

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER
SERBUK CANGKANG KERANG SIMPING (*Placuna placenta*)
PADA MATRIKS POLIESTER TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PAPAN KOMPOSIT**

SKRIPSI



Oleh:

AHMAD MUFIDUN

NIM. 12640015

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER
SERBUK CANGKANG KERANG SIMPING (*Placuna placenta*)
PADA MATRIKS POLIESTER TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PAPAN KOMPOSIT**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan Dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**AHMAD MUFIDUN
NIM. 12640015**

**JURUSAN FISIKA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2016**

HALAMAN PESETUJUAN

**PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER
SERBUK CANGKANG KERANG SIMPING (*Placuna placenta*)
PADA MATRIKS POLIESTER TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PAPAN KOMPOSIT**

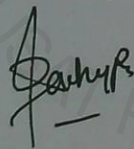
SKRIPSI

Oleh:
AHMAD MUFIDUN
NIM. 12640015

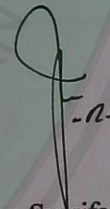
Telah diperiksa dan setuju untuk Diuji:
Pada tanggal: ..6., Juni 2016

Pembimbing I,

Pembimbing II,



Ahmad Abtokhi, M.Pd
NIP. 19761003 200312 1 004



Umayyatus Syarifah, M.A
NIP. 19820925 200901 2 005

Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika



Etta Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI KOMPOSISI DAN UKURAN FILLER
SERBUK CANGKANG KERANG SIMPING (*Placuna placenta*)
PADA MATRIKS POLIESTER TERHADAP SIFAT FISIS
DAN MEKANIS PAPAN KOMPOSIT

SKRIPSI

Oleh:

AHMAD MUFIDUN
NIM. 12640015

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi dan
Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal: 16 Juni 2016.....

Penguji Utama	: <u>Erika Rani, M.Si</u> NIP. 19810613 200604 2 002	
Ketua Penguji	: <u>Erna Hastuti, M.Si</u> NIP. 19811119 200801 2 009	
Sekretaris Penguji	: <u>Ahmad Abtokhi, M.Pd</u> NIP. 19761003 200312 1 004	
Anggota Penguji	: <u>Umayyatus Syarifah, M.A</u> NIP. 19820925 200901 2 005	

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Fisika



Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

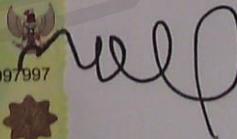
Nama : AHMAD MUFIDUN
NIM : 12640015
Jurusan : FISIKA
Fakultas : SAINS DAN TEKNOLOGI
Judul Penelitian : Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Filler Serbuk Cangkang Kerang Simpson (*Placuna placenta*) Pada Matriks Poliester Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang telah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan maka saya bersedia untuk mempertanggungjawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 4 Juni 2016

Yang Membuat Pernyataan,



AHMAD MUFIDUN
NIM. 12640015

MOTTO

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ

Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu.

بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ

Antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui masing-masing.

فَبِأَيِّ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ

Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan

يَخْرُجُ مِنْهُمَا اللُّؤْلُؤُ وَالْمَرْجَانُ

Dari keduanya keluar mutiara dan marjan

(ar-Rahman:19-22)

HALAMAN PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Tulisan ini kupersembahkan kepada seluruh sahabatku.

Tulisan ini hanya sepinggal jalan ceritaku yang dapat aku tuliskan.

Mungkin suatu saat kalian yang membaca tulisanku ini.

Bersyukurlah atas nikmat dan rahmat yang diberikan oleh Allah.

Berusahalah menjadi pribadi muslim sebaik mungkin.

Panjatkanlah pintamu kepada-Nya.

Jangan pantang menyerah.

Jangan takut memikul beban yang berat.

Jangan lari dari tantangan yang menghadang.

Jangan merasa berat untuk menjawab persoalan.

Meskipun kamu belum mengenal mekanika kuantum dan fisika statistika.

Pahamilah apa yang ada disekelilingmu.

Mungkin itu tujuan yang dikehendaki-Nya.

~Semoga kalian sukses selalu~

KATA PENGANTAR

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Assalamualaikum Wr. Wb.

Alhamdulillah puji syukur kehadirat Allah Swt yang telah memberikan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya. Sholawat dan salam semoga selalu tercurahkan kepada junjungan kita Baginda Rasulallah saw, serta para keluarga, sahabat, dan pengikut-pengikutnya. Atas Ridho dan Kehendak Allah Swt, penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Filler Serbuk Cangkang Kerang Simpson (*Placuna placenta*) Pada Matriks Poliester Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit**” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

Penulis haturkan ucapan terima kasih seiring doa dan harapan *jazakumullah ahsanal jaza'* kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih ini penulis sampaikan kepada:

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah banyak memberikan pengetahuan dan pengalaman yang berharga.
2. Dr. drh. Bayyinatul Muchtaromah, M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Erna Hastuti, M.Si selaku Ketua Jurusan Fisika yang telah banyak meluangkan waktu untuk berdiskusi, nasehat, dan inspirasinya sehingga dapat melancarkan dalam proses penulisan skripsi.
4. Ahmad Abtokhi, M.Pd selaku Dosen Pembimbing skripsi yang telah banyak meluangkan waktu dan pikirannya dan memberikan bimbingan, bantuan serta pengarahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan.
5. Umayyatus Syarifah, M.A selaku Dosen Pembimbing agama, yang bersedia meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan dan pengarahan bidang integrasi Sains dan al-Quran serta Hadits.
6. Segenap Dosen, Laboran dan Admin Jurusan Fisika Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah bersedia berbagi ilmu, membimbing dan memberikan pengarahan, memberikan inspirasi dan

inovasi serta memberikan semangat untuk selalu semangat dalam belajar dan mengabdikan.

7. Kedua orang tua, bapak Bambang Suprijanto dan ibu Faridah beserta semua anggota keluarga yang telah memberikan dukungan baik materil maupun moril, dan selalu mendoakan di setiap langkah penulis.
8. Segenap anggota Fisika Material dan semua teman-teman dari jurusan Fisika khususnya angkatan 2011, 2012, dan 2013 atas kebersamaan dan persahabatan serta pengalaman selama ini, kita selalu bersama-sama walaupun banyak rintangan di depan mata.
9. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam penyelesaian skripsi ini.

Semoga skripsi ini bisa memberikan manfaat, khususnya pada bidang Fisika Material dan dapat menjadikan inspirasi kepada para pembaca untuk selalu bersyukur.

Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Wassalamu'alaikum Wr. Wb.

Malang, 4 Juni 2016
Yang Membuat Pernyataan,

AHMAD MUFIDUN
NIM. 12640015

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN	v
MOTTO	vi
HALAMAN PERSEMBAHAN	vii
KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
ABSTRAK	xv
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	5
1.4 Batasan Masalah	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Kerang Simping	7
2.1.1 Potensi Kerang Simping	9
2.1.2 Sifat Mekanis dan Mikrostruktur	10
2.2 <i>Unsaturated</i> Poliester	12
2.3 Komposit	13
2.3.1 Klasifikasi Komposit	14
2.3.2 Papan Komposit Partikulat	15
2.4 SNI (Standar Nasional Indonesia) Papan Partikel	17
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	18
3.2 Jenis Penelitian	18
3.3 Alat dan Bahan	18
3.3.1 Alat	18
3.3.2 Bahan	18
3.4 Variabel Penelitian	19
3.4.1 Variabel Bebas	19
3.4.2 Variabel Terikat	19
3.5 Rancangan Penelitian	20
3.6 Langkah Pembuatan Sampel	21
3.6.1 Langkah Pembuatan Serbuk Kerang Simping	21
3.6.2 Langkah Pembuatan Sampel Uji Menggunakan Cetakan	21
3.7 Pengujian Sifat Fisis	22
3.7.1 Pengujian Kerapatan	23
3.7.2 Pengujian Daya Serap Air	23
3.7.3 Pengujian Pengembangan Tebal	24

3.8	Pengujian Mekanis.....	24
3.8.1	Pengujian Tarik	24
3.8.2	Pengujian Lentur	26
3.9	Analisis Mikrostruktur	27
3.10	Teknik Pengumpulan Data	29
3.11	Analisis Persebaran Modulus	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Penelitian.....	32
4.1.1	Pembuatan Sampel.....	32
4.1.2	Hasil Pengujian Fisis	33
4.1.2.1	Pengujian Densitas Komposit	33
4.1.2.2	Pengujian Daya Serap Air	37
4.1.2.3	Pengujian Pengembangan Tebal	40
4.1.3	Pengujian Mekanis.....	43
4.1.3.1	Pengujian Tarik	44
4.1.3.2	Pengujian Lentur	51
4.1.4	Analisis Persebaran Modulus	53
4.2	Pembahasan	55
BAB V PENUTUP		
5.1	Kesimpulan	62
5.2	Saran	63
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Cangkang <i>Placuna placenta</i>	8
Gambar 2.2	Spektrum XRD (<i>X-ray diffraction</i>) dari cangkang Kerang Simpson dengan standar puncak kalsit menggunakan PDF #01-075-6049....	9
Gambar 2.3	Hasil Pengamatan SEM dari Kerang Simpson.....	10
Gambar 2.4	Pengamatan SEM untuk Hasil Indentasi pada Kristal Kalsit (a) dan Kerang Simpson (b).....	11
Gambar 2.5	Klasifikasi Komposit Menurut Bahan <i>Fillernya</i>	14
Gambar 3.1	Rancangan Penelitian	20
Gambar 3.2	Bentuk Spesimen Uji Fisis	22
Gambar 3.3	Pengujian Tarik (Kanan) dan Tekuk (Kiri) Menggunakan UTM (<i>Universal Testing Machine</i>)	25
Gambar 3.4	Bentuk Sampel Uji Tarik	25
Gambar 3.5	Bentuk Sampel Uji Lentur	27
Gambar 3.6	Mikroskop Digital	28
Gambar 4.1	Grafik Nilai Densitas Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	35
Gambar 4.2	Hasil Pengujian Mikrostruktur Sebelum Pengujian Densitas (a) halus-60; (b) sedang-60; dan (c) kasar-60.....	37
Gambar 4.3	Grafik Hubungan Persentase Daya Serap Air Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	38
Gambar 4.4	Hasil Pengujian Mikrostruktur Setelah Perendaman Selama 24 Jam (a) halus-60; (b) sedang-60; dan (c) kasar-60.....	40
Gambar 4.5	Hubungan Persentase Pengembangan Tebal Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	42
Gambar 4.6	Hasil Pengujian Mikrostruktur Setelah Perendaman Selama 24 Jam (a) kasar-20 (b) kasar-40	43
Gambar 4.7	Hubungan Nilai Keteguhan Tarik Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	46
Gambar 4.8	Mikrostruktur Hasil Pengujian Tarik (a) halus-20 (b) halus-40 (c) sedang-20 (d) sedang-40	47
Gambar 4.9	Hubungan Nilai Perpanjangan Putus Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	48
Gambar 4.10	Mikrostruktur Hasil Pengujian Tarik (a) sedang-60 (b) kasar-60 (c) kasar-40	49
Gambar 4.11	Hubungan Nilai Modulus Young Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	50
Gambar 4.12	Hubungan Nilai Keteguhan Lentur Terhadap Ukuran dan Komposisi <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	52
Gambar 4.13	Mikrostruktur Hasil Pengujian Lentur (a) halus-40 (b) halus-60 (c) sedang-40 (d) kasar-40.....	53
Gambar 4.14	Hasil Analisis Pesebaran Modulus Menggunakan Variasi Volume <i>Filler</i> Serbuk Cangkang Kerang Simpson	54

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Spesifikasi <i>Unsaturated Polyester Resin</i> Yukalac 157® BTQN-EX...	12
Tabel 2.2 Syarat Sifat Mekanis Papan Partikel Struktural untuk Papan Partikel Biasa dan Dekoratif.....	17
Tabel 3.1 Contoh Tabel Data Hasil Pengujian Fisis dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson	29
Tabel 3.2 Contoh Tabel Data Hasil Pengujian Mekanis dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson	30
Tabel 3.2 Contoh Tabel Data Hasil Pengujian Mekanis dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson	30
Tabel 4.1 Tabel Data Densitas dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson	34
Tabel 4.2 Tabel Data Daya Serap Air dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson.....	38
Tabel 4.3 Tabel Data Persentase Pengembangan Tebal dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson	41
Tabel 4.4 Tabel Data Keteguhan Tarik dan Perpanjangan Putus dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson	44
Tabel 4.5 Tabel Nilai Modulus Young Terhadap Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson.....	45
Tabel 4.6 Tabel Nilai Keteguhan Lentur Terhadap Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson.....	51

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1 Data hasil Pengujian Fisis
- Lampiran 2 Data hasil Pengujian Tarik
- Lampiran 3 Data hasil Pengujian Lentur
- Lampiran 4 Data Modulus dan Analisis Persebaran Modulus
- Lampiran 5 Hasil Pengujian Mikrostruktur Pengujian Daya Serap Air
- Lampiran 6 Hasil Pengujian Mikrostruktur Pengujian Mekanis
- Lampiran 7 Dokumentasi Penelitian
- Lampiran 8 Bukti Konsultasi Skripsi



ABSTRAK

Mufidun, Ahmad. 2016. **Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Filler Serbuk Cangkang Kerang Simpson (Placuna placenta) Pada Matriks Poliester Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit**. Skripsi. Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing (I) Ahmad Abtokhi, M.Pd (II) Umaiyyatus Syarifah, M.A

Kata Kunci: papan komposit, cangkang kerang, Kerang Simpson, CaCO_3 , kalsium karbonat, *unsaturated* resin poliester

Penelitian ini dilakukan untuk memanfaatkan potensi limbah cangkang Kerang Simpson untuk dimanfaatkan menjadi papan komposit. Penelitian ini bertujuan untuk mencari ukuran *filler* dan komposisi serbuk cangkang Kerang Simpson yang menghasilkan nilai fisis dan mekanis yang baik. Pembuatan papan komposit dilakukan dengan mencampurkan serbuk cangkang Kerang Simpson dengan resin poliester dan mencetaknya sesuai bentuk sampel uji. Hasil dari penelitian ini, nilai densitas 1,359-1,756 g/cm²; persentase daya serap 0,50-5,97%; persentase pengembangan tebal 0,20-7,50%; keteguhan tarik 0,1705-1,462 MPa; modulus Young 35,3-105,5 MPa; dan keteguhan lentur 39,4-132,8 MPa. Peningkatan komposisi dan ukuran *filler* yang semakin halus berpengaruh pada ukuran gelembung-gelembung udara yang semakin kecil. Peningkatan nilai keteguhan lentur mencapai 44% pada variasi ukuran filler. Penghematan komposisi matriks resin poliester hingga 40% w/w dengan jumlah komposisi filler lebih banyak jika dibandingkan dengan serbuk kalsit alam. Hasil yang dicapai telah sesuai dengan SNI standar partikel.

ABSTRACT

Mufidun, Ahmad. 2016. **Effect of Variations Composition and Size of the Windowpane Oyster Shells (*Placuna placenta*) Powder as Filler on Polyester Matrix Againsts Physical and Mechanical Properties of Composite Board**. Thesis. Physics Department, Faculty of Science and Technology, State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor (I) Ahmad Abtokhi, M.Pd, (II) Umayyatus Syarifah, M.A

Keywords: composite board, windowpane oyster, capiz shells, CaCO_3 , calcium carbonate, unsaturated polyester resin.

This study was done to take advantage of the potential of waste Windowpane oyster shells as filler material to be utilized as composite board. This study aims to find the size and the composition of the Windowpane oyster shells powder as filler that have good value physical and mechanical properties. Manufacture of composite boards was made by mixing Windowpane oyster shell powder with polyester resin and mould into appropriate form of the test sample. It was pointed out that density values from 1,359 to 1,756 g/cm^3 ; percentage water absorption from 0,50 to 5,97%; percentage swelling in thickness after immersion in water from 0,20 to 7,50%; tensile strength from 0,1705 to 1,462 MPa; Young modulus from 35,3 to 105,5 MPa; and bending strength from 39,4 to 132,8 MPa. The increasing of the composition and the more subtle size was affected on the more smaller trapped air bubbles. The increasing value of bending strength was attained 44% on the variations of filler size. The economizing of composition polyester resins as matrix was attained 40% w/w, had more numerous of filler composition than the use of natural calcite powder. Results was acceptable with SNI standard particle board.

مستخلص البحث

احمد مفيد. ٢٠١٦. تأثير اختلاف التركيب وحجم الحشو مسحوق القشر البيض القذيفة التفوق (*Placuna placenta*) في مصفوفة البوليستر على الخصائص الفيزيائية والميكانيكية لوحه المركب. بحث جامعي.شعبة الفيزياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة الإسلامية الحكومية مولانا مالك إبراهيم مالانج. المشرفون: أحمد أبطحي, الماجستير و أمية الشريفة، الماجستير.

كلمات الرئيسية: لوحه المركبة، القذيفة، القذيفة التفوق، CaCO_3 ، كالسيوم كربونات، *unsaturated* راتنج البوليستر.

أجريت هذه الدراسة لاستغلال إمكانات القذيفة التفوق ل يتم الاستفادة منها لوحه المركبة. وتهدف هذه الدراسة إلى معرفة الحجم الحشو وتكوين مسحوق القذيفة التفوق التي تنتج القيم الفيزيائية والميكانيكية جيدة. تصنيع لوحه المركبة المصنوعة عن طريق خلط مسحوق القشر البيض القذيفة التفوق مع راتنج البوليستر وطباعة النموذج المناسب للعينة الاختبار. نتائج هذه الدراسة، قيم كثافة $1,359-1,756 \text{ g/cm}^2$. نسبة امتصاص $0,50-5,97\%$. نسبة تورم سمك $0,20-7,50\%$. الحزم سحب يعني $0,1705-1,462 \text{ MPa}$. معامل يونج $35,3-105,5 \text{ MPa}$. والحزم ليونة $39,4-132,8 \text{ MPa}$. تحسين تكوين وحجم حشو أكثر تأثير خفية على حجم فقاعات الهواء هي فأصغر. زيادة قيمة المثابرة تصل إلى 44% على اختلافه الدقيقة من حجم حشو، مع تحقيق وفورات تصل إلى $40\% \text{ w/w}$ مصفوفة الراتنج البوليستر، أكثر عددا من استخدام مسحوق الكالسيت العالمية وبعض كمية من نتائج الاختبارة وفقا لمعايير وطنية لوحه الجسم.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kayu merupakan salah satu bahan dasar yang sering dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari, salah satunya untuk pembuatan perahu tradisional. Maraknya penggundulan hutan yang terjadi salah satunya dikarenakan kebutuhan bahan dasar kayu semakin meningkat yang mengakibatkan terjadinya kelangkaan dan meningkatnya harga bahan dasar kayu yang berdampak pada peningkatan biaya produksi perahu tradisional. Faktor pembusukan oleh jamur, pemanasan, pelapukan, dan bahan kimia dapat menyebabkan kerusakan pada kapal berbahan dasar kayu (Boesono, 2008). Upaya yang dapat dilakukan pada proses pembuatan perahu tradisional dapat dilakukan melalui pembuatan perahu berbahan papan komposit *fiberglass* yang murah dan berkualitas, upaya tersebut dapat dilakukan dengan cara mencari bahan campuran yang dapat dipadukan dengan serat *fiberglass* yang mudah didapatkan oleh masyarakat nelayan, mudah diolah, serta memiliki sifat mekanis yang baik.

Papan komposit serat sangat dipengaruhi distribusi arah, ukuran, dan jenis serat yang digunakan (Mathew, 1994). Peran utama serat dalam papan komposit untuk memindahkan tegangan antar serat, dan memberikan ketahanan terhadap gaya yang diberikan dari lingkungan menuju ke bahan. Kontribusi serat gelas sebagian besar berpengaruh pada kekuatan tarik pada papan komposit *fiberglass* (Cheremisinoff, 1995). Salah satu peningkatan kualitas papan *fiberglass* dapat dilakukan melalui penambahan material lain yang memiliki sifat menguatkan dan

memperluas daerah *interface* (Bhagwan, 1980). Penggunaan bahan *filler* partikulat bersama serat dapat menghasilkan peningkatan kekuatan mekanis bahan komposit (James, 2013). Salah satu peningkatan bahan *fiberglass* telah dilakukan dengan menggunakan bahan nano-kalsit sebagai *filler* bersama serat *fiberglass* menggunakan bahan nano-kalsit alam dengan ukuran <400 nm yang memiliki ikatan ionik dengan bahan matriks berupa polimer termoset, sehingga terjadi reaksi dan terbentuk daerah *interface* yang dapat meningkatkan nilai kekuatan bahan komposit (US Paten No. 20110245376A1, 2011).

Al-Quran telah menyebutkan tiga macam batu permata, diantaranya adalah yakut, marjan, dan mutiara. Yakut diartikan sebagai batu permata berwarna biru atau hijau (KBBI, 2016) yang sangat mahal dan langka. Marjan merupakan batu yang berwarna merah yang dihasilkan dari karang merah (*Corralium Rubrum*) (Quthb, 2004) dan mutiara adalah batu yang dihasilkan oleh kerang yang diakibatkan oleh masuknya benda asing kedalam tubuhnya dan lapisan mutiara pada cangkangnya akan melapisinya untuk mencegah infeksi (Champbell, 2011). Yakut dan marjan disebutkan di dalam al-Quran surat ar-Rahman (55):58.

