

## **TUGAS AKHIR**

### **PENYELIDIKAN PERILAKU MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT BERBAHAN LIMBAH LAUT KERANG MUTIARA AKIBAT BEBAN STATIK**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

Disusun oleh :

**AHMAD KHAIRUL BADRI**  
**1907230176**



# **UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2024**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Ahmad Khairul Badri  
NPM : 1907230176  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Tugas Akhir : Penyelidikan Perilaku Mekanik Material  
Komposit Berbahan Limbah Laut Kerang  
Mutiara Akibat Beban Statik  
Bidang ilmu : Konversi Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai penelitian tugas akhir untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Agustus 2024

Mengetahui dan menyetujui :

Dosen Penguji I



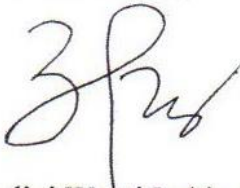
(Khairul Umurani, S.T., M.T)

Dosen Penguji II



(Chandra A Siregar, S.T., M.T)

Dosen Penguji III



(Riandini Wanti Lubis, ST.,MT)

Ketua Program Studi Teknik Mesin



(Chandra A Siregar, ST.,MT)

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ahmad Khairul Badri

Tempat / Tanggal Lahir : Binjai, 17 Oktober 2000

Npm : 1907230176

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“PENYELIDIKAN PERILAKU MEKANIK MATERIAL KOMPOSIT BERBAHAN LIMBAH LAUT KERANG MUTIARA AKIBAT BEBAN STATIK”**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, atau pun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 26 Agustus 2024

Saya yang menyatakan.



(Ahmad Khairul Badri)

## ABSTRAK

Di Indonesia terdapat banyak sekali jenis kerang yang hidup dan dimanfaatkan oleh masyarakat salah satunya yaitu kerang mutiara (*Pinctada Maxima*). Untuk mengetahui zat yang terkandung pada limbah kulit cangkang kerang mutiara dan juga bagaimana sifat mekanisnya. Dilakukan suatu penyelidikan tentang sifat mekanik dari bahan komposit dengan beban statik dengan metode penelitian eksperimen pendekatan kuantitatif. Analisis Spektrofotometer serbuk cangkang kerang menunjukkan bahwa Analisis spektrofotometer serbuk cangkang kerang menunjukkan hasil pada bilangan gelombang 70,30 mg/L, dengan metode pengujian SNI 6989,84:2019, Pengujian kuat menghasilkan tarikan 10,687 Mpa pada sampel A, pada sampel B menghasilkan 10,912 Mpa, sampel C menghasilkan 22,001 Mpa, Pengujian kuat lentur menghasilkan 56,21 Mpa pada sampel A, pada sampel B menghasilkan 61,61 Mpa, sampel C menghasilkan 51,43.

Kata Kunci : Cangkang Kerang, Gugus Fungsi, Sifat mekanik material komposit.

## ***ABSTRACT***

In Indonesia, there are many types of shellfish that live and are used by the community, one of which is the pearl shellfish (*Pinctada Maxima*). To find out the substances contained in pearl shell waste and also their mechanical properties. An investigation was carried out on the mechanical properties of composite materials under static loads using quantitative experimental research methods. Spectrophotometer analysis of clam shell powder shows that Spectrophotometer analysis of clam shell powder shows results at a wave number of 70.30 mg/L, using the SNI 6989.84:2019 test method. , sample C produces 22.001 Mpa, flexural strength testing produces 56.21 Mpa on sample A, sample B produces 61.61 Mpa, sample C produces 51.43.

Keywords: Shells, Functional Groups, Mechanical properties of composite materials.

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Penelitian Tugas Akhir ini yang berjudul **“Penyelidikan Perilaku Mekanik Material Komposit Berbahan Limbah Laut Kerang Mutiara Akibat Beban Statik”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Penelitian Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terima kasih yang tulus dan dalam kepada :

1. Ibu Riandini Wanti Lubis, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan laporan Penelitian Tugas Akhir ini.
2. Bapak Chandra A Siregar dan Bapak Ahmad Marabdi, S.T., M.T. sebagai Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
3. Bapak Munawar Alfansury Siregar S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
4. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin. Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu kemesinan kepada penulis.
5. Orangtua penulis : Erwanto S.Pd. dan Satinem, atas segala kasih sayang dan doa-doa, perjuangan selama ini dalam membesarkan dan membiayai studi penulis.
6. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
7. Sahabat-sahabat penulis : Frandi Alfandi, Rama Dita Sari.

Laporan Penelitian Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang

konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan penelitian Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu keteknik-mesinan.

Medan, 26 Agustus 2024

(Ahmad Khairul Badri)

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>i</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR</b>	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xi</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Ruang Lingkup	3
1.4. Tujuan Penelitian	4
1.5. Manfaat Penelitian	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Kerang Mutiara ( <i>Pinctada maxima</i> )	5
2.1.1. Klarifikasi Kerang Mutiara	6
2.2. Pembuatan Kalsium Karbonat	7
2.3. Kalsium Karbonat	7
2.4. Kadar Kalsium	8
2.5. Penentuan Kadar Kalsium (Ca)	9
2.6. Komposisi bahan kimia Kerang Mutiara ( <i>Pinctada maxima</i> )	9
2.7. Uji Tarik ( <i>Tensile Test</i> )	11
2.7.1. Spesimen Uji tarik ( <i>Tensile Test</i> )	11
2.7.2. Pengujian Tarik	13
2.7.3. Metode Penelitian	14
2.7.4. Langkah Pengerjaan	18
2.7.5. Uji Spesimen Tarik	18
2.8. Uji Lentur ( <i>Bending Test</i> )	19
2.8.1. Spesimen Uji Lentur ( <i>Bending Test</i> )	19
2.8.2. Pengujian Lentur Putar	19
2.8.3. Hardening	19
2.8.4. Quenching	20
2.8.5. Spesimen Uji Lentur Putar	20
<b>BAB 3 METODE PENELITIAN</b>	<b>21</b>
3.1. Tempat dan Waktu	21
3.1.1. Tempat	21
3.1.2. Waktu Penelitian	21
3.2. Alat Dan Bahan	22
3.2.1. Alat Yang Digunakan	22
3.2.2. Bahan Yang Digunakan	25
3.3. Diagram Alir	26



3.4. Rangkaian Alat Pengujian	27
3.4.1. Rangkaian Alat Uji Spektrofotometer	27
3.4.2. Rangkaian Alat Uji Tarik	28
3.4.3. Rangkaian Alat Uji Lentur	28
3.5. Prosedur Penelitian	29
3.5.1. Prosedur Penelitian Menggunakan Alat uji Spektrofotometer	29
3.5.2. Proses Uji Tarik dan Lentur (Uji Mekanik)	30
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>31</b>
4.1 Kriteria Perencanaan	31
4.1.1 Proses Pembuatan sampel dan pengujian Spektrofotometer	31
4.1.2 Adapun proses dalam pembuatan sampel untuk pengujian. Spektrofotometer dalam penelitian yaitu :	31
4.1.3 Analisis data pengujian komposisi menggunakan alat spektrofotometer	36
4.2 Proses Pembuatan Sampel dan Analisa Data Pengujian Kuat Tarik	37
4.2.1 Sampel Pengujian Tarik	37
4.2.2 Analisis data hasil pengujian kuat tarik pada Sampel A dengan variasi sampel 70% : 30%	40
4.2.3 Analisis data hasil Pengujian kuat tarik pada Sampel B dengan variasi sampel 60% : 40%	42
4.2.4 Analisis data hasil pengujian kuat tarik pada Sampel C dengan variasi sampel 50% : 50%	42
4.3 Proses Pembuatan Sampel dan Analisa Data pengujian Kuat Lentur	
4.3.1 Pembuatan Sampel Uji Lentur	45
4.3.2 Analisis data hasil pengujian kuat lentur pada sampel A dengan variasi sampel 70% : 30%	48
4.3.3 Analisis data hasil pengujian kuat lentur pada sampel B dengan variasi sampel 60% : 40%	49
4.3.4 Analisis data hasil pengujian kuat lentur pada Sampel C dengan variasi sampel 50% : 50%	50
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan	53
5.2 Saran	54
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN 1 ALAT PENELITIAN</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN 2 BAHAN PENELITIAN</b>	<b>60</b>
<b>LAMPIRAN 3 GAMBAR SAMPEL</b>	<b>61</b>
<b>LAMPIRAN 4 DATA HASIL PENGUJIAN</b>	<b>62</b>
<b>LAMPIRAN 5 SURAT HASIL PENELITIAN</b>	<b>80</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b>	<b>83</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 kandungan Serbuk cangkang kerang ( <i>Pinctada maxima</i> ).	7
Tabel 2.2 kadar kalsium (Ca) kerang mutiara ( <i>Pinctadamaksima</i> ).	9
Tabel 2.3 kompoisis bahan kimia dalam kulit kerang.	9
Tabel 2.4 perencanaan langkah pengerja benda uji tarik	18
Tabel 3.1 Jadwal dan kegiatan Penelitian	21
Tabel 4.1 variasi komposisi sampel	32
Tabel 4.2 hasil pengujian spektrofotometer	36
Tabel 4.3 hasil pengujian kuat tarik pada sampel A dengan variasi 70% : 30%.	40
Tabel 4.4 <u>hasil Pengujian kuat tarik pada sampel B dengan variasi 60% : 40%.</u>	41
Tabel 4.5 hasil pengujian kuat tarik pada sampel C dengan variasi 50% : 50%.	42
Tabel 4.6 tabel hasil pengujian kuat tarik berdasarkan variasi sampel	43
Tabel 4.7 hasil pengujian kuat lentur pada sampel A dengan variasi 70% : 30%.	49
Tabel 4.8 hasil pengujian kuat lentur pada sampel B dengan variasi 60% : 40%.	50
Tabel 4.9 hasil pengujian kuat lentur pada sampel C dengan variasi 50% :50%.	51
Tabel 4.10 tabel hasil kuat lentur berdasarkan variasi sampel	52

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 kerang mutiara ( <i>Pinctada maxima</i> )	5
Gambar 2.2 kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ )	7
Gambar 2.3 spesimen pengujian tarik	13
Gambar 2.4 alat uji Tarik	13
Gambar 2.5 regangan membujur	15
Gambar 2.6 menunjukkan grafik tegangan terhadapregangan	16
Gambar 2.7 spesimen pengujian tarik	18
Gambar 2.8 alat uji lentur	19
Gambar 2.9 spesimen pengujian lentur putar	20
Gambar 3.1 timbangan digital	16
Gambar 3.2 blender	22
Gambar 3.3 palu	22
Gambar 3.4 kuas	22
Gambar 3.5 sendok	23
Gambar 3.6 cup plastik	23
Gambar 3.7 cetakan uji tarik	24
Gambar 3.8 cetakan uji lentur	24
Gambar 3.9 kerang utiara	25
Gambar 3.10 epoxy resin	25
Gambar 3.11 diagram alir	26
Gambar 3.12 alat spektrofotometer	27
Gambar 3.13 alat uji tarik	28
Gambar 3.14 alat uji lentur	29
Gambar 4.1 penimbangan cangkang kerang mutiara	33
Gambar 4.2 penghalusan cangkang kerang mutiara	33
Gambar 4.3 penimbangan serbuk cangkang kerang mutiara	33
Gambar 4.4 aquadest	34
Gambar 4.5 serbuk cangkang kerang mutiara dan aquadest yang sudah di campuran	34
Gambar 4.6 tanur	34
Gambar 4.7 tanur	35
Gambar 4.8 pengujian menggunakan alat spektrofotometer	35
Gambar 4.9 penimbangan serbuk cangkang kerang mutiara	37
Gambar 4.10 penimbangan resin	37
Gambar 4.11 Pengadukan kedua bahan serbuk cangkang kerang dan resin	38
Gambar 4.12 Pencetakan spesimen uji tarik	38
Gambar 4.13 hasil spesimen uji tarik	39
Gambar 4.14 pengujian spesimen uji tarik	39
Gambar 4.15 grafik hasil pengujian kuat tarik variasi 70% : 30%	40
Gambar 4.16 grafik hasil Pengujian kuat tarik variasi 60% : 40%	41
Gambar 4.17 grafik hasil pengujian kuat tarik variasi 50% : 50%	42
Gambar 4.18 diagram hasil pengujian kuat tarik	44
Gambar 4.19 proses penimbangan serbuk cangkang kerang mutiara	45
Gambar 4.20 proses penimbangan resin	45
Gambar 4.21 proses pengadukan serbuk cangkang kerang mutiara dengan resin	46
Gambar 4.22 proses pencetakan spesimen uji lentur	46

Gambar 4.23 hasil spesimen uji lentur	47
Gambar 4.24 proses pengujian spesimen uji lentur	47
Gambar 4.25 grafik hasil pengujian kuat lentur variasi 70% : 30%	48
Gambar 4.26 grafik hasil pengujian kuat lentur variasi 60% : 40%	59
Gambar 4.27 grafik hasil pengujian kuat lentur variasi 50% : 50%	50
Gambar 4.28 diagram hasil Pengujian kuat lentur	52

## DAFTAR NOTASI

$f(x)$	= notasi fungsi
$\sigma$	= tegangan / kekuatan tarik
$\varepsilon$	= regangan
$F$	= pengukuran gaya
$L$	= luas penampang sampel
$\ell$	= panjang batang
$\ell_0$	= panjang semula
$\Delta \ell$	= perubahan Panjang
$Y$	= modulus Young
$\kappa$	= modulus elastisitas atau koefisien elastisitas
$b_0$	= lebar semula
$\Delta b$	= perubahan lebar
$m$	= Angka banding Poisson

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Selama beberapa dekade, bahan komposit telah berkembang pesat dan memegang peranan penting dalam perkembangan teknologi bahan. Bahan ini memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan bahan-bahan lain, antara lain: bobot yang lebih ringan, mudah dibentuk, biaya produksi yang lebih murah, dan tahan terhadap arus listrik. Selain itu, proses pencampuran bahan-bahan penyusunnya yang relatif lebih mudah menyebabkan bahan ini terus mengalami perkembangan dengan variasi-variasi dari bahan-bahan sintetik dan alami. Dalam studi ini, penyelidikan bahan komposit polimer dengan bahan pengisi dari serbuk kulit kerang menjadi suatu tantangan tersendiri dimana tidak semua bahan polimer dapat menyatukan dengan baik dengan bahan-bahan yang mengandung kapur seperti kulit kerang. Dengan demikian, studi ini berpotensi besar dalam mengembangkan dan menaikkan nilai jual kulit kerang yang tersedia cukup melimpah di wilayah pantai.

Kerang merupakan salah satu biota yang sering dijumpai di perairan Indonesia. Di lautan Asia Tenggara, Asia Timur, dan Australia, kima ini (anadara antiquata) adalah sejenis kima yang biasanya mudah ditemukan di lumpur berpasir pada kedalaman 5–50 meter. Bentuk cangkang biasanya simetris bila dipasangkan dengan mantel yang terdiri dari daun telinga atau lobus. Otot lapisan mantel, yang banyak, menahan mantel ke cangkang kerang. Fungsi mantel luar adalah untuk mengumpulkan kristal kalsit atau kapur dan menghilangkan bahan organik dari cangkangnya. Seiring bertambahnya usia, kerang mengembangkan cangkang yang lebih tebal. Kerang mengandung mineral seperti kalsium, silika, besi, magnesium, dan aluminium, menurut *Kalesaran et al.* (2018).

Logam Fe banyak dijumpai di lingkungan sekitar salah satunya di perairan yang tercemar limbah (Nugroho, 2006). Limbah logam Fe di daerah perairan dengan konsentrasi lebih dari 1,0 mg/L dapat menyebabkan air menjadi berwarna kekuningan dan dapat membahayakan manusia karena bersifat racun (Fakhreni, 2011). Keberadaan logam Fe dalam jumlah yang berlebihan akan menyebabkan gangguan pertumbuhan bahkan kematian (Notohadiprawiro, 2006). Oleh karena

itu, keberadaan logam Fe di lingkungan perlu dikendalikan jumlahnya. Salah satu cara mengendalikan limbah logam berat Fe yaitu dengan mengaplikasikan material adsorbs.

