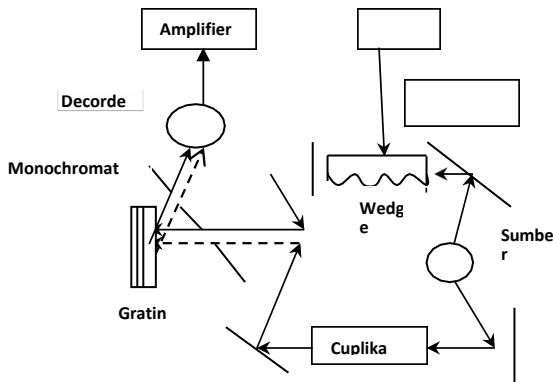
sistem kontrol sehingga dapat dilihat gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar. 3.16 Prinsip Kerja SEM

3.4.2.3 Uji FTIR

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



Gambar 3.17 Skema mesin uji FTIR

Adapun cara kerja FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh rekorder. Selanjutnya diperlukan amplifi er bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah. Standar yang digunakan adalah ASTM E1252. Pengujian dilakukan di Laboratorium Karakteristik Material Jurusan Teknik Material dan Metalurgi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

3.4.2.4 Uji Densitas

Densitas adalah pengukuran massa setiap satuan volume benda. Semakin tinggi densitas (massa jenis) suatu benda, maka semakin besar pula setiap volumenya. Densitas rata-rata setiap benda merupakan total massa dibagi dengan total volumenya. Sebuah benda yang memiliki densitas lebih tinggi akan memiliki volume



yang lebih rendah dari pada benda yang bermassa sama yang memiliki densitas yang lebih rendah. Untuk pengukuran densitas batako menggunakan metode Archimedes mengacu pada standard ASTM C 134-95 dalam Murdock (1991) dan dihitung dengan persamaan:

$$P_{pc} = \frac{m_s}{(m_g - m_k)}$$

Keterangan:

P_{pc} = densitas (gr/cm³)

m_s = massa sampel kering (gr)

m_g = massa sampel digantung didalam air

m_k = massa kawat penggantung (gr)

P_{air} = densitas air = 1 (gr/cm³).

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 taidak boleh menyentuh dasar gelas. Setelah kita dapatkan massa spesimen yang menggantung tersebut kita dapat mengetahui volume spesimen yang ada dengan cara membaginya dengan massa jenis dari akuades. Setelah semuanya diketahui maka nilai densitas dapat dihitung menggunakan persamaan diatas. Akan tetapi nilai massa kawat penggantung (m_k) diabaikan karena nilainya yang terlalu kecil.

3.4.2.5 Pengujian *Water Absorbability*

Pengujian angka penyerapan 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, ketika agregat tersebut dianggap telah cukup lama kontak dengan air sehingga air telah menyerap penuh. Standar laboratorium untuk penyerapan akan diperoleh setelah merendam agregat yang kering ke dalam air selama (24+4) jam. Agregat yang diambil dari bawah muka air tanah akan memiliki nilai penyerapan yang lebih besar bila tidak dibiarkan mengering. Sebaliknya, beberapa jenis agregat mungkin saja mengandung kadar air yang lebih kecil bila dibandingkan dengan yang pada kondisi terendam selama 15 jam. Untuk agregat yang telah kontak dengan air dan terdapat air bebas pada permukaan partikelnya, presentase air bebasnya dapat ditentukan dengan mengurangi penyerapan dari kadar air total. Standar yang digunakan adalah ASTM D570.

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

Keterangan:

A = berat basah (gram)

B = berat kering (gram)

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 temperature 50° C dan kemudian ditimbang untuk mengetahui berat kering dari spesimen tersebut. Kemudian data yang ada dimasukkan ke persamaan diatas untuk mengetahui nilai *Water absorbability*-nya.



3.4.2.6 Pengujian Kuat Tekan

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 standard yang digunakan adalah SNI 03-0691-1996. Untuk mengetahui tegangan hancur dari benda uji tersebut dilakukan dengan perhitungan:

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

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan (mm²)

Sebelum dilakukan proses uji kompresi, spesimen yang ada ditimbang terlebih dahulu untuk mengetahui berat dari masing-masing spesimen. Setelah itu dilakukan proses uji kompresi dan didapatkan data berupa berat tekan dalam satuan (Ton) yang kemudian di konversi menjadi satuan Newton. Setelah didapatkan data berupa beban tekan dalam Newton, kemudian data yang ada dimasukkan ke dalam persamaan di atas untuk menghitung kuat tekan dari masing-masing spesimen.



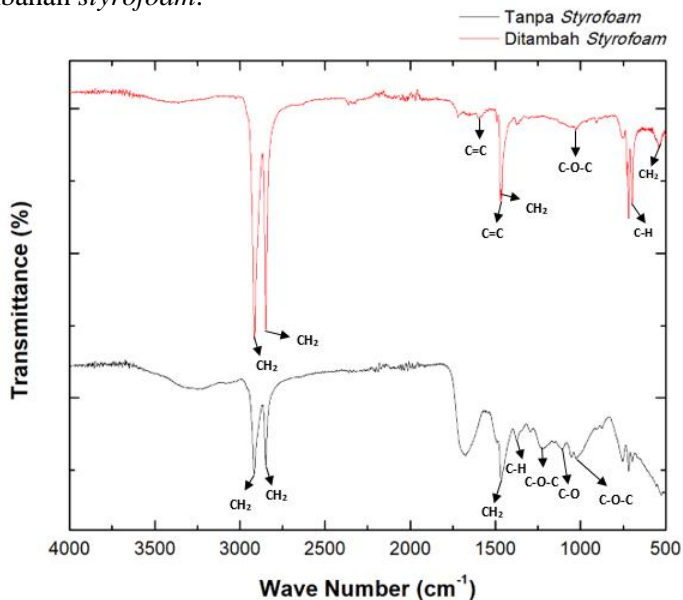
(Halaman sengaja dikosongkan)



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)

Gambar 4.1 menunjukkan hasil uji FTIR dengan 2 sampel yang berbeda. Grafik berwarna hitam merupakan hasil uji FTIR dari spesimen tanpa adanya penambahan *styrofoam*. Sedangkan grafik berwarna merah merupakan hasil uji FTIR dengan adanya penambahan *styrofoam*.



Gambar 4.1 Hasil uji FTIR pada spesimen tanpa *styrofoam* dan spesimen dengan penambahan *styrofoam*.

Pada gambar 4.1 menunjukkan hasil uji FTIR penyusun LDPE, melamin, pasir dan *styrofoam*. Grafik bergaris warna hitam tersebut terlihat ikatan CH₂ pada puncak gelombang tertinggi pada 2915 cm⁻¹, pada 2848 cm⁻¹ yang peak-peak tersebut



adalah peak dari LDPE (Gulmine, 2002). Ikatan CH_2 pada 1464 cm^{-1} adalah peak dari LDPE (Soo Jin, 2013).

Terdapat juga ikatan C-O-C pada puncak gelombang 1221 cm^{-1} yang merupakan peak dari LDPE (Thayse, 2015) dan ikatan C-O-C pada 1026 cm^{-1} yang merupakan peak dari melamin (Abrose, 2013). Selain itu juga terdapat ikatan C-H pada puncak gelombang 1376 cm^{-1} yang merupakan peak dari melamin (Cakic, 2012) dan ikatan C-O pada puncak gelombang 1107 cm^{-1} yang merupakan peak dari melamin (Abrose, 2013).

Tabel 4.1 Daerah serapan LDPE dan melamin

| Wavenumber (cm^{-1}) | Ikatan | Gugus | Peak dari |
|---------------------------------|---------------|--------|-----------|
| 1026 | C-O-C | Eter | Melamin |
| 1107 | C-O | Alkana | Melamin |
| 1221 | C-O-C | Eter | LDPE |
| 1376 | C-H | Alkana | Melamin |
| 1464 | CH_2 | Alkana | LDPE |
| 2848 | CH_2 | Alkana | LDPE |
| 2915 | CH_2 | Alkana | LDPE |

Pada gambar 4.1 grafik bergaris warna merah merupakan hasil FTIR dari spesimen dengan penambahan *styrofoam*. Pada grafik tersebut terlihat ikatan CH_2 pada puncak gelombang tertinggi pada 2913 cm^{-1} , pada 2847 cm^{-1} ang peak-peak tersebut adalah peak dari LDPE (Gulmine, 2002). Ikatan CH_2 pada 1462 cm^{-1} adalah peak dari LDPE (Soo Jin, 2013). Terdapat juga ikatan C-O-C pada puncak gelombang 1029 cm^{-1} yang merupakan peak dari melamin (Abrose, 2013). Selain itu juga terdapat ikatan C-H pada puncak gelombang 696 cm^{-1} dan ikatan C-C pada puncak gelombang 1599 dan 1471 cm^{-1} yang ketiga peak tersebut adalah peak dari styrofoam (Obada, 2013).