كَانَّهُنَّ اللَّيَاقُوتُ وَالْمَرْجَانُ ٥٨

“Seakan-akan bidadari itu permata yakut dan marjan”

Marjan dan mutiara disebutkan di dalam al-Quran surat ar-Rahman(55):19-22.

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ١٩ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ ٢٠ فَبِأَيِّ آءَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ٢١ يَخْرُجُ مِنْهُمَا اللَّوْلُؤُ وَالْمَرْجَانُ ٢٢

“Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu. Antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui masing-masing. Maka nikmat Tuhan

kamu yang manakah yang kamu dustakan. Dari keduanya keluar mutiara dan marjan.”

Al-Quran menghimbau setiap muslim untuk menjaga kelestarian alam, penambangan yakut (batu permata zirkonia) dan batuan mineral yang lain dari alam yang banyak dilakukan di Indonesia dapat merusak ekosistem alam, sehingga hanya dituliskan satu kali. Budidaya terumbu karang merah (*Corralium rubrum*) untuk menghasilkan permata marjan masih belum optimal, hal tersebut dikarenakan pertumbuhannya yang relatif lambat, berpotensi menyebabkan kerusakan ekosistem di laut, dan merupakan spesies terumbu karang yang dilindungi sehingga hanya disebut sebanyak dua kali. Penyebutan mutiara sebanyak tujuh kali di dalam al-Quran menunjukkan budidaya mutiara sangat berpotensi untuk dieksplorasi terutama di wilayah Indonesia yang memiliki wilayah perairan yang luas.

Mutiara adalah salah satu jenis batu permata yang dihasilkan oleh kerang yang diakibatkan oleh masuknya benda asing kedalam tubuhnya dan lapisan *nacre* pada cangkangnya akan melapisinya untuk mencegah infeksi (Champbell, 2011). Lapisan *nacre* mengandung senyawa kalsit (CaCO_3) yang berbentuk berlapis-lapis dan memiliki fasa aragonit (Wikipedia, 2016). Penggunaan serbuk CaCO_3 sebagai *filler* pada bidang pembuatan komposit telah dilakukan menggunakan batu kalsit pertambangan yang disintesis (Mulyawati, 2013). Penggunaan cangkang kerang sangat berpotensi menggantikan bahan CaCO_3 dari batu gamping yang diambil dari pertambangan.

Lapisan *nacre* pada kerang penghasil mutiara identik dengan lapisan yang berada pada cangkang Kerang Simping yang mengandung senyawa CaCO_3

bedasarkan hasil XRD (Li, 2013). Konsumsi Kerang Simpson di masyarakat pesisir relatif tinggi, dan limbah cangkangnya hingga saat ini masih jarang dimanfaatkan, terutama untuk papan komposit. Keberadaan limbah cangkang Kerang Simpson perlu mendapatkan pemikiran untuk dijadikan bahan yang diharapkan bermanfaat. Beberapa kalangan masyarakat memanfaatkannya sebagai hiasan dengan membentuknya menjadi berbagai cinderamata (Wipranata, 2009).

Dari hasil penelitian Li dan Ortiz (2014), cangkang Kerang Simpson memiliki nilai modulus yang relatif mendekati nilai modulus *fiberglass* (Chung, 2010). Komposisinya $\pm 99\%$ berupa kristal kalsit, yang memiliki kekerasan yang lebih tinggi, bahannya bersifat isotropik dan mikrostrukturnya berbentuk *sandwich* serta densitas dissipasi energinya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kristal kalsit alam (Li, 2014), sehingga cangkang Kerang Simpson berpotensi sebagai bahan *filler* pada proses pembuatan plat papan komposit dengan matriks resin poliester Yualaq 157[®] BQTN-EX yang sangat mudah didapatkan di pasar pembuatan kapal *fiberglass* (Justus, 2015) dan penggunaan bahan cangkang Kerang Simpson diharapkan dapat membentuk daerah *interface* yang lebih baik dari kalsit alam sehingga didapatkan kekuatan mekanis yang baik.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimanakah pengaruh variasi ukuran dan komposisi *filler* Kerang Simpson pada matriks poliester terhadap nilai uji sifat fisis bahan?
2. Bagaimanakah pengaruh variasi ukuran dan komposisi *filler* Kerang Simpson pada matriks poliester terhadap nilai uji sifat mekanis bahan?

3. Bagaimanakah pengaruh variasi ukuran dan komposisi *filler* Kerang Sipping pada matriks poliester terhadap analisis mikrostruktur pada daerah kegagalan uji yang terbentuk?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran dan komposisi *filler* Kerang Sipping pada matriks poliester terhadap nilai uji sifat fisis bahan.
2. Untuk pengaruh variasi ukuran dan komposisi *filler* Kerang Sipping pada matriks poliester terhadap nilai uji sifat mekanis bahan.
3. Untuk mengetahui pengaruh variasi ukuran dan komposisi *filler* cangkang Kerang Sipping terhadap daerah kegagalan uji yang terbentuk melalui analisa mikrostruktur.

1.4 Batasan Masalah

1. Resin yang digunakan adalah jenis resin poliester dengan merek dagang Yukalac 157® BQTN-EX Series produksi PT. Justus Sakti Raya karena hampir 75% penggunaan resin ini dalam bidang pembuatan kapal *fiberglass* di Indonesia (Justus, 2015).
2. Karakterisasi sifat fisis difokuskan pada uji kerapatan, daya serap air, dan pengembangan tebal. Karakterisasi sifat mekanis difokuskan pada uji tarik, dan lentur.
3. Dalam penelitian ini menggunakan *filler* serbuk cangkang Kerang Sipping dengan matriks poliester sebagai penelitian dasar untuk mengetahui ukuran

dan komposisi *filler* yang tepat dengan menganalisa nilai keteguhan tarik dan lentur.

1.5 Manfaat Penelitian

1. Diharapkan dapat mengurangi limbah organik cangkang Kerang Semping agar tidak terbuang sia-sia.
2. Informasi yang berkaitan dengan ukuran dan komposisi *filler* dari cangkang Kerang Semping terhadap nilai sifat fisis, mekanis dan bentuk daerah mikrostruktur hasil kegagalan uji, dapat dijadikan referensi untuk proses pembuatan papan komposit cangkang Kerang Semping maupun sebagai bahan campuran untuk bahan komposit lain, terutama untuk pembuatan kapal berbahan *fiberglass*.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

2.1 Kerang Simping

Allah Swt. berfirman di dalam al-Quran surat ar-Rahman(55):19-22 yang berbunyi:

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ۙ ۱۹ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ ۚ ۲۰ فَبِأَيِّ آءِ آلَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ۚ ۲۱ يَخْرُجُ مِنْهُمَا
الْلؤلؤُ وَالْمَرْجَانُ ۚ ۲۲

“Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu. Antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui masing-masing. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan. Dari keduanya keluar mutiara dan marjan (karang merah).”

Ayat di atas menjelaskan asal mula mutiara yang berasal dari kerang dapat dibudidayakan pada tempat bertemunya dua lautan. Indonesia merupakan negara dengan jumlah laut terbanyak, sangat memungkinkan untuk menjadi tempat hunian ratusan jenis terumbu karang dan kerang yang sangat berpotensi untuk tempat pengembangbiakan kerang dan salah satu spesiesnya adalah *Placuna placenta*. Menurut Swennen (2001) klasifikasi Kerang Simping adalah sebagai berikut:

Filum : *Mollusca*
Kelas : *Pelecypoda*
Subkelas : *Pteriomorphia*
Ordo : *Ostreoida*
Keluarga : *Placunidae*
Genus : *Placuna*
Spesies : *Placuna placenta*

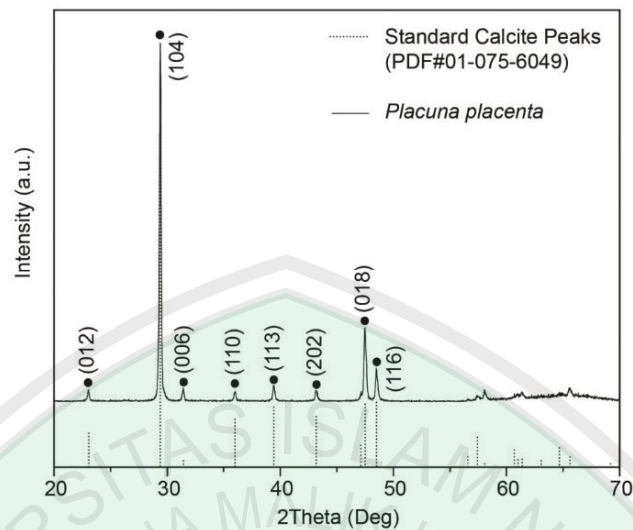
Nama umum : *Window-pane shells, Window-pane oyster*

Nama lokal : Simpung (Indonesia), Kapis (Filipina), Methy (India).



Gambar 2.1 Cangkang *Placuna placenta* (Wikipedia, 2015)

Placuna placenta merupakan biota *avertebrata* dengan cangkang yang simetris (dikenal juga kelompok *bivalvia*). Panjang maksimum Kerang Simpung mencapai sekitar 140 mm, dengan kedua cangkangnya datar dan bentuk cangkang hampir bundar. Kerang yang berumur muda bercangkang tipis dan transparan, sedangkan kerang yang berumur tua bercangkang tebal dan berwarna seperti pelangi. Ligamen internal memiliki struktur bentuk V yang terletak di atas dekat *umbo* yang membentuk sudut 4-60° (Swennen, 2001). Kerang ini memiliki transmisi cahaya sebesar 80% dan kandungan 99% murni kristal kalsit melalui pengujian termografimetri dan dari uji XRD (*X-Ray diffraction*) didapatkan karakteristik puncak yang mirip dengan kalsit seperti pada gambar 2.2 menggunakan PDF#01-075-6049 (Li, 2013) dengan nilai massa jenis teoritis dari kalsit sebesar 2,7111 g/cm³ (Mindat, 2016).



Gambar 2.2 Spektrum XRD (*X-ray diffraction*) dari cangkang Kerang Samping dengan standar puncak kalsit menggunakan PDF #01-075-6049 (Li, 2013)

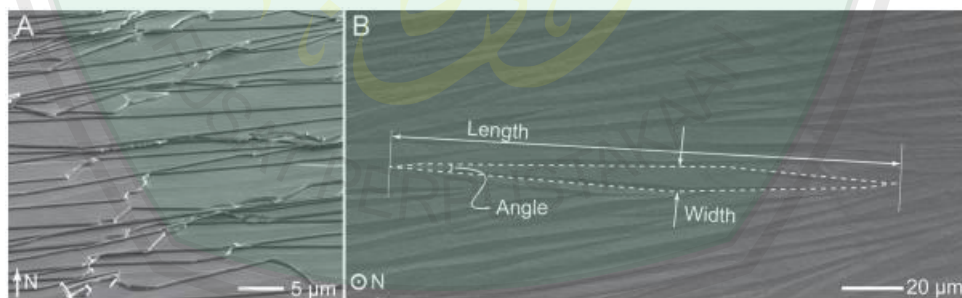
2.1.1 Potensi Kerang Samping

Kerang Samping hidup pada perairan dangkal dengan kedalaman maksimum 80 meter, tetapi ada juga yang hidup pada kedalaman 50 meter. Di daerah Estuaria, kerang ini dapat ditemukan pada kedalaman 1-2 meter pada saat air pasang atau air surut terendah (Swennen, 2001). Jenis kerang ini memiliki distribusi yang sangat luas, tersebar dari Laut India, Laut Cina Selatan, Indo-Cina, Jepang, Philipina, Papua New Guinea, Indonesia dan Australia (Poutiers, 1988 dalam Carpenter, 2002). Shumway dan Parsons (2006) menyatakan bahwa terdapat lebih dari 400 spesies di dalam famili *Pectinidae*, yang umumnya disebut dengan *scallops* yang tersebar diseluruh perairan di dunia mulai dari perairan subtropis sampai perairan tropis. Genus *Placuna* memiliki distribusi geografi terbatas pada perairan tropis dan terutama umumnya terdapat di Filipina (Allan, 1962). Selain itu kerang ini berlimpah di teluk Thailand dan teluk Pattani (Swennen, 2001) serta beberapa di teluk Aden, India (Darmaraj, 2004), semenanjung Malaya, pantai

selatan China. Pada wilayah Indonesia, Kerang Sumping tersebar secara luas antara lain di Kenjeran (Jawa Timur), Pasuruan (Jawa Timur), Demak (Jawa Tengah), Kupang (NTT), dan Tangerang (Banten) (Pagcatipunan, 1981).

2.1.2 Sifat Mekanis dan Mikrostruktur

Li dan Ortiz (2014) menjelaskan cangkang *Placuna placenta* memiliki struktur-struktur yang terdiri dari lapisan luar yang digunakan untuk menahan dan melokalisasi kerusakan akibat penerobosan, daerah tahan patah dapat menyerap kelebihan energi tanpa menimbulkan kerusakan pada cangkang dan dapat digunakan untuk mempertahankan diri dari berbagai serangan predator. Pada pengamatan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) didapatkan bahwa struktur mikro Kerang Sumping adalah mineral dengan struktur berlapis-lapis pada gambar 2.3a dan 2.3b (Li, 2014).

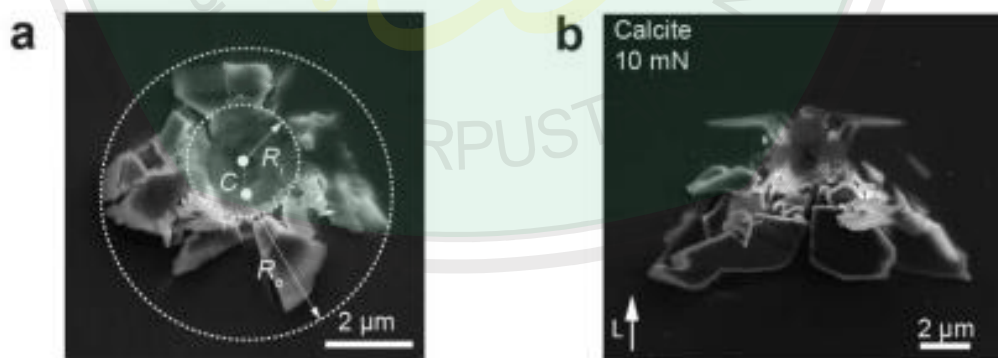


Gambar 2.3 Hasil pengamatan SEM dari Kerang Sumping (Li, 2014)

Uji nano-indentasi telah dilakukan untuk mengetahui nilai kekuatan yang ada pada kerang sumping dan membandingkannya dengan kristal kalsit yang berasal dari alam. Analisis kuantitatif menggunakan metode Oliver-Pharr yang digunakan menentukan nilai modulus dan kekerasan dari pengujian indentasi, pada Kerang Sumping didapatkan nilai $E_{o-p} = 71.11 \pm 3.25$ GPa, $H_{o-p} = 3.88 \pm 0.17$ GPa

sedangkan pada kristal kalsit didapatkan nilai $E_{o-p} = 73.4 \pm 1.7$ GPa, $H_{o-p} = 2.51 \pm 0.04$ GPa. Secara signifikan cangkang Kerang Sipping meningkatkan ketahanan terhadap deformasi plastik yang ditunjukkan oleh peningkatan sebesar ~50% dalam hal nilai kekerasan relatif terhadap kristal kalsit (Li, 2014).

Bekas uji nano-indentasi dengan ujung tajam *conosphpherical* pada bahan cangkang Kerang Sipping saat dikenai beban menggunakan indentor (gambar 2.4b) menunjukkan perbedaan yang sangat signifikan dibandingkan dengan bekas indentasi pada kristal kalsit (gambar 2.4a), karena menunjukkan perbedaan jenis retakan dan volume pada daerah bekas indentasi. Kerusakan yang dialami cangkang Kerang Sipping jauh lebih toleran karena batas spasial deformasi plastis sangat terlokalisasi dan sifat material yang isotropik sehingga fragmen cangkang retak dan terpotong pada daerah deformasi yang berukuran nano (Li, 2014).



Gambar 2.4 Pengamatan SEM untuk Hasil Indentasi pada Kristal Kalsit (a) dan Kerang Sipping (b) (Li, 2014)

Dari hasil perhitungan volume bekas indentasi dan pengukuran energi dissipasi pada kedua bahan didapatkan nilai densitas dissipasi energi deformasi

perbagian volume pada Kerang Simpson sebesar $e_{\text{diss}} = 0.290 \pm 0.072$ nJ dan lebih tinggi dibandingkan pada kristal kalsit sebesar $e_{\text{diss}} = 0.034 \pm 0.013$ nJ (Li, 2014).

2.2 Unsaturated Poliester

Resin poliester merupakan polimer termoset yang mudah dibentuk, banyak digunakan dalam industri pembuatan kapal fiber dan memiliki harga jual yang murah jika dibandingkan dengan resin epoksi. Hampir 75% penggunaan resin polyester Yukalac 157® BQTN-EX untuk pembuat kapal fiber di Indonesia karena memiliki harga yang murah dibandingkan dengan resin sejenisnya (Justus, 2015).

UPR (*Unsaturated Polyester Resin*) yang digunakan dalam penelitian ini adalah seri Yukalac 157® BQTN-EX Series, dimana memiliki beberapa spesifikasi tersendiri, yaitu (Nurmaulita, 2010):

Tabel 2.1. Spesifikasi *Unsaturated Polyester Resin* Yukalac 157® BTQN-EX (Justus, 2001 dalam Nurmaulita, 2010)

Item	Satuan	Nilai Tipikal	Catatan
Berat jenis	-	1,215	25 °C
Penyerapan air (suhu ruang)	%	0,188	24 jam
		0,466	7 hari
Keteguhan Lentur	kgf/mm ²	9,4	-
Modulus Fleksural	kgf/mm ²	300	-
Keteguhan Tarik	kgf/mm ²	5,5	-
Modulus Tarik	kgf/mm ²	300	-
Elongasi	%	2,1	-

Catatan: Kekentalan (Poise, pada 25 °C): 4,5-5,0; *Thixotropic Index*: > 1,5; Waktu gel (menit, pada 30 °C): 20-30; Lama dapat disimpan (bulan): < 6, pada 25 °C. Formulasi : Bagian; Resin : 100; MEKP : 1.

Poliester tak jenuh diperoleh dengan reaksi dari asam organik disfungsional jenuh dengan alkohol disfungsional. Asam yang digunakan meliputi maleat, fumarat, ftalat, dan tereftalat, rantai alkohol termasuk etilena glikol, propilen glikol, dan halogenasi glikol. Untuk proses *curing* atau silang, monomer reaktif seperti stirena ditambahkan pada kisaran 30-50% berat. Ikatan ganda karbon-karbon dalam molekul tak jenuh poliester dan molekul stirena berfungsi sebagai tempat *cross-linking* (Mazumdar, 2001).

Penggunaan stirena untuk bahan poliester berbasis produksi komposit mulai dikurangi karena emisi stirena menyebabkan masalah kesehatan dan digantikan oleh katalis untuk proses *curing* poliester (Mazumdar, 2001). Bahan yang dapat digunakan untuk katalis adalah bahan peroksida alami seperti pada *Benzoyl peroxide* atau MEKP (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*). Semakin banyak katalis yang ditambahkan pada resin maka makin cepat pula proses *curing* yang berlangsung, apabila katalis yang digunakan berlebihan akan berdampak pada material yang dihasilkan menjadi getas atau resin bisa terbakar. Penambahan katalis yang baik adalah 1% dari volume resin (Justus, 2001 dalam Nurmaulita, 2010). Bila terjadi reaksi akan timbul panas antara 60-90 °C. Panas ini cukup untuk mereaksikan resin sehingga diperoleh kekuatan dan bentuk plastik yang maksimal sesuai dengan bentuk cetakan yang diinginkan (Nurmaulita, 2010).

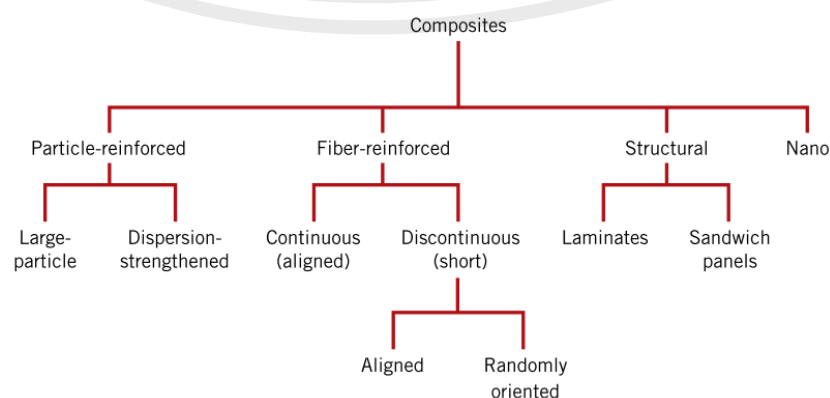
2.3 Komposit

Komposit merupakan bahan multifase yang menunjukkan proporsi yang signifikan dari sifat-sifat kedua fase konstituen sehingga didapatkan hasil kombinasi yang lebih baik dari sifat awal (Callister, 2014). Material komposit telah

digunakan untuk memecahkan masalah teknologi untuk waktu yang lama. Pada tahun 1960, materi ini mulai menarik perhatian industri dengan pengenalan komposit berbasis polimer (Mazumdar, 2001). Salah satu kajian dari komposit adalah GFRP (*Glass Fiber Reinforced Plastic*) yang masih dipengaruhi oleh arah serat karena bahan *fiberglass* bersifat anisotropik (Callister, 2014). Banyak penelitian dengan memanfaatkan serat alam untuk menggantikan serat *fiberglass* diantaranya penggunaan *filler* serat ampas tebu pada matriks poliester (Yudo, 2008) dan penggunaan serat nanas pada matriks poliester (Fahmi, 2013), karena bahan yang digunakan bersifat anisotropik dan modulus bahan *filler* masih dibawah modulus bahan gelas sehingga nilai modulus yang dihasilkan lebih rendah dari papan *fiberglass* (Chung, 2010).