Biasanya adsorpsi dilakukan dengan mengontakkan larutan adsorbat dengan adsorben yang memiliki sifat biocompatible dan ramah lingkungan (Ginting, 2008). Beberapa jenis limbah organik yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan adsorben adalah cangkang kerrang (Citrowati et al., 2017), cangkang udang vanami (Dian Wijaya Kurniawidi et al., 2022), cangkang kerang darah (Rahayu et al., 2021), dan batu apung (Dian W Kurniawidi et al., 2021). Kandungan kalsium pada cangkang kerang biasanya dimanfaatkan sebagai adsorben, sedangkan zeolit pada batu apung digunakan sebagai adsorben (Rahayu et al., 2021) (Dian W Kurniawidi et al., 2021). Adapun hasil isolasi kitosan dapat juga dimanfaatkan sebagai adsorben logam (Dian Wijaya Kurniawidi et al., 2022). Kitosan diperoleh dari hasil deasetilasi kitin untuk menghilangkan gugus asetil sehingga diperoleh kitosan yang dapat digunakan sebagai adsorben. Kitosan berfungsi sebagai adsorben dalam proses adsorpsi karena memiliki kandungan gugus amina yang bersifat polikationik sehingga mampu mengikat berbagai logam seperti Cd, Cu, Pb, Fe, dan Mn (Ornum, 1992).

Adsorpsi adalah proses dimana suatu molekul terserap pada suatu permukaan bahan penyerap atau adsorben. Adsorpsi adalah Fenomena fisik yang terjadi apabila permukaan padatan pada adsorben dikontakkan dengan molekul adsorbat. Adsorpsi fisik terjadi karena ada gaya Van der Waals antara molekul adsorbat dan atom-atom yang menempel pada permukaan adsorben. Gaya Van der Waals merupakan gaya tarik menarik antar molekul yang bersifat polar, sehingga ikatan pada gaya Van der Waals bersifat mudah terlepas. Apabila adsorben dan adsorbat mengalami kontak pada komposisi yang tepat, maka akan terjadi proses adsorpsi dan beberapa lama akan mencapai kesetimbangan (Laksito, 2008). Adapun beberapa penelitian sudah berhasil memanfaatkan kitosan sebagai adsorben logam Fe. Kitosan mampu menyerap logam Fe hingga 92,9 % (Radnia et al., 2012), sedangkan kitosan yang diisolasi dari cangkang udang vanami mampu menyerap Fe hingga 81,35 % (Dian Wijaya Kurniawidi et al., 2022). Banyaknya penelitian limbah alam sebagai bahan baku adsorben logam berat

menarik perhatian peneliti dalam melakukan penelitian ini. Sehingga penulis tertarik meneliti dengan judul “Penyelidikan Perilaku Mekanik Material Komposit Berbahan Limbah Laut Kerang Mutiara Akibat Beban Statik”.

## 1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, terdapat beberapa permasalahan yang akan dihadapi dalam penelitian ini, yaitu:

1. Berapakah hasil pengujian dari spesimen uji tarik dan uji lentur dari polimer cangkang Kerang Mutiara dan Epoxy Resin ?
2. Berapakah kadar kalsium yang terkandung dalam cangkang kerang mutiara ?

## 1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian merupakan cakupan kajian dalam sebuah penelitian. Adapun ruang lingkup penelitian kali ini adalah sebagai berikut:

1. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara, dan Laboratorium UPT Universitas Sumatera Utara menjadi lokasi penelitian ini.
2. Laboratorium Riset Terpadu, Universitas Sumatera Utara menjadi lokasi penelitian ini.
3. Bahan yang dilakukan saat penelitian Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah dengan menggunakan serbuk cangkang Kerang Mutiara dan Epoxy Resin.
4. Peralatan yang digunakan saat penelitian Uji Tarik, Uji Lentur, dan Spektrofotometer Timbangan Digital, Blender, Palu, Kuas, Sendok, Cup Plastik, Cetakan Uji Tarik, Cetakan Uji Lentur, Aquades
5. Komposisi komposit yang di uji yaitu 70% : 30%, 60% : 40% dan 50% :50%.



#### 1.4. Tujuan penelitian

1. Untuk membuat komposisi komposit berbahan limbah laut kerang mutiara dengan variasi matrix dan filler dengan komposisi 70 gram : 30 gram, 60 gram: 30 gram, 50 gram : 50 gram

2. Untuk menganalisa sifat mekanik dengan komposisi 70 gram : 30 gram, 60 gram: 40 gram, 50 gram : 50 gram, dari uji tensile test, bending test, dan menganalisa kandungan Calsium (Ca) dengan alat spektrofotometer

#### 1.5. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini, sebagai berikut :

1. Dapat dijadikan referensi bagi Mahasiswa yang lain untuk pengembangan penelitian lanjutan, Untuk mengaplikasikan ilmu yang telah didapat di bangku perkuliahan.

2. Menganalisa hasil pengujian Tarik dan Lentur komposit berbahan limbah laut Kerang Mutiara dengan variasi komposisi Matrix dan Filler

## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*).

Kerang-kerangan atau lebih banyak dikenal dengan kelompok bivalvia, banyak terdapat diperairan laut di seluruh Indonesia. Bivalvia artinya jenis binatang ini mempunyai 2 cangkang, Jenis kerang ini banyak dijumpai di daerah-daerah muara (*eustuarin*), perairan pantai dan pada ekosistem terumbu karang. Adapun jenis-jenis kerang yang hidup di ekosistem terumbu karang antara lain *pincta maxima*, *pinctada mangifera* atau lebih banyak dikenal sebagai Kerang Mutiara (*Pinctada maksima*).

Kerang mutiara (*Pinctada maksima*) merupakan salah satu biota laut yang hampir semua bagian dari tubuhnya mempunyai nilai jual, baik mutiara, cangkang, daging dan organisme tiram itu sendiri (benih maupun induk). Perairan Indonesia sendiri memiliki potensi Tiram Mutiara (*Pinctada masima*) yang begitu besar di wilayah Indonesia bagian timur seperti Irian Jaya, Sulawesi dan gugusan laut Arafuru. Di beberapa daerah tersebut, usaha penyelaman tiram mutiara merupakan mata pencaharian bagi penduduk setempat.

Kerang mutiara (*Pinctada maksima*) merupakan kerang penghasil mutiara yang terdapat dalam laut yang penyebarannya meliputi Philipina, Thailand, Birma, Australia dan Indonesia. Kerang Mutiara *Pinctada maksima* (Gambar 2.1) memiliki cangkang berukuran besar dan tebal dengan rata-rata diameter  $\pm 20$  cm. Jenis ini berwarna coklat kekuningan dan dapat mencapai ukuran maksimal 30 cm.



Gambar 2.1 kerang mutiara (Ahmad Khairul Badri, 2024).

### 2.1.1. Klarifikasi Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*)

Secara rinci jenis kerang mutiara (*Pinctada maxima*) dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Animalia

Fillum : Mollusca

Kelas : Bivalvia

Ordo : Pteriodia

Family : Pteridae

Genus : Pinctada

Spesies : *Pinctada maxima*.

Cangkang kerang mutiara (*pinctada maxima*) memiliki beberapa manfaat selain sebagai perhiasan, juga dapat digunakan sebagai bahan dasar kosmetik dan sebagai polutan ion logam dalam air, cangkang terdiri dari tiga lapisan, yakni:

1. Lapisan luar tipis, hampir berupa kulit dan disebut periostracum.
2. Lapisan kedua yang tebal, terbuat dari kalsium karbonat.
3. Lapisan dalam terdiri dari *mother of pearl*, dibentuk oleh selaput mantel dalam bentuk lapisan tipis. Lapisan tipis ini yang membuat cangkang menebal saat hewannya bertambah tua.

Kulit kerang merupakan bahan sumber mineral yang pada umumnya berasal dari hewan laut berupa kerang yang telah mengalami penggilingan dan mempunyai karbonat tinggi, cangkang kerang mengandung kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) dalam kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan batu gamping, cangkang telur, keramik, atau bahan lainnya. Hal ini terlihat dari tingkat kekerasan cangkang kerang. Semakin keras cangkang, maka semakin tinggi kandungan kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ). Berikut adalah tabel kandungan serbuk cangkang kerang.

Tabel 2.1 kandungan serbuk cangkang kerang.

Komponen	Kadar (% berat)
CaCO <sub>3</sub>	39,02
SiO <sub>2</sub>	7,88
FeO <sub>2</sub>	0,03
MgO	22,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25

## 2.2. Pembuatan Kalsium Karbonat.

Cangkang kerang mutiara (*Pinctada maxima*) dicuci hingga bersih dari kotoran-kotoran dengan menggunakan sikat dan air, cangkang kerang kemudian di jemur dibawah sinar matahari hingga kering, setelah itu dipukul menggunakan palu menjadi puing-puing kecil. Cangkang kerang dengan potongan kecil dimasukkan ke dalam blender lalu di ayak menggunakan ayakan 100 mesh.

## 2.3. Kalsium Karbonat

Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) (Gambar 2.2) adalah senyawa kimia dengan rumus kimia CaCO<sub>3</sub> Zat ini umumnya ditemukan dalam batuan disemua bagian dunia, Kalsium karbonat (CaCO<sub>3</sub>) merupakan komponen utama dari cangkang organisme laut, siput, mutiara dan kulit telur. Bentuk yang paling umum yang terdapat dialam adalah kapur dan marmer, diproduksi oleh sedimentasi dari cangkangsiput fosil kecil, kerang dan karang selama jutaan tahun.



Gambar 2.2 kalsium karbonat CaCO<sub>3</sub> (Ahmad Khairul Badri, 2024)

Kalsium karbonat umumnya diperoleh dari suspensi kapur dalam air dan gas karbon dioksida ( $\text{CO}_2$ ). Batu kapur terlebih dahulu dikalsinasi pada suhu  $1050^0 \pm 50^0$  C dan kalsium oksida yang diperoleh dipadatkan dan diencerkan dengan air, kemudian disaring dengan ayakan yang ukuran lubangnya tertentu untuk mendapatkan suspensi yang memenuhi syarat. Pada kalsinasi batu kapur dihasilkan pula gas karbon dioksida yang digelembungkan ke dalam suspensi kapur padam dalam reaktor karbonatasi untuk membentuk kalsium karbonat.

Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) biasanya digunakan dalam berbagai industri, di mana kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) tersebut harus mempunyai mutu yang tinggi, terutama kemurnian dan kehalusannya ( $0,15-0$  dan  $25\mu$ ). Kalsium karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) adalah salah satu bahan yang paling bermanfaat dan serbaguna yang dikenal manusia sebagai bahan dasar dalam pembuatan kosmetik. Selain pembuatan kosmetik, kalium karbonat juga berperan penting dalam beberapa industri, seperti :

1. Industri pembuatan pasta gigi
2. Industri pembuatan cat
3. Industri pembuatan pulp dan kertas
4. Industri pembuatan ban mobil, dll.

#### 2.4. Kadar Kalsium

Pada analisis ini, pertama-tama dilakukan proses destruksi, dimana destruksi bertujuan untuk memutuskan ikatan unsur logam dengan komponen lain sehingga unsur tersebut berada dalam keadaan bebas sebab kandungan ion-ion lain dapat mengganggu proses analisis logam dengan spektrofotometer serapan atom. Pelarut yang digunakan untuk proses destruksi yaitu aquades ( $\text{H}_2\text{O}$ ) asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) yang berfungsi untuk mengikat atom dan merupakan pengoksidasi logam yang terdapat pada sampel. Sedangkan asam perklorat ( $\text{HClO}_4$ ) merupakan oksidator yang sangat kuat yang berfungsi untuk menghilangkan logam-logam lain yang tersisa. Kadar kalsium yang terdapat pada cangkang kerang mutiara yaitu sebesar 2,3%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, kadar kalsium yang terdapat pada cangkang kerang mutiara jika dibandingkan dengan cangkang kerang hijau yaitu sebesar 89%. Hal tersebut dikarenakan cangkang kerang yang diperoleh sudah lama terendam dalam air tawar saat dilakukan pencucian pada

tambang mutiara. Cangkang kerang yang lama terendam dengan air pencucian dapat mempengaruhi keadaan cangkang kerang.

## 2.5. Penentuan Kadar Kalsium (Ca)

Analisis kalsium (Ca) pada cangkang kerang mutiara menggunakan beberapa variasi konsentrasi untuk larutan standar kalsium. Absorbansi konsentrasi tiap larutan standar harus masuk dan sesuai dengan range absorbansi dari larutan sampel kalsium (Ca) yang diukur menggunakan alat Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang 422,7 nm. Analisis kadar kalsium (Ca) pada cangkang kerang mutiara (*Pinctada maxima*) dilakukan dengan menggunakan alat instrumen spektrofotometer serapan atom (SSA). Berikut ini Tabel kadar kalsium (Ca) pada cangkang kerang mutiara.

Tabel 2.2 kadar kalsium (Ca) kerang mutiara.

No	Sampel	Absorbansi	% kadar Kalsium
1	Simplo	0.3023	2.3
2	Duplo	0.305	2.32

## 2.6. Komposisi Bahan Kimia Kerang Mutiara.

Tabel 2.3 Komposisi bahan kimia dalam kulit kerang.

Senyawa	Persentase (% wt)
CaO	66,70
SiO <sub>2</sub>	7,88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03
MgO	22,28
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25

Nilai tegangan tertinggi yang dapat ditolerir oleh luas penampang A terkecil spesimen selama pengujian dalam satuan luas dikenal sebagai kuat tekan. Pada batang uji yang merupakan komponen yang akan memikul beban F kemudian mengalami perubahan panjang atau dimensi, dilakukan uji tekan.

Pada dasarnya, kekuatan tarik suatu bahan terjadi akibat beban tarik yang arahnya keluar dari batang uji pada suatu luas penampang batang A. Oleh karena itu, kekuatan tarik bahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan. Perbedaan arah pada masing-masing pembebanan menyebabkan pola kerusakan

yang berbeda pada spesimen uji. Pada kondisi tekan, spesimen cenderung mengalami kegagalan akibat gaya geser. Sedangkan pada kondisi pembebanan tarik, spesimen akan mengalami kegagalan tarik dengan bentuk kerusakan yang melintang terhadap arah sumbu pembebanan (J. M. Gere, 2017).

Akan selalu ada perubahan dan variasi data yang diterima dari proses pengujian, meskipun item dan teknik yang identik digunakan dalam setiap percobaan atau pengujian parameter tertentu. Penyebab yang tidak dapat dihindari adalah elemen lain yang dapat mengubah hasil pengukuran dan menghasilkan perbedaan ini. Interpretasi temuan tes tergantung pada varians ini karena selalu ada perbedaan dalam data. Eksperimen acak adalah eksperimen yang, ketika dilakukan lagi, menghasilkan hasil yang berbeda secara konsisten. Ruang sampel percobaan, yang diwakili oleh huruf (S), adalah himpunan semua hasil potensial. Bahkan, ruang sampel seringkali ditentukan oleh tujuan analisis (H. Arsham & M. Lovric, 2020).

Temuan data tes atau pengukuran selalu disebar (didistribusikan) untuk menciptakan fungsi distribusi tertentu. Jika penyimpangan dalam data pengujian/pengukuran tersebar dalam rentang yang cukup dekat dengan rata-rata, kumpulan data dikatakan mewakili populasi. Distribusi data semacam ini dikenal sebagai data terdistribusi secara teratur (N. A. Mohd Radzuan, A. B. Sulong & Iswandi, 2021).

Fungsi densitas probabilitas variabel acak kontinu (PDF) menyatakan kemungkinan proporsional bahwa nilai tertentu akan ditetapkan padanya. Secara matematis, fungsi  $f(x)$  dapat digunakan untuk menentukan distribusi probabilitas data menggunakan variabel acak. Fungsi PDF digunakan dalam rekayasa untuk menggambarkan sistem fisik. Rumus PDF untuk variabel acak  $X$  dibuat dengan menggunakan persamaan.

## 2.7. Uji Tarik (*Tensile Test*)

### 2.7.1. Spesimen Uji tarik (*Tensile Test*)

Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Pengujian tarik digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Untuk mengukur ketahanan material tersebut dibutuhkan sebuah alat uji yang mampu untuk mengukur gaya dan perpanjangan dari material tersebut. Alat uji tarik dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu untuk logam dan non logam. Sedangkan pembagian jenis alat uji tarik dibagi menjadi tiga, yaitu komputerisasi/digital, konvensional dan manual. Ketersediaan alat uji tarik khususnya di Makassar baik untuk logam maupun non logam sangatlah terbatas sehingga dapat menghambat kelancaran penelitian tentang kekuatan serat alam sebagai bahan penguat komposit. Uji tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu bahan/material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Hasil yang didapatkan dari pengujian tarik sangat penting untuk rekayasa teknik dan desain produk karena menghasilkan data kekuatan material. Pengujian uji tarik ini digunakan untuk mengukur ketahanan suatu material terhadap gaya statis yang diberikan secara lambat. Kekuatan suatu komponen selalu menjadi pertimbangan dalam penggunaannya. Maka kekuatan dan kekakuan material komposit sangat ditentukan oleh serat penguat (fiber), resin sebagai pengikat dan katalis sebagai unsur lain (Sufiandi, Sandi, 2016).