Tabel 4.2 Daerah serapan LDPE, melamin dan *styrofoam*

| Wavenumber (cm ⁻¹) | Ikatan | Gugus | Peak dari |
|--------------------------------|-----------------|----------|------------------|
| 696 | C-H | Alkana | <i>Styrofoam</i> |
| 1029 | C-O-C | Eter | Melamin |
| 1462 | CH ₂ | Alkana | LDPE |
| 1471 | C=C | Aromatik | <i>Styrofoam</i> |
| 1599 | C=C | Aromatik | <i>Styrofoam</i> |
| 2847 | CH ₂ | Alkana | LDPE |
| 2913 | CH ₂ | Alkana | LDPE |

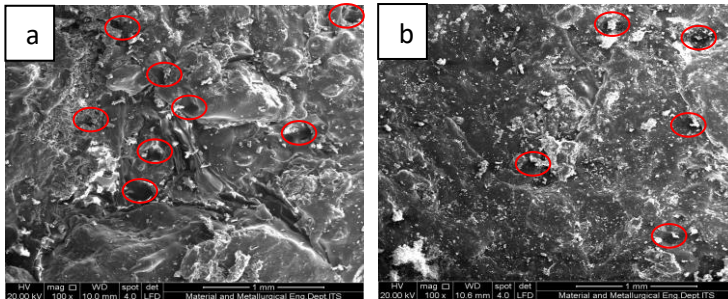
Grafik keduanya pada gambar 4.1 secara garis besar memiliki gelombang yang sama. Hal tersebut dapat mengindikasikan tidak terjadi reaksi antara LDPE, Melamin dan *styrofoam* (Astrit, 2016). Perbedaan peak terjadi pada 696, 1471 dan 1599 cm⁻¹ pada grafik spesimen dengan penambahan *styrofoam*. Ketika peak tersebut merupakan *peak* dari *styrofoam* sedangkan pada grafik yang bawah tidak muncul ketiga peak tersebut karena spesimen tersebut tidak ditambahkan *styrofoam*.

4.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

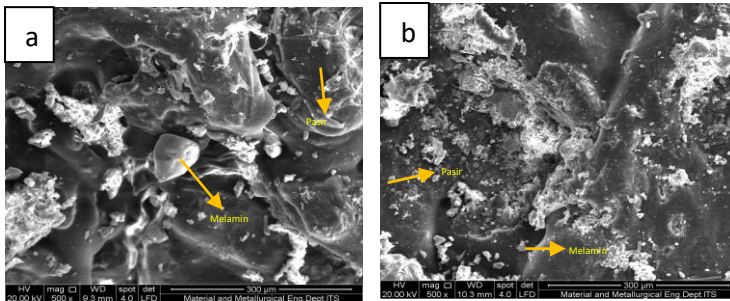
Berikut adalah hasil pengamatan morfologi dari spesimen, baik tanpa *styrofoam* maupun dengan penambahan *styrofoam* ditunjukkan dengan menggunakan *Scanning Electron Microscope*. Gambar 4.2 menunjukkan hasil SEM dengan perbesaran 100x. Pada pengamatan SEM tersebut terlihat bahwa morfologi yang dihasilkan pada spesimen dengan penambahan *styrofoam* lebih rata dibandingkan dengan spesimen nomor tanpa *styrofoam*. Spesimen dengan penambahan *styrofoam* memiliki pori yang kecil dan lebih sedikit dibandingkan spesimen tanpa *styrofoam* yang memiliki pori yang lebih banyak dengan ukuran



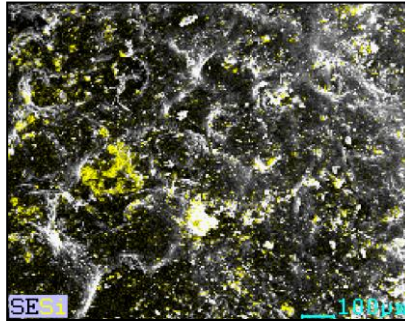
yang lebih besar. Hal tersebut dapat dilihat dari jumlah lingkaran merah yang ada di gambar 4.2.



Gambar 4.2 Hasil Uji SEM (a) Spesimen tanpa *styrofoam*, (b) spesimen dengan ditambahkan *styrofoam* dengan perbesaran 100x



Gambar 4.3 Hasil Uji SEM (a) Spesimen tanpa *styrofoam*, (b) spesimen dengan ditambahkan *styrofoam* dengan perbesaran 500x.



Gambar 4.4 Hasil uji EDAX dari spesimen dengan penambahan *styrofoam*

Pada gambar 4.3 terlihat bahwa sebagian pasir tercampur secara baik karena menyatu dengan LDPE. Selain itu juga terlihat beberapa butiran melamin yang berada di permukaan yang tidak berikatan dengan LDPE secara sempurna. Akan tetapi mayoritas pasir dan melamin terbungkus di dalam matriks LDPE. Pada gambar 4.3 a terlihat jelas melamin dengan ukuran yang cukup besar. Sedangkan pasir tidak begitu terlihat jelas karena ukurannya yang terlalu kecil. Akan tetapi kita dapat mengetahui di permukaan spesimen tersebut terdapat pasir dengan hasil Uji EDAX yang telah dilakukan. Pada gambar 4.4 pasir ditunjukkan dengan butiran yang berwarna kuning. Dan dari gambar tersebut terlihat bahwa pasir tersebar dengan cukup merata meskipun ada sebagian yang menggumpal di beberapa titik permukaan dari spesimen yang ada.

Pada gambar 4.3 juga semakin terlihat bahwa permukaan spesimen tanpa *styrofoam* lebih banyak terdapat pori dibandingkan spesimen dengan adanya penambahan *styrofoam*. Hal tersebut dikarenakan spesimen tanpa *styrofoam* memiliki fraksi berat *filler* yang lebih besar. Semakin besar fraksi berat *filler*, semakin besar spesimen komposit mengembang maka semakin besar pula pori yang terbentuk, hal ini terbukti dari



penelitian (Qomariyah, 2016). Besarnya pori dan banyaknya pori akan berpengaruh pada nilai densitas dari spesimen tersebut. Hal tersebut senada dengan yang diungkapkan oleh (Hanafi dkk 2016) bahwa peningkatan fraksi volume atau fraksi berat pada komposit cenderung menurunkan densitas dan meningkatkan porositas. Hubungan jumlah pori dan nilai densitas selanjutnya akan dibahas di sub bab 4.3.

Selain itu jumlah pori juga mempengaruhi nilai *absorbability* dari komposit yang ada. Semakin sedikit jumlah pori atau semakin menurunnya nilai porositas maka akan semakin kecil nilai *absorbabilitynya*. Dalam penelitian ini spesimen dengan penambahan *styrofoam* memiliki fraksi berat LDPE yang lebih besar yang mengakibatkan menurunnya nilai porositas dan menurunkan juga nilai *absorbailitynya*. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Kasmudjo (1983) terdahulu menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar semen (pengikat) terpakai semakin kurang kadar air dalam papan semen yang dihasilkan. Selanjutnya hubungan jumlah fraksi berat pengikat dan nilai *water absorbability* akan dibahas di sub bab 4.4.

Di sisi lain tingginya nilai porositas juga akan menurunkan nilai kuat tekan atau kompresi dari spesimen yang telah dibuat. Hal tersebut sesuai dengan yang dijelaskan oleh Gede Sutapa (2011) bahwa peningkatan persentase porositas memiliki keterkaitan terhadap penurunan kuat tekan. Mengenai hubungan antara nilai porositas dan kuat tekan akan dibahas lebih lanjut di sub bab 4.6.

4.3 Uji Densitas

Pengujian densitas dilakukan dengan cara menghitung massa dan volume dari masing-masing spesimen untuk diketahui massa jenisnya.

Tabel 4.3 berikut merupakan tabel hasil uji densitas yang dilakukan pada spesimen 1-5 tanpa *styrofoam*. Hasil pengukuran pada spesimen 1 dengan komposisi penyusun 30%wt LDPE:30%



wt Pasir:40% wt Termoset didapat densitas sebesar 1.204 g/cm^3 . Sementara pada spesimen 2 dengan komposisi penyusun 35% wt LDPE:30% wt Pasir:35% wt Termoset didapat densitas sebesar 1.190 g/cm^3 , kemudian pada spesimen 3 dengan komposisi penyusun 40% wt LDPE:30% wt Pasir:30% wt Termoset densitas menurun menjadi 1.155 g/cm^3 . Pada spesimen 4 dengan komposisi penyusun 45% wt LDPE:30% wt Pasir:25% wt Termoset didapat densitas sebesar 1.211 g/cm^3 . Sedangkan pada spesimen 5 dengan komposisi penyusun 50% wt LDPE:30% wt Pasir:20% wt Termoset densitas meningkat menjadi 1.184 g/cm^3 .