2.3.1 Klasifikasi Komposit

Klasifikasi komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Klasifikasi dari material komposit menurut bahan pengisinya ditunjukkan pada gambar 2.5 (Callister, 2014):



Gambar 2.5 Klasifikasi Komposit Menurut Bahan *Fillernya* (Callister, 2014)

Pada gambar 2.5, klasifikasi untuk komposit partikel (*particulate-matriks composites*) yang membedakan antara *large particle composites* dan *dispersion-strengthened composites* adalah pada ukuran partikel dan komposisi *filler* yang digunakan (Callister, 2014).

2.3.2 Papan Komposit Partikulat

Jenis *filler* komposit yang sangat mudah dibuat adalah partikulat yang dapat berbentuk partikel kasar, pendispersi maupun partikel nano. Penggunaan matriks polimer pada *filler* partikulat sebagai PMC (*Polymer Matrix Composite*) memudahkan dalam penggunaan bahan (Callister, 2014). Penggunaan *filler* yang sangat melebihi fraksi berat matriks dapat menurunkan nilai kekuatan tekan pada campuran resin epoksi-granit, selain itu penggunaan ukuran partikel harus didasarkan pada *interface* yang dapat dibentuk antara *filler* dan matriks sehingga dihasilkan kekuatan yang tinggi (Budiarto, 2004).

Penggunaan polimer termoset *polypropilene* pada variasi jenis serbuk cangkang kerang dan kalsit dihasilkan kekuatan mekanis yang berbeda-beda, sehingga bahan komposit partikel sangat dipengaruhi oleh jenis bahan *fillernya* (Hamester, 2012). Peran *filler* adalah mengubah atau memperbaiki sifat-sifat material dan/atau mengganti beberapa volume polimer dengan biaya lebih murah (Callister, 2014).

Pada komposit isotropik partikel atau *short fiber* dapat digunakan persamaan Tsai Halpin dengan menerapkan faktor geometri partikel penguat yang diperoleh dari bentuk geometri partikel penguat sebagai fungsi dari arah beban,

geometri dan orientasi penguat dapat menjadi bahan pertimbangan faktor geometri (Bhagwan, 1980):

$$E_c = \frac{E_m(1 + 2SqV_f)}{1 - qV_f} \quad (2.1)$$

dengan nilai q (Bhagwan, 1980),

$$q = \frac{(E_f/E_m) - 1}{(E_f/E_m) + 2S} \quad (2.2)$$

dan S merupakan faktor geometri fiber atau partikel (l/d).

Partikel dapat memiliki berbagai bentuk geometri, tetapi harus berada di sekitar dimensi yang sama pada semua arah (sama-sumbu) dengan ukuran yang kecil dan merata pada matriks. Selanjutnya, fraksi volume pada kedua fase sangat berpengaruh, peningkatan sifat mekanis dapat dilakukan dengan meningkatkan konten partikulat. Dua ekspresi matematika telah dirumuskan untuk ketergantungan modulus elastisitas pada fraksi volume fase konstituen untuk komposit dua fase. Persamaan aturan pencampuran memprediksi bahwa modulus elastisitas harus jatuh antara batas atas yang diwakili oleh (Callister, 2014):

$$E_c(u) = E_m(1 - V_p) + E_p V_p \quad (2.3)$$

dan batas bawah,

$$E_c(v) = \frac{E_m E_p}{(1 - V_p)E_p + V_p E_m} \quad (2.4)$$

Dalam ungkapan ini, E dan V masing-masing menunjukkan modulus elastisitas dan fraksi volume, dan subskrip c , m , dan p masing-masing merupakan komposit, matriks, dan fase partikulat (Callister, 2014).

2.4 SNI (Standar Nasional Indonesia) Papan Partikel

Standar SNI 03-2105-2006 tentang papan partikel digunakan untuk mengklasifikasikan beberapa jenis papan partikel dilihat dari sifat fisis dan mekanis yang dimiliki bahan untuk aplikasi tertentu. Pada syarat fisis, kadar air papan partikel tidak diperkenankan melebihi 14% dari berat, pengembangan tebal papan tidak diperkenankan melebihi 12% dan rapat jenis bahan antara 0,40-0,90 g/cm³ (BSN, 2006). Syarat mekanis ditentukan pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Syarat Sifat Mekanis Papan Partikel Struktural untuk Papan Partikel Biasa dan Dekoratif (BSN, 2006)

No	Tipe	Keteguhan Lentur		Modulus Elastisitas Lentur		Keteguhan Tarik	
		kgf/cm ²	MPa	10 ⁴ kgf/cm ²	MPa	kgf/cm ²	MPa
1.	18	184	18,04	3,06	3000,83	3,1	0,304
2.	13	133	13,04	2,55	2500,70	2,0	0,196
3.	8	82	8,04	2,04	2000,56	1,5	0,15

Catatan: 1 kgf/cm² (kilogram-force per square cm) = 0,098 MPa (megapascals)

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Pembuatan sampel dan pengujian fisis dilakukan pada bulan April-Mei 2016 di Laboratorium Material, Jurusan Fisika, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian tarik dan lentur dilakukan pada bulan Mei 2016 di Laboratorium Bersama, UNAIR, Surabaya.

3.2 Jenis Penelitian

Jenis penelitian ini adalah studi eksperimental melakukan pendekatan penelitian secara kuantitatif. Adapun analisis hasil penelitian ini akan dideskripsikan dari hubungan ukuran dan komposisi *filler* cangkang Kerang Simpson dengan hasil sifat pengujian fisis dan mekanis.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Cup Plastik; Ayakan ukuran 30 mesh (0,595 mm), 50 mesh (0,297 mm), dan 100 mesh (0,149 mm); Ayakan Pasir konvensional (6,73 mm); Pengaduk; Pipet tetes; Pipet volum 1 ml; Penumbuk Batu; Blender Listrik; Bak air; Mikrometer; Neraca analitik Ohaus; Cetakan mal dengan bentuk uji; Plastisin; UTM Autograph AG-10TE Shimadzu; Mikroskop digital USB; dan PC (*Personal Computer*).

3.3.2 Bahan

Resin poliester Yukalac 157® BQTN-EX, MEKP (*Methyl ethyl ketone peroxide*), Cangkang Kerang Simpson, Mirror Glaze, Air.

3.4 Variabel Penelitian

3.4.1 Variabel Bebas

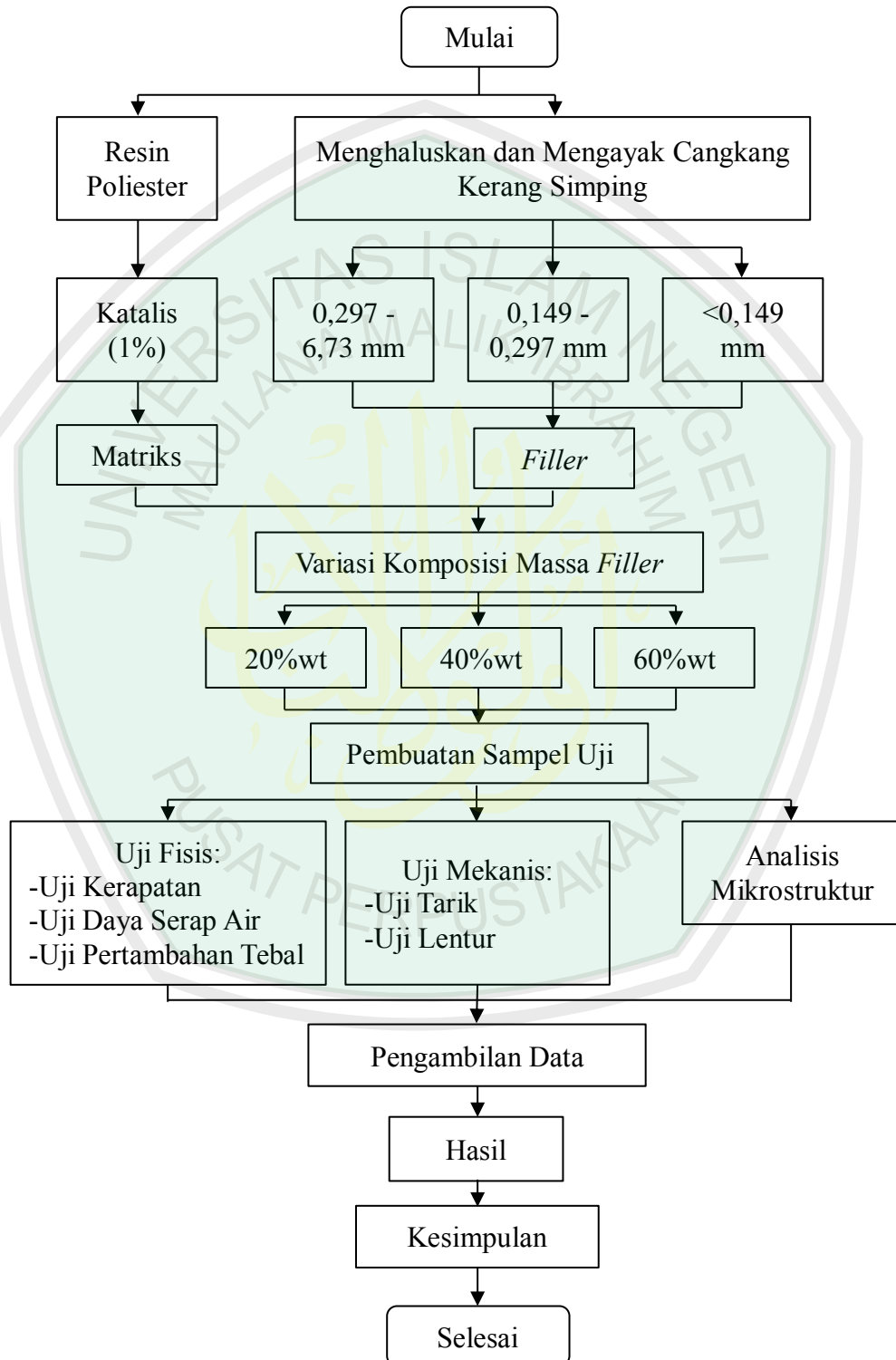
1. Ukuran partikel serbuk Kerang Simping
2. Persen massa serbuk Kerang Simping
3. Persen massa resin poliester Yukalac 157® BQTN-EX

3.4.2 Variabel Terikat

1. *Bulk density*
2. Persentase Daya serap air
3. Persentase Pengembangan tebal
4. Keteguhan tarik
5. Regangan tarik
6. Keteguhan lentur
7. Analisa mikrostruktur

3.5 Rancangan Penelitian

Rancangan pelaksanaan penelitian mengikuti diagram alir sebagai berikut:



Gambar 3.1 Rancangan Penelitian

3.6 Langkah Pembuatan Sampel

Langkah pembuatan sampel dibagi menjadi 2 tahap, yaitu pembuatan serbuk cangkang Kerang Samping dan pembuatan spesimen uji.

3.6.1 Langkah Pembuatan Serbuk Cangkang Kerang Samping

1. Dikumpulkan limbah cangkang Kerang Samping di TPI (Tempat Pelelangan Ikan) di kelurahan Lumpur, kota Gresik, Jawa Timur.
2. Cangkang kerang dibersihkan dari kotoran lalu dikeringkan.
3. Cangkang Kerang Samping ditumbuk menggunakan alu dan mortar hingga pecah, lalu dihaluskan menggunakan blender listrik hingga menjadi serbuk. Serbuk diayak untuk menyeleksi ukuran partikel dengan variasi ukuran partikel 0,297-6,73 mm (ayakan pasir konvensional dan ayakan ukuran 50 mesh); 0,149-0,297 mm (ayakan ukuran 50 dan 100 mesh) dan <0,149 mm (hasil ayakan 100 mesh).

3.6.2 Langkah Pembuatan Sampel Uji Menggunakan Cetakan

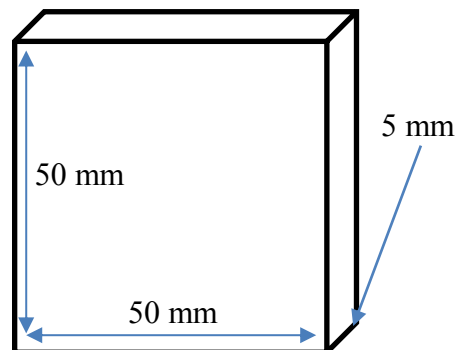
1. Disiapkan tiga buah cetakan masing-masing sesuai dengan standar alat uji yang digunakan. Cetakan berbahan dasar poliester murni, sebelum digunakan mencetak sampel uji, dilapiskan terlebih dahulu bahan antilengket mirror glaze.
2. Dibuat tiga jenis sampel dengan variasi ukuran *filler* cangkang kerang sesuai dengan tingkat ukuran mesh. Masing-masing variasi ukuran *filler* dibuat tiga variasi penambahan *filler* yaitu 20%, 40%, 60% dan masing-

masing variasi dibuat sebanyak 3 sampel uji yang berbeda sesuai dengan desain cetakan dengan tiga buah pengulangan.

3. Dibuat campuran katalis dan resin poliester dengan perbandingan 1:100, resin poliester ditimbang menggunakan neraca analitik menggunakan wadah cup plastik, katalis MEKP diambil menggunakan pipet volume dan dicampurkan ke resin lalu diaduk, kemudian dicampur dengan serbuk cangkang Kerang Simpson dan diaduk hingga merata.
4. Adonan dimasukkan ke cetakan mal dengan sekat plastisin. Diratakan adonan agar gelembung udara yang terjebak dapat dikurangi.
5. Setelah kering, sampel dihaluskan dan siap dilakukan pengujian.

3.7 Pengujian Sifat Fisis

Untuk mengetahui sifat-sifat fisis dari suatu bahan dilakukan beberapa pengujian dengan mengacu pada standar SNI 03-2105-2006, pada penelitian ini dilakukan pengujian fisis untuk menentukan nilai kerapatan, daya serap air, dan pengembangan tebal pada papan komposit cangkang Kerang Simpson. Bentuk sampel uji adalah balok dengan dimensi 50 mm x 50 mm dengan tebal 5 mm seperti pada gambar 3.2.



Gambar 3.2 Bentuk Spesimen Uji Fisis

3.7.1 Kerapatan

Metode bouyancy sangat efisien digunakan untuk menentukan kerapatan bahan dengan nilai densitas lebih dari 1, prinsipnya menggantikan volume air (V_c) oleh volume bahan (V_w) yang dirumuskan sebagai berikut (Serway, 2014):

$$\rho_c = \frac{m_c}{V_c} = \frac{m_c}{V_w} = \frac{m_c}{m_w} \rho_w = \frac{m_c}{m_c - m_{c \text{ in } w}} \rho_w \quad (3.1)$$

Dengan ρ_c = Massa jenis sampel komposit (g/cm^3)

ρ_w = Massa jenis air pada suhu 25 °C ($0,998 \text{ g/cm}^3$)

V_c = Volume komposit (cm^3)

V_w = Volume air yang digantikan komposit (cm^3)

m_c = Massa sampel komposit saat kering (g)

$m_{c \text{ in } w}$ = Massa sampel komposit saat berada di dalam air (g)

m_w = Massa air pada volume V_w (g)

3.7.2 Daya Serap Air

Daya serap air dihitung dari berat sampel sebelum dan sesudah perendaman dalam air selama 24 jam. Daya serap air pada papan komposit dihitung dengan menggunakan rumus (JIS A 5908:2003):

$$\%m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% \quad (3.2)$$

Dengan $\%m$ = Daya serap air (%)

m_1 = Massa sampel sebelum perendaman (g)

m_2 = Massa sampel setelah perendaman (g)

3.7.3 Pengembangan Tebal

Pengembangan tebal dihitung atas tebal sebelum dan sesudah perendaman dalam air selama 24 jam. Pengembangan tebal papan komposit dihitung dengan menggunakan rumus (BSN, 2006):

$$\%t = \frac{h_2 - h_1}{h_1} \times 100\% \quad (3.3)$$

Dengan %h = Pengembangan tebal (%)

h_1 = Tebal sampel sebelum perendaman (mm)

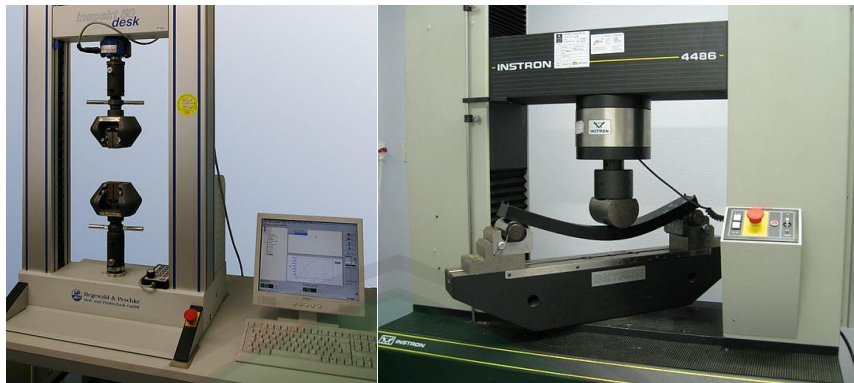
h_2 = Tebal sampel setelah perendaman (mm)

3.8 Pengujian Sifat Mekanis

Untuk mengetahui sifat-sifat mekanis dari suatu bahan dilakukan beberapa pengujian dengan mengacu pada standar pengujian yang digunakan alat uji. Pada penelitian ini dilakukan pengujian tarik dan lentur untuk menentukan nilai keteguhan tarik dan lentur.

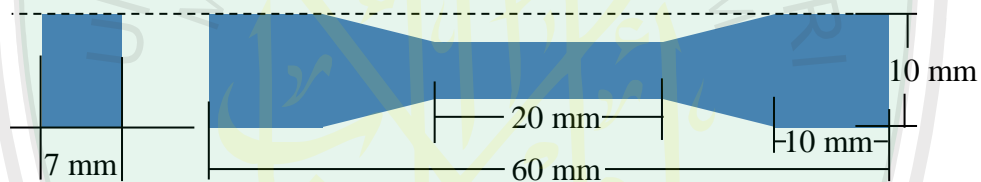
3.8.1 Pengujian Tarik

Salah satu pengujian tegangan dan regangan (*strain test*) adalah pengujian tarik (*tension test*). Pengujian dilakukan hingga sampel mengalami kegagalan uji atau terputus. Salah satu alat yang bisa digunakan untuk uji tarik adalah UTM (*Universal Testing Machine*) seperti pada gambar 3.2, dengan hasil dari pengujian ini adalah nilai pembebanan (N) dan pertambahan panjang (Callister, 2014).



Gambar 3.3 Pengujian Tarik (kanan) dan Lentur (kiri) Menggunakan UTM (*Universal Testing Machine*) (Anonim, 2015)

Bentuk spesimen uji tarik yang digunakan dalam penelitian ini seperti pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Bentuk Sampel Uji Tarik

Nilai tegangan dan regangan pada saat pengujian dapat dirumuskan sebagai berikut (Callister, 2014):

1. *Engineering Stress* (σ_t)

Engineering stress dirumuskan sebagai (Callister, 2014):

$$\sigma_t = \frac{F}{A_0} \quad (3.4)$$

Dengan F = Beban yang diberikan dalam arah tegak lurus terhadap penampang spesimen (N)

A_0 = Luas penampang spesimen sebelum pembebanan (mm^2)

σ_t = *Engineering Stress* (N/mm^2).

2. Engineering Strain (ϵ)

Engineering strain dirumuskan sebagai (Callister, 2014):

$$\epsilon = \frac{l - l_0}{l_0} = \frac{\Delta l}{l_0} \quad (3.5)$$

Dengan $\epsilon = \text{Engineering Strain}$

l_0 = Panjang spesimen sebelum pembebanan (mm)

l = Panjang spesimen setelah pembebanan (mm)

Δl = Pertambahan panjang (mm).

3. Modulus Young (E)

Nilai modulus tarik sampel uji dapat ditentukan dengan rumus (ASTM D3039, 2000):

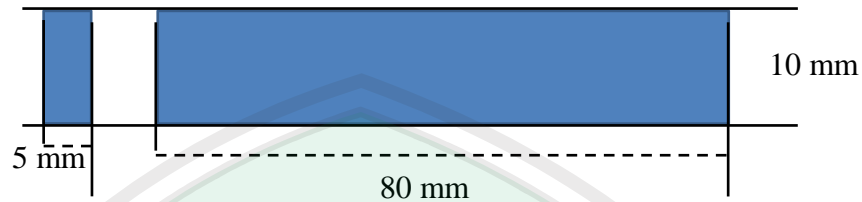
$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3.6)$$

Dengan nilai E adalah modulus young (Pa), σ dan ϵ masing-masing tegangan tarik (Pa) dan regangan tarik yang didapatkan dari hasil pengujian.