Dalam pembuatan komposit serat alam diperlukan material dengan spesifikasi dan sifat-sifat yang khusus pada setiap bagiannya. Salah satu sifat terpenting dari serat alam adalah sifat mekanik. Sifat mekanik terdiri dari keuletan, kekerasan, kekuatan, dan ketangguhan. Sifat mekanik merupakan salah satu acuan untuk melakukan proses selanjutnya terhadap suatu material. Untuk mengetahui sifat mekanik suatu material harus dilakukan pengujian terhadap material tersebut. Salah satu pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari material tersebut adalah pengujian tarik (Arsyad, 2014).

Kekuatan suatu komponen selalu menjadi pertimbangan dalam penggunaannya. Maka kekuatan dan kekakuan material komposit sangat



ditentukan oleh serat penguat (fiber), resin sebagai pengikat dan katalis sebagai unsur lain. Pengujian kekuatan bahan yang dilakukan merupakan perbandingan antara gaya yang diperlukan untuk menarik spesimen uji dengan pergerakan atau pertambahan panjang (elongasi) yang terjadi dari spesimen uji (Sufiandi, Sandi, 2016).

Perkembangan material komposit dibidang rekayasa sangat pesat, seiring dengan hasil riset komposit yang mampu bersaing dengan produk-produk berbahan logam hal itu karena bahan komposit memiliki keuntungan berupa tahan terhadap korosi rasio antara kekuatan dan densitasnya cukup tinggi (ringan), murah dan proses pembuatannya mudah (Gay, 2003).

Komposit berbahan serat alam merupakan material yang ramah lingkungan selain itu harganya juga relatif murah, mampu meredam suara, densitasnya yang rendah, jumlah yang melimpah dan kemampuan mekaniknya tinggi (raharjo, 2002).

Di indonesia telah dikembangkan berbagai seratalami salah satunya serat rami dan agave dengan kekuatan mekanis yang baik (Marsyahyo, 2005).

Dalam penelitian ini matriks yang digunakan adalah epoxy karena memiliki kekuatan yang baik dan Epoxy dapat diformulasikan dengan material lain maupun epoxy jenis lain untuk mendapatkan sifat sesuai dengan keinginan (Anhar Pulungan Muhamad , 2017).

Regangan dan tegangan memiliki hubungan yang mencirikan sifat bahan untuk tingkat pembebanan yang masih dalam batas tertentu, dan terdapat hubungan yang proposional antara komponen tegangan dan komponen regangan yang berpasangan. Proposionalitas hubungan tersebut dicerminkan oleh sifat elastisitas linier bahan, seperti modulus elastisitas Young, angka perbandingan Poisson, maupun modulus geser. Pada batas atau daerah proposional ini berlaku hukum Hooke. Tingkat pembebanan yang menimbulkan respons yang tidak bersisa setelah penghapusan beban, dinamakan batas elastik, dan jika melebihi batas elastik atau batas keselamatan maka benda tersebut mengalami retak atau patahan. Dalam berbagai referensi daerah proposionalitas tergantung pada berbagai jenis bahan yang digunakan dan sifat elastisitas bahan tersebut. Sifat elastisitas bahan ini ditunjukkan dengan modulus elastisitas, dan harga dari

modulus elastisitas dalam berbagai referensi merupakan harga yang sifatnya representatif (Kane and Sternheim, 1976. terjemahan Silaban, 1991:371).

Spesimen yang digunakan adalah jenis polimer komposit dengan bentuk uji standar ASTM (American Society of Testing and Material).



Gambar 2.3 spesimen pengujian tarik (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 2.7.2. Pengujian Tarik

Uji Tarik adalah suatu metode yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan cara memberikan beban gaya yang sesumbu. Uji tarik banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji. Proses terjadinya deformasi pada bahan hingga putus, dapat dievaluasi melalui tahapan pembebanan tarik. Hasil pengukuran dari pengujian tarik adalah suatu kurva yang memberikan hubungan antara gaya yang dipergunakan dan perpanjangan yang dialami oleh spesimen.



Gambar 2.4 alat uji tarik (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 2.7.3. Metode Penelitian

#### 1. Elastisitas

Menurut Soedjo (2004:33) yang menyatakan bahwa bahan elastis adalah bahan yang mudah diregangkan serta cenderung pulih ke keadaan semula, dengan mengenakan gaya reaksi elastisitas atas gaya tegangan yang meregangkannya. Pada hakekatnya semua bahan memiliki sifat elastik meskipun boleh jadi amat sukar diregangkan. Sedangkan menurut Sarjo (2002:318), sifat elastik adalah kemampuan benda untuk kembali ke bentuk awalnya segera setelah gaya luar yang diberikan benda itu dihilangkan. Elastisitas adalah sifat benda yang berdeformasi untuk sementara, tanpa perubahan yang permanen, yaitu sifat untuk melawan deformasi yang terjadi. Sebuah benda dikatakan elastik sempurna jika setelah gaya penyebab perubahan bentuk dihilangkan benda akan kembali ke bentuk semula. Sekalipun tidak terdapat benda yang elastik sempurna, tetapi banyak benda yang hampir elastik sempurna, yaitu sampai deformasi yang terbatas disebut limit elastik. Jika benda berdeformasi diatas limit elastiknya, dan apabila gaya-gaya dihilangkan, maka benda tersebut tidak lagi kembali ke bentuk semula. Sebenarnya perbedaan antara sifat elastik dan plastik, hanyalah terletak pada tingkatan dalam besar atau kecilnya deformasi yang terjadi. Blatt (1986:179) menyatakan bahwa suatu deformasi dikatakan elastik jika deformasi merupakan proposional dengan gaya penyebabnya, bekerjanya gaya, maka deformasi diabaikan.

$$E\epsilon = \sigma \quad (2.1)$$

$\sigma$  = kekuatan tarik

$\epsilon$  = regangan

#### 2. Tegangan (Stress)

Semua bahan berubah bentuk karena pengaruh gaya. Ada yang kembali ke bentuk aslinya bila gaya dihilangkan, ada pula yang tetap berubah bentuk sedikit atau banyak, (Sears, 1944 terjemahan Soedarjana, 1986:236). Jadi, deformasi bahan ditentukan oleh gaya per satuan luas dan bukan oleh gaya total (Kane and Sternheim, 1976. terjemahan Silaban, 1991:365). Jika sebuah batang tegar yang dipengaruhi gaya tarik  $F$  ke kanan dan gaya yang sama tetapi berlawanan arah ke kiri, maka gaya-gaya ini akan didistribusi secara uniform ke luas penampang

batang. Perbandingan gaya  $F$  terhadap luas penampang  $A$  dinamakan tegangan tarik. Karena perpotongan dapat dilakukan disembarang titik sepanjang batang maka seluruh batang dalam keadaan mengalami tegangan (stress).

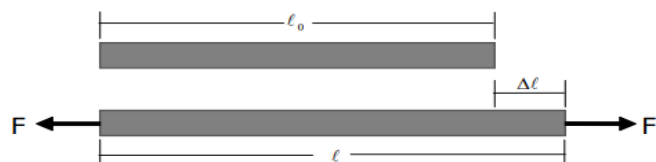
$$\sigma = F/L \quad (2.2)$$

$F$  = pengukuran gaya

$L$  = luas penampang sampel

### 3. Regangan (Strain)

Perubahan pada ukuran sebuah benda karena gayagaya atau kopel dalam kesetimbangan dibandingkan dengan ukuran semula disebut regangan. Regangan juga disebut derajat deformasi, (Sarojo, 2002:321). Kata regangan berhubungan dengan perubahan relatif dalam dimensi atau bentuk suatu benda yang mendapat tekanan. Gambar 2.5, melukiskan suatu batang yang panjang normalnya  $\ell_0$  dan memanjang menjadi  $\ell = \ell_0 + \Delta \ell$  bila pada kedua ujungnya ditarik oleh gaya  $F$ . Pertambahan panjang  $\Delta \ell$ , tentu saja tidak hanya pada ujung-ujung saja; setiap elemen-elemen batang tertarik pada proporsi yang sama seperti batang seluruhnya. Ada tiga macam regangan, (Kane and Sternheim, 1976. terjemahan Silaban, 1991:366) yakni (a) Regangan tarik, (b) Regangan kompresi, dan (c) Regangan geser.



Gambar 2.5 regangan membujur

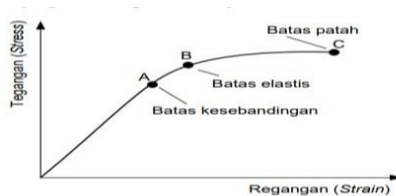
Regangan tarik pada batang didefinisikan sebagai perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang semula, yang harganya lebih besar dari 0. Regangan tekan suatu batang yang ditekan didefinisikan dengan cara yang sama sebagai pembanding antara berkurangnya panjang batang dengan panjang semula, yang harganya lebih kecil dari 0. Jadi perubahan pembanding pada panjang batang  $\Delta \ell / \ell_0$  dinamakan regangan (Blatt, 1986:183) atau disebut regangan longitudinal (Frauenfelder and Huber, 1966:219), seperti ditulis berikut:

$$\text{Regangan, } (\epsilon) = \frac{\ell - \ell_0}{\ell_0} = \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \quad (2.3)$$

dimana:  $\varepsilon$  = regangan atau bilangan murni,  $\ell$  = panjang batang (m),  $\ell_0$  = panjang semula (m) dan  $\Delta \ell$  = perubahan panjang (m).

#### 4. Modulus Elastisitas

Gambar 2.6 menunjukkan grafik tegangan dan regangan untuk batang padat biasa. Grafik tersebut linier sampai titik A. Hasil bahwa regangan berubah secara linier dengan tegangan dikenal sebagai hukum Hooke. Titik B adalah batas elastik. Jika batang ditarik melampaui titik ini batang tidak akan kembali ke panjangnya semula, tetapi berubah bentuk secara tetap. Jika tegangan yang bahkan lebih besar diberikan, bahan akhirnya patah. Seperti ditunjukkan oleh titik C.



Gambar 2.6 Menunjukkan grafik tegangan terhadap regangan.

Di dalam daerah linier dari grafik tegangan regangan untuk tarikan atau tekanan (kompresi), kemiringan menyamai nilai banding tegangan terhadap regangan yang dinamakan modulus Young,  $Y$  dari bahan tersebut, (Kane and Sternheim, 1976. terjemahan Silaban, 1991:368). Perbandingan tegangan terhadap regangan dalam daerah linier grafik ini disebut juga konstanta karakteristik atau modulus Young suatu bahan, ditulis sebagai:

$$Y = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} = \frac{\sigma}{s} = \frac{F/A}{\frac{\Delta \ell}{\ell_0}} \quad (2.4)$$

#### 5. Hubungan Tegangan dan Regangan

Hubungan antara tegangan dan regangan mengikuti hukum Hooke untuk elastisitas, dalam batas (limit) elastik suatu benda, dan hal ini menunjukkan bahwa tegangan berbanding lurus dengan regangan, (Blatt, 1986:185) yaitu

$$\text{Modulus, } k = \frac{\text{Tegangan}}{\text{Regangan}} \quad (2.5)$$

dengan  $\kappa$  disebut modulus elastisitas atau koefisien elastisitas atau konstanta kesebandingan.

Dalam penelitian ini akan ditentukan konstanta proporsionalitas atau modulus elastisitas bahan secara grafik, dan berdasarkan konstanta ini dapat

ditentukan modulus elastisitas Young, modulus geser dan modulus Bulk. Jadi, hubungan antara gaya tarik pada bahan dengan perubahan panjang mula-mula atau volume mula-mula dapat memberikan suatu hubungan yang linier. Sesuai dengan persamaan (3), diperlukan gaya untuk memberikan deformasi elastisitas bahan, dan hubungan ini (Cutnell and Johnson, 1995:284) dapat dinyatakan dengan:

$$\frac{F}{A} = Y \left( \frac{\Delta \ell}{\ell_0} \right) \quad (2.6)$$

## 6. Angka Banding Poisson

Dalam kenyataannya, setiap pemanjangan  $\Delta \ell$  dari panjang semula  $\ell_0$  akan menyebabkan penyusutan lebar  $-\Delta b$ , misalnya dari lebar semula  $b_0$ . Menurut Poisson (Soedjo, 2004:36), persentase penyusutan lebar akan sebanding dengan persentase pemanjangannya. Maka didefinisikanlah apa yang dikenal dengan angka banding Poisson,  $m$  selaku tetapan kesebandingan yang menurut hubungan (Sarojo, 2002:326) berikut: Tegangan longitudinal Tegangan transversal

Angka banding Poisson,  $m = - \frac{\text{Tegangan transversal}}{\text{Tegangan longitudinal}}$  atau ditulis dalam

bentuk rumus:


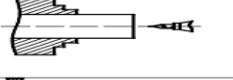
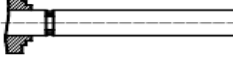
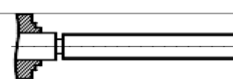
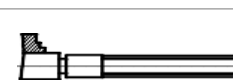
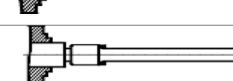

$$m = \frac{\frac{\Delta b}{b_0}}{\frac{\Delta \ell}{\ell_0}} \quad (2.7)$$

Besarnya angka banding Poisson tergantung pada jenis bahannya

#### 2.7.4. Langkah Pengerjaan

Perhitungan kondisi pemesinan dibutuhkan perencanaan langkah atau urutan pengerjaan yang logis. Proses pembuatan produk benda uji tarik bentuk penampang lingkaran yang dapat dilakukan proses pemesinan pada mesin bubut, seperti diuraikan pada tabel 2.4.

Tabel 2.4 Perencanaan langkah pengerjaan benda uji tarik

Langkah	Uraian		Pemesin
I	Meratakan perkukaan benda		1
II	kerja Bor Permukaan benda		1
III	alur batas benda uji		
IV	Pengupasan diameter 16mm		Kasar 3
V	Pengupasan		Kasar 6
XI	Pengupasan radius dan		Radius Champer
XII	Ulir		6

#### 2.7.5. Spesimen Uji Tarik

Spesimen yang digunakan adalah jenis polimer komposit dengan bentuk uji standar ASTM (American Society of Testing and Material), panjang = 120 mm, lebar = 30mm, tebal = 8mm.



Gambar 2.7 spesimen pengujian tarik (Ahmad Khairul Badri, 2024)

## 2.8. Uji Lentur (*Bending Test*)

### 2.8.1. Spesimen Uji Lentur (*Bending Test*)

Semakin berkembangnya teknologi beton di Era sekarang ini, maka semakin banyak pula inovasi untuk meningkatkan mutu beton dan untuk penyesuaian pekerjaan di lapangan. Beton adalah campuran semen Portland atau semen hidrolis lainnya, agregat halus, agregat kasar, dan air, dengan atau tanpa bahan tambahan. (SNI 2847: 2013). Beton juga memiliki keunggulan dan kelemahan beton. Oleh karena itu perlu diberikan cara-cara untuk mengatasinya, misalnya dengan memberikan baja tulangan, serat baja dan sebagainya agar memiliki kuat tarik yang tinggi (Tjokrodinuljo, 2007).

### 2.8.2. Pengujian Lentur Putar

Uji lentur merupakan salah satu dari pengujian lelah (*fatigue*) yang berfungsi untuk menganalisa/ mengetahui ketahanan lelah dari suatu bahan/ material. Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam pengujian ini adalah variabel-variabel sebagai berikut :

- Pemilihan jenis bahan/ material yang akan diuji.
- Dimensi dari benda uji (spesimen).
- Pembebanan yang akan diberikan ketika di proses pengujian berlangsung.
- Perlakuan terhadap spesimen (panas/ heat treatment, pemberian takik sebagai pengkodisian cacat material,dll).



Gambar 2.8 Alat Uji Lentur (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 2.8.3. Hardening

Hardening adalah suatu proses perlakuan panas dengan cara pemanasan sampai suhu austenite dan dengan pendinginan cepat (*quenching*). Tujuan dari dilakukan hardening adalah meningkatkan kekerasan, kekuatan dan fatigue limit.



#### 2.8.4. Quenching

Quenching adalah suatu proses perlakuan panas dengan cara memanaskan logam sampai suhu austenite, kemudian didinginkan secara cepat dengan berbagai media yang dimana akan membentuk struktur martensit yang memiliki kekerasan yang lebih dari ferrite dan perlite. Tujuan dari quenching adalah meningkatkan kekerasan, kekuatan, dan fatigue limit.

#### 2.8.5. Spesimen Uji Lentur Putar

Spesimen yang digunakan adalah jenis polimer komposit dengan bentuk uji standar ASTM (American Society of Testing and Material), dengan panjang = 120 mm, lebar = 30mm, tebal = 8mm.



Gambar 2.9 spesimen pengujian lentur (Ahmad Khairul Badri, 2024)

## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1. Tempat dan Waktu

##### 3.1.1. Tempat Penelitian

Adapun waktu penelitian ini adalah :

1. Tempat pelaksanaan penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Universitas Sumatra Utara, dan Laboratorium UPT Universitas Sumatra Utara menjadi lokasi penelitian ini.