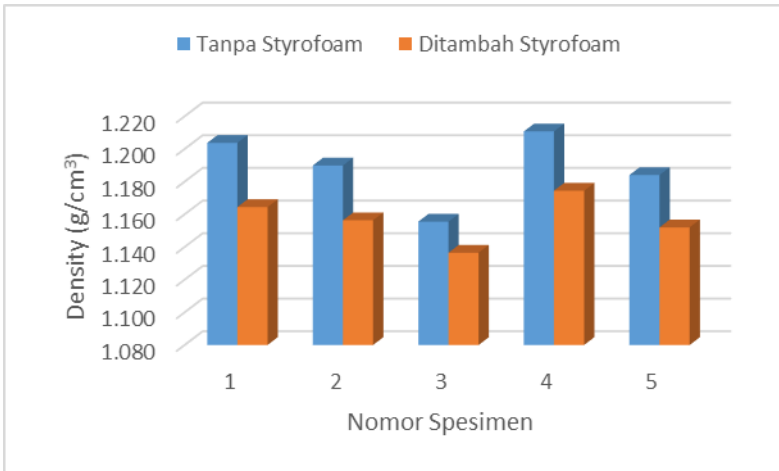
Tabel 4.4 berikut merupakan tabel hasil uji densitas yang dilakukan pada spesimen 1-5 ditambah *styrofoam*. Hasil pengukuran pada spesimen 1 dengan komposisi penyusun 30% wt LDPE:30% wt Pasir:40% wt Termoset didapat densitas sebesar 1.164 g/cm^3 . Sementara pada spesimen 2 dengan komposisi penyusun 35% wt LDPE:30% wt Pasir:35% wt Termoset didapat densitas sebesar 1.156 g/cm^3 , kemudian pada spesimen 3 dengan komposisi penyusun 40% wt LDPE:30% wt Pasir:30% wt Termoset densitas menurun menjadi 1.136 g/cm^3 . Pada spesimen 4 dengan komposisi penyusun 45% wt LDPE:30% wt Pasir:25% wt Termoset didapat densitas sebesar 1.174 g/cm^3 . Sedangkan pada spesimen 5 dengan komposisi penyusun 50% wt LDPE:30% wt Pasir:20% wt Termoset densitas meningkat menjadi 1.152 g/cm^3 .

Tabel 4.3 Hasil uji densitas spesimen tanpa *styrofoam*

| | Tanpa <i>styrofoam</i> | | | | |
|-----------------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Density (g/cm^3) | 1.204 | 1.190 | 1.155 | 1.211 | 1.184 |

Tabel 4.4 Hasil uji densitas spesimen ditambah *styrofoam*

| | Ditambah <i>styrofoam</i> | | | | |
|-----------------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Density (g/cm^3) | 1.164 | 1.156 | 1.136 | 1.174 | 1.152 |



Gambar 4.5 Hasil uji densitas

Pada hasil pengukuran dan pengujian ternyata didapatkan perbedaan hasil densitas antara spesimen tanpa styrofoam dan spesimen yang ditambahkan *styrofoam*. Dari Gambar 4.5 dapat diartikan bahwa adanya penambahan *styrofoam* menyebabkan turunnya nilai massa jenis atau densitasnya. Terbukti dengan adanya penambahan *styrofoam* maka nilai densitas akan menurun dibuktikan dengan tabel 4.3 dan table 4.4.

Hasil penelitian ini sesuai teori yang ada bahwa adanya penambahan *styrofoam* maka akan menurunkan nilai densitas atau masa jenis. Menurut Khairul Muqtadi (2014), pengaruh dari substitusi *styrofoam* dengan bahan tambah maupun tanpa bahan tambah, untuk masing-masing mutu beton mengalami penurunan berat isi (massa jenis).

Namun disisi lain hasil tersebut bertentangan dengan hasil pengujian SEM. Pada hasil pengujian SEM menunjukkan bahwa spesimen tanpa *styrofoam* memiliki jumlah pori yang banyak. Peningkatan nilai porositas akan menyebabkan turunnya



nilai densitas dari komposit tersebut. Hal tersebut sesuai yang dijelaskan oleh (Hanafi dkk 2016) bahwa peningkatan fraksi volume atau fraksi berat pada komposit cenderung menurunkan densitas dan meningkatkan porositas. Jika mengacu pada teori tersebut maka seharusnya dengan penambahan *styrofoam* akan menurunkan nilai densitas karena porositasnya berkurang. Akan tetapi dalam penelitian ini terjadi sebaliknya yaitu porositas berkurang namun densitas justru menurun. Penurunan densitas tersebut bukan dipengaruhi oleh porositas akan tetapi dipengaruhi oleh nilai dari densitas *styrofoam* yang sangat kecil.

4.4 Uji *Water Absorbability*

Selain pengujian mekanik yang telah dilakukan dibutuhkan juga pengujian fisik. Salah satunya adalah pengujian *water absorbability* untuk mengetahui kemampuan serap air dari spesimen-spesimen yang ada.

Tabel 4.5 berikut merupakan tabel hasil uji *absorbability* yang dilakukan pada spesimen 1-5 tanpa *styrofoam*. Hasil pengukuran pada spesimen 1 dengan komposisi penyusun 30% wt LDPE:30% wt Pasir:40% wt Termoset didapat nilai *water absorbability* sebesar 13.8%. Sementara pada spesimen 2 dengan komposisi penyusun 35% wt LDPE:30% wt Pasir:35% wt Termoset didapat nilai *water absorbability* sebesar 11.6%, kemudian pada spesimen 3 dengan komposisi penyusun 40% wt LDPE:30% wt Pasir:30% wt Termoset nilai *water absorbability* menurun menjadi 8.8%. Pada spesimen 4 dengan komposisi penyusun 45% wt LDPE:30% wt Pasir:25% wt Termoset didapat nilai *water absorbability* sebesar 6.7%. Sedangkan pada spesimen 5 dengan komposisi penyusun 50% wt LDPE:30% wt Pasir:20% wt Termoset nilai *water absorbability* menurun menjadi 4.8%.

Tabel 4.6 berikut merupakan tabel hasil uji *water absorbability* yang dilakukan pada spesimen 1-5 dengan penambahan *styrofoam*. Hasil pengukuran pada spesimen 1 dengan komposisi penyusun 30% wt LDPE:30% wt Pasir:40% wt



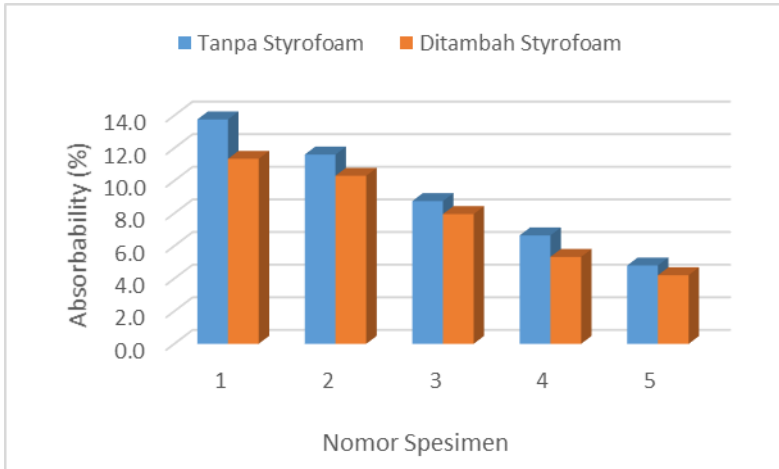
Termoset didapat densitas sebesar 11.3%. Sementara pada spesimen 2 dengan komposisi penyusun 35%wt LDPE:30% wt Pasir:35% wt Termoset didapat nilai *water absorbability* sebesar 10.3%, kemudian pada spesimen 3 dengan komposisi penyusun 40%wt LDPE:30% wt Pasir:30% wt Termoset nilai *water absorbability* menurun menjadi 8.0%. Pada spesimen 4 dengan komposisi penyusun 45%wt LDPE:30% wt Pasir:25% wt Termoset didapat nilai *water absorbability* sebesar 5.3%. Sedangkan pada spesimen 5 dengan komposisi penyusun 50%wt LDPE:30% wt Pasir:20% wt Termoset nilai *water absorbability* menurun menjadi 4.2%.

Tabel 4.5 Hasil uji *water absorbability* spesimen tanpa *styrofoam*

| | Tanpa <i>Styrofoam</i> | | | | |
|-------------------|------------------------|------|-----|-----|-----|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Absorbability (%) | 13.8 | 11.6 | 8.8 | 6.7 | 4.8 |

Tabel 4.6 Hasil uji *water absorbability* spesimen ditambah *styrofoam*

| | Ditambah <i>Styrofoam</i> | | | | |
|-------------------|---------------------------|------|-----|-----|-----|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Absorbability (%) | 11.3 | 10.3 | 8.0 | 5.3 | 4.2 |



Gambar 4.6 Hasil Uji *water Absorbability*

Pada hasil pengukuran dan pengujian ternyata didapatkan perbedaan nilai *water absorbability* antara spesimen tanpa *styrofoam* dan spesimen yang ditambahkan *styrofoam*. Dari Gambar 4.6 dapat diartikan bahwa adanya penambahan *styrofoam* menyebabkan turunnya nilai *water absorbability*-nya. Terbukti dengan adanya penambahan *styrofoam* maka nilai absorbability akan menurun dibuktikan dengan tabel 4.5 dan table 4.6.