3.8.2 Pengujian Lentur

Untuk mengetahui keteguhan lentur suatu material dapat dilakukan dengan pengujian lentur terhadap material komposit tersebut, alat yang digunakan dalam uji tekuk seperti pada gambar 3.2 dengan bentuk sampel seperti pada gambar 3.5. Keteguhan lentur adalah tegangan lentur terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan. Nilai keteguhan lentur dipengaruhi oleh jenis material dan nilai pembebanan. Material komposit memiliki keteguhan lentur lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Pengujian tekuk dilakukan untuk mengetahui tingkat kerapuhan dari bahan logam

dan plastik yang getas dan keteguhan lentur dari indeks plastisitas dapat mencerminkan defleksi (ASTM D790, 2003 dalam Carli, 2012).



Gambar 3.5 Bentuk Sampel Uji Lentur

Pengujian keteguhan lentur (*bending strength*) dilakukan bersama-sama dengan pengujian kuat lentur. Nilai keteguhan lentur σ_b dihitung dengan rumus (ASTM D790, 2003):

$$\sigma_b = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (3.7)$$

Dengan σ_b = Keteguhan lentur (MPa)

P = Pembebanan yang dicatat alat (N)

L = Jarak sangga (mm)

b = Lebar sampel (mm)

d = Tebal sampel (mm).

3.9 Analisis Mikrostruktur

Analisis mikrostruktur dilakukan untuk mengetahui bentuk interface yang terbentuk selama proses *curing* pada resin poliester. Penggunaan katalis yang terlalu berlebihan dapat mengubah lapisan mikrostruktur yang dapat mempengaruhi bentuk mikrostruktur. Penggunaan bahan *filler* cangkang kerang simping yang berlebihan dapat berpengaruh pada mikrostruktur yang terbentuk. Pengujian

mikrostruktur pada penelitian ini dilakukan menggunakan mikroskop digital USB yang memiliki rentang perbesaran antara 50X hingga 500X.



Gambar 3.6 Mikroskop Digital

Spesifikasi mikroskop digital yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut: resolusi kamera: 2.0 *Megapixel*; resolusi gambar dan video: 640x480 hingga 1600x1200; jarak fokus: minimal 8mm; rasio perbesaran: 50x-500x; perbesaran digital: 6x ; *frame rate*: 30 fps pada 600 lux; dukungan format: JPG, BMP dan AVI; sumber cahaya: 8 LED; sumber daya dan *interface*: 5VDC USB 2.0; paket aplikasi: *Measurement*.

Penggunaan mikroskop digital memiliki beberapa kelebihan dan kekurangan jika dibandingkan dengan mikroskop optik konvensional. Kelebihan dari mikroskop jenis ini adalah (a) hasil pengamatan diolah dan ditampilkan oleh PC (*Personal Computer*); (b) kemudahan untuk mengatur posisi pengamatan sampel; (c) pencahayaan diberikan melalui LED yang dapat diatur intensitas cahayanya; serta (d) dapat dilakukan pengukuran secara langsung melalui perangkat lunak dengan melakukan proses kalibrasi menggunakan penggaris

Tabel 3.2 Contoh Tabel Data Hasil Pengujian Mekanis dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Kuat Tarik (MPa)			Perpanjangan Putus			Kuat Lentur (MPa)		
			Ulangan			Ulangan			Ulangan		
			1	2	3	1	2	3	1	2	3
1.	<0,149	20%									
		40%									
		60%									
2.	0,149 – 0,297	20%									
		40%									
		60%									
3.	0,297 – 6,73	20%									
		40%									
		60%									

Nilai modulus Young dicatat pada tabel 3.3 sebagai berikut:

Tabel 3.3 Contoh Tabel Nilai Modulus Young Terhadap Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Modulus Young (MPa)			Rata-rata
			Ulangan			
			1	2	3	
1.	<0,149	20%				
		40%				
		60%				
2.	0,149 – 0,297	20%				
		40%				
		60%				
3.	0,297 – 5,95	20%				
		40%				
		60%				

3.11 Analisis Persebaran Modulus

Persebaran modulus pada bahan dianalisis menggunakan aturan percampuran dengan mengetahui modulus bahan matriks dan *filler* dapat diketahui persebaran modulus efektif untuk setiap fraksi volume yang diberikan. Modulus hasil pengujian harus berada di antara batas atas dan batas bawah dari aturan

percampuran. Persamaan untuk membuat grafik daerah efektif, digunakan dua persamaan matematis pada persamaan 2.3 dan 2.4 untuk batas atas (*upper bonding*) dan bawah (*lower bonding*) (Callister, 2014).



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Pembuatan Sampel

Pembuatan bahan komposit cangkang kerang simping dilakukan dengan mencampur resin poliester (Yukalac 157® BQTN-EX), katalis MEKP (*Methyl Ethyl Ketone Peroxide*) dengan perbandingan 100:1 (Nur Maulita, 2010), lalu dicampur hingga homogen dan dimasukkan serbuk kerang simping. Variasi ukuran serbuk kerang simping yang digunakan adalah halus ($<0,149$ mm, hasil mesh 100), sedang ($0,149-0,297$ mm, antara mesh 50 dan 100) dan kasar ($0,297-6,73$ mm, antara ayakan pasir konvensional dan mesh 50). Variasi komposisi yang digunakan adalah 20%; 40% dan 60% w/w, bahan ditimbang menggunakan neraca analitik Ohaus. Pencampuran bahan dilakukan pada *cup* plastik menggunakan pengaduk logam selama ± 5 menit dan pencetakan spesimen uji menggunakan cetakan *mal* yang telah terbuat dari resin poliester.

Bentuk cetakan *mal* didasarkan pada jenis spesimen pengujian yang digunakan alat. Spesimen pengujian tarik berbentuk tulang anjing seperti pada gambar 3.4. Spesimen pengujian lentur menggunakan spesimen balok seperti pada gambar 3.5. Spesimen pengujian fisis menggunakan spesimen balok seperti pada gambar 3.2. Alas cetakan menggunakan keramik lantai yang telah dilapisi bahan antilengket mirror glaze. Plastisin diletakkan pada sudut-sudut cetakan *mal* untuk membendung campuran resin dan serbuk cangkang Kerang Siping selama proses

curing yang membutuhkan waktu ± 3 jam. Setelah kering sampel dilepaskan dari cetakan dan siap digunakan untuk pengujian.

4.1.2 Hasil Pengujian Fisis

Pengujian fisis dilakukan di Laboratorium Material, Jurusan Fisika, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang. Pengujian fisis dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat fisis material yang telah dibuat selama proses pencetakan. Pengujian fisis yang dilakukan pada penelitian ini adalah: uji densitas, uji daya serap air, dan uji pengembangan tebal.

4.1.2.1 Pengujian Densitas Komposit

Pengujian densitas komposit dilakukan untuk mengetahui kerapatan bahan komposit yang telah dibuat. Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah neraca analitik Ohaus. Pengujian ini menggunakan metode bouyancy dengan pertimbangan sampel uji dapat tenggelam di dalam air karena memiliki nilai densitas di atas nilai 1 dan lebih akurat jika dibandingkan dengan menggunakan metode manual (Membagi nilai pengukuran massa dengan hasil pengukuran volume menggunakan dimensi). Sampel uji fisis ditimbang terlebih dahulu untuk menentukan massa awal, selanjutnya sampel uji diikat dengan benang dan digantungkan pada bagian bawah neraca analitik. Sampel uji kemudian dimasukkan ke dalam air yang berada pada bak plastik hingga tenggelam dan didapatkan massa bahan di dalam air. Perhitungan densitas dengan menggunakan metode bouyancy menggunakan persamaan 3.1:

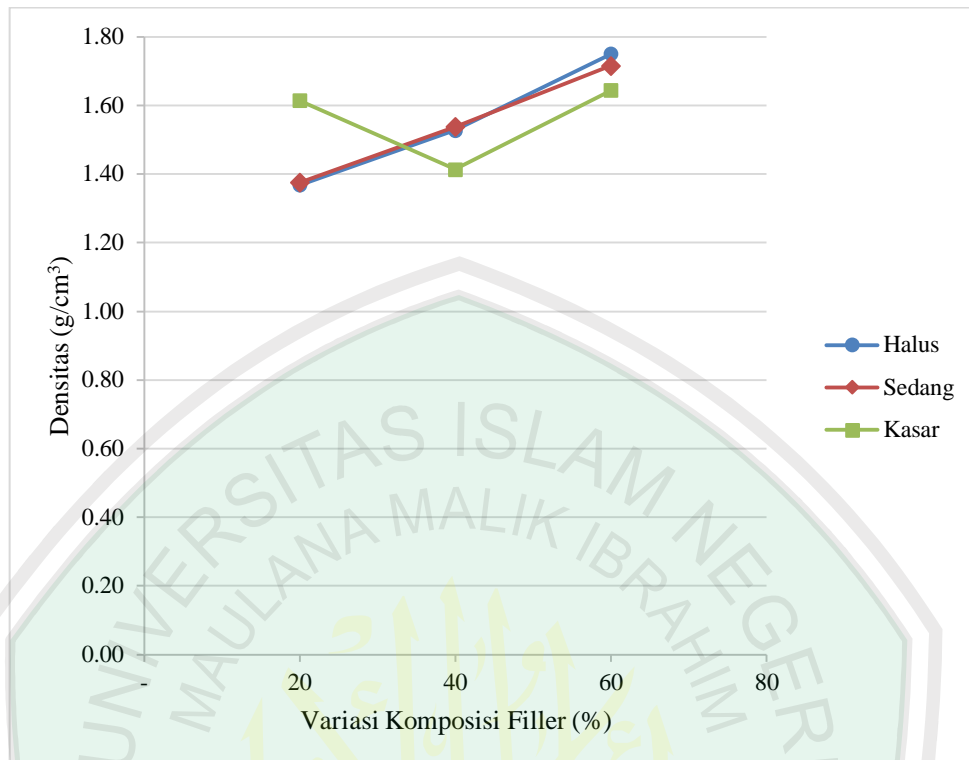
$$\rho_c = \frac{m_c}{m_c - m_{c \text{ in } w}} \rho_w = \frac{12,848}{12,848 - 3,429} 0,998 = 1,359 \text{ g/cm}^2$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka didapatkan hasil sesuai pada tabel 4.1 sebagai berikut.

Tabel 4.1 Tabel Data Densitas dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Densitas (g/cm ³)			Rata-rata	SD
			Ulangan				
			1	2	3		
1.	<0,149	20%	1,359	1,371	1,376	1,369	0,009
		40%	1,543	1,508	1,533	1,528	0,018
		60%	1,756	1,751	1,746	1,751	0,005
2.	0,149 – 0,297	20%	1,376	1,386	1,365	1,375	0,011
		40%	1,542	1,541	1,530	1,538	0,006
		60%	1,719	1,700	1,731	1,717	0,016
3.	0,297 – 6,73	20%	1,624	1,621	1,598	1,614	0,014
		40%	1,410	1,425	1,408	1,414	0,009
		60%	1,618	1,672	1,644	1,644	0,027

Bedasarkan data pada tabel 4.1, selanjutnya akan dibuat grafik untuk mengetahui lebih jelas hubungan pengaruh variasi komposisi dan ukuran *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson pada matriks poliester terhadap nilai densitas relatif.



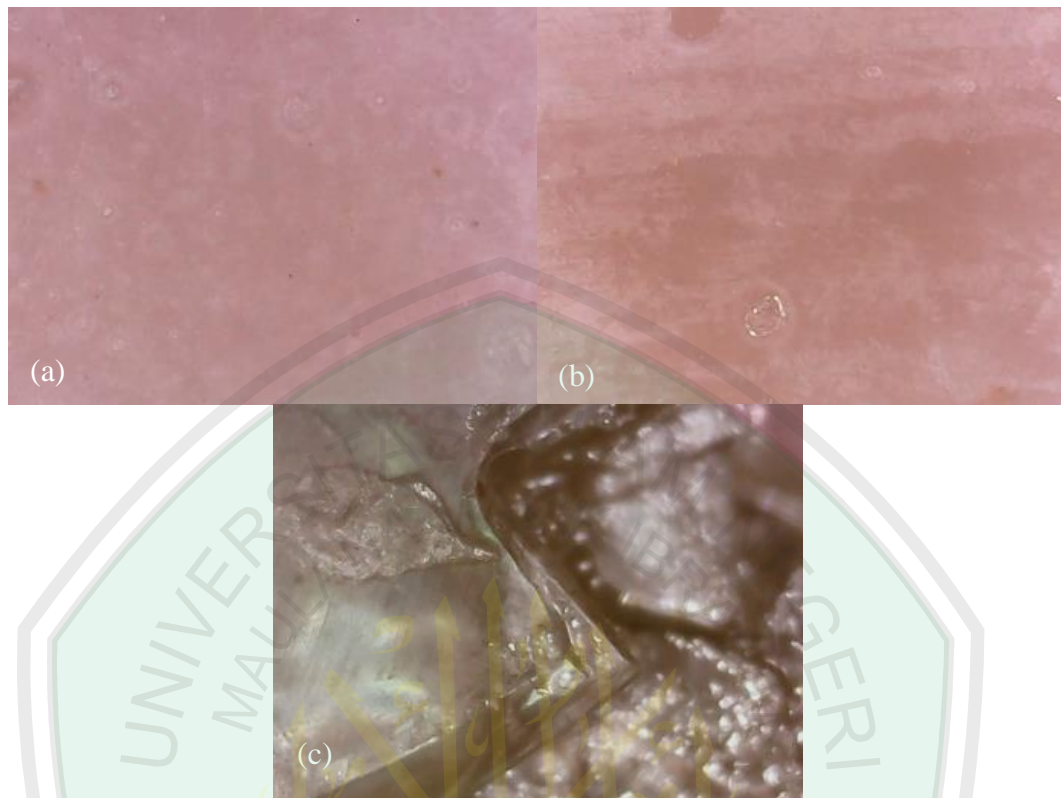
Gambar 4.1 Grafik Nilai Densitas Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Simpson

Gambar 4.1 menunjukkan hubungan semakin kecil variasi ukuran *filler* yang ditambahkan maka nilai densitasnya semakin menurun pada variasi halus dan sedang, hal ini disebabkan oleh jumlah *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson lebih kecil dibandingkan jumlah matriks poliester. Hasil uji mikrostruktur untuk variasi komposisi 60% pada gambar 4.6, teramati warna putih yang terbentuk lebih terlihat dominan pada variasi ukuran *filler* halus.

Penurunan nilai densitas yang dipengaruhi oleh variasi komposisi yang meningkat pada variasi ukuran *filler* kasar yang disebabkan oleh ukuran *filler* pada variasi kasar yang berukuran besar yang dapat dilihat pada gambar 4.2c, mengakibatkan daerah persebaran matriks semakin menurun pada variasi penambahan komposisi yang lebih banyak dari 20% yang diakibatkan terbentuknya

void (gelembung yang terjebak di dalam bahan komposit saat pencampuran *filler* serbuk cangkang Kerang Samping yang terjadi selama proses *curing*).

Peningkatan nilai densitas pada variasi komposisi 20% dipengaruhi oleh ukuran *filler* yang semakin besar, karena persebaran partikel yang lebih merata dan lebih padat, sehingga nilai densitas pada kasar-20 mengalami peningkatan. Peningkatan nilai densitas pada variasi komposisi 40%, dipengaruhi oleh penambahan komposisi *filler* yang semakin meningkat dengan nilai densitas serbuk cangkang Kerang Samping lebih tinggi dibandingkan dengan poliester, sedangkan penurunan nilai densitas pada kasar-40 dikarenakan adanya *void* yang terbentuk saat pembuatan sampel. Peningkatan nilai densitas pada variasi komposisi 60% dipengaruhi oleh komposisi yang semakin meningkat dan persebaran serbuk cangkang Kerang Samping yang semakin merata. Nilai densitas tertinggi pada halus-60 disebabkan oleh variasi ukuran *filler* yang kecil yang merata pada matriks dapat dilihat pada gambar 4.2a. Nilai densitas pada sedang-60 lebih rendah daripada halus-60 yang dikarenakan variasi ukuran yang lebih besar menyebabkan persebaran *filler* pada matriks kurang merata, dapat dilihat pada gambar 4.2b.



Gambar 4.2 Hasil Pengujian Mikrostruktur Sebelum Pengujian Densitas
(a) halus-60; (b) sedang-60; dan (c) kasar-60

4.1.2.2 Pengujian Daya Serap Air

Pengujian daya serap air dilakukan untuk mengetahui penambahan massa setelah perlakuan perendaman sampel uji selama 24 jam di dalam air. Alat yang digunakan adalah neraca analitik. Sampel uji menggunakan sampel pada pengujian densitas. Perhitungan daya serap air menggunakan persamaan 3.2:

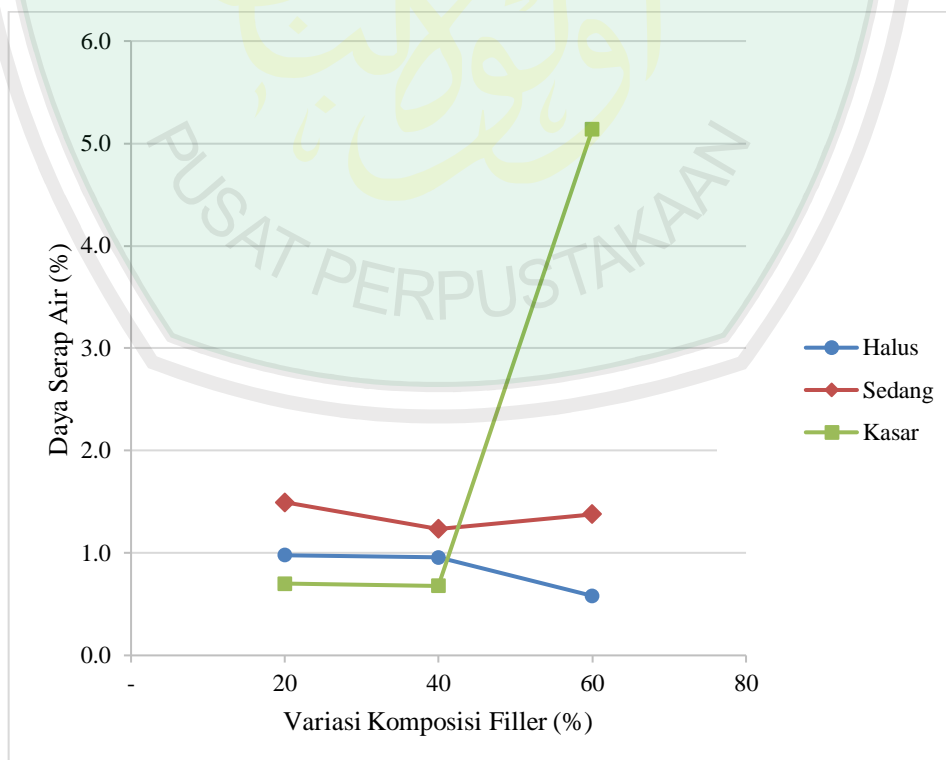
$$\%m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100\% = \frac{12,924 - 12,848}{12,848} \times 100\% = 0,59\%$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka didapatkan hasil sesuai pada tabel 4.2 sebagai berikut

Tabel 4.2 Tabel Data Daya Serap Air dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Sipping

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Sipping	Daya Serap Air (%)			Rata-rata	SD
			Ulangan				
			1	2	3		
1.	<0,149	20%	0,59	1,16	1,19	0,98	0,003
		40%	0,99	1,02	0,86	0,96	0,001
		60%	0,50	0,72	0,53	0,58	0,001
2.	0,149 – 0,297	20%	0,97	2,07	1,45	1,50	0,006
		40%	1,06	1,73	0,91	1,23	0,004
		60%	1,21	1,83	1,09	1,38	0,004
3.	0,297 – 6,73	20%	0,74	0,70	0,66	0,70	0,000
		40%	0,61	0,65	0,78	0,68	0,001
		60%	5,97	4,76	4,68	5,14	0,007

Bedasarkan data pada tabel 4.2, selanjutnya dibuat grafik untuk mengetahui lebih jelas hubungan pengaruh variasi komposisi dan ukuran *filler* serbuk cangkang Kerang Sipping pada matriks poliester terhadap persentase daya serap air.