##### 3.1.2 Waktu Penelitian

Waktu pelaksanaan penelitian di mulai setelah judul penelitian disetujui oleh Ketua Program Studi Teknik Mesin, dilaksanakan di Universitas Muhammadiyah Sumatra Utara. Adapun Jadwal dan kegiatan penelitian sebagai berikut:

Tabel 3.1 Jadwal dan Kegiatan Penelitian

N O	Keterangan	Waktu (Bulan)					
		1	2	3	4	5	6
1	Study literature	■	■				
2	Survey lapangan	■					
3	Penulisan Proposal		■	■			
4	Uji Spektrofotometer, Uji Tarik dan Uji Lentur		■	■	■		
5	Penulisan laporan akhir					■	■
6	Seminal hasil dan sidang sarjana						■

## 3.2. Alat Dan Bahan

### 3.2.1. Alat Yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 1. Timbangan Digital

Timbangan Digital merupakan alat yang digunakan sebagai pengukuran untuk mengukur suatu berat atau beban maupun massa pada suatu zat. Timbangan digital di gunakan agar hasil bobot dari Kerang Mutiara lebih akurat dan di pergunakan untuk menimbang Epoxy Resin dan Hardener.



Gambar 3.1 timbangan digital (Ahmad Khairul Badri, 2024)

#### 2. Blender

Blender di gunakan untuk menghaluskan cangkang Kerang Mutiara menjadi sebuah serbuk yang halus, Blender yang di pakai menggunakan merk Panasonic



Gambar 3.2 blender (Ahmad Khairul Badri, 2024)

#### 3. Palu

Palu digunakan untuk menghancurkan Kerang Mutiara agar mudah saat proses peghalusan.



Gambar 3.3 palu (Ahmad Khairul Badri, 2024)

#### 4. Kuas

Kuas di gunakan untuk membantu mengoleskan Epoxy Resin ke dalam cetakan benda kerja yang akan di uji.



Gambar 3.4 kuas (Ahmad Khairul Badri, 2024)

#### 5. Sendok

Sendok di pergunakan untuk mengaduk Epoxy Resin agar tercampur dengan Hardener.



Gambar 3.5 sendok (Ahmad Khairul Badri, 2024)

#### 6. Cup Plastik

Cup Plastik digunakan sebagai wadah pencampuran antara Epoxy Resin dengan Hardener.



Gambar 3.6 cup plastik (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 7. Cetakan Uji Tarik

Cetakan ini di gunakan untuk mencetak benda kerja yang akan di uji pada alat uji tarik



Gambar 3.7 cetakan uji tarik (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 8. Cetakan Uji Lentur

Cetakan ini di gunakan untuk mencetak benda kerja yang akan di uji pada alat uji Lentur.



Gambar 3.8 . cetakan uji Lentur (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 3.2.2. Bahan Yang Digunakan

#### 1. Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*)

Kerang Mutiara (*Pinctada maxima*) di gunakan sebagai sampel penelitian.



Gambar 3.9 kerang mutiara.

(sumber : <https://www.google.com> gambar cangkang kerang mutiara pinctada maxima).

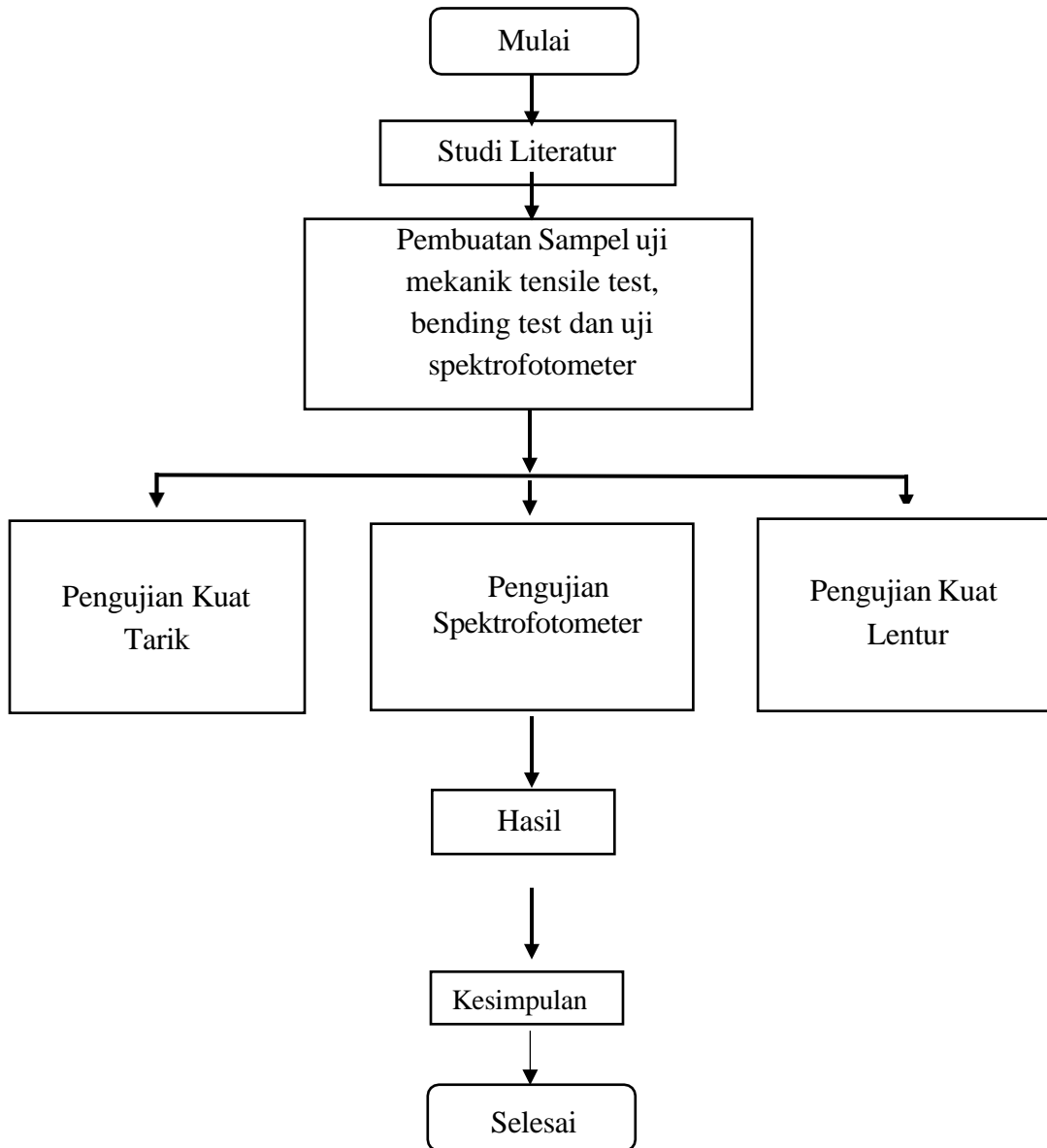
#### 2. Epoxy Resin

Epoxy Resin di gunakan sebagai media campuran serbuk cangkang kerang kerang mutiara.



Gambar 3.10 epoxy resin (Ahmad Khairul Badri, 2024)

### 3.3 Diagram Alir



Gambar 3.11 Diagram Alir

### 3.4. Rangkaian Alat Pengujian

#### 3.4.1. Rangkaian Alat Uji Spektrometer



Gambar 3.12 alat spektrofotometer

a. Rincian instruksi kerja pengoperasian alat.

1. Hubungkan alat Spektrofotometer ke sumber listrik
2. Tekan tombol power “ON” dibelakang alat
3. Tunggu hingga proses loading selesai dan layar monitor menunjukkan menu utama.

b. Cara Menggunakan :

1. Pilih OPTIONS, maka akan muncul parameter Setup
2. Tentukan apakah akan mengukur Absorbansi atau % Transmittansi
3. Tentukan panjang gelombang
4. Bilas cuvette dengan aquades, lalu isikan dengan larutan blanko
5. Masukkan kuvet berisi blanko ke dalam spektrofotometer
6. Tekan “AUTO ZERO” untuk menolkan Absorbansi atau Transmittansi
7. Keluarkan kuvet blanko dari spektrofotometer.
8. Bilas cuvette dengan aquades, lalu isi dengan larutan sampel yang akan diukur absorbansi atau transmittansinya.
9. Masukkan kuvet ke dalam spektrofotometer.
10. Tekan tombol “START” dan layar akan menunjukkan nilai absorbansi atau transmittansi dan merekamnya.
11. Lakukan hal yang sama pada sampel lainnya.
12. Catat dan simpan data hasil pengukuran.



c. Mengakhiri Penggunaan Spektrofotometer :

1. Bila tidak digunakan, matikan alat dengan menekan tombol OFF pada alat dan lepaskan kabel dari sumber listrik;
2. Bersihkan area kerja untuk menghilangkan sisa ekstrak dan kotoran lainnya.

#### 3.4.2. Rancangan Alat Uji Tarik

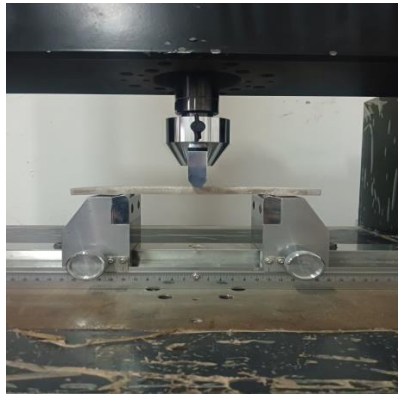
Mesin Uji Universal (UTM), juga dikenal sebagai mesin/peng uji tarik, adalah sistem pengujian elektromekanis yang menerapkan gaya tarik pada bahan baku atau komponen untuk menguji kekuatan tarik dan lentur. Alat ini banyak digunakan untuk pengujian beban kecil dan besar dalam kontrol kualitas atau proyek penelitian, dll.



Gambar 3.13 alat uji tarik

#### 3.4.3. Rancangan Alat Uji Lentur

Alat uji lentur adalah salah satu alat uji mekanik untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tekan. Caranya adalah dengan memberikan gaya tekan kepada bahan uji. Untuk melaksanakan pengujian lentur, kita memerlukan benda uji yang lainnya. Benda uji itu dipasang pada mesin peng uji (sama dengan pengujian tarik) dengan gaya tekan yang akan semakin bertambah besar akhirnya menekan pada batang tersebut, maka benda uji ini akan patah. Alat uji lentur akan memberikan informasi mengenai seberapa besar pengukuran yang akan diuji terhadap bahan sehingga standarisasi yang diinginkan dapat tercapai dengan sempurna.



Gambar 3.14 alat uji lentur

### 3.5. Prosedur Penelitian

#### 3.5.1. Prosedur Penelitian Menggunakan Alat uji Spektrofotometer

Adapun proses persiapan sampel dan pengujian menggunakan alat uji spektrometer langkah-langkahnya sebagai berikut :

Persiapan Sample :

1. Siapkan alat dan bahan pada pengujian seperti blender, wadah, dan cangkang kerang mutiara.
2. Cangkang kerang mutiara dibersihkan terlebih dahulu menggunakan aquadest.
3. Cangkang kerang mutiara dihaluskan menggunakan blender.
4. Serbuk cangkang kerang mutiara ditimbang menggunakan timbangan digital sebanyak 100 gram.
5. Kemudian serbuk cangkang kerang mutiara di tanur
6. Setelah menjadi larutan serbuk cangkang kerang mutiara dilakukan pengujian Rangkaian Pengujian spektrofotometer :

1. Pertama, menyalakan alat terlebih dahulu dengan menekan tombol ON/OFF.
2. Buka software Spektrometer yang ada pada computer. Klik kiri opsi *Measure* pilih "*Measurement*", lalu pilih "*Initialize*".
3. Tunggu hingga muncul 3 ikon berwarna hijau pada kanan layar. Perangkat siap digunakan
4. Setelah aplikasi siap digunakan, sampel berupa cairan atau kaca *preparat* diukur terlebih dahulu.
5. Masukkan *holder* (penopang yang memiliki lubang bulat pada bagian tengah), lalu pilih opsi "*Save data*" pada komputer.
6. Setelah itu, masukkan nama ke dalam folder agar hasil dari sampel yang diukur

akan tersimpan secara otomatis.

7. Dibutuhkan ketelitian yang tinggi dalam mengukur *background* (BKG).
8. *Background* BKG diukur dan diperoleh spektrum BKG berupa udara bebas dan gas CO<sub>2</sub>.
9. Pengukuran *background* BKG dilakukan sebanyak 45 kali.
10. Setelah itu, sampel kaca preparat atau film dimasukkan dan dipasang ke holder
11. Klik "*Measure*", lalu klik "*Sample*". Pengukuran dilakukan sebanyak 45 kali agar hasil yang diperoleh lebih jelas dan rapi.
12. Masukkan keterangan pada spektrum. Klik kanan, klik "*Object Properties*", kolom Description diisi angka bilangan gelombang peak yang diinginkan.
13. Klik "*Calculate*", kemudian klik "*add peak*". Klik peak yang ingin diketahui bilangannya, lalu tekan OK.
14. Setelah itu, file disimpan dalam format PDF

#### 3.5.2. Proses Uji Tarik dan Lentur (Uji Mekanik)

##### Proses Uji Tarik Dan Tekan (Uji mekanik)

Adapun proses persiapan pembuatan spesimen dan proses pengujian uji tarik dan uji tekan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

##### Rangkaian Pembuatan Spesimen Benda Uji :

1. Siapkan alat dan bahan untuk pembuatan sampel pengujian tarik dan lentur seperti cangkang kerang mutiara, resin, katalis, aquades, belender, cetakan sampel, timbangan digital dan wadah.
2. Setelah itu lanjut ke proses pembuatan sampel
3. Timbang cangkang kerang mutiara dengan timbangan digital dengan berat 70 gram, 60 gram, dan 50 gram.
4. siapkan resin dan katalis masing masing di timbang menggunakan timbangan digital dengan berat resin 60 gram, 50 gram, 40 gram, dan katalis 0,2 ml.
5. serbuk cangkang kerang tahu di campurkan dengan resin dan katalis masing masing sesuai variasi yaitu 70:30, 60:40, dan 50:50. Setelah itu campuran sampel masing masing di aduk menggunakan spatula selama 5 menit sampai campuran menjadi homogen.
6. Setelah campuran sampel sudah homogen, masing masing campuran sampel di cetak menggunakan cetakan sampel sesuai standar mesin uji tarik / uji lentur

yang akan digunakan. Proses pencetakan sampel memerlukan waktu 3 jam atau sampai sampel sudah mengeras dan mengering.

7. Setelah sampel selesai di cetak selanjutnya sampel bisa di gunakan untuk pengujian.

#### Proses Uji Tarik

1. Catat data mesin pada lembar kerja.
2. Ambil kertas milimeter dan pasang pada tempatnya.
3. Ambil spesimen dan letakkan pada tempatnya secara tepat.
4. *Setting* beban dan pencatat grafik pada mesin tarik.
5. Berikan beban secara kontinu sampai spesimen patah.
6. Catat besarnya beban pada saat *yield*, *ultimate* dan ketika patah yang nilainya tampak pada monitor beban.
7. Setelah patah, ambil spesimen dan ukur panjang dan luas penampang yang patah.

#### Proses Uji Tekan

1. Ambil benda uji dari tempat perawatan.
2. Letakkan benda uji pada mesin tekan secara sentra
3. Jalankan mesin uji lentur. Tekanan harus di naikan berangsur-angsur dengan kecepatan berkisar antara 4 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan 6 kg/cm<sup>2</sup> per detik.
4. Lakukan pembebanan sampai benda uji hancur dan catatlah benda uji beban maksimum hancur yang terjadi selama pemeriksaan benda uji.
5. Lakukan langkah 1,2,3 sesuai dengan jumlah benda uji yang akan ditentukan kekuatan tekan karakteristiknya.

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan di jabarkan tentang analisis dan pembahasan dari pengujian serbuk kerang mutiara terhadap gugus fungsi atau komposisi yang terkandung, dan sifat mekanik pada material komposit berbahan kerang mutiara. Data di ambil dengan spesifikasi dan aktual berdasarkan data pengujian lapangan.

#### 4.1 Kriteria Perencanaan

Dari Penelitian yang telah dilakukan dilapangan dalam penelitian ini terdapat 3 pengujian yaitu :

- a. Menguji komposisi yang terkandung dalam 100 gram kerang mutiara (*Pinctada maxima*) menggunakan alat uji spektrofotometer.
- b. Menguji sifat mekanik (Uji tarik) komposit berbahan kerang mutiara (*Pinctada maxima*).
- c. Menguji sifat mekanik (Uji lentur) komposit berbahan kerang mutiara (*Pinctada maxima*).

Tabel 4.1 variasi komposisi sampel.