Penurunan nilai *water absorbability* pada spesimen yang ditambahkan *styrofoam* terjadi karena penurunan jumlah porositas. Hal tersebut sesuai dengan hasil Uji SEM yang telah dilakukan dimana nilai porositas menurun dengan adanya penambahan *styrofoam*. Hubungan porositas dengan nilai *water absorbability* adalah berbanding lurus, semakin besar nilai porositas makan semakin besar pulan nilai *water absorbability*-nya. Hal tersebut sesuai dengan yang diungkapkan oleh Tumungan dkk (2017) bahwa nilai penyerapan bahan *pond ash* sangat tinggi dibanding dengan penyerapan bahan pasir dan batu



pecah, wajar apabila nilai porositas dalam campuran juga meningkat sesuai peningkatan komposisi *pond ash* nya.

Selain penambahan *styrofoam*, meningkatnya jumlah komposisi dari LDPE juga menyebabkan penurunan nilai *water absorbability*. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.6 bahwa nilai *water absorbability*-nya menurun dari spesimen 1-5. Dimana spesimen 1 adalah spesimen yang paling sedikit jumlah LDPE-nya dan meningkat jumlahnya hingga spesimen nomor 5. Semakin banyak matriks berupa LDPE maka semakin banyak celah/rongga diantara pasir dan melamin yang yang bisa diisi sehingga menurunkan jumlah pori atau nilai porositasnya. Hal tersebut sesuai dengan yang dijelaskan oleh Heru Sukanto (2008) bahwa dengan terpenuhinya rongga antar serbuk karet akan berakibat komposit menjadi lebih padat atau porositasnya rendah.

Jika mengacu pada SNI 03-0691-1996 maka komposit tanpa *styrofoam* nomor 3 masuk kualitas D, spesimen nomor 4 masuk kualitas C dan spesimen nomor 5 masuk kualitas B untuk aplikasi *paving block*. Sedangkan untuk komposit dengan penambahan *styrofoam* nomor 2 masuk kualitas D, nomor 3 masuk kualitas C sedangkan nomor 4 dan 5 masuk kualitas B untuk aplikasi *paving block*.

4.5 Uji Bending

Komposit pada penelitian ini juga membutuhkan pengujian mekanik termasuk bending guna mengetahui kemampuan mekanik komposit yang digunakan dalam penelitian ini sehingga dapat diaplikasikan pada material konstruksi.

Uji bending komposit ini dilakukan di Laboratorium Farmasi Univeritas Airlangga Surabaya. Dari pengujian kekuatan lentur yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut:

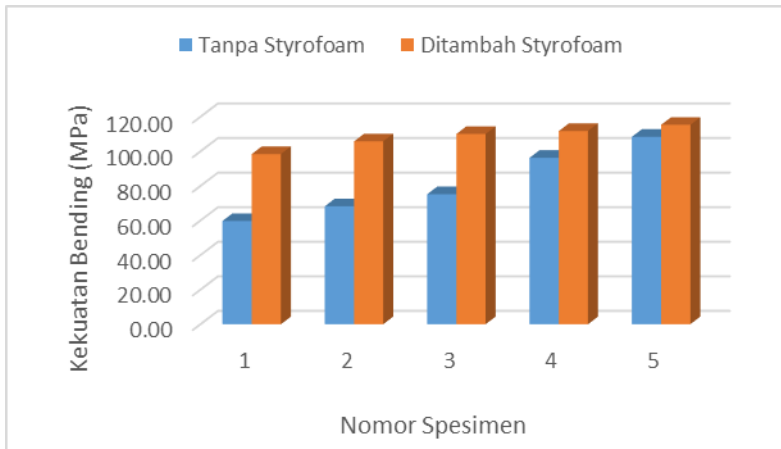


Tabel 4.7 Hasil pengujian kekuatan lentur spesimen tanpa styrofoam

| | Tanpa styrofoam | | | | |
|------------------------|-----------------|------|------|------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Kekuatan Bending (Mpa) | 59.7 | 68.2 | 75.2 | 96.3 | 108.4 |

Tabel 4.8 Hasil pengujian kekuatan lentur spesimen ditambah styrofoam

| | Ditambah styrofoam | | | | |
|------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Kekuatan Bending (Mpa) | 98.4 | 105.8 | 110.1 | 111.8 | 115.3 |



Gambar 4.7 Hasil Uji Bending

Berdasarkan Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 serta gambar 4.7 menunjukkan hasil uji bending yang telah dilakukan. Diketahui bahwa nilai kekuatan lentur tertinggi dimiliki oleh spesimen



nomor 5 yang ditambahkan *styrofoam* yaitu sebesar 115.3 MPa. Kekuatan lentur meningkat seiring bertambahnya persen berat dari LDPE. Hal ini membuktikan bahwa jika semakin banyak pengikat yang ditambahkan ke dalam komposit maka kekuatan lenturnya akan meningkat.

Pada gambar 4.7 terlihat bahwa penambahan *styrofoam* juga berpengaruh terhadap nilai dari kekuatan lentur komposit. Semua spesimen mengalami kenaikan kekuatan lentur ketika spesimen tersebut ditambahkan *styrofoam*. Hal tersebut dikarenakan *stryrofoam* yang meleleh ikut mengikat pasir dan melamin yang ada sehingga ikatan antar partikel semakin kuat. Hal tersebut sesuai dengan yang diungkapkan oleh Elsa, dkk (2016) bahwa pengaruh penambahan butiran *styrofoam* dan serat bendrat terhadap kuat lentur beton terus meningkat seiring bertambahnya kadar serat bendrat.

Namun dalam penelitian lain ada yang menyebutkan bahwa penambahan *styrofoam* pada beton akan menurunkan nilai kuat lentur dari beton. Seperti yang dijelaskan oleh Agung (2015) bahwa semakin besar volume *styrofoam* yang ditambahkan pada beton, maka semakin rendah nilai kuat lentur yang dihasilkan. Senada dengan hasil penelitian dari Dharma Giri, dkk (2008) yang menerangkan bahwa penambahan persentase *styrofoam* dalam campuran beton menambah jumlah rongga udara dalam beton yang mengakibatkan kuat tarik lentur beton menurun. Hal tersebut terjadi karena *styrofoam* yang ada masih dalam bentuk asli atau tidak meleleh seperti pada komposit yang kita gunakan sehingga banyak rongga yang ditimbulkan dengan adanya penambahan *styrofoam*.

4.6 Uji Kompresi

Sebelum dilakukan pengujian kekuatan kompresi dilakukan proses penimbangan guna mengetahui massa dari masing-masing spesimen. Dari pengujian kekuatan kompresi yang telah dilakukan, diperoleh hasil data sebagai berikut:



Tabel 4.9 Hasil massa spesimen pengujian kompresi spesimen tanpa *styrofoam*

| | Tanpa <i>styrofoam</i> | | | | |
|-----------------------|------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Massa Spesimen (gram) | 122.5 | 119.6 | 122.8 | 117.3 | 117.2 |

Tabel 4.10 Hasil massa spesimen pengujian kompresi spesimen ditambah *styrofoam*

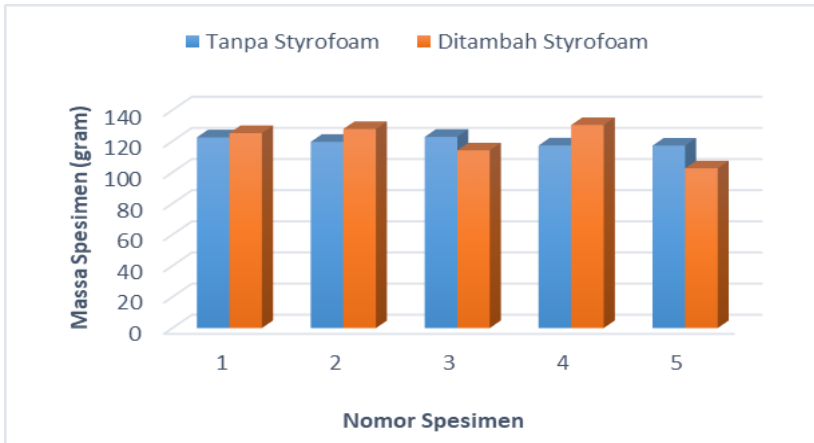
| | Ditambah <i>styrofoam</i> | | | | |
|-----------------------|---------------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Massa Spesimen (gram) | 125.2 | 127.8 | 114.1 | 130.4 | 102.6 |