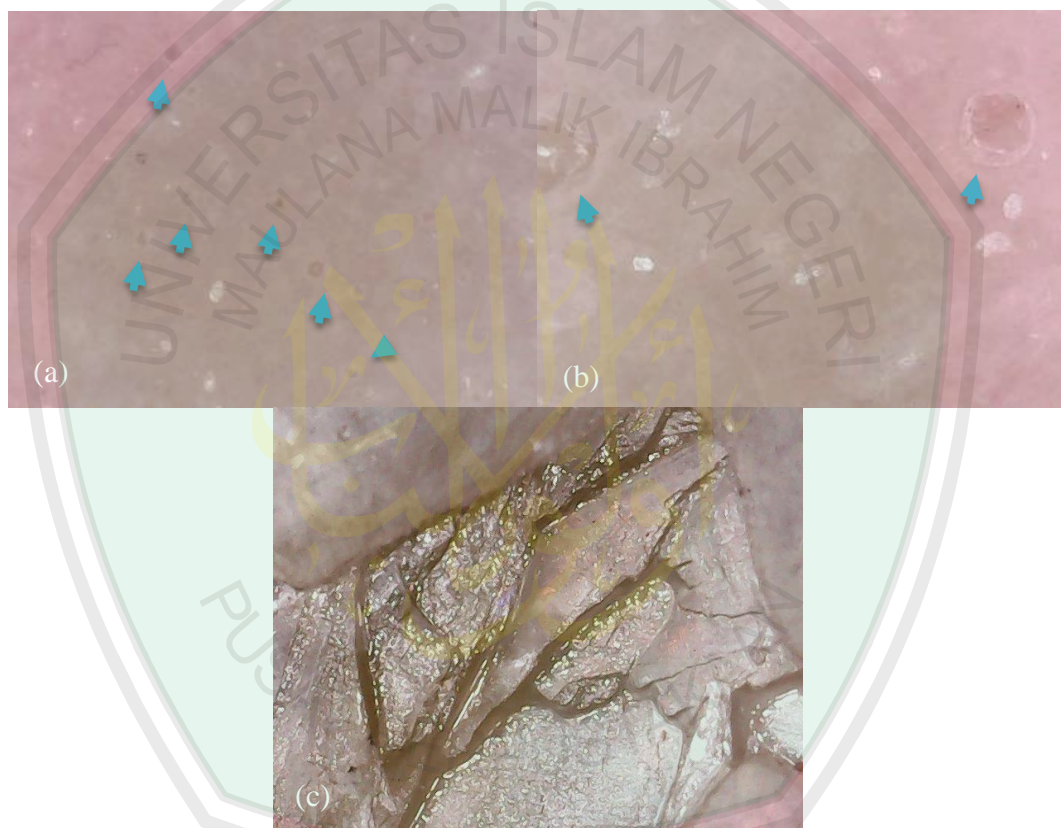


Gambar 4.3 Grafik Hubungan Persentase Daya Serap Air Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Sipping

Gambar 4.3 menunjukkan peningkatan nilai daya serap air yang lebih tinggi pada variasi ukuran *filler* halus dan sedang, daripada variasi *filler* kasar yang disebabkan oleh adanya partikel CaCO_3 pada serbuk Kerang Simpson yang bersifat hidrofilik (Fuerstenau, 2003) ditunjukkan pada gambar 4.4a dapat diamati daerah berwarna putih yang memiliki komposisi serbuk Kerang Simpson yang lebih banyak jika dibandingkan pada gambar 4.2a. Perpaduan antara *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson dan matriks poliester dapat membentuk struktur yang buruk untuk mencegah penyerapan air (Chand, 2008). Variasi ukuran *filler* halus memiliki daya serap air yang lebih rendah dibandingkan dengan variasi ukuran *filler* sedang yang dikarenakan ukuran partikel pada variasi sedang-60 memiliki ukuran pori-pori dalam bentuk *void* (daerah cacat permukaan yang ditunjuk panah biru) yang lebih besar jika dibandingkan dengan variasi halus-60 yang dapat diamati pada gambar 4.4, dapat dilihat daerah *void* yang terbentuk pada halus-60 lebih kecil daripada sedang-60. Peningkatan penyerapan air pada kasar-60 yang semakin meningkat dikarenakan keberadaan pori-pori yang terbentuk seperti pada gambar 4.2c akibat persentase *filler* dengan komposisi yang lebih banyak sehingga fungsinya hanya sebagai perekat yang memiliki distribusi yang kurang merata dikarenakan ukuran *filler* yang besar, bahan matriks yang bersifat hidrofilik meningkatkan nilai daya serap air dikarenakan terbentuknya luas penyerapan air yang luas pada celah yang terbentuk.

Penurunan nilai daya serap air pada variasi komposisi 20% ke 40% tidak berpengaruh secara signifikan, pada penambahan komposisi hingga 60%, memiliki karakteristik yang berbeda dengan variasi komposisi sebelumnya. Peningkatan

komposisi *filler* pada halus-60 menyebabkan persebaran serbuk Kerang Simpson semakin homogen, sehingga dapat menurunkan ukuran *void* yang terbentuk, sedangkan pada sedang-60, penambahan komposisi kurang efektif, dikarenakan persebaran *filler* pada matriks masih belum merata sehingga meninggalkan daerah *void* yang besar.



Gambar 4.4 Hasil Pengujian Mikrostruktur Setelah Perendaman Selama 24 Jam
(a) halus-60; (b) sedang-60; dan (c) kasar-60

4.1.2.3 Pengujian Pengembangan Tebal

Pengujian pengembangan tebal dilakukan untuk mengetahui prosentase pertambahan tebal pada sampel uji setelah direndam selama 24 jam di dalam air. Alat yang digunakan adalah mikrometer dan sampel uji menggunakan sampel uji densitas. Pengukuran tebal awal dilakukan sebelum bahan dilakukan

perendaman, dan pengukuran tebal akhir dilakukan setelah dilakukan perendaman dan pengujian daya serap air. Pengukuran diulang sebanyak 4 kali pada sampel uji.

Perhitungan pengembangan tebal menggunakan persamaan 3.3:

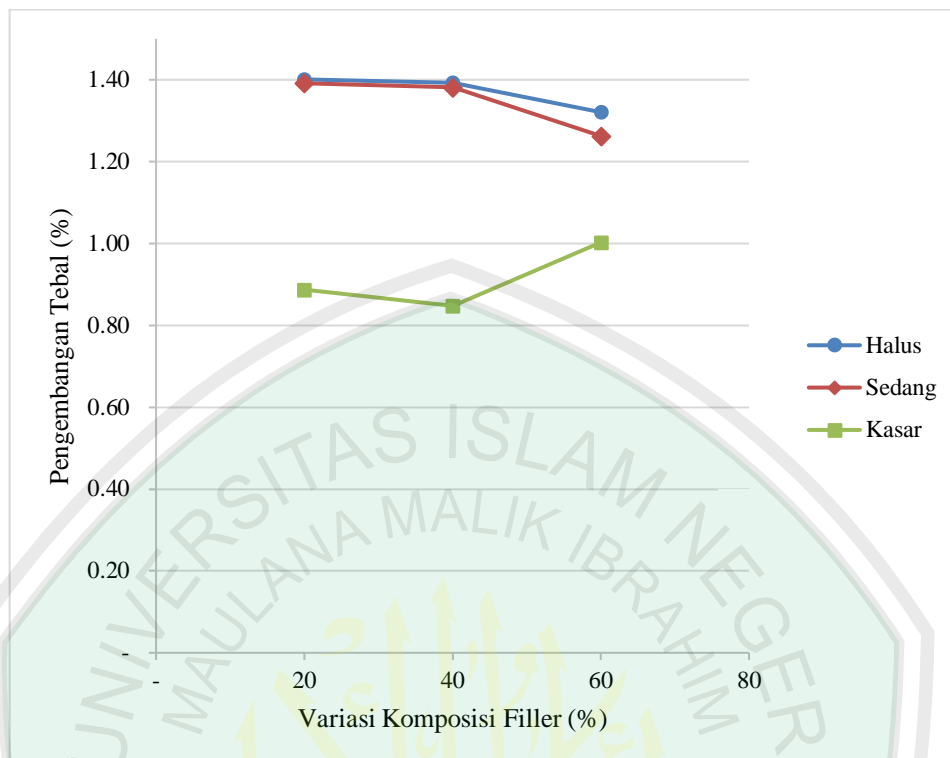
$$\%t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} \times 100\% = \frac{4,08 - 4,06}{4,06} \times 100\% = 0,49\%$$

Dengan menggunakan persamaan di atas, maka didapatkan hasil sesuai pada tabel 4.3 sebagai berikut

Tabel 4.3 Tabel Data Persentase Pengembangan Tebal dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Pengembangan Tebal (%)			Rata-rata	SD
			Ulangan				
			1	2	3		
1.	<0,149	20%	0,39	2,99	0,83	1,40	0,0139
		40%	0,98	1,06	2,13	1,39	0,0064
		60%	0,52	1,55	1,89	1,32	0,0071
2.	0,149 – 0,297	20%	1,21	1,38	1,59	1,39	0,0019
		40%	1,35	1,04	1,75	1,38	0,0035
		60%	1,03	0,89	1,87	1,26	0,0053
3.	0,297 – 6,73	20%	1,14	0,78	0,74	0,89	0,0022
		40%	1,19	0,83	0,52	0,85	0,0034
		60%	0,62	1,30	1,09	1,00	0,0035

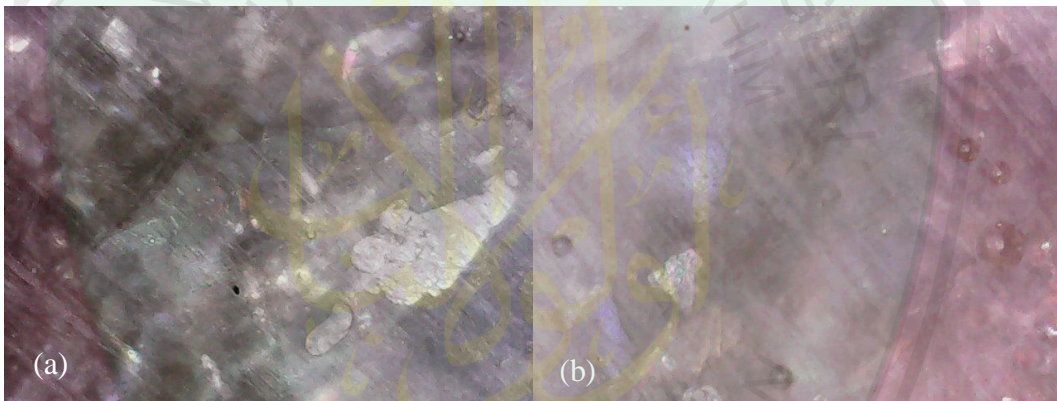
Bedasarkan data pada tabel 4.3, selanjutnya akan dibuat grafik untuk mengetahui lebih jelas hubungan pengaruh variasi komposisi dan ukuran *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson pada matriks poliester terhadap nilai pengembangan tebal.



Gambar 4.5 Hubungan Persentase Pengembangan Tebal Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Simpson

Gambar 4.5 menunjukkan pengembangan tebal pada variasi kasar lebih kecil daripada variasi sedang dan halus. Nilai pengembangan tebal pada kasar-20 dan kasar-40 tidak dipengaruhi oleh penyerapan air yang dilakukan oleh partikel serbuk kasar Kerang Simpson yang berada pada matriks poliester seperti pada gambar 4.3 dapat diamati kasar-20 dan kasar-40 memiliki daya serap paling rendah dan pada gambar 4.5 memiliki nilai pengembangan tebal paling rendah, pada gambar 4.6a mikrostruktur tidak berubah secara signifikan jika dibandingkan dengan gambar 4.4c dengan 4.4c yang memiliki perbedaan warna yang signifikan akibat daya penyerapan air yang tinggi. Peningkatan nilai pengembangan tebal pada kasar-60 disebabkan oleh persentase daya penyerapan air yang lebih besar, nilainya lebih rendah jika dibandingkan dengan sedang-60 yang lebih dipengaruhi oleh pada

keberadaan persentase matriks poliester yang hanya berfungsi sebagai perekat. Penurunan nilai pengembangan tebal pada variasi halus dan sedang dikarenakan penurunan persentase matriks poliester. Peningkatan pengembangan tebal pada variasi halus dipengaruhi oleh keberadaan CaCO_3 pada serbuk cangkang Kerang Simpson yang memiliki daerah kontak dengan air paling luas jika dibandingkan dengan variasi sedang yang dapat diamati pada gambar 4.4a dan 4.4b dengan membandingkan daerah berwarna putih yang terbentuk selama perendaman berlangsung.



Gambar 4.6 Hasil Pengujian Mikrostruktur Setelah Perendaman Selama 24 Jam
(a) kasar-20 (b) kasar-40

4.1.3 Pengujian Mekanis

Pengujian mekanis dilakukan di Laboratorium Bersama, Universitas Airlangga, Surabaya. Pengujian mekanis dilakukan untuk mengetahui beberapa sifat mekanis material saat dikenai pembebanan. Pengujian mekanis pada penelitian ini dilakukan dua buah jenis pengujian, yaitu: uji tarik dan uji lentur.

4.1.3.1 Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan sampel uji terhadap pembebanan tarik. Alat yang digunakan adalah Autograph AG-10TE Shimadzu menggunakan laju pembebanan 10 mm/menit. Nilai dari keteguhan tarik dihitung berdasarkan persamaan 3.4:

$$\sigma_{\text{UTS}} = \frac{F}{A} = \frac{41,77 \text{ N}}{35 \text{ mm}^2} = 1,1934 \text{ N/mm}^2 \text{ (MPa)}$$

Elongation at break adalah nilai pertambahan panjang bahan ketika dikenai oleh bahan hingga putus yang tercatat bersama saat pengujian pembebanan tarik, Nilai dari *elongation at break* dihitung berdasarkan persamaan 3.5:

$$\varepsilon_{\text{putus}} = \frac{\Delta L}{L} = \frac{1,33 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} = 0,022167$$

Dengan menggunakan kedua persamaan di atas, maka didapatkan hasil sesuai pada tabel 4.4 sebagai berikut.

Tabel 4.4 Tabel Data Keteguhan Tarik dan Perpanjangan Putus dengan Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Keteguhan Tarik (MPa)			Rata-rata	Perpanjangan Putus			Rata-rata
			Ulangan				Ulangan			
			1	2	3		1	2	3	
1.	<0,149	20%	1,193	1,462	1,013	1,223	0,022	0,023	0,017	0,021
		40%	1,231	1,408	1,327	1,322	0,014	0,013	0,017	0,015
		60%	0,706	0,681	0,701	0,696	0,008	0,008	0,008	0,008
2.	0,149 – 0,297	20%	0,849	1,329	1,462	1,213	0,016	0,018	0,016	0,017
		40%	0,736	0,447	0,789	0,657	0,007	0,010	0,009	0,009
		60%	0,176	0,687	0,803	0,556	0,005	0,009	0,008	0,007
3.	0,297 – 5,95	20%	0,649	0,600	0,684	0,645	0,007	0,007	0,008	0,007
		40%	0,900	0,773	0,691	0,788	0,012	0,012	0,012	0,012
		60%	0,249	0,351	0,171	0,257	0,007	0,009	0,005	0,007

Bedasarkan data pada tabel 4.4, selanjutnya akan hitung nilai modulus Young bahan menggunakan persamaan 3.5 sebagai berikut:

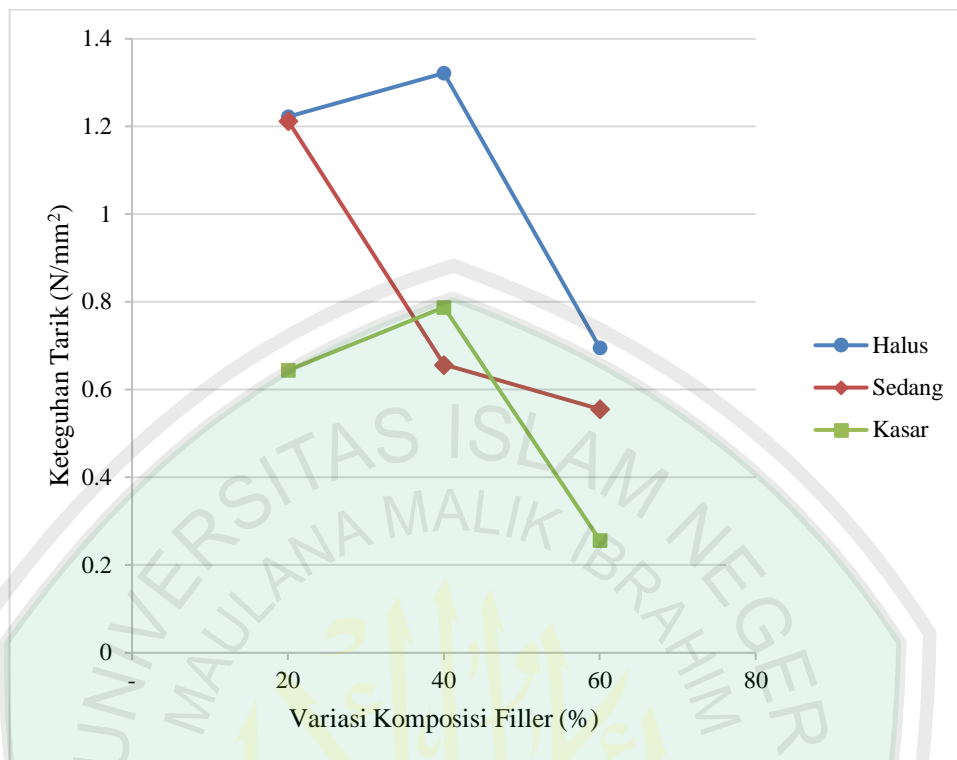
$$E = \frac{\sigma_{UTS}}{\varepsilon} = \frac{1,193 \text{ MPa}}{0,022} = 53,839 \text{ MPa}$$

Dengan menggunakan kedua persamaan di atas, maka didapatkan hasil sesuai pada tabel 4.5 sebagai berikut.

Tabel 4.5 Tabel Nilai Modulus Young Terhadap Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

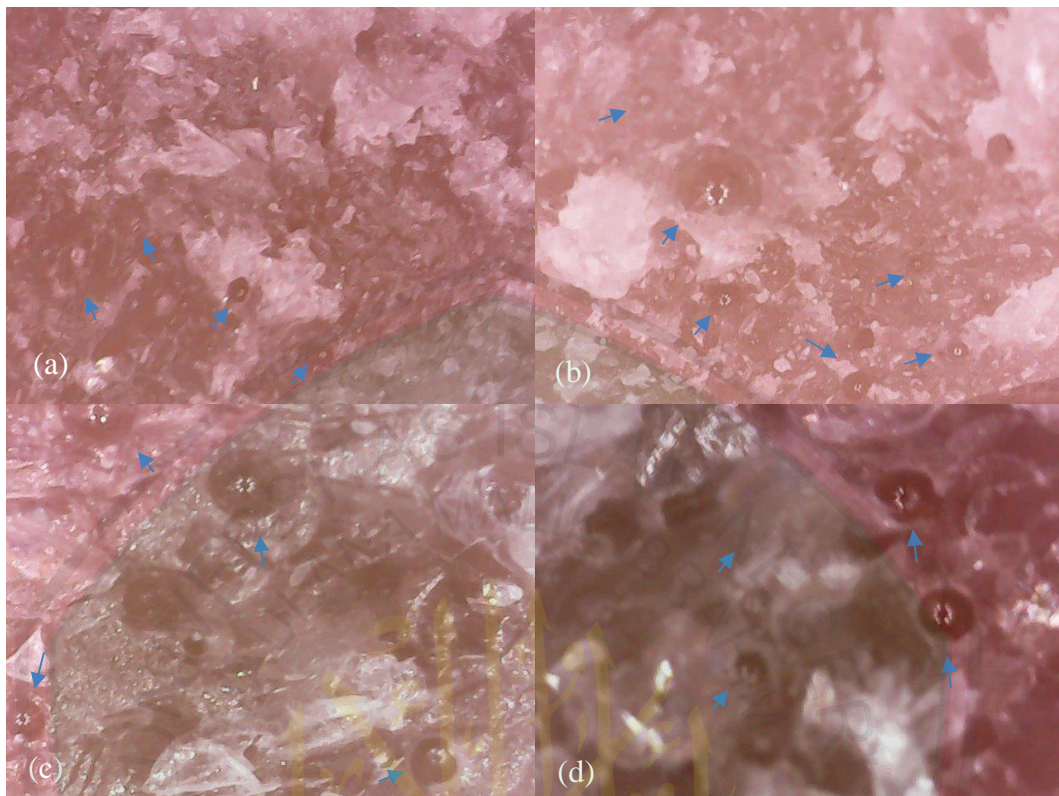
No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Modulus Young (MPa)			Rata - rata	SD
			Ulangan				
			1	2	3		
1.	<0,149	20%	53,839	64,029	58,467	58,778	5,102
		40%	86,864	105,579	80,433	90,958	13,063
		60%	90,164	86,881	87,571	88,206	1,731
2.	0,149 – 0,297	20%	54,201	72,499	92,337	73,012	19,073
		40%	100,325	45,472	87,619	77,805	28,713
		60%	34,120	77,790	100,429	70,779	33,706
3.	0,297 – 5,95	20%	88,558	81,818	91,238	87,205	4,854
		40%	72,973	66,294	57,548	65,605	7,736
		60%	35,592	38,338	35,291	36,407	1,679

Bedasarkan data pada tabel 4.4 dan 4.5, selanjutnya akan dibuat grafik untuk mengetahui lebih jelas hubungan pengaruh variasi komposisi dan ukuran *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson pada matriks poliester terhadap nilai keteguhan tarik, perpanjangan putus dan modulus Young.