Variasi Sampel	Berat Total Spesimen Benda Uji 100,02 gram		
	Filer (gr)	Matrix (gr)	Katalis (gr)
A (70% : 30%)	70	30	0,2
B (60% : 40%)	60	40	0,2
C (50% : 50%)	50	50	0,2

##### 4.1.1. Proses Pembuatan Sampel Pengujian Spektrofotometer

4.1.2. Adapun proses dalam pembuatan sampel untuk pengujian Spektrofotometer dalam penelitian yaitu :

- a. Menimbang cangkang kerang mutiara yang akan diuji ditimbang menggunakan timbangan digital.



Gambar 4.1 Penimbangan cangkang kerang mutiara

- b. Cangkang kerang mutiara yang sudah ditimbang, selanjutnya cangkang kerang mutiara dihaluskan menggunakan blender, proses penggilingan ini memerlukan waktu 5 menit sampai cangkang kerang benar benar halus dan menjadi serbuk.



Gambar 4.2 Penghalusan cangkang kerang mutiara

- c. Serbuk cangkang kerang mutiara ditimbang menggunakan timbangan digital.



Gambar 4.3 Penimbangan serbuk cangkang kerang mutiara

d. Aquadest di campur dengan serbuk cangkang kerang mutiara kemudian di tanur



Gambar 4.4 Aquadest



Gambar 4.5 Serbuk cangkang kerang mutiara dan aquadest yang sudah di campurkan.

e. Proses oven dengan tanur hingga kedua bahan bercampur menjadi larutan, dengan suhu diatas 1000 Celcius, sampai serbuk cangkang kerang mutiara mencair  $\pm$  30 menit.



Gambar 4.6 tanur



Gambar 4.7 tanur

- f. Serbuk cangkang kerang mutiara siap di uji untuk mengetahui gugus fungsional dengan menggunakan alat pengujian spektrofotometer.



Gambar 4.8 pengujian menggunakan alat spektrofotometer.



#### 4.1.3. Analisis Data Pengujian Komposisi Menggunakan Alat Spektrofotometer.

Uji spektrofotometer dilakukan untuk melihat komponen yang terkandung dalam cangkang kerang mutiara yaitu (Ca), Hasil dari pengujian spektrofotometer pada serbuk cangkang kerang mutiara dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 hasil pengujian spektrofotometer.

Nama Sampel	Parameter	Kadar Kalsium
Cangkang Kerang	Ca	70.30 mg/L

Keterangan

\*= Hasil Pengenceran 25 x

Pada tabel 4.2 analisis spektrofotometer serbuk cangkang kerang menunjukkan hasil konsentrasi Ca 70,30 mg/L, dengan menggunakan metode pengujian SNI 6989,84:2019 dimana gugus fungsi tersebut merupakan komponen yang terdapat pada cangkang kerang mutiara.

## 4.2. Proses Pembuatan dan Analisa Data Pengujian Kuat Tarik

### 4.2.1. Sampel Pengujian Tarik

Pada penelitian ini untuk pengujian kuat tarik menggunakan filter (Serbuk cangkang kerang) dan matriks (resin). Adapun proses atau langkah-langkah dalam pembuatan sampel untuk pengujian kuat tarik dalam penelitian yaitu :

- a. Mempersiapkan serbuk cangkang kerang mutiara dan masing-masing ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat 70 gram, 60 gram, dan 50 gram.



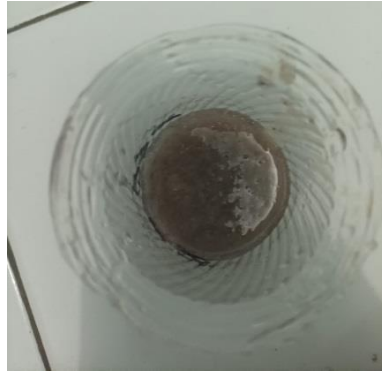
Gambar 4.9 penimbangan serbuk cangkang kerang mutiara

- b. Mempersiapkan resin dan katalis masing – masing ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat resin 50 gram, 40 gram, 30 gram dan katalis 0,2 ml.



Gambar 4.10 penimbangan resin

- c. Serbuk cangkang kerang mutiara dicampurkan resin dan katalis 0,2 mL masing – masing variasi sampel 70 gram : 30 gram, 60 gram : 40 gram, 50 gram : 50 gram. Campuran sampel masing – masing diaduk menggunakan spatula selama 5 menit atau campuran menjadi homogen.



Gambar 4.11 Pengadukan kedua bahan serbuk cangkang kerang dan resin.

- d. Setelah campuran sampel sudah homogen, masing – masing campuran sampel dicetak menggunakan cetakan spatula sesuai standar mesin uji tarik yang akan digunakan. Proses pencetakan sampel memerlukan waktu 3 jam atau sampel sudah mengeras dan kering.



Gambar 4.12 Pencetakan spesimen uji tarik

- e. Hasil sampel yang telah selesai dicetak sudah siap untuk dilakukan pengujian kuat tarik dengan standar ASTM E8.



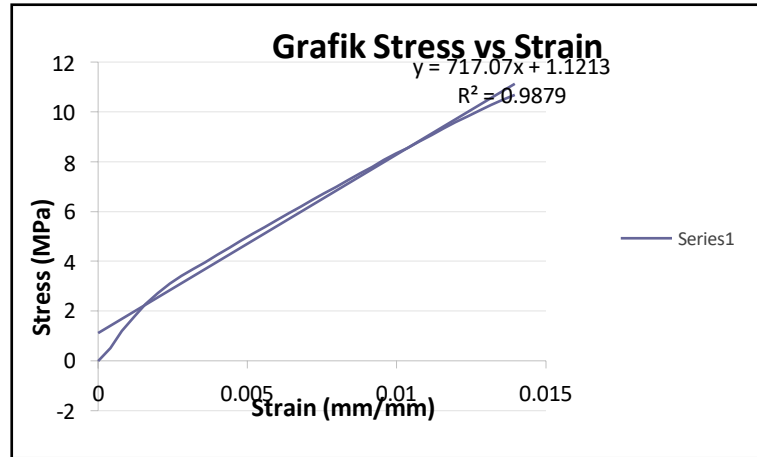
Gambar 4.13 Hasil spesimen uji tarik

- f. Proses pengujian kuat tarik pada masing – masing sampel menggunakan alat uji UTM ASTM E8.



Gambar 4.14 Pengujian spesimen uji tarik

4.2.2. Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Pada Sampel A Dengan Variasi Sampel 70% : 30%



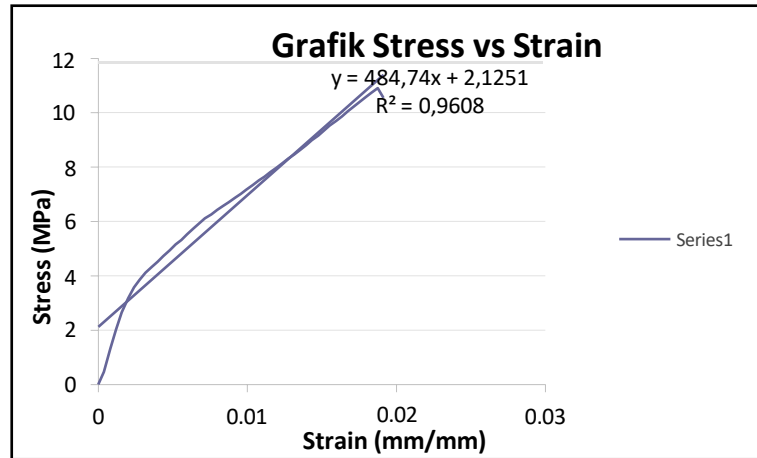
Gambar 4.15 grafik hasil pengujian kuat tarik variasi 70% : 30%

Grafik hasil pengujian tarik dengan sampel perbandingan 70% : 30% yang mana dari grafik itu dapat kita lihat bahwa *maximum point load* yaitu 1282,2 N, *maximum point Stress* yaitu 10,678 Mpa, *modulus elastisitas* 343,78 Mpa.

Tabel 4.3 hasil pengujian kuat tarik pada sampel A dengan variasi 70% : 30%

No	Uraian Kegiatan	Hasil pengujian (Mpa)
1	Pengujian 1	10,678

4.2.3. Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Pada Sampel B Dengan Variasi Sampel 60% : 40%



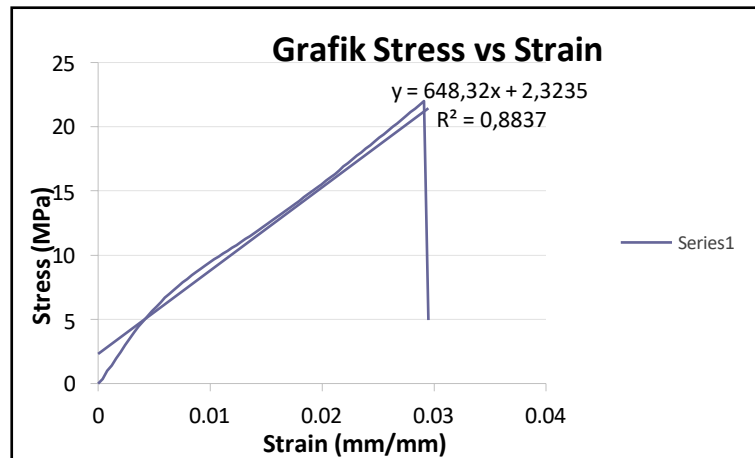
Gambar 4.16 Grafik hasil Pengujian kuat tarik Variasi 60% : 40%

Grafik hasil pengujian tarik dengan sampel perbandingan 60% : 40% yang mana dari grafik itu dapat kita lihat bahwa *maximum point load* yaitu 1309,4 N, *maximum point Stress* yaitu 10,912 Mpa, *modulus elastisitas* 425,71 Mpa.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian kuat tarik pada sampel B dengan variasi 60% : 40%

No	Uraian Kegiatan	Hasil pengujian (Mpa)
1	Pengujian 1	10,912

4.2.4. Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Tarik Pada Sampel C  
 Dengan Variasi Sampel 50% : 50%



Gambar 4.17 Grafik hasil pengujian kuat tarik variasi 50% : 50%

Grafik hasil pengujian tarik dengan sampel perbandingan 50% : 50% yang mana dari grafik itu dapat kita lihat bahwa *maximum point load* yaitu 2640,2 N, *maximum point Stress* yaitu 22,001 Mpa, *modulus elastisitas* 311,25 Mpa.

Tabel 4.5 Hasil pengujian kuat tarik pada sampel C dengan variasi 50% : 50%

No	Uraian Kegiatan	Hasil pengujian (Mpa)
1	Pengujian 1	22,001

Dari hasil pengujian yang telah di lakukan maka dapat di peroleh informasi ilmiah ke empat variasi yang di kembangkan dalam penelitian dapat di lihat pada Tabel 4.6.

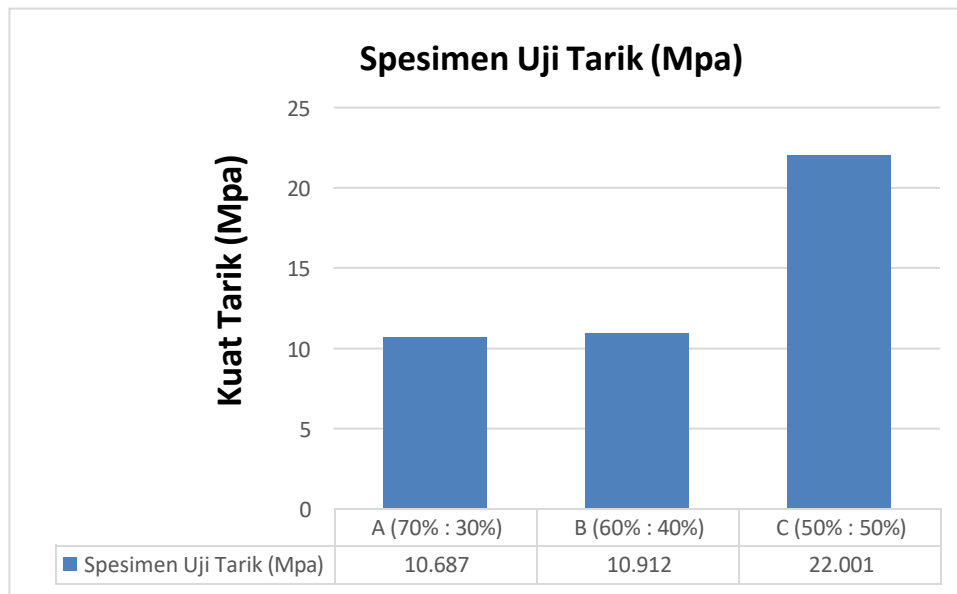
Tabel 4.6 tabel hasil pengujian kuat tarik berdasarkan variasi sampel

Nama Sampel	Maximum Point Load (N)	Maximum Point Stress (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
50 – 50	2640,2	22,001	311,25
60 – 40	1309,4	10,912	425,71
70 – 30	1282,5	10,687	343,78

Pada tabel 4.6 dapat dilihat bahwa nilai kuat tarik maksimum point stres pada kuat tarik menghasilkan 10,678 Mpa, maksimum point load 1282,5 N dan modulus elastisitas 343,78 Mpa pada sampel A, pada sampel B point stres pada kuat tarik menghasilkan 10,912 Mpa, maksimum point load 1309,4 N dan modulus elastisitas 425,71 Mpa, dan sampel C menghasilkan point stres pada kuat tarik menghasilkan 22,001 Mpa, maksimum point load 2640,2 N dan modulus elastisitas 311,25 Mpa. Nilai maksimum pada sifat mekanik cangkang kerang terdapat pada sampel C dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 50% : 50%. yaitu sebesar 22,001 Mpa dan nilai kuat tarik minimum terdapat pada sampel A dengan variasi serbuk cangkang kerang tahu dan resin sebesar 70% : 30 % yaitu 10,678 Mpa.



Berikut diagram pengujian kuat tarik yang terlihat pada Gambar 4.18



Gambar 4.18 diagram hasil pengujian kuat tarik.

Pada Gambar 4.18 diatas menunjukkan bahwa penambahan resin pada serbuk cangkang kerang tahu berpengaruh pada setiap sampel, dimana semakin banyak penambahan resin yang pada sampel membuat nilai tarik sampel semangkin rendah. Begitu juga sebaliknya semakin sedikit penambahan cangkang kerang menyebabkan nilai kuat tarik semakin rendah. Akan tetapi jika penambahan resin dengan serbuk cangkang kerang mutiara sebanding dapat menyebabkan kuat tarik yang tinggi. Nilai kuat tarik yang dihasilkan adalah 10,678 – 22,001 Mpa.

### 4.3 Proses Pembuatan Sampel dan Analisa Data pengujian Kuat Lentur

#### 4.3.1 Proses Pembuatan Sampel Uji Lentur

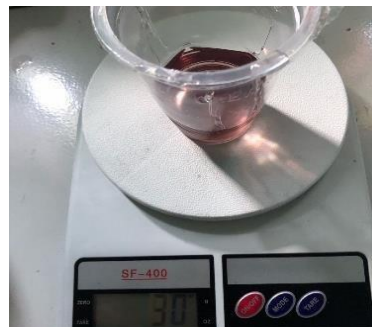
Pada penelitian ini untuk pengujian kuat tarik menggunakan filter (Serbuk cangkang kerang) dan matriks (resin). Adapun proses atau langkah-langkah dalam pembuatan sampel untuk pengujian kuat tarik dalam penelitian yaitu :

- a. Mempersiapkan serbuk cangkang kerang mutiara dan masing-masing ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat 70 gram, 60 gram, 50 gram.



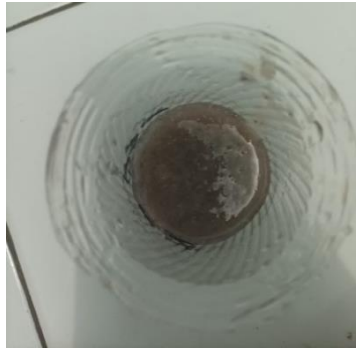
Gambar 4.19 proses penimbangan serbuk cangkang kerang mutiara

- b. Mempersiapkan resin dan katalis masing – masing ditimbang menggunakan timbangan digital dengan berat 50 gram, 40 gram, 30 gram dan resin 0,2 ml.



Gambar 4.20 proses penimbangan resin

- c. Serbuk cangkang kerang mutiara dicampurkan dengan larutan resin dan katalis 0,2mL masing – masing variasi sampel 70 gram : 30 gram, 60 gram : 40 gram, 50 gram. : 50 gram. Campuran sampel masing – masing diaduk menggunakan spatula selama 5 menit atau campuran menjadi homogen.