Tabel 4.11 Hasil pengujian kompresi spesimen tanpa *styrofoam*

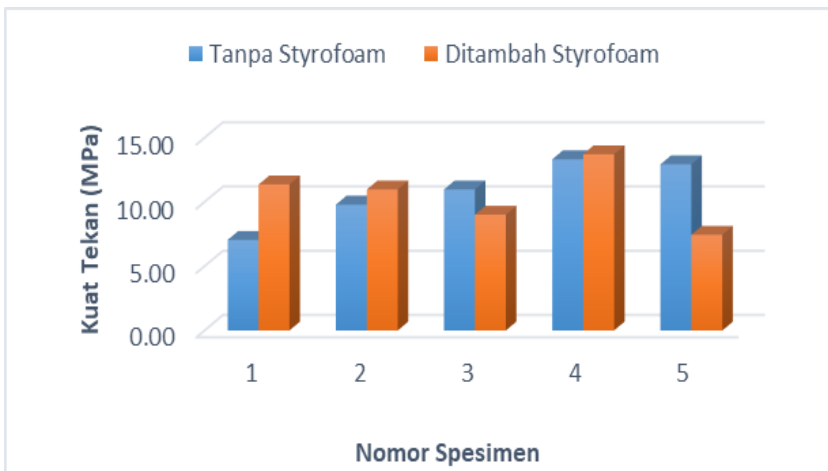
| | Tanpa <i>styrofoam</i> | | | | |
|----------------------|------------------------|------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Kekuatan Tekan (Mpa) | 7.06 | 9.80 | 10.98 | 13.33 | 12.94 |

Tabel 4.12 Hasil pengujian kompresi spesimen ditambah *styrofoam*

| | Ditambah <i>styrofoam</i> | | | | |
|----------------------|---------------------------|-------|------|-------|------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Kekuatan Tekan (Mpa) | 11.37 | 10.98 | 9.02 | 13.72 | 7.45 |



Gambar 4.8 Grafik Massa Spesimen uji Kompresi



Gambar 4.9 Grafik nilai kuat tekan dari hasil uji kompresi



Dari tabel 4.11 dan tabel 4.12 diatas dapat diketahui bahwa pada spesimen nomor 4 dengan penambahan *styrofoam* mempunyai nilai kekuatan kompresi tertinggi sebesar 13.72 MPa. Sedangkan pada spesimen nomor 1 tanpa *styrofoam* mempunyai nilai kekuatan kompresi terendah sebesar 7.06 MPa.

Berdasarkan hasil pengujian, spesimen tanpa penambahan *styrofoam* memiliki kekuatan kompresi yang meningkat seiring bertambahnya jumlah LDPE hingga spesimen nomor 4 dan menurun di spesimen nomor 5. Hal tersebut menunjukkan bahwa komposisi yang memiliki kekuatan uji kompresi terbaik adalah spesimen nomor 4 tanpa *styrofoam* dengan komposisi 45%wt LDPE:30% wt Pasir:25% wt Termoset.

Pada spesimen dengan penambahan *styrofoam* memiliki kekuatan kompresi yang tidak berbeda jauh dengan spesimen tanpa *styrofoam*. Kekuatan kompresi tertinggi dimiliki oleh spesimen nomor 4 dengan komposisi 45%wt LDPE:30% wt Pasir:25% wt Termoset: 10 phr *styrofoam* dengan nilai 13.72 MPa.

Pada Gambar 4.8 dan 4.9 dapat dilihat bahwa *tren* nilai kekuatan kompresi dari spesimen-spesimen yang ada sebanding atau sama dengan *tren* massa spesimen-spesimen. Ketika massa spesimen meningkat maka nilai kekuatan kompresinya pun ikut meningkat. Hal tersebut dikarenakan meningkatnya massa spesimen menyebabkan spesimen tersebut memiliki kepadatan yang lebih tinggi. Kepadatan yang lebih tinggi akan mengurangi porositas spesimen. Semakin padat spesimen maka spesimen tersebut semakin mampu menahan tekanan. Hal tersebut sesuai dengan yang dijelaskan oleh Gede Sutapa (2011) bahwa peningkatan persentase porositas memiliki keterkaitan terhadap penurunan kuat tekan.

Berdasarkan hasil pengujian kuat tekan tersebut maka spesimen tanpa *styrofoam* nomor 2 dan 3 masuk pada kualitas D untuk aplikasi *paving block* sedangkan spesimen nomor 4 dan 5 bisa digunakan untuk *paving block* kualitas C. Sedangkan untuk spesimen dengan penambahan *styrofoam* nomor 1, 2 dan 3 masuk



kualitas D sedangkan spesimen nomor 4 masuk kualitas C untuk pembuatan *paving block*.

Selain untuk aplikasi *paving block* spesimen-spesimen yang ada juga dapat digunakan sebagai material konstruksi untuk konstruksi beton ringan struktural ringan. Jika mengacu pada SK SNI 03-3449-2002 semua spesimen 1-5 baik tanpa *styrofoam* maupun dengan penambahan *styrofoam* dapat digunakan sebagai konstruksi beton ringan struktural ringan.

Jika mengacu pada Dobrowolski (1998) semua spesimen 1-5 baik tanpa *styrofoam* maupun dengan penambahan *styrofoam* memenuhi kriteria sebagai beton ringan dengan kekuatan menengah (*Moderates-Strength Lightweight Concretes*). Sedangkan menurut Neville and Brooks (1987) semua spesimen 1-5 baik tanpa *styrofoam* maupun dengan penambahan *styrofoam* memenuhi kriteria sebagai beton ringan untuk pemasangan batu (*Masonry Concretes*).



BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Pengaruh penambahan resin melamina terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran LDPE dan pasir adalah sebagai berikut:
 - a. Penambahan resin melamin akan mengakibatkan meningkatnya nilai densitas dari komposit.
 - b. Penambahan resin melamin menyebabkan meningkatnya nilai *water absorbability*.
 - c. Penambahan resin melamin mengakibatkan menurunnya nilai kekuatan lentur.
 - d. Penambahan resin melamin menyebabkan menurunnya nilai kuat tekan dari komposit.
2. Pengaruh penambahan *styrofoam* terhadap sifat fisis dan sifat mekanik komposit yang terbuat dari campuran LDPE, pasir dan resin melamina adalah sebagai berikut:
 - a. Penambahan *styrofoam* maka akan menyebabkan nilai densitas atau masa jenis menurun.
 - b. Penambahan *styrofoam* menyebabkan menurunnya nilai *water absorbability*.
 - c. Penambahan *styrofoam* mengakibatkan nilai kekuatan lentur meningkat.
 - d. Penambahan *styrofoam* akan meningkatkan nilai kekuatan tekan dari komposit.

Kriteria komposit yang paling cocok untuk *paving block*, beton ringan dengan kekuatan menengah, dan beton ringan untuk pemasangan batu dalam memenuhi sifat fisis dan sifat mekanik yang bagus adalah pada komposisi 45 % wt LDPE, 30 % wt Pasir, 25 % wt Melamin dan 10 phr *Styrofoam*. Karena pada komposisi



tersebut dihasilkan kriteria terbaik yang cocok untuk aplikasi material konstruksi di tersebut.

5.2 Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya:

1. Dilakukan proses kompresi pada saat proses pembuatan spesimen uji kompresi agar nilai kuat tekannya bisa meningkat.
2. Dilakukan proses penelitian tentang bahaya limbah *Styrofoam* dan melamin terhadap lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrose, Dyana. et. al. 2013. *Melamine formaldehyde: Curing studies and reaction mechanism*. UAE: The Petroleum Institute.
- Anonim. 2002. *SNI 03-3449-2002 Tata Cara Rencana Pembuatan Campuran Beton Ringan dengan Agregat Ringan*. Badan Standarisasi Nasional.
- Appiah, J.K. 2017. *Use of Waste Plastic Materials for Road Construction in Ghana. Case Studies in Construction Materials* 6, 1-7.
- Asthana, K. 2004. *Development of polymer modified cementitious (polycem)*. *Construction and Building Materials* 18, 639-643.
- 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.
- Bierley, A.W. et. al. 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.