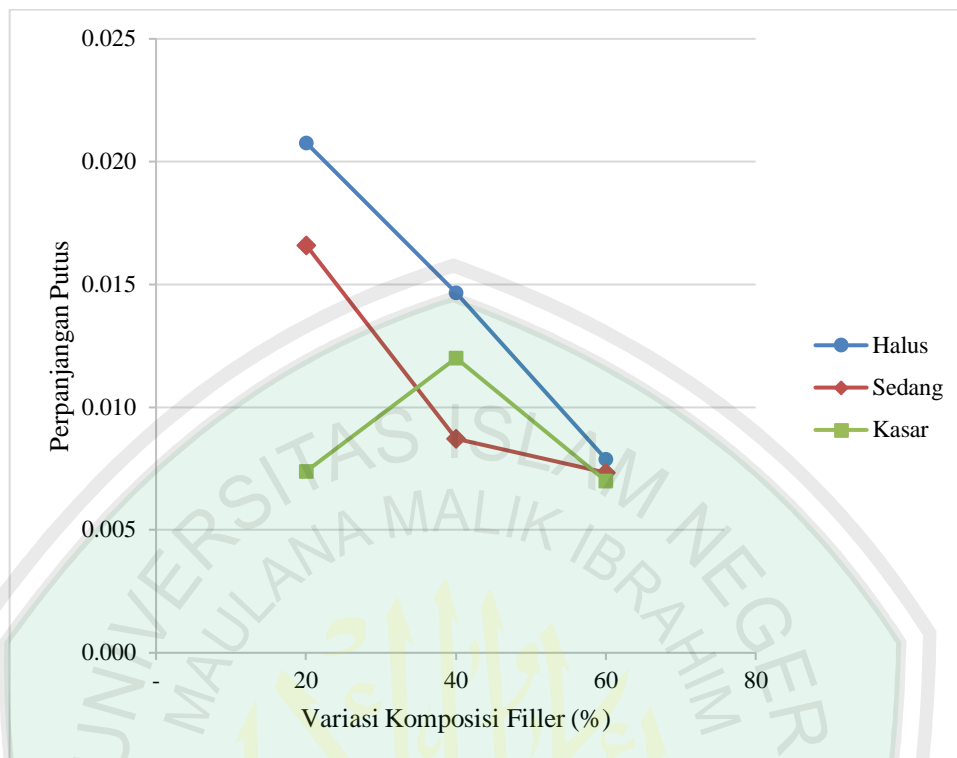
Gambar 4.7 Hubungan Nilai Keteguhan Tarik Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Simpson

Gambar 4.7 menunjukkan peningkatan nilai keteguhan tarik dipengaruhi oleh penambahan komposisi *filler* hingga 40% dan menurun nilainya pada penambahan *filler* 60%, peningkatan nilai keteguhan tarik juga dipengaruhi oleh penurunan ukuran *filler* yang semakin besar. Nilai keteguhan tarik yang tertinggi adalah variasi halus, dikarenakan ukurannya yang paling kecil sehingga didapatkan persebaran *filler* yang paling merata, dapat diamati antara gambar 4.8a dengan 4.8b. Nilai keteguhan tarik pada variasi ukuran *filler* menurun dengan bertambahnya ukuran *filler* karena komposisi *filler* yang terlalu banyak menyebabkan daerah ikatan *filler* menurun, dapat diamati pada gambar 4.10a dan 4.10b.



Gambar 4.8 Mikrostruktur Hasil Pengujian Tarik (a) halus-20 (b) halus-40
(c) sedang-20 (d) sedang-40

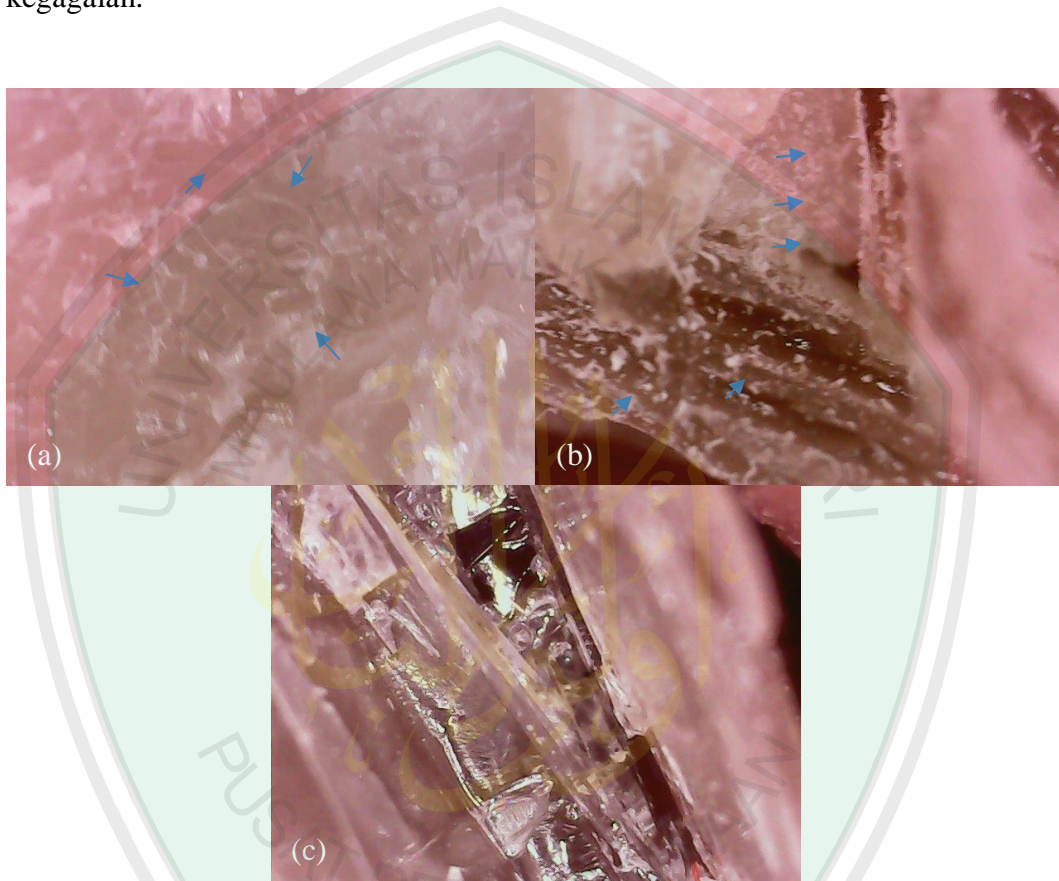
Komposisi *filler* sangat mempengaruhi keteguhan tarik pada halus-40, dapat diamati pada gambar 4.8b penguatan nilai keteguhan tarik disebabkan oleh persebaran dan jarak antar partikel serbuk cangkang Kerang Simpson yang semakin dekat akibat penambahan komposisi *filler*. Gambar 4.10c menunjukkan penguatan kasar-40 lebih dipengaruhi pada daerah ikatan *filler* yang lebih baik jika dibandingkan dengan kasar-60 pada gambar 4.10b, sedangkan pada variasi ukuran sedang mengalami penurunan nilai keteguhan tarik yang diakibatkan oleh ikatan yang kurang merata pada sampel. Pada gambar 4.8c dan 4.8d dapat diamati daerah gelembung-gelembung udara dengan ukuran yang lebih besar yang terjebak saat proses pembuatan sampel.



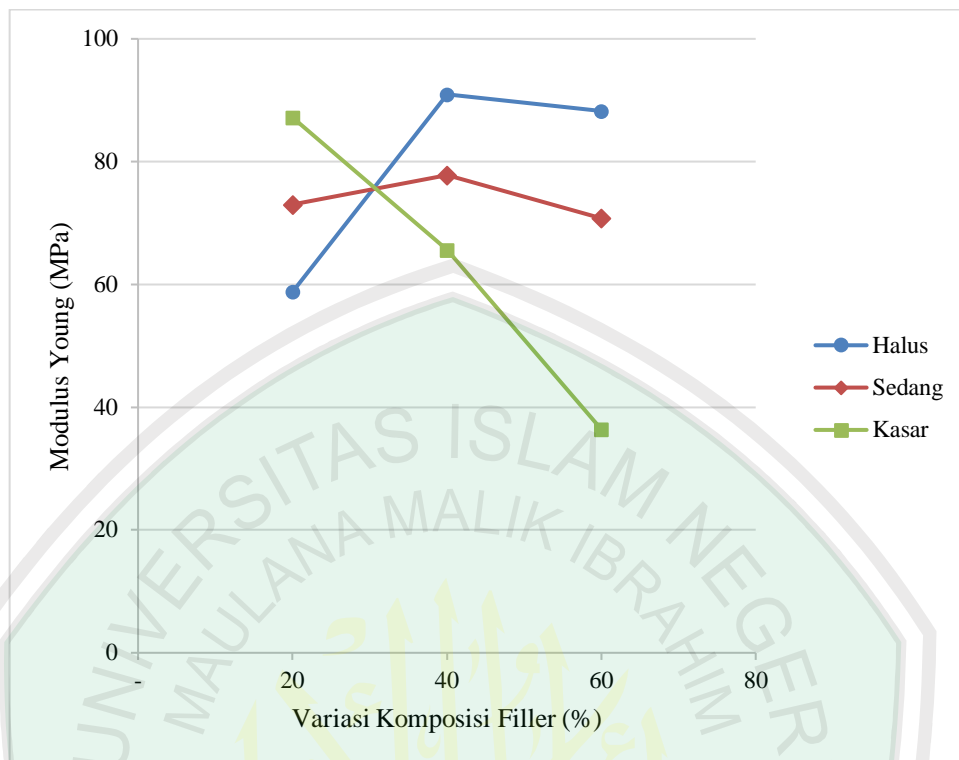
Gambar 4.9 Hubungan Nilai Perpanjangan Putus Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Semping

Gambar 4.9 menunjukkan penurunan nilai perpanjangan putus dipengaruhi oleh penambahan komposisi serbuk cangkang Kerang Semping. Nilai perpanjangan putus yang seragam pada halus-60 dan sedang-60 dengan nilai perpanjangan putus lebih kecil daripada bahan matriks murni dikarenakan sifat *filler* yang sangat getas dan sulit untuk menghantarkan beban pada *filler* sehingga memungkinkan untuk mengalami deformasi sebelum daerah plastis, pada gambar 4.10a dan 4.10b dapat diamati perpatahan yang terjadi pada bagian matriks. Peningkatan perpanjangan putus dengan peningkatan ukuran *filler* pada variasi komposisi 20%, disebabkan komposisi *filler* yang lebih banyak seperti pada gambar 4.8a dan 4.8c, pada halus-20 serbuk cangkang Kerang Semping yang halus menghantarkan tegangan lebih baik jika dibandingkan dengan sedang-20 sehingga terjadi perpanjangan pada

daerah plastis sebelum terjadi deformasi. Kasar-40 mengalami peningkatan nilai perpanjangan putus dikarenakan perpatahan matriks terjadi lebih dahulu dan setelah itu *filler* kasar berkerja untuk menahan pembebebanan hingga mengalami kegagalan.



Gambar 4.10 Mikrostruktur Hasil Pengujian Tarik (a) sedang-60
(b) kasar-60 (c) kasar-40



Gambar 4.11 Hubungan Nilai Modulus Young Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Simpson

Gambar 4.11 menunjukkan peningkatan ukuran *filler* yang semakin kecil, dapat meningkatkan nilai modulus Young yang semakin besar dan menurun pada komposisi yang paling besar, kecuali pada variasi kasar yang didapatkan penurunan nilai modulus yang berbanding dengan penambahan *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson yang dapat dilihat grafik menunjukkan pola penurunan yang *linear* dikarenakan pengaruh ukuran *filler* yang sangat besar. Nilai modulus pada variasi ukuran *filler* kasar dengan variasi komposisi sebesar 20%, memiliki nilai yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan variasi ukuran yang lebih kecil. Penurunan nilai modulus disebabkan oleh keberadaan daerah persebaran matriks yang rendah akibat peningkatan komposisi *filler*. Gambar 4.9 menunjukkan nilai perpanjangan putus yang paling tinggi pada halus-20 dan terendah pada kasar-20 yang sangat

berpengaruh pada nilai modulus Young. Peningkatan nilai modulus pada variasi ukuran *filler* halus dan sedang pada variasi komposisi 40% yang disebabkan oleh persebaran *filler* yang lebih merata pada matriks. Penurunan nilai modulus pada variasi komposisi 60% disebabkan persebaran *filler* pada matriks sudah maksimal sehingga didapatkan penurunan nilai perpanjangan putus yang hampir sama pada semua ukuran *filler*.

4.1.3.2 Pengujian Lentur

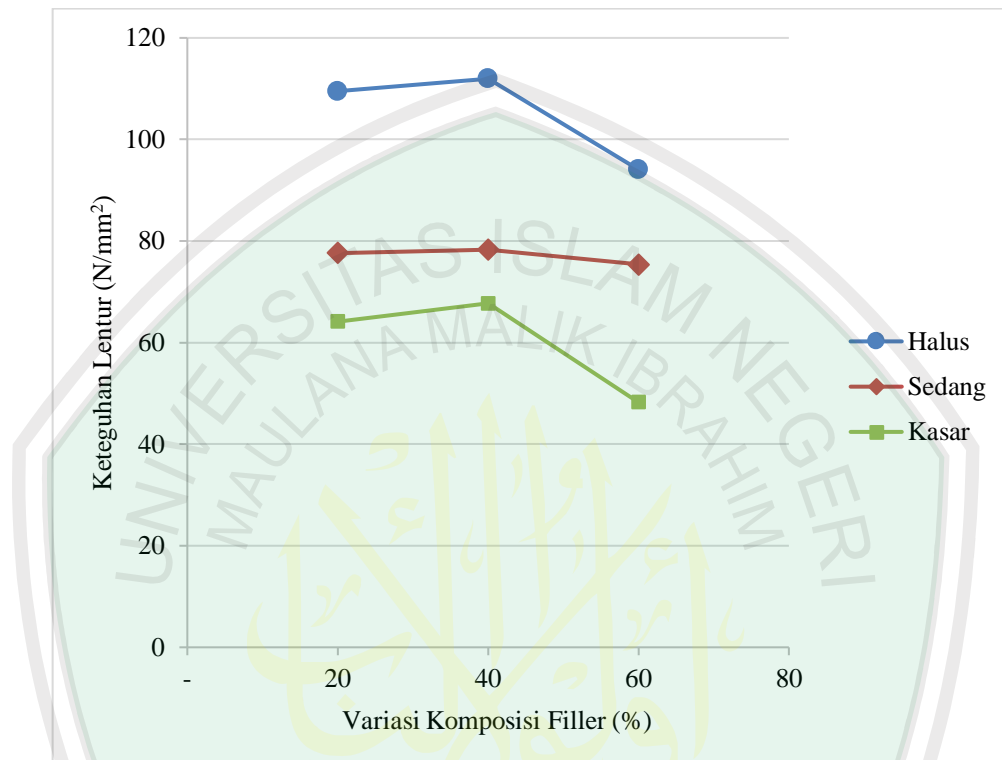
Pengujian lentur digunakan untuk mengetahui pengaruh pembebanan tegak lurus permukaan papan komposit. Pengujian lentur dilakukan menggunakan alat Autograph AG-10TE Shimadzu menggunakan laju pembebanan 20 mm/menit dengan jarak sanggah 60 mm.

Tabel 4.6 Tabel Nilai Keteguhan Lentur Terhadap Variasi Ukuran dan Komposisi Serbuk Cangkang Kerang Simpson

No	Ukuran Partikel (mm)	Komposisi Serbuk Simpson	Keteguhan Lentur (MPa)			Rata-Rata	SD
			Ulangan				
			1	2	3		
1.	<0,149	20%	85,500	126,18	116,82	109,50	21,30
		40%	120,42	82,620	132,84	111,96	26,16
		60%	97,920	89,460	94,860	94,080	4,28
2.	0,149 – 0,297	20%	65,880	85,140	81,900	77,640	10,31
		40%	61,740	78,300	94,860	78,300	16,56
		60%	81,000	66,780	78,480	75,420	7,59
3.	0,297 – 6,73	20%	67,860	62,460	62,100	64,140	3,23
		40%	72,180	70,920	60,120	67,740	6,63
		60%	39,420	44,100	61,200	48,240	11,47

Bedasarkan data pada tabel 4.6, selanjutnya akan dibuat grafik untuk mengetahui lebih jelas hubungan pengaruh variasi komposisi dan ukuran *filler*

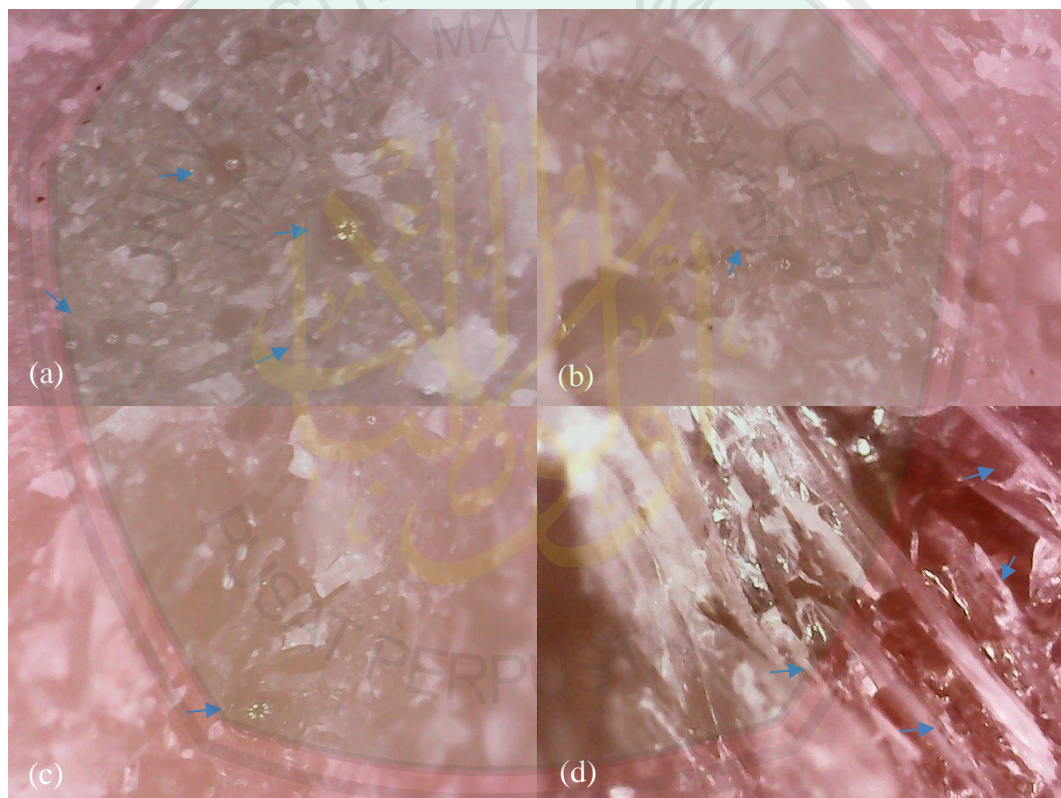
serbuk cangkang Kerang Simpson pada matriks poliester terhadap nilai keteguhan lentur.



Gambar 4.12 Hubungan Nilai Keteguhan Lentur Terhadap Ukuran dan Komposisi *Filler* Serbuk Cangkang Kerang Simpson

Gambar 4.12 menunjukkan ukuran *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson yang semakin kecil dapat meningkatkan nilai keteguhan lentur, dikarenakan persebaran serbuk cangkang Kerang Simpson yang lebih merata dapat diamati pada gambar 4.13a, 4.13c dan 4.13d yang menunjukkan daerah persebaran matriks lebih merata pada halus-20. Penambahan komposisi *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson sebanyak 40% dapat meningkatkan nilai keteguhan lentur dan menurun pada penambahan komposisi 60% yang diakibatkan peningkatan jumlah *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson yang menurunkan persebaran matriks yang dapat diamati pada gambar 4.13a dan 4.13b yang menunjukkan halus-60 memiliki daerah

yang lebih padat jika dibandingkan dengan halus-40. Peningkatan yang signifikan didapatkan pada penambahan komposisi 40% pada setiap variasi ukuran *filler*, sedangkan pada komposisi 20%, didapatkan nilai yang lebih rendah dikarenakan persebaran *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson pada matriks masih belum mencapai kohomogenan, sehingga perpatahan lebih mudah berada pada daerah perpatahan matriks yang lebih dominan.