Gambar 4.21 proses pengadukan serbuk cangkang kerang mutiara dengan resin

- d. Setelah campuran sampel sudah homogen dicetak menggunakan cetakan spatula sesuai standar mesin uji lentur yang akan digunakan. Proses pencetakan sampel memerlukan waktu 3 jam sampai sampel sudah mengeras dan kering.



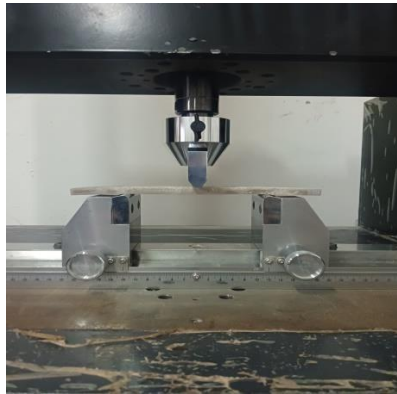
Gambar 4.22 proses pencetakan spesimen uji lentur

- e. Hasil sampel yang telah selesai dicetak sudah siap untuk dilakukan pengujian kuat tarik dengan standar ASTM E8.



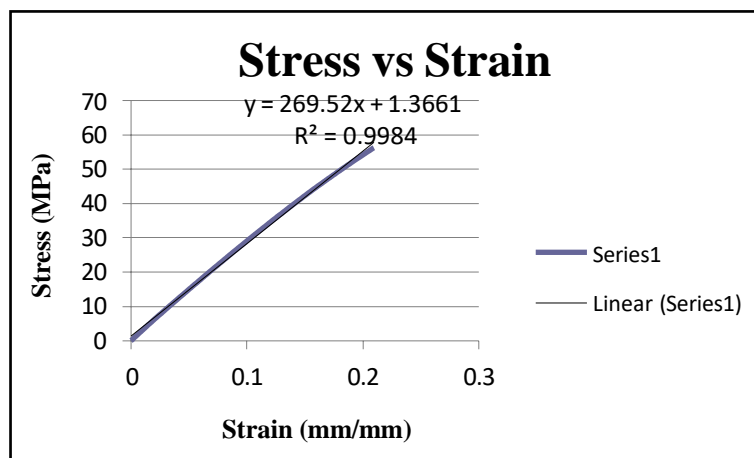
Gambar 4.23 Hasil Spesimen uji lentur

- f. Proses pengujian kuat lentur pada masing – masing sampel menggunakan alat uji UTM ASTM E8.



Gambar 4.24 Proses Pengujian spesimen uji lentur

4.3.2. Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Pada Sampel A  
 Dengan Variasi Sampel 70% : 30%



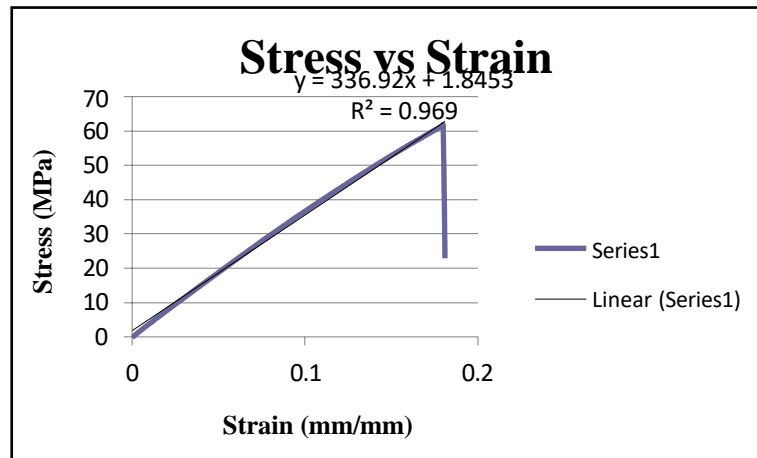
Gambar 4.25 grafik hasil pengujian kuat lentur variasi 70% : 30%

Grafik hasil pengujian lentur dengan sampel perbandingan 70% : 30% yang mana dari grafik itu dapat kita lihat bahwa *maximum point load* yaitu 599,63 N, *maximum point Stress* yaitu 56,21 Mpa, *modulus elastisitas* 2,89 Mpa.

Tabel 4.7 hasil pengujian kuat lentur pada sampel A dengan variasi 70% : 30%

No	Uraian Kegiatan	Hasil pengujian (Mpa)
1	Pengujian 1	56,21

4.3.3. Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Pada Sampel B Dengan VariasiSampel 60% : 40%



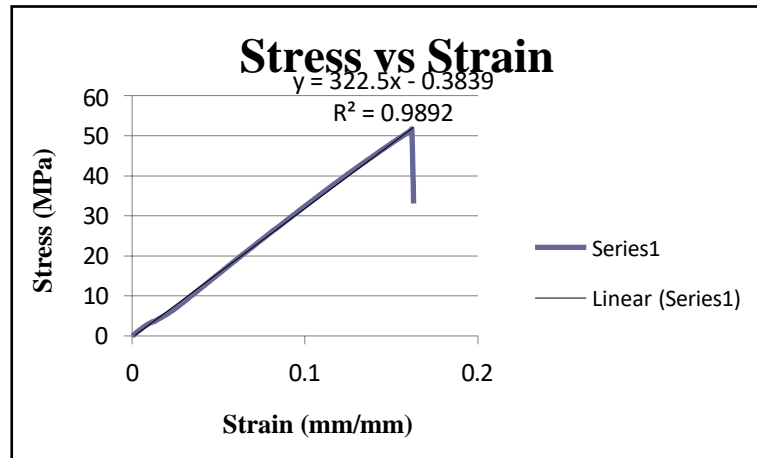
Gambar 4.26 grafik hasil pengujian kuat lentur variasi 60% : 40%

Grafik hasil pengujian lentur dengan sampel perbandingan 60% : 40% yang mana dari grafik itu dapat kita lihat bahwa *maximum point load* yaitu 659,18 N, *maximum point Stress* yaitu 61,61 Mpa, *modulus elastisitas* 3,76 Mpa.

Tabel 4.8 hasil pengujian kuat lentur pada Sampel B dengan variasi 60% : 40%

No	Uraian Kegiatan	Hasil pengujian (Mpa)
1	Pengujian 1	61,61

4.3.4. Analisis Data Hasil Pengujian Kuat Lentur Pada Sampel C  
 Dengan Variasi Sampel 50% : 50%



Gambar 4.27 grafik hasil pengujian Kuat lentur variasi 50% : 50%

Grafik hasil pengujian lentur dengan sampel perbandingan 50% : 50% yang mana dari grafik itu dapat kita lihat bahwa *maximum point load* yaitu 548,63 N, *maximum point Stress* yaitu 51,43 Mpa, *modulus elastisitas* 2,57 Mpa.

Tabel 4.9 hasil pengujian kuat lentur pada Sampel C dengan variasi  
 50% :50%

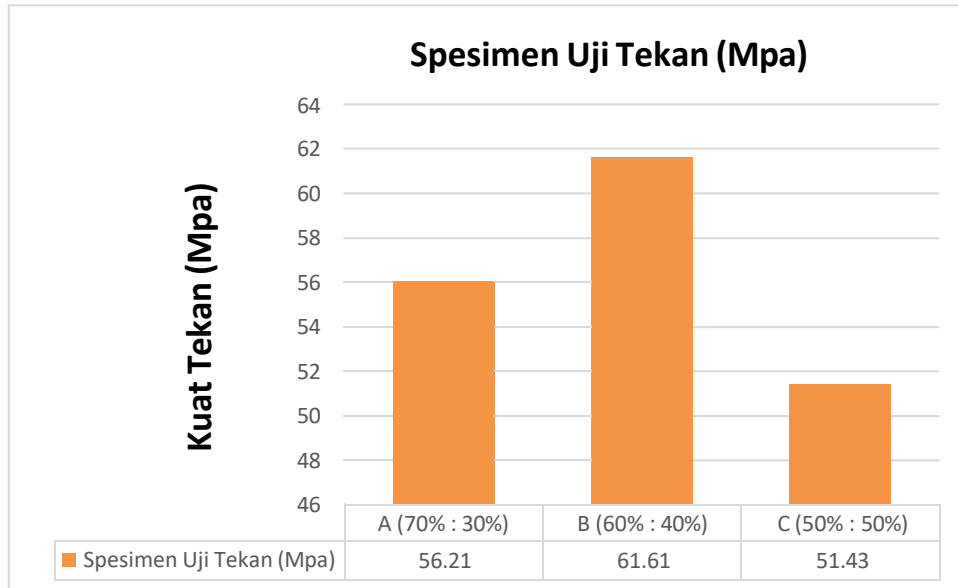
No	Uraian kegiatan	Hasil pengujian (Mpa)
1	Pengujian 1	51,43

Tabel 4.10 tabel hasil kuat lentur berdasarkan variasi sampel

Nama Sampel	Maximum Point Load (N)	Maximum Point Stress (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)
50 – 50	548,63	51,43	2,57
60 – 40	657,18	61,61	3,76
70 – 30	599,63	56,21	2,89

Pada tabel 4.10 dapat dilihat bahwa nilai kuat lentur maksimum point stres pada kuat lentur menghasilkan 56,21 Mpa, maksimum point load 599,63 N dan modulus elastisitas 2,89 Mpa pada sampel A, pada sampel B maximum point stres pada kuat lentur menghasilkan 61,61 Mpa, maksimum point load 657,63 N dan modulus elastisitas 3,76 Mpa, dan sampel C menghasilkan maximum point stres pada kuat lentur menghasilkan 51,43 Mpa, maksimum point load 548,63 N dan modulus elastisitas 2,7 Mpa. Nilai maksimum pada sifat mekanik cangkang kerang terdapat pada sampel B dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 60% : 40% yaitu sebesar 61,61 Mpa dan nilai kuat tarik minimum terdapat pada sampel C dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 50% : 50 % yaitu 51,63 Mpa.





Gambar 4.28 diagram hasil pengujian kuat lentur.

Pada gambar 4.28 diatas terlihat bahwa penambahan resin pada serbuk cangkang kerang mutiara dapat berpengaruh pada uji kuat lentur. Semakin banyak penambahan resin maka hasil kuat tekan semakin lentur. Begitu juga pada penambahan cangkang kerang semakin banyak cangkang kerang yang digunakan pada sampel maka hasil kuat tekan juga semakin besar. Nilai kuat tekan yang dihasilkan adalah 51,43 – 61,61 Mpa.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Berikut kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil penelitian tentang penyelidikan perilaku mekanik material komposit berbahan limbah laut kerang mutiara akibat beban statik. Pada penelitian ini dilakukan 3 pengujian dengan pengujian Spektrofotometer untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung pada cangkang kerang mutiara dan pengujian sifat mekanik dengan uji kuat tarik serta uji kuat lentur. Kesimpulan yang dapat ditarik sebagai berikut :

1. Analisis spektrofotometer serbuk cangkang kerang menunjukkan hasil pada bilangan gelombang 70,30 mg/L, dengan metode pengujian SNI 6989,84:2019.
2. Pada pengujian sifat mekanis uji tarik pada penelitian di dapatkan hasil sebagai berikut pada pengujian tarik tingkat maksimum kuat tarik sampel di dapatkan pada sampel C dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 50% : 50% dengan nilai 22,001 Mpa sedangkan tingkat minimum kuat tarik sampel di dapatkan pada sampel A dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 70% : 30% dengan nilai 10,678 Mpa. dimana semakin banyak penambahan resin yang pada sampel membuat nilai tarik sampel semakin rendah. Begitu juga sebaliknya semakin sedikit penambahan cangkang kerang menyebabkan nilai kuat tarik semakin rendah. Akan tetapi jika penambahan resin dengan serbuk cangkang kerang mutiara sebanding dapat menyebabkan kuat tarik yang tinggi.
3. Pada pengujian kuat lentur tingkat maksimum kuat tekan di dapatkan pada sampel B dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 60% : 40% dengan nilai 61,61 Mpa. Kuat tekan minimum di dapatkan pada sampel C dengan variasi serbuk cangkang kerang mutiara dan resin sebesar 50% : 50% dengan nilai 51,43 Mpa. Penambahan resin pada serbuk cangkang kerang mutiara dapat berpengaruh pada uji kuat tekan. Semakin banyak penambahan resin maka hasil kuat tekan semakin besar. Begitu juga pada penambahan cangkang kerang semakin banyak cangkang kerang yang di gunakan pada sampel maka hasil kuat tekan juga semakin besar.

## 5.2 Saran

Adapun saran yang dapat ditarik dalam penelitian ini yaitu :

1. Penelitian Ini Jauh Dari Kesempurnaan, maka dari itu untuk penelitian ini saya harapkan bisa di teruskan dan di kembangkan sehingga penelitian ini bisa bermanfaat dan berguna baik dari si penulis maupun dari kalangan industri.
1. Untuk mendapatkan hasil penelitian yang akurat dengan intelejensi yang tinggi dan ketelitian maka prosedur penelitian di lakukan dengan seksama dan seteliti mungkin
2. Sebaiknya penelitiannya ini harus di kembangkan baik dari variasi komposit dan matrik sehingga menghasilkan produk – produk yang lebih baik.
3. Sebaiknya campuran ini bisa lebih banyak bervariasi karena indonesia negara yang kaya akan bahan alam maka bisa melakukan dengan cangkang kerang jenis lainnya.

## DAFTAR PUSASKA

- Achmad Jusuf Zulfikar, Din Aswan A. Ritonga, Siswo Pranoto, Fadly A. Kurniawan Nasution, Zainal Arif, Junaidi (2023), Analisis Kekuatan Mekanik Komposit Polimer Diperkuat Serbuk Kulit Kerang, *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, Medan.
- Achmad Jusuf Zulfikar, M. Yusuf R. Siahaan, Ade Irwan, Fadly A. Kurniawan Nasution, Din Aswan A. Ritonga (2022), Analisis Kekuatan Mekanik Pipa Air dari Bahan Komposit Serbuk Kulit Kerang, *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, Medan.
- Analisis Modulus Elastisitas Dan Angka Poisson Bahan Dengan Uji Tarik (2011), *Jurnal Berekeng* Vol. 5 No. 2 Hal. 9 – 14 (2011).
- Ali Mustofa, Sarjito Jokosisworo, Ari Wibawa Budi S (2018), Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Lentur Putar dan Kekuatan Puntir Baja ST 41 sebagai Bahan Poros Baling-baling Kapal (Propeller Shaft) setelah Proses Quenching, *Jurnal Teknik Perkapalan - Vol. 6, No. 1 Januari 2018*.
- Christian Aidy Mosey, Rudy Poeng<sup>2</sup>, Johan C. Neyland, Perhitungan Waktu Dan Biaya Pada Proses Pemesinan Benda Uji Tarik, *Jurnal Online Poros Teknik Mesin* Volume 4 Nomor 1.
- Dewi Handayani, Siti Alaa , Dian W. Kurniawidi , Susi Rahayu (2022), Pengolahan Limbah Cangkang Kerang Mutiara (Pinctada Maxima) Sebagai Adsorben Logam Berat Fe, *Jurnal Pertambangan dan Lingkungan* Vol. 3, No. 2, Desember 2022, pp. 10-15.
- I Komang Astana Widi, Wayan Sujana, Gerald Pohan, Putu Suwendra Saskara (2020), Analisa Uji Tarik Dan Impak Komposit Epoxy Rami - Agave – Karbon dengan Campuran Epoxy-Karet Silikon (30%, 40%, 50%), *Jurnal Flywheel*, Volume 11, Nomor 1, Februari (2020).
- Joko Suryono, Rafian Tistro, Arif Wiranto, (2021), Analisa Material Lokal Terhadap Kekuatan Tekan Dan Kekuatan Lentur Beton, *Jurnal Ilmiah Teknik Sipil Politeknik Negeri Samarinda* Vol. 13 No.1 |Maret 2021.
- Muhammad Arsyad , Jeremiah Ritton , Abdul Rachman , Dewi Rachma Ayu

- Lestari , Edyson Palembang (2016), Rancang Bangun Alat Uji Tarik Serat Alam, SINERGI (2019), Volume 17 (1): 65-69.
- M. Zhou, P. Wei, and L. Deng, “Research on the factorial effect of science and technology innovation (STI) policy mix using multifactor analysis of variance (ANOVA),” *J. Innov. Knowl.*, vol. 7, no. 4, pp. 100–114, 2022.
- O. J. Kalesaran, C. Lumenta, R. Rompas, and G. Mamuaya, “Komposisi mineral cangkang kerang mutiara *Pinctada margaritifera* di Sulawesi Utara,” *J. Budid. Perair.*, vol. 6, no. 1, pp. 25–30, 2018, doi: 10.35800/bdp.6.1.2018.24126.
- Roshalya, Sheptia. sintesis dan karakterisasi membran komposit yang berbahan dasar kitosan, silika, dan  $\text{CaCO}_3$ , *jurnal kimia untad*.
- Susi Rahayu, Dian W. Kurniawidi, Abdul Gani (2018), Pemanfaatan Limbah Cangkang Kerang Mutiara (*Pinctada Maxima*) Sebagai Sumber Hidroksiapatit, *Jurnal Pendidikan Fisika dan Teknologi*, FMIPA, Mataram.