- Cakic, Suzana M. et. al. 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.
- Campbell, F.C. 2010. *Structural Composite Material*. USA: ASM International.
- Cowd, M.A. 1982. *Kimia Polimer, terjemahan oleh Harry Firman*. Bandung: Penerbit ITB.
- Dobrowolski, A.J. 1998. *Concrete Contruction Hand Book*. New York: Mc. Graw-Hill Companies Inc.
- Fadhilah, A Agung. 2015. *Tugas Akhir Karakteristik Beton Ringan Dengan Bahan Pengisi Styrofoam*. Makasar: Jurusan Sipil FT Universitas Hasanuddin.
- 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.
- Giri, Dharma dkk. 2008. *Kuat Tarik Belah dan Lentur Beton dengan Penambahan Styrofoam (Styrocon)*. Bali: Universitas Udayana.
- Gulmine, J.V. et. al. 2002. *Polyethylene characterization by FTIR*. Brazil: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento LACTEC.
- Hanafi, dkk. 2016. *Studi Sifat Mekanik Komposit Isotropik Al/SiO₂ Hasil Fabrikasi dengan Metalurgi*

- Serbuk*. Surabaya: Jurusan Fisika FMIPA UNESA.
- Kirana, Astrit dkk. 2016. *Efek Penambahan Serat Gelas Pada Komposit Polyurethane terhadap Nilai Koefisien Absorpsi Suara dan Sifat Mekanik Komposit pada Doorpanel*. Surabaya: Departemen Teknik Material FTI ITS.
- Muqtadi, Khairul. 2014. *Dampak penggunaan dan analisa pengaruh styrofoam sebagai substitusi pasir dengan bahan tambah plastiment-vz terhadap nilai kuat tekan beton*. Indralaya : Jurusan Teknik Sipil, Universitas Sriwijaya. Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan Vol. 2, No. 2, Juni 2014.
- Murugan, R. B. 2016. *Material Development for a sustainable precast concrete block pavement*. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition).
- Nachtrieb, O.G. 2003. *Prinsip-prinsip Kimia Modern Jilid 2, terjemahan oleh S. Setiati, edisi ke empat*. Jakarta: Erlangga.
- Nayiroh, Nurul. 2013. *Klasifikasi Komposit – Metal Matrix Composite*. Teknologi Material Komposit: Indonesia.
- Neville, A.M., dan J.J. Brooks. 1987. *Concrete Technology*. New York: Longman Scientific and Technical.
- Nurminah, M. 2002. *Penelitian Sifat Berbagai Bahan Kemasan Plastik dan Kertas serta Pengaruhnya terhadap Bahan yang Dikemas*. Medan: Teknologi Pertanian Fakultas Pertanian USU.
- Obada, David O. et. al. 2013. *Pressureless sintering and gas flux properties of porous ceramic membranes*

- for gas applications*. Nigeria: Ahmadu Bello University.
- Passos, Thayse. et. al. 2015. *Biodegradation of films of low density polyethylene (LDPE), poly (hydroxibutyrate-co-valerate) (PHBV), and LDPE/PHBV (70/30) blend with Paecilomyces variotii*. Brazil: Dublin City University.
- Schwartz, M.M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York: McGraw-Hill Inc.
- Septia, Elsa. 2016. *Kajian Pengaruh Penambahan Serat Bendirat dan Styrofoam Pada Beton Ringan Terhadap Kuat Tekan dan Kuat Lentur*. Solo: Universitas Sebelas Maret.
- Sukanto, Heru. 2008. *Sifat Komposit Plastik-Karet Hasil Pressured Sintering dengan Variasi Ukuran Partikel Plastik*. Solo: Jurusan Teknik Mesin FT-UNS.
- Sulistijono. 2012. *Mekanika Material Komposit*. Surabaya: ITS Press.
- Surono, Untoro Budi. 2013. *Berbagai metode konversi sampah plastik menjadi bahan bakar minyak*. Yogyakarta: Universitas Janabadra.
- Sutapa, A.A. Gede (2011) *Porositas, kuat tekan dan kuat tarik belah beton dengan agregat kasar batu pecah pasca dibakar*. Denpasar: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Universitas Udayana. *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil* Vol. 15, No. 1, Januari 2011.
- Tan, Soo Jin. et. al. 2013. *Effect of PE-g-MAH as compatibilizer on properties of LDPE/NR/WHF composite*. Malaysia: Universiti Malaysia Perlis.

Tumingan, dkk. 2016. *Penyerapan dan porositas pada beton menggunakan bahan pond ash sebagai pengganti pasir*. Samarinda: Politeknik Negeri Samarinda. Politeknologi Vol. 15 No. 1 Januari 2016.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN

Density (Massa Jenis)

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

Keterangan:

Massa (gram)

Volume (cm³)

| | Tanpa Styrofoam | | | | |
|------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Berat (gram) | 1.678 | 1.88 | 2.22 | 3.051 | 3.314 |
| Volum (cm ³) | 1.394 | 1.58 | 1.92 | 2.52 | 2.799 |
| Density (g/cm ³) | 1.204 | 1.190 | 1.155 | 1.211 | 1.184 |

| | Ditambah Styrofoam | | | | |
|------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Berat (gram) | 4.122 | 2.20 | 1.07 | 2.269 | 2.221 |
| Volum (cm ³) | 3.54 | 1.90 | 0.94 | 1.932 | 1.928 |
| Density (g/cm ³) | 1.164 | 1.156 | 1.136 | 1.174 | 1.152 |

Nomor Spesimen 1 Tanpa Styrofoam

Diketahui:

Massa : 1.678 gr

Volum : 1.394 cm³

$$\begin{aligned}\rho &= \frac{Massa}{Volume} \\ &= \frac{1.678 \text{ gr}}{1.394 \text{ cm}^3} \\ &= 1.204 \text{ gr/cm}^3\end{aligned}$$

Absorbability

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

Keterangan:

A = berat basah

B = berat kering

| | Tanpa Styrofoam | | | | |
|-------------------|-----------------|------|------|------|------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Berat Basah (g) | 4.96 | 4.04 | 4.1 | 4.33 | 4.58 |
| Berat Kering (g) | 4.36 | 3.62 | 3.77 | 4.06 | 4.37 |
| Absorbability (%) | 13.8 | 11.6 | 8.8 | 6.7 | 4.8 |

| | Ditambah Styrofoam | | | | |
|-------------------|--------------------|-------|-------|------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Berat Basah (g) | 5.3 | 4.026 | 3.379 | 1.58 | 2.178 |
| Berat Kering (g) | 4.76 | 3.65 | 3.13 | 1.5 | 2.09 |
| Absorbability (%) | 11.3 | 10.3 | 8.0 | 5.3 | 4.2 |

Nomor Spesimen 1 Tanpa Styrofoam

Diketahui:

Berat Basah : 4.96 gram

Berat Kering: 4.36 gram

$$\begin{aligned} \text{Penyerapan Air} &= \frac{4.96 - 4.36}{4.36} \times 100\% \\ &= \frac{0.60}{4.36} \times 100\% \\ &= 13.8\% \end{aligned}$$

Kuat Tekan

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

Keterangan:

P = beban tekan (N)

L = luas bidang tekan (mm²)

| | Tanpa Styrofoam | | | | |
|--------------------------------------|-----------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Beban tekan (N) | 17640 | 24500 | 27440 | 33320 | 32340 |
| Luas bidang tekan (mm ²) | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| Kekuatan Tekan (Mpa) | 7.06 | 9.80 | 10.98 | 13.33 | 12.94 |

| | Ditambah Styrofoam | | | | |
|--------------------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| Nomor Spesimen | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Beban tekan (N) | 28420 | 27440 | 22540 | 34300 | 18620 |
| Luas bidang tekan (mm ²) | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 | 2500 |
| Kekuatan Tekan (Mpa) | 11.37 | 10.98 | 9.02 | 13.72 | 7.45 |

Nomor Spesimen 1 Tanpa Styrofoam

Diketahui:

Beban tekan : 17640 N

Luas bidang tekan : 2500 mm²

$$\begin{aligned}
 \text{Kuat tekan} &= \frac{P}{L} \\
 &= \frac{17640 \text{ N}}{2500 \text{ mm}^2} \\
 &= 7.06 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

Uji Bending

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

Keterangan :

σ_f = Kekuatan Lentur (Kg/cm²)

L = Support span (cm)

P = Beban patah (Kg)

b = lebar spesimen (cm)

d = tebal spesimen (cm)

| Nomor Spesimen | Tanpa Styrofoam | | | | |
|------------------------|-----------------|------|------|------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Beban (kgf) | 2.90 | 3.35 | 4.00 | 5.20 | 5.90 |
| Panjang (cm) | 13.1 | 13.2 | 13.2 | 13 | 12.9 |
| Lebar(cm) | 1.3 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.3 |
| Tebal (cm) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 |
| Kekuatan Bending (Mpa) | 59.7 | 68.2 | 75.2 | 96.3 | 108.4 |

| Nomor Spesimen | Ditambah Styrofoam | | | | |
|------------------------|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| Beban (kgf) | 6.05 | 6.20 | 6.40 | 6.50 | 5.30 |
| Panjang (cm) | 12.3 | 12.9 | 13 | 13 | 13 |
| Lebar(cm) | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 1.4 |
| Tebal (cm) | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.9 | 0.8 |
| Kekuatan Bending (Mpa) | 98.4 | 105.8 | 110.1 | 111.8 | 115.3 |

Nomor Spesimen 1 Tanpa Styrofoam

Diketahui:

Support span = 13.1 cm

Beban patah = 2.90 Kg

Lebar spesimen = 1.3 cm

Tebal spesimen = 0.9 cm

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

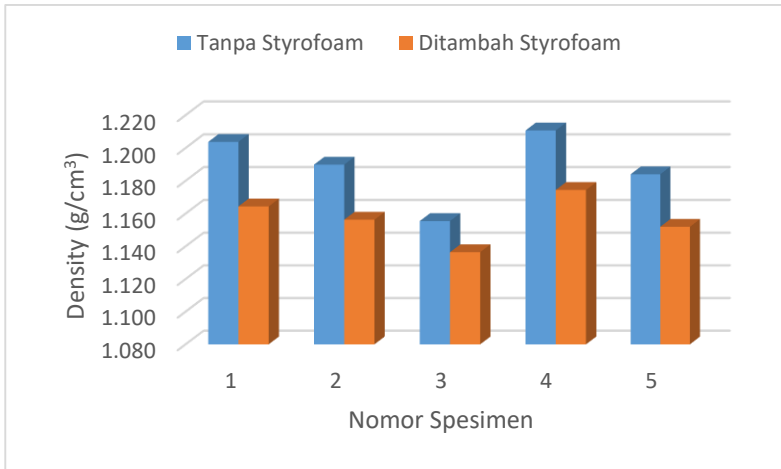
$$= \frac{3 \times 2.90 \times 13.1}{2 \times 1.3 \times 0.9^2}$$

$$\sigma_f = 54.1 \text{ MPa}$$

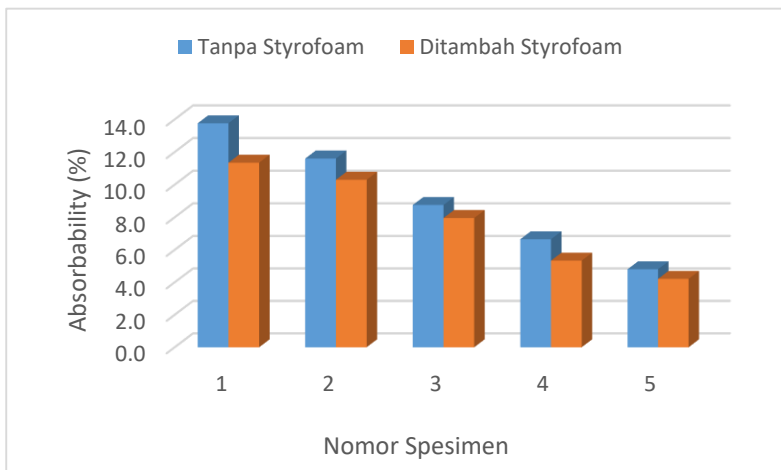
LAMPIRAN B

HASIL PENGUJIAN

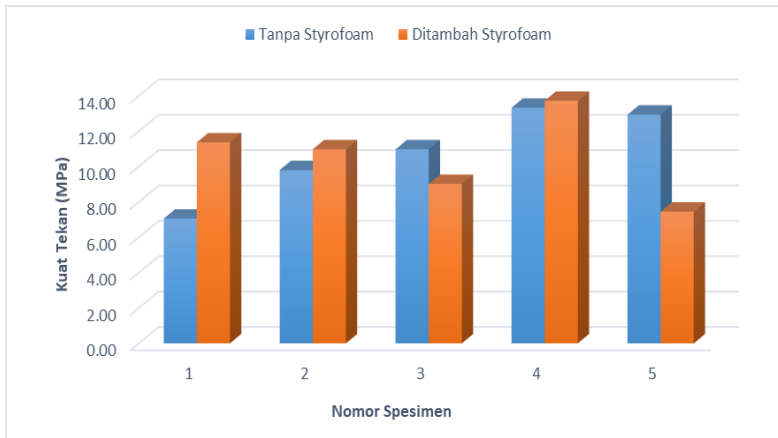
Hasil Pengujian Density (Massa Jenis)



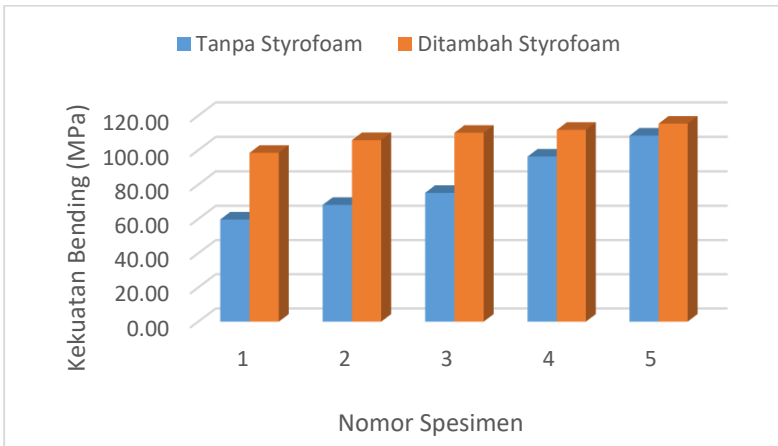
Hasil Pengujian Absorbability



Hasil Pengujian Kuat Tekan



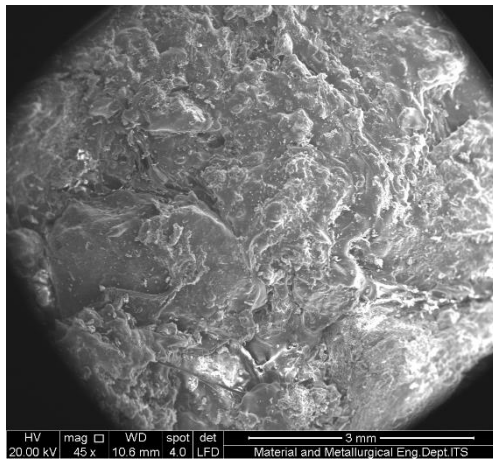
Hasil Pengujian Bending



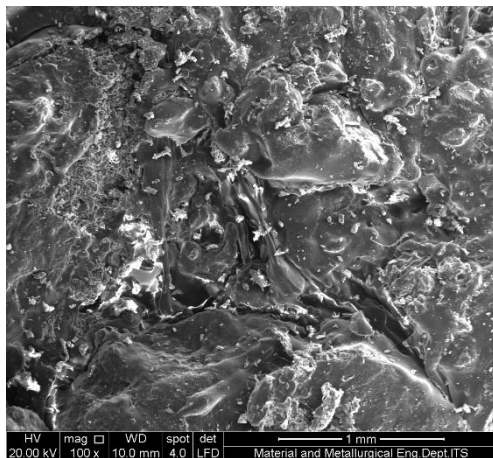
Hasil Pengujian SEM

Spesimen Nomor 1 Tanpa Styrofoam

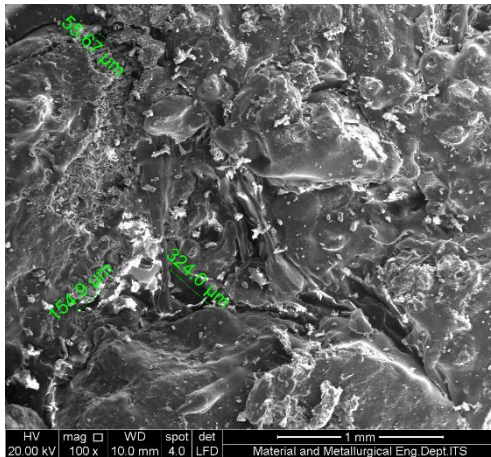
1. Perbesaran 45x



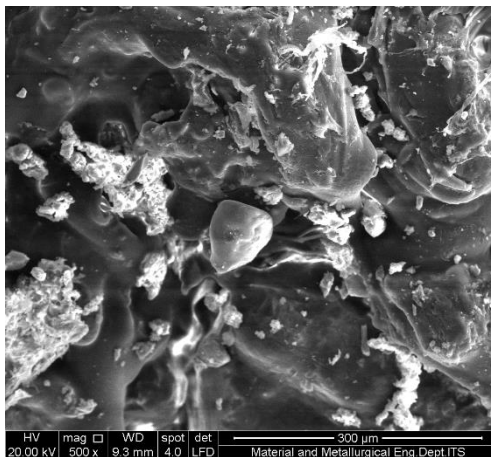
2. Perbesaran 100x



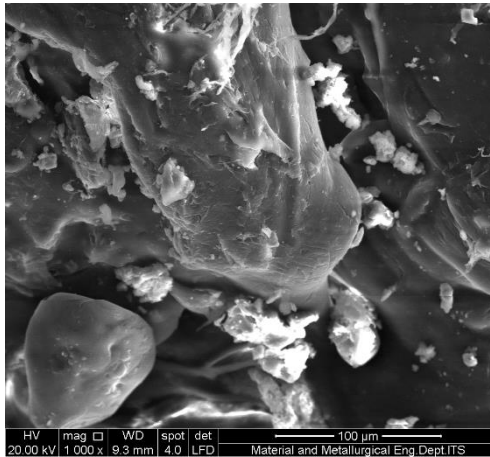
3. Perbesaran 100x dengan ukuran Porositas