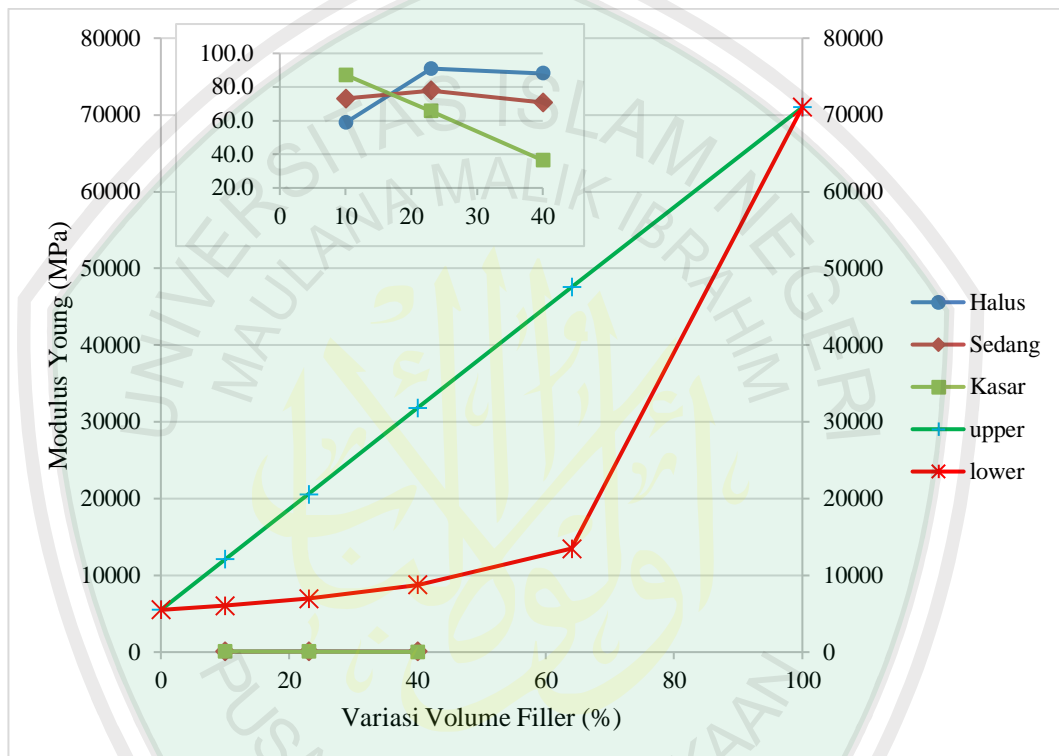


Gambar 4.13 Mikrostruktur Hasil Pengujian Lentur (a) halus-40 (b) halus-60 (c) sedang-40 (d) kasar-40

4.1.4 Analisis Pesebaran Modulus

Menggunakan tabel 4.5, digunakan analisis modulus untuk menentukan persebaran modulus yang didapatkan sesuai dengan teori atau belum. Menggunakan data cangkang Kerang Simpson pada bab 2.1.2 dan data resin

poliester diambil pada tabel 2.1, data yang diolah adalah data massa jenis, modulus bahan dan fraksi volume yang digunakan pada penelitian ini. Setelah dilakukan perhitungan dan dihasilkan grafik persebaran modulus pada gambar 4.14 sebagai berikut.



Gambar 4.14 Hasil Analisis Pesebaran Modulus Menggunakan Variasi Volume Filler Serbuk Cangkang Kerang Simpson

Gambar 4.14 menunjukkan nilai modulus yang dihasilkan pada pengujian ini masih berada pada daerah di bawah kurva *lower bonding* (garis merah), yang dapat diartikan bahwa sampel uji tarik yang dihasilkan pada penelitian ini masih belum bisa didapatkan nilai yang ideal dari pengujian untuk bahan komposit yang sesuai dengan teori. Hal ini dikarenakan keberadaan *void* pada yang diamati pada daerah mikrostruktur sangat mempengaruhi penurunan nilai modulus tarik secara signifikan.

4.2 Pembahasan

Mutiara yang telah disebutkan sebanyak 7 kali di dalam al-Quran, salah satunya disebutkan di dalam surat ar-Rahman(55):19-22.

مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ يَلْتَقِيَانِ ۱۹ بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ ۲۰ فَبِأَيِّ آءَاءِ رَبِّكُمَا تُكَذِّبَانِ ۲۱ يَخْرُجُ مِنْهُمَا اللُّؤْلُؤُ وَالْمَرْجَانُ ۲۲

“Dia membiarkan dua lautan mengalir yang keduanya kemudian bertemu. Antara keduanya ada batas yang tidak dilampaui masing-masing. Maka nikmat Tuhan kamu yang manakah yang kamu dustakan. Dari keduanya keluar mutiara dan marjan.”

Menurut Ibnu ‘Abbas, maksud dari ayat “مَرَجَ الْبَحْرَيْنِ” di dalam surat ar-Rahman adalah “Mengalirkan keduanya” (Katsir, 2004). Maksud dari kata “مَرَجَ” adalah membiarkan atau melepaskan (dua laut) yang airnya tawar dan yang asin (saling bertemu) (As-Suyuthi, 2010). Menurut zahid, kata “يَلْتَقِيَانِ” berarti “Kemudian bertemu” yang dijelaskan pada ayat berikutnya “بَيْنَهُمَا بَرْزَخٌ لَا يَبْغِيَانِ” yang memiliki makna memiliki batas yang tidak dapat terlewati, yaitu tidak dapat bercampur (Katsir, 2004). Dua laut yang mengalir, kemudian bertemu dan tidak bercampur menunjukkan kekuasaan Allah Swt. yang menjaga kesucian air laut dengan menghomogenkan dua jenis air yang berbeda, yaitu air tawar dan asin dengan perbedaan densitas air yang tidak terhubung pada kedua lapisan, daerah pertemuan ini disebut dengan zona *pycnocline* yang memiliki perbedaan salinitas dari kedua jenis air (Thurman, 2004).

Bagian yang air asin berupa marjan dan mutiara (As-Suyuthi, 2010). Abu al-Haytsam mengatakan, “ulama berbeda pendapat tentang apa yang dimaksud dengan “المَرْجَانُ”, beberapa mengatakan bahwa itu “البُسْدُ” (terumbu karang) yang

merupakan permata merah, dikatakan bahwa jin membuangnya di laut” (Mandhur, 1883). Marjan merupakan batu yang berwarna merah yang dihasilkan dari bangkai karang merah yang mengeras dan mutiara adalah salah satu batu yang dihasilkan oleh kerang yang diakibatkan oleh masuknya benda asing ke dalam tubuhnya dan lapisan mutiara pada cangkangnya akan melapisinya untuk mencegah infeksi (Champbell, 2011).

Indonesia memiliki potensi bahari yang sangat melimpah, dengan jumlah laut yang banyak dan luas, maka beragam spesies kerang mudah berkembangbiak di perairan Indonesia karena didapati hidup pada pertemuan dua laut, salah satunya adalah Kerang Simping seperti yang dibicarakan pada surat ar-Rahman(55):20 dikarenakan sangat mudah berkembangbiak pada daerah pertemuan air tawar dan air asin (Robles, 2016). Lapisan pada cangkangnya yang transparan menunjukkan bahwa kandungan mineral yang tersusun di dalamnya memiliki struktur kristal (Li, 2013). Mikrostruktur cangkangnya berlapis-lapis seperti mikrostruktur pada lapisan mutiara (Wikipedia, 2016), dengan kandungan senyawa CaCO_3 hingga 99% (Li, 2014).

Bahan CaCO_3 dalam bentuk *talc* sering digunakan sebagai *filler* untuk menghemat resin pada proses pembuatan papan komposit yang telah dijual secara umum di pasar bahan baku pembuatan bahan komposit. Berbagai macam bentuk *talc* di produksi secara masal, dan bahan baku yang digunakan berasal dari batu gamping, seperti pada penelitian Mulyawati (2013) yang menggunakan bahan kapur dari batu gamping untuk digunakan sebagai bahan dasar pembuatan gigi. Sedangkan proses yang digunakan untuk membentuk serbuk kalsit halus melalui

dua proses, yaitu melalui proses mekanis (*ball milling*, *gravity precipitation*, dan sebagainya) dan sintesis untuk pemurnian CaCO_3 . Sekilas penambangan kristal kalsit alam menguntungkan dari segi nilai ekonomis, namun dapat berdampak negatif yang berpotensi menjadi kerusakan alam seperti yang disebutkan pada surat ar-Rahman(55):58. Penggunaan bahan serbuk Kerang Samping dilakukan untuk mengganti serbuk kalsit yang berasal dari batu gamping seperti yang disebutkan pada surat ar-Rahman(55):22. Peneliti mengambil penelitian untuk memaksimalkan pemanfaatan Kerang Samping dengan dasar, masih banyaknya limbah cangkang Kerang Samping yang belum dimanfaatkan di wilayah kelurahan Lumpur, Gresik, Jawa Timur dan desa Suci, Manyar, Gresik, Jawa timur. Sedangkan limbah cangkang Kerang Samping dijual dengan harga yang murah di Sidayu, Gresik, Jawa Timur.

Hasil pengujian fisis dari penelitian yang telah dilakukan dengan memanfaatkan serbuk cangkang Kerang Samping sebagai *filler* pada matriks poliester didapatkan nilai densitas antara 1,359-1,756 g/cm^3 ; daya serap air antara 0,50-5,97%; dan persentase pengembangan tebal antara 0,20-7,50%. Hasil pengujian mekanis didapatkan nilai keteguhan tarik antara 0,1705-1,462 MPa dengan perpanjangan putus antara 0,0048-0,0228; dan keteguhan lentur antara 39,420-132,840 MPa.

Menurut standar papan partikel (BSN, 2006) nilai fisis yang disyaratkan untuk uji densitas, lebih rendah daripada hasil yang didapatkan saat pengujian sehingga papan partikel yang dibuat memiliki nilai densitas lebih tinggi dari papan partikel berstandar SNI. Nilai densitas yang didapatkan memiliki nilai yang lebih

tinggi daripada nilai densitas resin poliester pada tabel 2.1, yang menunjukkan peningkatan nilai densitas yang diakibatkan penambahan serbuk cangkang kerang simping yang memiliki nilai densitas yang lebih besar. Nilai densitas papan komposit yang dihasilkan adalah 1,359-1,756 g/cm², yang termasuk di dalam kategori papan dengan densitas yang tinggi (Maloney, 2003 dalam Iswanto, 2005).

Pengujian daya serap air tidak disyaratkan pada standar papan partikel (BSN, 2006). Mikrostruktur hasil perendaman selama 24 jam dapat diamati pada lampiran 5, didapatkan daerah perubahan mikrostruktur yang sangat signifikan dengan munculnya daerah berwarna putih yang terdapat pada hasil uji setelah perendaman yang merupakan serbuk Kerang Simping yang masih menyerap air. Nilai daya serap air yang didapatkan sangat kecil jika dibandingkan dengan bahan serat alami, seperti pada papan komposit serat bambu yang memiliki nilai daya penyerapan air sebesar 56,23 hingga 257,65% (Hakim, 2005). Papan komposit yang telah dibuat tahan penyerapan air meskipun pada kondisi yang lembab. Nilai daya serap air yang hampir sama didapatkan pada penggunaan serbuk cangkang telur dan kalsit sintesis pada matriks poliester, didapatkan nilai daya serap air hingga 2% (Rahman, 2016).

Hasil pengujian pengembangan tebal papan didapatkan nilai yang lebih rendah dari persyaratan maksimal sebesar 12% (BSN, 2006) yang dapat diartikan nilai pengembangan tebalnya tidak berpengaruh signifikan terhadap penyerapan air. Jika dibandingkan dengan tabel 2.1, didapatkan peningkatan nilai ± 10 kali lipat dari nilai awal yang diakibatkan terbentuknya pori-pori yang lebih besar.

Hasil pengujian tarik didapatkan nilai keteguhan tarik maksimal sebesar 14,908 kgf/cm² (1,408 MPa), nilainya lebih tinggi dari persyaratan maksimal yang ditetapkan, yaitu 3,1 kgf/cm² (0,304 MPa) (BSN, 2006). Persyaratan untuk nilai modulus Young tidak dicantumkan di dalam standar dan diwakilkan pada nilai keteguhan tarik, hasil analisis persebaran modulus masih berada di bawah daerah *lower-bonding* yang dipengaruhi oleh gelembung yang terjebak saat proses pencampuran *filler* serbuk cangkang Kerang Simpson pada matriks poliester. Jika dibandingkan dengan tabel 2.1, hasil uji tarik bahan komposit, didapatkan penurunan nilai keteguhan tarik pada pengujian tarik papan komposit yang telah dibuat yang disebabkan oleh terjebaknya gelembung udara saat proses pencampuran (ditunjukkan pada panah biru pada gambar 4.8 dan 4.10). Keberadaan air pada serbuk cangkang kerang simping yang masih tinggi dapat mengakibatkan penurunan persebaran matriks pada daerah *interface* dan dimungkinkan sebagai penyebab terbentuknya gelembung udara.

Nilai keteguhan lentur maksimal dari hasil pengujian lentur adalah 1354,56 kgf/cm² (132,840 MPa) yang berada di atas persyaratan maksimal yang ditetapkan, yaitu 184 kgf/cm² (18,044 MPa) (BSN, 2006). Peningkatan keteguhan lentur hingga 44% pada variasi halus-40 yang dapat menghemat hingga 40% w/w berat resin poliester dan pada halus-60 didapatkan nilai peningkatan keteguhan lentur hingga 6,22% yang dapat menghemat matriks poliester hingga 60% w/w. Hasil yang diperoleh pada penelitian ini masih lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan serbuk cangkang telur dan kalsit sintesis pada matriks poliester pada variasi komposisi 10%, didapatkan nilai kekuatan lentur hingga 101 MPa dan

keuntungan dari penelitian ini adalah peningkatan nilai keteguhan lentur hingga 44% pada papan komposit yang dibuat dengan penghematan resin poliester hingga 40% yang memiliki sifat lebih baik jika dibandingkan dengan penggunaan kalsit alam (Rahman, 2016) dengan penghematan resin poliester hingga 10%. Kita harus bersyukur atas anugerah yang telah diberikan oleh Allah Swt dengan penghematan bahan baku yang digunakan, sehingga didapatkan penghematan bahan baku dan didapatkan peningkatan kualitas yang lebih baik.



BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Hasil penelitian pada penelitian yang telah dilakukan tentang sifat fisis dan mekanis papan komposit cangkang Kerang Simpson, maka dapat ditarik kesimpulan:

1. Nilai densitas papan komposit cangkang Kerang Simpson 1,359-1,756 g/cm² tergolong jenis papan densitas tinggi yang dipengaruhi oleh penambahan komposisi *filler*. Persentase daya serap air antara 0,50-5,97% menunjukkan ketahanan terhadap penyerapan air; dan pengembangan tebal antara 0,20-7,50% sesuai dengan standar SNI. Peningkatan persentase daya serap air dan pengembangan tebal dipengaruhi oleh komposisi dan ukuran *filler* cangkang Kerang Simpson yang semakin besar.
2. Nilai keteguhan tarik 0,1705-1,462 MPa dan keteguhan lentur 39,420-132,840 MPa yang didapatkan sesuai dengan standar SNI. Peningkatan nilai keteguhan tarik dan lentur papan komposit cangkang Kerang Simpson dipengaruhi oleh ukuran *filler* yang semakin kecil dengan komposisi 40% w/w. Analisa persebaran modulus menunjukkan nilai modulus hasil pengujian tarik tersebar pada daerah dibawah *lower bond* yang disebabkan keberadaan gelembung yang terperangkap.
3. Melalui pengamatan mikrostruktur, semakin kecil ukuran dan semakin banyak komposisi *filler* yang ditambahkan pada matriks dapat mengurangi

ukuran *void* yang terbentuk pada papan komposit yang telah dibuat menunjukkan persebaran *filler* semakin merata.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan perlu adanya penelitian lanjutan dalam upaya pencapaian hasil yang lebih baik:

1. Preparasi sampel untuk menghilangkan air pada cangkang Kerang Simpson melalui variasi pemanasan.
2. Penggunaan ukuran ayakan yang paling besar untuk mendapatkan ukuran partikel yang lebih halus.
3. Penggunaan bentuk sampel uji ASTM D3039 pada pengujian tarik dengan ketebalan sampel maksimal 7 mm.
4. Penggunaan serat *fiberglass* yang dipadukan dengan serbuk cangkang Kerang Simpson pada ukuran yang paling halus.
5. Cetakan sampel diharapkan dapat dibuat dengan proses yang lebih baik dengan membuat cetakan dari resin silikon.

DAFTAR PUSTAKA

- Allan, J. 1962. *Australia Shells: With Related Animals Living In the Sea, In Fresh Water and On the Land*. Melbourne: Georgian House.
- Askeland, Donald R. 1985. *The Science and Engineering of Materials*. Boston: PWS Publisher Coporation.
- ASTM D3039. 2000. *Standard Test Method for Tensile Properties of Polymer Matrix Composite Materials*. West Conshohocken: ASTM International.
- ASTM D790. 2003. *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. West Conshohocken: ASTM International.
- Bhagwan, Aragwal D. 1980. *Analysis and Performance of Fiber Composite*. New York: John Wiley & Sons.
- Boesono, Herry. 2008. *Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Organisme Penempel dan Modulus Elastisitas Pada Kayu*. *Jurnal Ilmu Kelautan*, vol. 13 (3), hal. 117-180.
- BSN. 2006. *SNI 03-2105-2006 Papan Partikel*. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Budiarto, Parikin dan Mohammad Dani. 2004. *Optimasi Ukuran Partikel dan Komposisi Dalam Pembuatan Tegel Komposit Partikulat Granit*. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, vol. 6 (1), hal. 53-58.
- Callister, William D. dan David G. Rethwisch. 2014. *Material Science and Engineering: An Introduction*. New York: Willey & Sons.
- Carli, S.A. Widyanto dan Ismoyo Haryanto. 2012. *Analisis Kekuatan Tarik dan Lentur Komposit Serat Gelas Jenis Woven Dengan Matriks Epoxy dan Polyester Berlapis Simetri Dengan Metoda Manufaktur Hand Lay-Up*. *Jurnal TEKNIS*, vol. 7, hal. 22-26.
- Carpenter, K.E. dan V.H. Niem. 2002. *Vol. I. Introduction, Molluscs, Crustaceans, Hagfishes, Sharks, Batoid Fishes and Chimaeras*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Champbell, Neil A. dan Jane B. Reece. 2011. *Champbell Biology*. San Francisco: Pearson Benjamin Cummings.
- Chand, N dan M. Fahim. 2008. *Tribology of Natural Fiber Polymer Composites*. Cambridge: Woodhead Publishing.

- Cheremisinoff, Nicholas P. dan Paul N. Cheremisinoff. 1995. *Fiberglass Reinforced Plastics*. New York: William Andrew.
- Chung, Deborah D.L. 2010. *Composite Materials, Science and Application*. New York: Springer.
- Darmaraj, S., Sundaran K.S. dan C.P. Suja. 2004. *Larva Rearing and Spat Production of the Windowpane Shell Placuna placenta*. *Journal Aquaculture Asia*, vol. 9 (2), hal. 1-52.
- Fahmi, Hendriwan dan Harry Hermansyah. 2011. *Pengaruh Orientasi Serat Pada Komposit Resin Polyester/Serat Daun Nenas Terhadap Kekuatan Tarik*. *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 1 (1), hal. 46-52.
- Fuerstenau, Maurice C. 2003. *Principles of Mineral Processing*. Dearborn: SME.
- Hakim, Lutfi dan Fauzi Febrianto. 2005. *Karakteristik Fisis Papan Komposit dari Serat Batang Pisang (Musa. sp) dengan Perlakuan Alkali*. *Peronema Forestry Science Journal* vol.1 (1), hal. 21-26.
- Hamester, Michele R.R., P.S. Balzer dan D. Becker. 2012. *Characterization of Calcium Carbonate Obtained from Oyster and Mussel Shells and Incorporation in Polypropylene*. *Materials Research*, vol. 15 (2), hal. 204-208.
- Katsir, Ibnu. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 5*. Diterjemahkan oleh: M. Abdul Ghoffar E.M dan Abu Ihsan al-Atsari. Jakarta: Pustaka Iman asy-Syafi`i.
- Katsir, Ibnu. 2004. *Tafsir Ibnu Katsir Jilid 7*. Diterjemahkan oleh: M. Abdul Ghoffar E.M dan Abu Ihsan al-Atsari. Jakarta: Pustaka Iman asy-Syafi`i.
- Iswanto, A.H. 2005. *Upaya Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Sengon dan Limbah Plastik Polypropylene Sebagai Langkah Alternatif Untuk Mengatasi Kekurangan Kayu Sebagai Bahan Bangunan*. *Jurnal Komunikasi Penelitian* 17(3): 24-27.
- James, Martin dkk. 2013. *Modification of Fiber-Reinforced Plastic by Nanofillers*. *International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT)*, vol. 3 (4), hal. 234-240.
- JIS A 5908. 2003. *Japanese Industrial Standard: Particleboards*. Jepang: Japanese Standards Assosiation.
- Justus Sakti Raya, 2015. *YUKALAC Unsaturated Polyester Resin*. http://www.justus.co.id/?category/2/yukalac_unsaturated_polyester_resin. Diakses pada tanggal 22 September 2015.
- Lakhtin, IŪriĭ Mikhaĭlovich dan Y. Lakhtin. 1968. *Engineering Physical Metallurgy*. Moscow: Mir Publishers.