## LAMPIRAN 1 ALAT PENELITIAN

### 1. Timbangan Digital



### 2. Blender



### 3. Wadah



4. Alat Spektrofotometer



5. Cetakan Silikon Uji Kuat Tarik



6. Mesin Uji Tarik



7. Cetakan Uji Lentur



## 8. Mesin uji tekan





## LAMPIRAN 2 BAHAN PENELITIAN

1. Cangkang  
Kerang  
Mutihara



2. Aquadest



3. Resin



### LAMPIRAN 3 GAMBAR SAMPEL

#### 1. Sampel Spektrototometer



#### 2. Sampel Pengujian Kuat Tarik



#### 3. Sampel Pengujian Kuat Tekan



## LAMPIRAN 4 DATA HASIL PENGUJIAN

### 1. Pengujian Spektrofotometer

Data Hasil Uji Konsentrasi Logam				
No.	Nama Sampel	Parameter	Konsentrasi Logam (mg/L)	Metode Pengujian
1	Cangkang Kerang	Ca	70.30*	SNI 6989.84:2019

Keterangan  
\* = Hasil Pengenceran 25 x

Pada analisis spektrofotometer serbuk cangkang kerang menunjukkan hasil konsentrasi logam 70,30 mg/L, dengan menggunakan metode pengujian SNI 6989,84:2019 dimana gugus fungsi tersebut merupakan komponen yang terdapat pada cangkang kerang mutiara.

### 2. Hasil Data Uji Kuat Tarik A . Variasi A (70% : 30%)

Data No	Elongation Mm	Load N	Strain mm/mm	Stress MPa
1	0	-0,76891165	0	-0,00641
2	0,01996	61,33158212	0,000399	0,511097
3	0,03992	143,672781	0,000798	1,197273
4	0,05988	212,8253569	0,001198	1,773545
5	0,07982	273,6468645	0,001596	2,280391
6	0,09974	327,0689386	0,001995	2,725574
7	0,11974	373,2849992	0,002395	3,110708
8	0,13966	411,6761916	0,002793	3,430635
9	0,15962	443,9028286	0,003192	3,69919
10	0,17958	475,7456059	0,003592	3,964547
11	0,19956	511,7753753	0,003991	4,264795
12	0,21948	547,3929723	0,00439	4,561608
13	0,2394	581,3973449	0,004788	4,844978
14	0,25932	612,4113069	0,005186	5,103428
15	0,27926	644,6340696	0,005585	5,371951
16	0,29916	678,4584335	0,005983	5,65382
17	0,31908	711,441763	0,006382	5,928681
18	0,33904	744,1482247	0,006781	6,201235
19	0,359	776,2115425	0,00718	6,46843
20	0,3789	808,29304	0,007578	6,735775
21	0,39882	840,3983797	0,007976	7,00332
22	0,41876	872,4059663	0,008375	7,27005
23	0,43874	904,1727464	0,008775	7,534773
24	0,45866	935,6027552	0,009173	7,79669

25	0,47864	967,2342308	0,009573	8,060285
26	0,49858	997,9704309	0,009972	8,31642
27	0,51856	1028,605898	0,010371	8,571716
28	0,53848	1059,164473	0,01077	8,826371
29	0,5584	1090,426394	0,011168	9,086887
30	0,57832	1120,828207	0,011566	9,340235
31	0,59826	1150,126125	0,011965	9,584384
32	0,61816	1179,260724	0,012363	9,827173
33	0,63808	1207,299773	0,012762	10,06083
34	0,65804	1233,775964	0,013161	10,28147
35	0,678	1258,583796	0,01356	10,4882
36	0,6979	1282,45284	0,013958	10,68711

Luas Penampang	120	mm <sup>2</sup>	Max Load	1282,453	Newton
Panjang	50	mm	Max. Stress	10,68711	MPa
Tebal	8	mm	Elongation	0,6979	Mm
Lebar	15	mm			

#### B. Variasi B (60% : 40%)

Data No	Elongation Mm	Load N	Strain mm/mm	Stress MPa
1	0	0,408298047	0	0,003402
2	0,01994	56,47790184	0,000399	0,470649
3	0,03988	158,3406648	0,000798	1,319506
4	0,05984	243,9266411	0,001197	2,032722
5	0,07978	317,9355795	0,001596	2,649463
6	0,0997	380,7313721	0,001994	3,172761
7	0,11962	428,0915613	0,002392	3,56743
8	0,13956	464,0453336	0,002791	3,867044
9	0,15952	495,3838478	0,00319	4,128199
10	0,17946	519,8975261	0,003589	4,332479
11	0,19936	542,8647383	0,003987	4,523873
12	0,21928	567,2419199	0,004386	4,727016
13	0,2392	593,4099503	0,004784	4,945083
14	0,25912	617,4795672	0,005182	5,145663
15	0,27906	639,8361205	0,005581	5,331968
16	0,29902	663,8687819	0,00598	5,53224
17	0,31896	688,1681783	0,006379	5,734735
18	0,33894	711,8423123	0,006779	5,932019
19	0,35886	734,07429	0,007177	6,117286
20	0,37876	753,0869717	0,007575	6,275725
21	0,3987	771,2332866	0,007974	6,426944
22	0,41864	788,440218	0,008373	6,570335
23	0,43854	804,7351844	0,008771	6,706127
24	0,45846	824,3704461	0,009169	6,869754
25	0,47836	843,0359255	0,009567	7,025299
26	0,4983	862,5454194	0,009966	7,187878
27	0,51824	881,6484035	0,010365	7,34707
28	0,53814	900,5034285	0,010763	7,504195
29	0,55812	918,5651036	0,011162	7,654709

30	0,57804	937,8808795	0,011561	7,815674
31	0,59798	957,6580024	0,01196	7,980483
32	0,61796	977,4446622	0,012359	8,145372
33	0,63788	997,2861591	0,012758	8,310718
34	0,65784	1017,215276	0,013157	8,476794
35	0,67778	1037,088364	0,013556	8,642403
36	0,6977	1057,828713	0,013954	8,815239
37	0,71764	1079,115644	0,014353	8,99263
38	0,73756	1100,329857	0,014751	9,169415
39	0,75754	1121,974422	0,015151	9,349787
40	0,77746	1143,637465	0,015549	9,530312
41	0,79736	1164,815914	0,015947	9,706799
42	0,8173	1185,491889	0,016346	9,879099
43	0,83726	1206,9481	0,016745	10,0579
44	0,8572	1228,056811	0,017144	10,23381
45	0,87712	1248,988494	0,017542	10,40824
46	0,89704	1269,167358	0,017941	10,57639
47	0,91696	1289,066076	0,018339	10,74222
48	0,93694	1309,427334	0,018739	10,91189
49	0,9569	1266,849894	0,019138	10,55708

Luas Penampang	120	mm <sup>2</sup>	Max Load	1309,427	Newton
Panjang	50	mm	Max. Stress	10,91189	MPa
Tebal	8	mm	Elongation	0,9569	Mm
Lebar	15	mm			

### C. Variasi (50% : 50%)

Data No	Elongation Mm	Load N	Strain mm/mm	Stress MPa
1	0	0,140073053	0	0,001167
2	0,01994	44,96792029	0,000399	0,374733
3	0,03988	119,4444643	0,000798	0,995371
4	0,05984	172,679377	0,001197	1,438995
5	0,07978	233,0267224	0,001596	1,941889
6	0,0997	295,9757012	0,001994	2,466464
7	0,11962	359,6876311	0,002392	2,997397
8	0,13956	421,0339656	0,002791	3,508616
9	0,15952	479,5919523	0,00319	3,9966
10	0,17946	533,5406415	0,003589	4,446172
11	0,19936	582,685719	0,003987	4,855714
12	0,21928	629,6766518	0,004386	5,247305
13	0,23918	675,5610075	0,004784	5,629675
14	0,25912	720,0660906	0,005182	6,000551
15	0,27906	762,6858501	0,005581	6,355715
16	0,29896	803,4268425	0,005979	6,695224
17	0,31888	841,0665579	0,006378	7,008888
18	0,33884	876,0186589	0,006777	7,300155
19	0,35878	910,3192712	0,007176	7,585994
20	0,37876	944,3349689	0,007575	7,869458
21	0,3987	977,8702459	0,007974	8,148919

22	0,41864	1010,159767	0,008373	8,417998
23	0,43854	1042,28418	0,008771	8,685702
24	0,45846	1072,836795	0,009169	8,940307
25	0,47836	1102,883359	0,009567	9,190695
26	0,4983	1131,598335	0,009966	9,429986
27	0,51826	1160,03078	0,010365	9,666923
28	0,53822	1187,09051	0,010764	9,892421
29	0,5582	1214,194347	0,011164	10,11829
30	0,57812	1241,611114	0,011562	10,34676
31	0,59804	1268,954566	0,011961	10,57462
32	0,61794	1296,268215	0,012359	10,80224
33	0,63788	1323,977646	0,012758	11,03315
34	0,65784	1352,081068	0,013157	11,26734
35	0,67778	1380,331121	0,013556	11,50276
36	0,6977	1408,648528	0,013954	11,73874
37	0,71764	1437,322972	0,014353	11,97769
38	0,73756	1466,224513	0,014751	12,21854
39	0,75754	1495,675021	0,015151	12,46396
40	0,77746	1525,22209	0,015549	12,71018
41	0,79736	1555,637613	0,015947	12,96365
42	0,8173	1586,413748	0,016346	13,22011
43	0,83726	1616,984245	0,016745	13,47487
44	0,8572	1647,921912	0,017144	13,73268
45	0,87712	1678,420882	0,017542	13,98684
46	0,89704	1709,463455	0,017941	14,24553
47	0,91696	1740,377279	0,018339	14,50314
48	0,93686	1771,518797	0,018737	14,76266
49	0,9568	1802,231155	0,019136	15,01859
50	0,97676	1833,558642	0,019535	15,27966
51	0,99672	1865,050641	0,019934	15,54209
52	1,01662	1896,530718	0,020332	15,80442
53	1,03656	1928,228952	0,020731	16,06857
54	1,05656	1960,929751	0,021131	16,34108
55	1,07654	1993,519684	0,021531	16,61266
56	1,09646	2026,888066	0,021929	16,89073
57	1,11636	2060,748789	0,022327	17,17291
58	1,1363	2094,820516	0,022726	17,45684
59	1,1562	2128,836213	0,023124	17,7403
60	1,17612	2162,58011	0,023522	18,0215
61	1,19604	2196,363346	0,023921	18,30303
62	1,21596	2229,285878	0,024319	18,57738
63	1,23588	2262,769894	0,024718	18,85642
64	1,25584	2296,892882	0,025117	19,14077
65	1,2758	2330,641547	0,025516	19,42201
66	1,29576	2364,276961	0,025915	19,70231
67	1,31572	2398,286698	0,026314	19,98572
68	1,33564	2432,302396	0,026713	20,26919
69	1,35554	2466,185769	0,027111	20,55155
70	1,37546	2500,71169	0,027509	20,83926
71	1,39536	2535,600013	0,027907	21,13
72	1,41528	2570,106861	0,028306	21,41756
73	1,43518	2605,284867	0,028704	21,71071

74	1,45514	2640,157692	0,029103	22,00131
75	1,47512	592,5826252	0,029502	4,938189

Luas Penampang	120	mm <sup>2</sup>	Max Load	2640,158	Newton
Panjang	50	mm	Max. Stress	22,00131	MPa
Tebal	8	mm	Elongation	1,47512	Mm
Lebar	15	mm			

#### D. SS-CurveAve

Data No	Elongation Mm	Load N
1	0	181,2818
2	0,01996	250,239022
3	0,0399	313,733529
4	0,05986	371,348409
5	0,07978	420,349956
6	0,09974	462,598884
7	0,1197	501,647142
8	0,13968	538,283824
9	0,1596	573,483377
10	0,17952	608,253221
11	0,19944	642,124777
12	0,21938	675,094673
13	0,23928	707,381376
14	0,2592	738,910133
15	0,27916	769,568361
16	0,29912	799,582179
17	0,31902	828,969565
18	0,33894	857,179916
19	0,35888	884,65998
20	0,37886	911,741477
21	0,39878	937,844867
22	0,41876	965,000829
23	0,4387	991,053938
24	0,45868	1017,26122
25	0,4786	1042,80974
26	0,49852	1068,52647
27	0,51844	1093,80599
28	0,53838	1119,14228
29	0,55828	1144,53845
30	0,5782	1169,68896
31	0,59816	1194,50987
32	0,61812	1218,84851
33	0,63802	1242,84825
Average Max Break point average	0,976793333	1744,01262
	0,976793333	1744,01262

### 3. Hasil Data Uji Kuat Lentur

#### A. Variasi (70% : 30%)

Data No	Elongation Mm	Load N	Strain mm/mm	Stress MPa
1	0	0,199678607	0	0,01872
2	0,01996	2,554247015	0,001065	0,239461
3	0,03988	6,378688392	0,002127	0,598002
4	0,05982	10,14456731	0,00319	0,951053
5	0,07978	13,69929355	0,004255	1,284309
6	0,09974	17,04733754	0,005319	1,598188
7	0,1197	20,76076357	0,006384	1,946322
8	0,13964	24,36347229	0,007447	2,284076
9	0,15954	27,75756156	0,008509	2,602271
10	0,17948	31,26087801	0,009572	2,930707
11	0,19938	34,73513676	0,010634	3,256419
12	0,2193	38,13935898	0,011696	3,575565
13	0,23924	41,87811737	0,012759	3,926074
14	0,25918	45,34000796	0,013823	4,250626
15	0,27916	49,04553626	0,014889	4,598019
16	0,2991	52,20805796	0,015952	4,894505
17	0,31906	55,68783021	0,017017	5,220734
18	0,33896	59,08758202	0,018078	5,539461
19	0,35888	62,65706064	0,01914	5,874099
20	0,37882	66,0875093	0,020204	6,195704
21	0,39878	69,44449412	0,021268	6,510421
22	0,41874	72,92635257	0,022333	6,836846
23	0,4387	76,28974498	0,023397	7,152164
24	0,45864	79,69337115	0,024461	7,471254
25	0,47854	82,7277409	0,025522	7,755726
26	0,49846	86,12168116	0,026585	8,073908
27	0,5184	89,61128834	0,027648	8,401058
28	0,5383	92,84697585	0,028709	8,704404
29	0,55824	96,40080801	0,029773	9,037576
30	0,5782	99,89816391	0,030837	9,365453
31	0,59816	103,0526389	0,031902	9,661185
32	0,61812	106,348975	0,032966	9,970216
33	0,63804	109,7797217	0,034029	10,29185
34	0,65796	113,0051273	0,035091	10,59423
35	0,67786	116,2503517	0,036153	10,89847
36	0,69782	119,5329786	0,037217	11,20622
37	0,71778	122,8257384	0,038282	11,51491
38	0,73772	126,2715355	0,039345	11,83796
39	0,75768	129,4929177	0,04041	12,13996
40	0,77764	132,8548199	0,041474	12,45514
41	0,79762	136,1545834	0,04254	12,76449
42	0,81756	139,3220226	0,043603	13,06144
43	0,83748	142,5058533	0,044666	13,35992
44	0,85744	145,7510777	0,04573	13,66416
45	0,8774	149,1551509	0,046795	13,9833
46	0,89736	152,4762233	0,047859	14,29465
47	0,91732	155,7728575	0,048924	14,60371