4. Perbesaran 500x

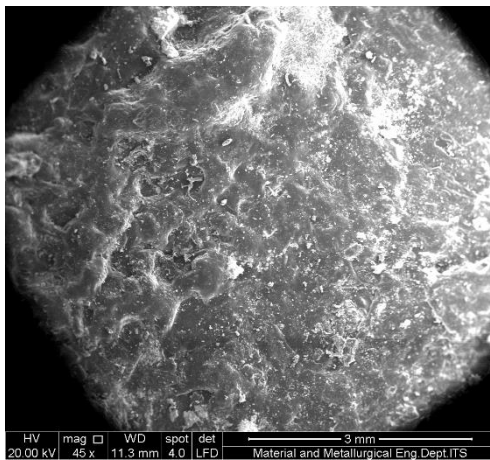


5. Perbesaran 1000x

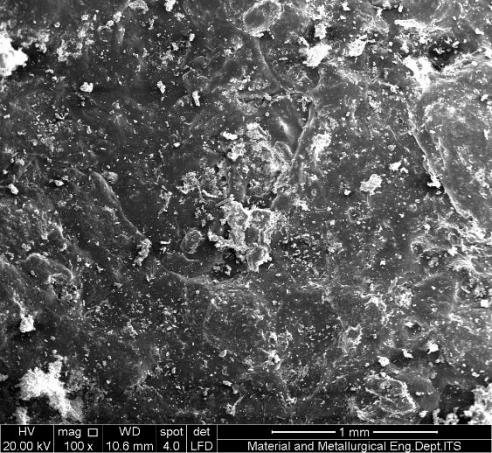


Spesimen Nomor 5 Ditambahkan Styrofoam

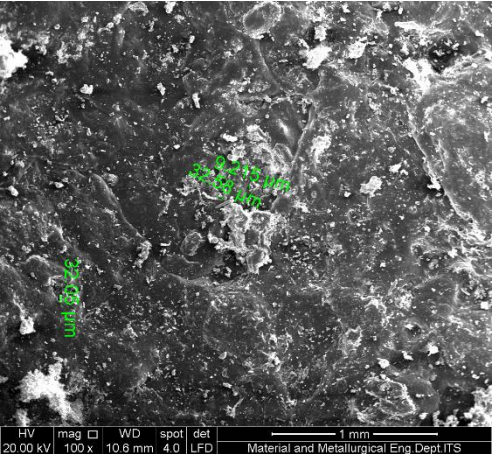
1. Perbesaran 45x



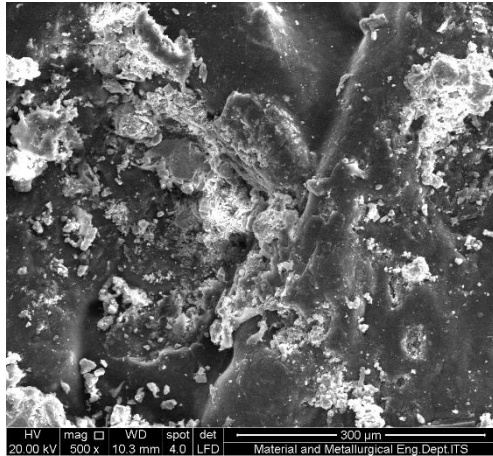
2. Perbesaran 100x



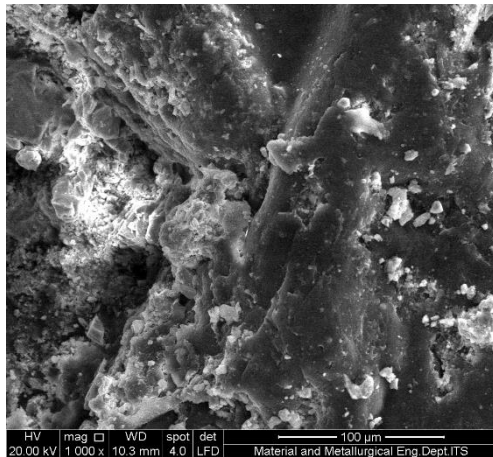
3. Perbesaran 100x dengan ukuran porositas



4. Perbesaran 500x

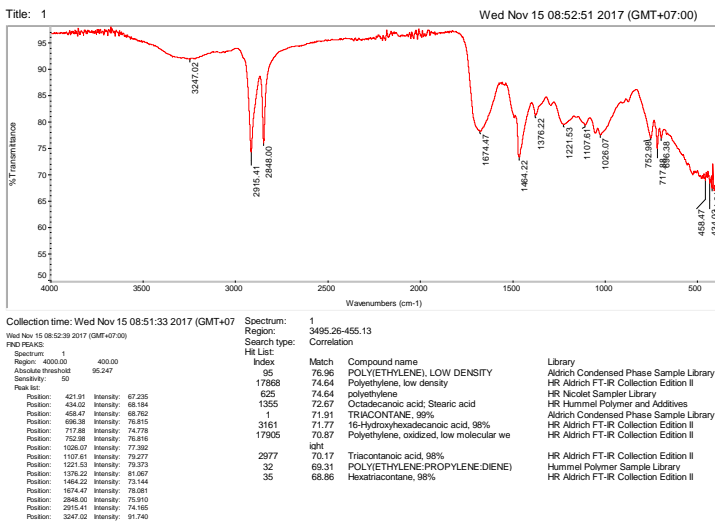


5. Perbesaran 1000x

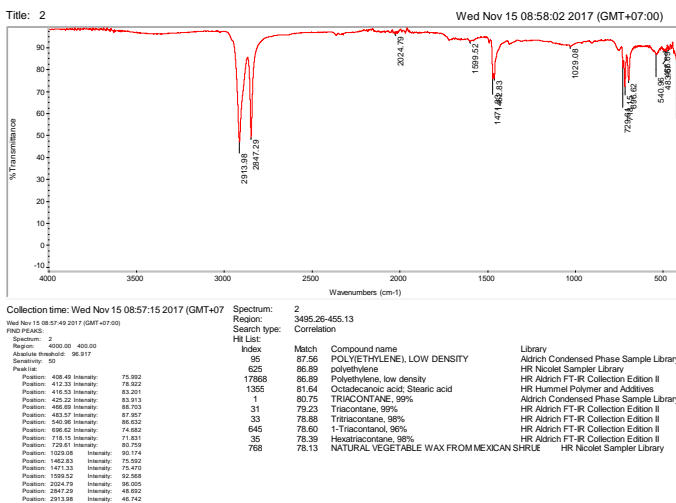


Hasil Pengujian FTIR

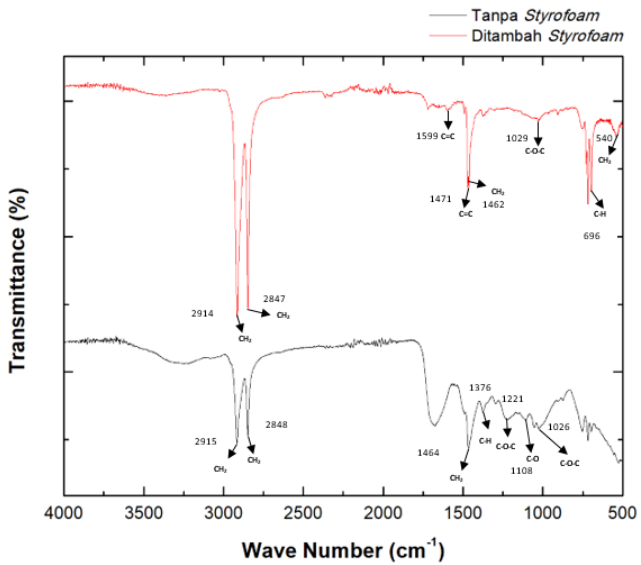
1. Spesimen nomor 1 tanpa Styrofoam



2. Spesimen 5 ditambahkan Styrofoam



Gabungan Hasil FTIR dari ke dua spesimen



Ukuran Pasir dan Melamin



(Halaman sengaja dikosongkan)



BIODATA PENULIS

Penulis bernama lengkap Suswanto, lahir di Kebumen 29 Juni 1996. Merupakan anak kedua dari pasangan Bapak Maryono dan Ibu Sri Sunarsih. Penulis telah menempuh pendidikan formal, yaitu SDN 3 Waluyo, SMP N 1 Buluspesantren dan SMA N 1 Kebumen. Setelah lulus dari SMA tahun 2014, penulis diterima menjadi mahasiswa di Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS.

Semasa menjadi mahasiswa ITS penulis aktif dalam kegiatan organisasi LDJ (Lembaga Dakwah Jurusan) Ash-haabul Kahfi Teknik Material dan Metalurgi FTI – ITS. Dalam bidang organisasi tahun kedua penulis menjadi Wakil Sekretaris Jenderal. Pada tahun ketiga penulis menjadi Ketua Umum LDJ Ash-haabul Kahfi.

Pada tahun ketiga penulis mengambil mata kuliah kerja praktek di salah satu perusahaan migas terbesar di Indonesia yaitu PT. Pertamina (Persero) RU IV Cilacap dengan topik “Penyusunan *NDE Mapping* untuk *Equipment Furnace* 12F-1 di Unit 12 Area FOC 1 PT Pertamina (Persero) RU IV Cilacap” dan penulis menutup kuliah di Tugas Akhir dengan judul “**Analisis Pengaruh Penambahan Fraksi Berat Termoset dan Styrofoam pada Komposit Berbasis Termoplastik (LDPE) terhadap Sifat Fisis dan Mekanik untuk Aplikasi Material Konstruksi**”.

Email : suswanto.dsm@gmail.com

(halaman ini sengaja dikosongkan)