- Li, Ling dan Christine Ortiz. 2013. *Biological Design for Simultaneous Optical Transparency and mechanical Robustness in the Shell of Placuna placenta*. Journal Advanced Matter, vol. 25, hal. 2344-2350.
- Li, Ling dan Christine Ortiz. 2014. *Pervasive Nanoscale Deformation Twinning as a Catalyst for Efficient Energy Dissipation in a Bioceramic Armour*. Journal Nature Materials, vol. 13, hal. 501-507.
- Mandhur, Ibnu. 1986. *Lisan Al-'Arab*. Beirut: Dar Ihya' Al-Turats Al-'Arabi.
- Marwan, Abu Yahya. *Tafsir Al-Qur'an Al-Karim – Hidayatul Insan*. <http://www.tafsir.web.id/p/download-tafsir-al-quran.html>. Diakses pada tanggal 28 Mei 2016.
- Mathew, F.L. dan R.D. Rawlings. 1994. *Composite Materials: Engineering and Science*. London: Chapman & Hall.
- Mazumdar, Sanjay K. 2001. *Composites Manufacturing: Materials, Product, and Process Engineering*. New York: CRC Press.
- Mindat. *Calcite*. <https://www.mindat.org/min-859.html>. Diakses pada tanggal 14 Februari 2016.
- Mulyawati, Erna. dkk. 2003. *Sifat Fisik Hidroksiapatit Sintesis Kalsit Sebagai Bahan Pengisi*. Dental journal. Vol.46 (4), hal. 207-212.
- Nurmaulita, 2010. *Studi Analisis Karakteristik Polyester dan Serat Sabut Kelapa (SSK) Sebagai Komposit Untuk Produk Fiberboards*. Tesis. Universitas Sumatera Utara.
- Pagcatipunan, R.N., Turtell dan J. Silaen. 1981. *A Preliminary Survey of Development Potential of Shellfish Farming in Indonesia*. FAO project: *Preparatory Assistance in Seafarming*.
- Robles, Gideon. 2016. *Handcrafted: Capiz in Philipines*. <https://www.youtube.com/watch?v=QYVJzBuFGzg>. Diakses pada tanggal 28 Mei 2016.
- Schultz, William J. dkk. 2011. *United States Patent Application Publication No. US 20110245376A1*. IFI CLAIMS Patent Services.
- Shumway, Sandra dan G. Parsons. 2006. *Scallops: Biology, Ecology and Aquaculture, 2nd Edition*. New York: Elsevier.
- As-Suyuthi, Jalaluddin dan Jalaluddin Muhammad Ibnu Ahmad Al-Mahally. 2010. *Tafsir Jalalain*. Diterjemahkan oleh Dani Hidayat. Tasikmalaya: Pustaka Al-Hidayah.
- Swennen, C. dkk. 2001. *The Molluscs of the Southern Gulf of Thailand*. Thai Studies in Biodiversity, vol. 4, hal. 1-210.

Thurman, Harold V. dan Alan P. Trujillo. 2004. *Introductory Oceanography*. Prentice Hall: New York.

Wikipedia. *Universal Testing Machine*. https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_testing_machine. Diakses pada tanggal 4 November 2015.

Wikipedia. *Windowpane Oyster*. http://en.wikipedia.org/wiki/Windowpane_oyster. Diakses pada tanggal 12 September 2015.

Wipranata, B. Irwan dan Sunarjo Leman. 2009. *Meningkatkan Peran seni Kriya Kerang dan siput pada sektor Industri Kreatif di Indonesia*. Prosiding Seminar Molusca 2, hal. 15-19.

Yudo, Hartono dan Sukanto Jatmiko. 2008. *Analisa Teknis Kekuatan Mekanis Material Komposit Berpenguat Serat Ampas Tebu (Baggase) Ditinjau dari Kekuatan Tarik dan Impak*. Jurnal KAPAL, vol. 5 (2), hal. 95-101.





LAMPIRAN

Lampiran 1

Data Hasil Pengujian Fisis

Sampel	mi	mw	ρ	md	Δmd	%md
H20	12,848	3,429	1,359	12,924	0,076	0,59%
H20	12,598	3,449	1,371	12,746	0,148	1,16%
H20	12,916	3,565	1,376	13,071	0,155	1,19%
H40	13,520	4,792	1,543	13,655	0,135	0,99%
H40	13,475	4,576	1,508	13,614	0,139	1,02%
H40	13,710	4,801	1,533	13,829	0,119	0,86%
H60	14,198	6,143	1,756	14,269	0,071	0,50%
H60	13,953	6,015	1,751	14,054	0,101	0,72%
H60	14,101	6,058	1,746	14,175	0,075	0,53%
S20	12,787	3,529	1,376	12,911	0,125	0,97%
S20	12,524	3,524	1,386	12,790	0,265	2,07%
S20	12,673	3,423	1,365	12,859	0,186	1,45%
S40	13,515	4,784	1,542	13,659	0,144	1,06%
S40	13,293	4,701	1,541	13,527	0,234	1,73%
S40	13,912	4,857	1,530	14,040	0,128	0,91%
S60	14,389	6,052	1,719	14,565	0,177	1,21%
S60	13,842	5,732	1,700	14,101	0,259	1,83%
S60	13,955	5,925	1,731	14,109	0,154	1,09%
K20	13,039	5,044	1,624	13,136	0,097	0,74%
K20	13,114	5,055	1,621	13,207	0,093	0,70%
K20	13,201	4,975	1,598	13,289	0,088	0,66%
K40	13,093	3,847	1,410	13,173	0,080	0,61%
K40	13,105	3,946	1,425	13,191	0,086	0,65%
K40	13,213	3,863	1,408	13,316	0,103	0,78%
K60	14,231	5,468	1,618	15,134	0,904	5,97%
K60	14,115	5,705	1,672	14,820	0,705	4,76%
K60	14,143	5,575	1,644	14,838	0,695	4,68%

Keterangan:

mi : massa awal

mw : massa di dalam air

ρ : massa jenis

md : massa perendaman 24 jam

Δmd : selisih dengan mi

%md : %Daya serap air

sampel	ha1	ha2	ha3	ha4	hb1	hb2	hb3	hb4	$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 4$	\bar{x} ht
H20	4,06	3,66	3,58	4,00	4,08	3,67	3,59	4,02	0,49%	0,27%	0,28%	0,50%	0,39%
H20	3,45	3,66	3,60	3,69	3,50	3,72	3,87	3,74	1,45%	1,64%	7,50%	1,36%	2,99%
H20	3,48	3,66	3,68	3,53	3,50	3,71	3,71	3,55	0,57%	1,37%	0,82%	0,57%	0,83%
H40	3,12	3,45	3,59	3,47	3,18	3,48	3,61	3,49	1,92%	0,87%	0,56%	0,58%	0,98%
H40	3,75	3,87	3,71	3,58	3,78	3,93	3,76	3,60	0,80%	1,55%	1,35%	0,56%	1,06%
H40	3,54	3,64	3,52	3,44	3,65	3,67	3,60	3,52	3,11%	0,82%	2,27%	2,33%	2,13%
H60	4,13	4,24	4,45	4,69	4,15	4,28	4,47	4,70	0,48%	0,94%	0,45%	0,21%	0,52%
H60	4,06	3,63	4,03	3,66	4,13	3,71	4,10	3,68	1,72%	2,20%	1,74%	0,55%	1,55%
H60	4,33	3,47	3,16	3,55	4,35	3,49	3,25	3,68	0,46%	0,58%	2,85%	3,66%	1,89%
S20	3,45	3,80	3,85	3,46	3,47	3,87	3,91	3,49	0,58%	1,84%	1,56%	0,87%	1,21%
S20	3,56	3,77	3,70	3,60	3,57	3,78	3,75	3,73	0,28%	0,27%	1,35%	3,61%	1,38%
S20	3,64	3,47	3,46	3,45	3,66	3,48	3,50	3,60	0,55%	0,29%	1,16%	4,35%	1,59%
S40	3,66	3,10	3,27	3,80	3,70	3,12	3,33	3,87	1,09%	0,65%	1,83%	1,84%	1,35%
S40	3,70	3,83	3,82	3,88	3,72	3,84	3,88	3,95	0,54%	0,26%	1,57%	1,80%	1,04%
S40	3,75	3,53	3,44	3,66	3,81	3,55	3,54	3,73	1,60%	0,57%	2,91%	1,91%	1,75%
S60	3,36	3,50	3,75	4,30	3,37	3,59	3,78	4,32	0,30%	2,57%	0,80%	0,47%	1,03%
S60	3,25	3,57	3,61	4,26	3,27	3,61	3,65	4,29	0,62%	1,12%	1,11%	0,70%	0,89%
S60	3,50	3,10	3,61	3,85	3,69	3,13	3,63	3,87	5,43%	0,97%	0,55%	0,52%	1,87%
K20	3,75	3,70	3,72	3,73	3,88	3,72	3,73	3,74	3,47%	0,54%	0,27%	0,27%	1,14%
K20	3,43	3,38	3,77	3,76	3,46	3,42	3,79	3,78	0,87%	1,18%	0,53%	0,53%	0,78%
K20	3,83	3,90	3,49	3,50	3,85	3,94	3,52	3,52	0,52%	1,03%	0,86%	0,57%	0,74%
K40	3,81	3,42	3,24	3,00	3,83	3,50	3,28	3,02	0,52%	2,34%	1,23%	0,67%	1,19%
K40	3,54	3,75	5,20	4,16	3,59	3,78	5,22	4,19	1,41%	0,80%	0,38%	0,72%	0,83%
K40	3,77	3,46	3,10	3,33	3,79	3,47	3,13	3,34	0,53%	0,29%	0,97%	0,30%	0,52%
K60	4,56	4,05	4,04	5,54	4,57	4,09	4,07	5,57	0,22%	0,99%	0,74%	0,54%	0,62%
K60	5,45	5,49	4,51	4,90	5,49	5,56	4,58	4,98	0,73%	1,28%	1,55%	1,63%	1,30%
K60	5,63	4,29	5,31	5,08	5,69	4,39	5,35	5,09	1,07%	2,33%	0,75%	0,20%	1,09%

Keterangan:

ha1=ha2=ha3=ha4=ha-n : ketebalan awal pada titik ke-n

hb1=hb2=hb3=hb4=hb-n : ketebalan setelah perendaman pada titik ke-n

$\Delta 1=\Delta 2=\Delta 3=\Delta 4=\Delta-n$: Persentase penambahan antara ha-n dengan hb-n

\bar{x} ht : Rata-rata persentase penambahan tebal $\Sigma(\Delta-n)/n$

Lampiran 2

Data pengujian tarik

Ukuran	komposisi	Beban (N)	ΔL	Keteguhan Tarik	Regangan	Young Modulus
H	20%	41,77	1,33	1,193428571	0,022167	53,839
H	20%	51,17	1,37	1,462	0,022833	64,029
H	20%	35,47	1,04	1,013428571	0,017333	58,467
H	40%	43,07	0,85	1,230571429	0,014167	86,864
H	40%	49,27	0,8	1,407714286	0,013333	105,579
H	40%	46,45	0,99	1,327142857	0,0165	80,433
H	60%	24,72	0,47	0,706285714	0,007833	90,164
H	60%	23,82	0,47	0,680571429	0,007833	86,881
H	60%	24,52	0,48	0,700571429	0,008	87,571
S	20%	29,72	0,94	0,849142857	0,015667	54,201
S	20%	46,52	1,1	1,329142857	0,018333	72,499
S	20%	51,17	0,95	1,462	0,015833	92,337
S	40%	25,75	0,44	0,735714286	0,007333	100,325
S	40%	15,65	0,59	0,447142857	0,009833	45,472
S	40%	27,6	0,54	0,788571429	0,009	87,619
S	60%	6,17	0,31	0,176285714	0,005167	34,120
S	60%	24,05	0,53	0,687142857	0,008833	77,790
S	60%	28,12	0,48	0,803428571	0,008	100,429
K	20%	22,73	0,44	0,649428571	0,007333	88,558
K	20%	21	0,44	0,6	0,007333	81,818
K	20%	23,95	0,45	0,684285714	0,0075	91,238
K	40%	31,5	0,74	0,9	0,012333	72,973
K	40%	27,07	0,7	0,773428571	0,011667	66,294
K	40%	24,17	0,72	0,690571429	0,012	57,548
K	60%	8,72	0,42	0,249142857	0,007	35,592
K	60%	12,3	0,55	0,351428571	0,009167	38,338
K	60%	5,97	0,29	0,170571429	0,004833	35,291

Lampiran 3

Data Hasil Pengujian Lentur

Ukuran	Komposisi	Pembebanan (kN)	Pembebanan (N)	Keteguhan lentur (MPa)
H	20%	0,2375	237,5	85,500
H	20%	0,3505	350,5	126,180
H	20%	0,3245	324,5	116,820
H	40%	0,3345	334,5	120,420
H	40%	0,2295	229,5	82,620
H	40%	0,369	369	132,840
H	60%	0,272	272	97,920
H	60%	0,2485	248,5	89,460
H	60%	0,2635	263,5	94,860
S	20%	0,183	183	65,880
S	20%	0,2365	236,5	85,140
S	20%	0,2275	227,5	81,900
S	40%	0,1715	171,5	61,740
S	40%	0,2175	217,5	78,300
S	40%	0,2635	263,5	94,860
S	60%	0,225	225	81,000
S	60%	0,1855	185,5	66,780
S	60%	0,218	218	78,480
K	20%	0,1885	188,5	67,860
K	20%	0,1735	173,5	62,460
K	20%	0,1725	172,5	62,100
K	40%	0,2005	200,5	72,180
K	40%	0,197	197	70,920
K	40%	0,167	167	60,120
K	60%	0,1095	109,5	39,420
K	60%	0,1225	122,5	44,100
K	60%	0,17	170	61,200

Lampiran 4

Data Modulus dan Analisis Persebaran Modulus

Diambil data modulus dan densitas bahan pada bab 2 seperti pada tabel berikut.

Sebagai matriks	Epolyester	5,5	ρm	1,215
Sebagai filler	Eserbuk-kerang	71	ρf	2,711

Didapatkan tabel berikut

variasi massa	mas. filler	mas. resin	vol. filler	vol. resin	%V filler	%V matr.	Upper	Lower
0%	0	10	0	8,230453	0%	100%	5,5	5,5
20%	2	8	0,737735	6,584362	10%	90%	12,09943	6,063611
40%	4	6	1,47547	4,938272	23%	77%	20,56816	6,981712
60%	6	4	2,213205	3,292181	40%	60%	31,83148	8,742174
80%	8	2	2,950941	1,646091	64%	36%	47,54596	13,48689
100%	10	0	3,688676	0	100%	0%	71	71

Masukkan data upper dan lower seperti tabel berikut:

	0%	10%	23%	40%	64%	100%
Halus*		58,778	90,958	88,206		
Sedang*		73,012	77,805	70,779		
Kasar*		87,205	65,605	36,407		
Upper**	5500	12099	20568	31831	47546	71000
Lower**	5500	6064	6982	8742	13487	71000



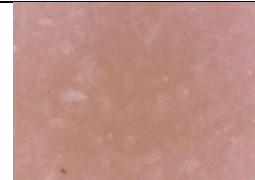





















*data berasal dari pengukuran

























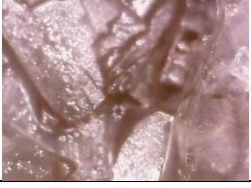


**data berasal dari perhitungan



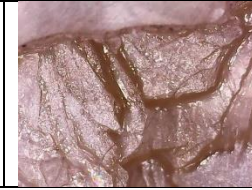
Dibuat grafik menggunakan tabel diatas. Hasilnya pada gambar 4.14.

Lampiran 5

Hasil Pengujian Mikrostruktur Pengujian Daya Serap Air

Variasi		Ulangan Sampel ke-		
		1	2	3
H20	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
H40	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
H60	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
S20	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			





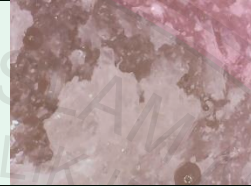


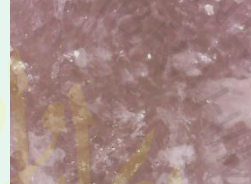
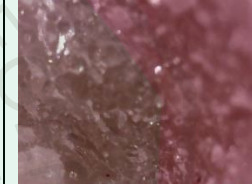

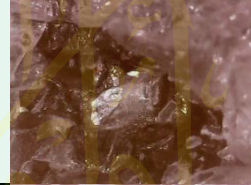

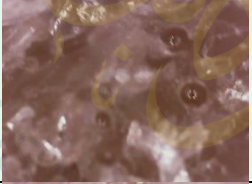











S40	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
S60	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
K20	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
K40	Sebelum perendaman			
	24 Jam Perendaman			
K60	Sebelum perendaman			


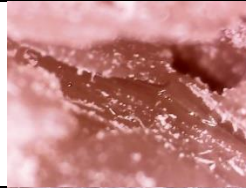
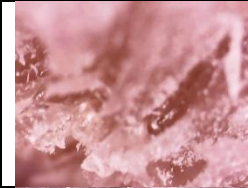



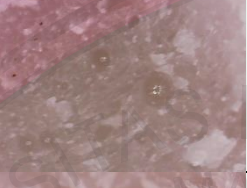
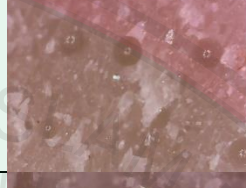
















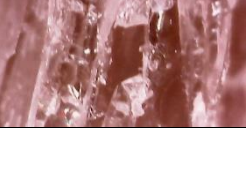


	24 Jam Perendaman			
--	-------------------	---	--	---



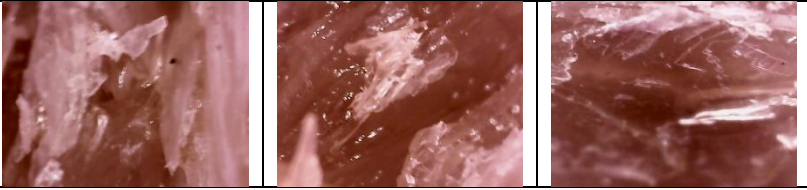
Lampiran 6

Hasil Pengujian Mikrostruktur Pengujian Mekanis

Variasi	Perlakuan	Ulangan Sampel ke-		
		1	2	3
H20	Uji tarik			
H40				
H60				
S20				
S40				
S60				
K20				
K40				

K60				
H20	Uji Lentur			
H40				
H60				
S20				
S40				
S60				
K20				
K40				

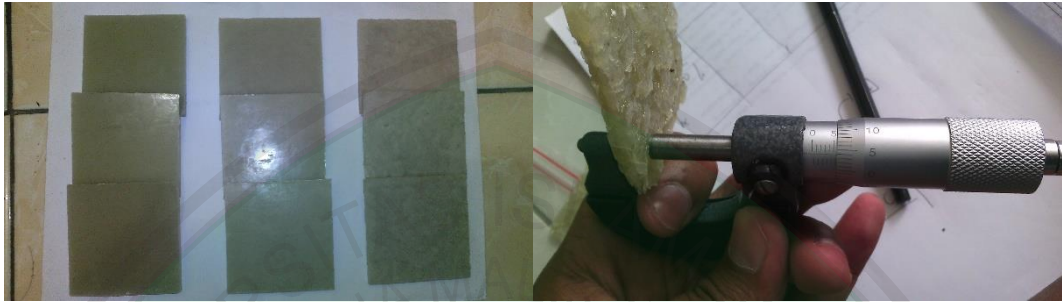
K60



Lampiran 7

Dokumentasi Penelitian







KEMENTERIAN AGAMA RI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN)
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI

Jl. Gajayana No. 50 Dinoyo Malang (0341) 551345 Fax. (0341) 572533

BUKTI KONSULTASI SKRIPSI

Nama : AHMAD MUFIDUN
NIM : 126400105
Fakultas/ Jurusan : Sains dan Teknologi/ Fisika
Judul Skripsi : Pengaruh Variasi Komposisi dan Ukuran Filler Serbuk Cangkang Kerang Simpson (*Placuna placenta*) Pada Matriks Poliester Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Papan Komposit
Pembimbing I : Ahmad Abtokhi, M.Pd
Pembimbing II : Umaiyatus Syarifah, M.A

No	Tanggal	HAL	Tanda Tangan
1.	22 Oktober 2015	Pengajuan Judul Penelitian	
2.	8 November 2015	Pembuatan Proposal dan Seminar	
3.	12 November 2015	Konsultasi Kajian Agama	
4.	10 Desember 2015	Pengambilan Limbah Kerang Simpson	
5.	17 Desember 2015	Pengumpulan Proposal dan Acc	
6.	2 Februari 2016	Pembuatan Desain Sampel Uji	
7.	10 Februari 2016	Percobaan Cetakan Uji dari Kayu	
8.	25 Februari 2016	Percobaan Cetakan Uji dari Plat Aluminium	
9.	5 Maret 2016	Percobaan Cetakan <i>Moulding</i> Uji dari Poliester	
10.	15 Maret 2016	Percobaan Cetakan Uji dari Kaca	
11.	1 April 2016	Percobaan dan Pembuatan Cetakan <i>Mal</i> Uji dari Poliester	
12.	27 April 2016	Pembuatan Sampel Uji	
13.	16 Mei 2016	Pengambilan Data Uji Mekanis	
14.	20 Mei 2016	Konsultasi Hasil Pengujian Mekanis	
15.	21 Mei 2016	Konsultasi Bab I, II, dan III	
16.	24 Mei 2016	Pengambilan Data Uji Fisis	
17.	25 Mei 2016	Konsultasi Hasil Pengujian Fisis	

18.	28 Mei 2016	Konsultasi Bab IV	
19.	30 Mei 2016	Konsultasi Bab I – V	
20.	30 Mei 2016	Konsultasi Kajian Agama	
21.	1 Juni 2016	Konsultasi Kajian Agama	
22.	3 Juni 2016	Konsultasi Bab I – V dan Abstrak	
23.	3 Juni 2016	Konsultasi Kajian Agama	
24.	6 Juni 2016	Konsultasi Kajian Agama dan Acc	
25.	6 Juni 2016	Konsultasi Abstrak dan Acc	

Malang, Juni 2016
Mengetahui,
Ketua Jurusan Fisika,

Erna Hastuti, M.Si
NIP. 19811119 200801 2 009