48	0,93728	159,1119607	0,049988	14,91675
49	0,95722	162,4118732	0,051052	15,22611
50	0,97714	165,5736498	0,052114	15,52253
51	0,99704	169,0501438	0,053175	15,84845
52	1,01698	172,2436604	0,054239	16,14784
53	1,03694	175,4334516	0,055303	16,44689
54	1,0569	178,4989652	0,056368	16,73428
55	1,07686	181,6936739	0,057433	17,03378
56	1,09682	185,1579488	0,058497	17,35856
57	1,11672	188,251477	0,059558	17,64858
58	1,13664	191,7217124	0,060621	17,97391
59	1,15656	195,0612626	0,061683	18,28699
60	1,17654	198,1327368	0,062749	18,57494
61	1,19648	201,5315945	0,063812	18,89359
62	1,21644	204,7763719	0,064877	19,19778
63	1,2364	207,7864524	0,065941	19,47998
64	1,25636	211,0224379	0,067006	19,78335
65	1,2763	214,4817953	0,068069	20,10767
66	1,29624	217,7224002	0,069133	20,41148
67	1,31614	220,8130972	0,070194	20,70123
68	1,33606	224,0334363	0,071257	21,00313
69	1,35596	227,2585439	0,072318	21,30549
70	1,3759	230,5597975	0,073381	21,61498
71	1,39586	233,5204054	0,074446	21,89254
72	1,41582	236,7332938	0,07551	22,19375
73	1,43572	240,1585269	0,076572	22,51486
74	1,45564	243,2583138	0,077634	22,80547
75	1,47556	246,3916288	0,078697	23,09922
76	1,49554	249,5377589	0,079762	23,39416
77	1,51548	252,7302324	0,080826	23,69346
78	1,53544	255,8316584	0,08189	23,98422
79	1,5554	259,2659814	0,082955	24,30619
80	1,57536	262,320021	0,084019	24,5925
81	1,5953	265,5430424	0,085083	24,89466
82	1,61524	268,6933449	0,086146	25,19
83	1,63514	271,9585372	0,087207	25,49611
84	1,65506	275,1992912	0,08827	25,79993
85	1,67504	278,2411116	0,089335	26,0851
86	1,69498	281,2961943	0,090399	26,37152
87	1,71496	284,4976086	0,091465	26,67165
88	1,7349	287,7090069	0,092528	26,97272
89	1,75482	290,747102	0,09359	27,25754
90	1,77472	293,9061964	0,094652	27,55371
91	1,79464	296,8827487	0,095714	27,83276
92	1,81462	300,0095071	0,09678	28,12589
93	1,83456	303,2153918	0,097843	28,42644
94	1,85454	306,2616827	0,098909	28,71203
95	1,87448	309,5192752	0,099972	29,01743
96	1,8944	312,7168152	0,101035	29,3172
97	1,9143	315,827182	0,102096	29,6088
98	1,93424	318,8979112	0,103159	29,89668
99	1,95422	322,0027645	0,104225	30,18776

100	1,97416	325,0223819	0,105289	30,47085
101	1,99412	327,9478225	0,106353	30,74511
102	2,01406	331,2165911	0,107417	31,05156
103	2,03396	334,1873319	0,108478	31,33006
104	2,0539	337,2047141	0,109541	31,61294
105	2,07382	340,1323899	0,110604	31,88741
106	2,09378	343,277477	0,111668	32,18226
107	2,11374	346,4082587	0,112733	32,47577
108	2,1337	349,4934422	0,113797	32,76501
109	2,15364	352,4655241	0,114861	33,04364
110	2,17354	355,3905177	0,115922	33,31786
111	2,19346	358,591783	0,116985	33,61798
112	2,2134	361,5236312	0,118048	33,89284
113	2,23338	364,8226496	0,119114	34,20212
114	2,25332	367,8149975	0,120177	34,48266
115	2,27328	370,8243329	0,121242	34,76478
116	2,29324	373,9299313	0,122306	35,05593
117	2,3132	376,8985859	0,123371	35,33424
118	2,33316	379,78573	0,124435	35,60491
119	2,35312	382,8837286	0,1255	35,89535
120	2,37306	386,1358077	0,126563	36,20023
121	2,39298	388,8343001	0,127626	36,45322
122	2,41296	391,741114	0,128691	36,72573
123	2,4329	394,4126349	0,129755	36,97618
124	2,45286	397,5407344	0,130819	37,26944
125	2,47282	400,5689946	0,131884	37,55334
126	2,4928	403,4512212	0,132949	37,82355
127	2,51274	406,4881242	0,134013	38,10826
128	2,53264	409,4204194	0,135074	38,38316
129	2,55256	412,4015912	0,136137	38,66265
130	2,57248	415,5189617	0,137199	38,9549
131	2,59244	418,3356222	0,138263	39,21896
132	2,6124	421,1981789	0,139328	39,48733
133	2,63236	424,0681864	0,140393	39,75639
134	2,65232	427,0016737	0,141457	40,03141
135	2,6723	430,0037075	0,142523	40,31285
136	2,69222	432,9485199	0,143585	40,58892
137	2,71216	435,8712782	0,144649	40,86293
138	2,73214	438,6840643	0,145714	41,12663
139	2,75206	441,5507935	0,146777	41,39539
140	2,77204	444,4839828	0,147842	41,67037
141	2,79198	447,458598	0,148906	41,94924
142	2,81188	450,270788	0,149967	42,21289
143	2,83182	453,136027	0,15103	42,4815
144	2,85174	456,0045443	0,152093	42,75043
145	2,87164	458,9299849	0,153154	43,02469
146	2,89156	461,6983649	0,154217	43,28422
147	2,91154	464,5397617	0,155282	43,5506
148	2,93148	467,4747392	0,156346	43,82576
149	2,95144	470,2267276	0,15741	44,08376
150	2,9714	473,0508388	0,158475	44,34852
151	2,99132	475,8174306	0,159537	44,60788

152	3,0113	478,6942926	0,160603	44,87759
153	3,03124	481,3264739	0,161666	45,12436
154	3,05122	484,0710117	0,162732	45,38166
155	3,07116	486,8301528	0,163795	45,64033
156	3,09112	489,4235904	0,16486	45,88346
157	3,11106	492,251874	0,165923	46,14861
158	3,13096	495,0604877	0,166985	46,41192
159	3,1509	497,8693995	0,168048	46,67526
160	3,17082	500,4851892	0,16911	46,92049
161	3,1908	503,3319505	0,170176	47,18737
162	3,21074	505,8076672	0,171239	47,41947
163	3,2307	508,6577068	0,172304	47,68666
164	3,25064	511,2958486	0,173367	47,93399
165	3,27062	514,1744988	0,174433	48,20386
166	3,29056	516,7208481	0,175497	48,44258
167	3,31048	519,4174034	0,176559	48,69538
168	3,33046	522,3160215	0,177625	48,96713
169	3,35042	524,9669785	0,178689	49,21565
170	3,37036	527,5931992	0,179753	49,46186
171	3,39034	530,2006442	0,180818	49,70631
172	3,41028	532,9931644	0,181882	49,96811
173	3,43024	535,5329571	0,182946	50,20621
174	3,45022	538,290012	0,184012	50,46469
175	3,47016	540,7424825	0,185075	50,69461
176	3,49016	543,4151956	0,186142	50,94517
177	3,51014	546,006249	0,187207	51,18809
178	3,53006	548,5698839	0,18827	51,42843
179	3,55004	551,2387226	0,189335	51,67863
180	3,56998	554,0163415	0,190399	51,93903
181	3,58996	556,5984541	0,191465	52,18111
182	3,6099	559,3784571	0,192528	52,44173
183	3,62982	561,7427114	0,19359	52,66338
184	3,64972	564,3316787	0,194652	52,90609
185	3,66964	566,8264692	0,195714	53,13998
186	3,68962	569,2887746	0,19678	53,37082
187	3,70958	571,92185	0,197844	53,61767
188	3,72954	574,4431649	0,198909	53,85405
189	3,74948	576,805333	0,199972	54,0755
190	3,7694	579,6020256	0,201035	54,33769
191	3,78932	581,9627036	0,202097	54,559
192	3,80924	584,682207	0,203159	54,81396
193	3,8292	587,2097806	0,204224	55,05092
194	3,84916	589,6869874	0,205289	55,28316
195	3,86912	592,3144002	0,206353	55,52948
196	3,88906	594,5695764	0,207417	55,7409
197	3,90896	597,2095064	0,208478	55,98839
198	3,9289	599,6256175	0,209541	56,2149

Panjang	120	mm	Stress Maks	56,2149	MPa
Lebar	30	mm	Modulus Elastisitas	2,8919	MPa
Tebal	8	mm			

B. Variasi (60% : 40%)

Data No	Elongation mm	Load N	Strain mm/mm	Stress MPa
1	0	-4,32E-02	0	-0,00405
2	0,01996	3,10232009	0,001065	0,290843
3	0,0399	7,94929475	0,002128	0,745246
4	0,05986	12,7086492	0,003193	1,191436
5	0,07982	17,2297305	0,004257	1,615287
6	0,09978	21,8138447	0,005322	2,045048
7	0,11974	26,1795045	0,006386	2,454329
8	0,1397	30,7725595	0,007451	2,884927
9	0,15964	35,1330038	0,008514	3,293719
10	0,17956	39,5624416	0,009577	3,708979
11	0,19954	43,6503395	0,010642	4,092219
12	0,21948	48,1016823	0,011706	4,509533
13	0,23944	52,627234	0,01277	4,933803
14	0,2594	56,9964702	0,013835	5,343419
15	0,27936	61,243962	0,014899	5,741621
16	0,29932	65,5164881	0,015964	6,142171
17	0,31924	69,9723013	0,017026	6,559903
18	0,33914	74,0874688	0,018087	6,9457
19	0,35906	78,586049	0,01915	7,367442
20	0,37896	82,6077847	0,020211	7,74448
21	0,3989	87,1135176	0,021275	8,166892
22	0,41886	91,2137837	0,022339	8,551292
23	0,43882	95,4280454	0,023404	8,946379
24	0,45872	99,8787921	0,024465	9,363637
25	0,47864	103,957004	0,025527	9,745969
26	0,49858	108,330413	0,026591	10,15598
27	0,51856	112,377332	0,027657	10,53537
28	0,53848	116,536309	0,028719	10,92528
29	0,55844	120,760406	0,029783	11,32129
30	0,5784	124,999404	0,030848	11,71869
31	0,59836	129,252409	0,031913	12,11741
32	0,61832	133,49558	0,032977	12,51521
33	0,63824	137,825625	0,034039	12,92115
34	0,65814	142,066858	0,035101	13,31877
35	0,67806	146,227624	0,036163	13,70884
36	0,69796	150,514008	0,037225	14,11069
37	0,7179	154,553775	0,038288	14,48942
38	0,73786	158,791134	0,039353	14,88667
39	0,75782	163,080648	0,040417	15,28881
40	0,7778	167,100297	0,041483	15,66565
41	0,79774	171,365074	0,042546	16,06548
42	0,81766	175,649522	0,043609	16,46714
43	0,83764	180,002068	0,044674	16,87519
44	0,85756	183,939164	0,045737	17,2443
45	0,87754	188,232999	0,046802	17,64684
46	0,89748	192,389295	0,047866	18,0365
47	0,91746	196,579863	0,048931	18,42936
48	0,93738	200,642876	0,049994	18,81027
49	0,95732	204,798575	0,051057	19,19987

50	0,97722	209,120872	0,052118	19,60508
51	0,99716	213,282681	0,053182	19,99525
52	1,01712	217,465351	0,054246	20,38738
53	1,03708	221,680507	0,055311	20,78255
54	1,05704	225,748884	0,056375	21,16396
55	1,07698	230,083102	0,057439	21,57029
56	1,0969	234,24208	0,058501	21,96019
57	1,1168	238,400759	0,059563	22,35007
58	1,13676	242,434267	0,060627	22,72821
59	1,1567	246,598013	0,061691	23,11856
60	1,17664	250,746113	0,062754	23,50745
61	1,19662	254,860237	0,06382	23,89315
62	1,21656	258,824155	0,064883	24,26476
63	1,23656	262,883294	0,06595	24,64531
64	1,25648	267,285015	0,067012	25,05797
65	1,2764	271,51984	0,068075	25,45499
66	1,2963	275,460363	0,069136	25,82441
67	1,31624	279,58328	0,070199	26,21093
68	1,3362	283,689953	0,071264	26,59593
69	1,35616	287,813317	0,072329	26,9825
70	1,37612	291,941448	0,073393	27,36951
71	1,39606	296,176274	0,074457	27,76653
72	1,41598	300,367438	0,075519	28,15945
73	1,4359	304,325992	0,076581	28,53056
74	1,45582	308,308984	0,077644	28,90397
75	1,47578	312,213893	0,078708	29,27005
76	1,49576	316,209552	0,079774	29,64465
77	1,51572	320,213704	0,080838	30,02003
78	1,53564	324,240804	0,081901	30,39758
79	1,55556	328,186394	0,082963	30,76747
80	1,57546	332,21111	0,084025	31,14479
81	1,5954	336,175028	0,085088	31,51641
82	1,61536	339,945825	0,086153	31,86992
83	1,63532	344,11866	0,087217	32,26112
84	1,65528	347,927753	0,088282	32,61823
85	1,67524	351,836388	0,089346	32,98466
86	1,6952	356,276256	0,090411	33,4009
87	1,71516	360,004137	0,091475	33,75039
88	1,73516	363,872537	0,092542	34,11305
89	1,75514	367,933613	0,093607	34,49378
90	1,77508	371,830475	0,094671	34,85911
91	1,79504	375,640313	0,095735	35,21628
92	1,81498	379,65117	0,096799	35,5923
93	1,83496	383,145397	0,097865	35,91988
94	1,8549	387,272039	0,098928	36,30675
95	1,87482	391,139694	0,09999	36,66935
96	1,89474	394,917494	0,101053	37,02352
97	1,91464	398,748939	0,102114	37,38271
98	1,93456	402,396203	0,103177	37,72464
99	1,9545	406,435373	0,10424	38,10332
100	1,97444	410,322251	0,105303	38,46771
101	1,9944	413,807388	0,106368	38,79444

102	2,01432	417,800364	0,10743	39,16878
103	2,03424	421,634194	0,108493	39,52821
104	2,05416	425,35209	0,109555	39,87676
105	2,07414	429,232412	0,110621	40,24054
106	2,09406	433,035544	0,111683	40,59708
107	2,11404	436,672079	0,112749	40,93801
108	2,13398	440,52528	0,113812	41,29924
109	2,15388	444,141847	0,114874	41,6383
110	2,17382	447,839179	0,115937	41,98492
111	2,19374	451,41283	0,116999	42,31995
112	2,21372	455,108077	0,118065	42,66638
113	2,23366	458,89452	0,119129	43,02136
114	2,25364	462,692884	0,120194	43,37746
115	2,27358	466,490353	0,121258	43,73347
116	2,29354	470,038672	0,122322	44,06613
117	2,31348	473,685638	0,123386	44,40803
118	2,3334	477,750141	0,124448	44,78908
119	2,35332	481,341375	0,12551	45,12575
120	2,37324	485,046159	0,126573	45,47308
121	2,39322	488,826045	0,127638	45,82744
122	2,41316	492,54871	0,128702	46,17644
123	2,43314	496,216239	0,129767	46,52027
124	2,45306	499,559217	0,13083	46,83368
125	2,47296	503,151644	0,131891	47,17047
126	2,4929	506,969677	0,132955	47,52841
127	2,51284	510,332623	0,134018	47,84368
128	2,5328	514,002239	0,135083	48,18771
129	2,55276	517,507939	0,136147	48,51637
130	2,5727	521,383195	0,137211	48,87967
131	2,59264	524,98486	0,138274	49,21733
132	2,61262	528,594871	0,13934	49,55577
133	2,63256	532,361048	0,140403	49,90885
134	2,65248	535,906088	0,141466	50,2412
135	2,67246	539,456493	0,142531	50,57405
136	2,69242	542,989314	0,143596	50,90525
137	2,71238	546,465212	0,14466	51,23111
138	2,73232	550,185194	0,145724	51,57986
139	2,7523	553,749905	0,146789	51,91405
140	2,77224	557,232359	0,147853	52,24053
141	2,79222	560,667129	0,148918	52,56254
142	2,81216	564,285186	0,149982	52,90174
143	2,83208	567,736646	0,151044	53,22531
144	2,85204	571,089756	0,152109	53,53966
145	2,872	574,712284	0,153173	53,87928
146	2,89196	577,981053	0,154238	54,18572
147	2,91192	581,435194	0,155302	54,50955
148	2,93188	584,84493	0,156367	54,82921
149	2,95182	588,17241	0,15743	55,14116
150	2,97174	591,591087	0,158493	55,46166
151	2,99164	594,793991	0,159554	55,76194
152	3,01156	598,460627	0,160617	56,10568
153	3,03154	601,932054	0,161682	56,43113

154	3,0515	604,832163	0,162747	56,70302
155	3,07144	608,540224	0,16381	57,05065
156	3,0914	611,455532	0,164875	57,32396
157	3,11132	614,853048	0,165937	57,64247
158	3,13124	618,061019	0,166999	57,94322
159	3,15116	621,333066	0,168062	58,24997
160	3,17114	624,862907	0,169127	58,5809
161	3,19108	628,068494	0,170191	58,88142
162	3,21104	631,103609	0,171255	59,16596
163	3,231	634,389365	0,17232	59,474
164	3,25096	637,967188	0,173385	59,80942
165	3,2709	641,11764	0,174448	60,10478
166	3,29082	644,412635	0,17551	60,41368
167	3,31074	647,565471	0,176573	60,70926
168	3,33066	650,696252	0,177635	61,00277
169	3,35062	653,995718	0,1787	61,3121
170	3,37058	657,17627	0,179764	61,61028
171	3,39054	244,331661	0,180829	22,90609

Panjang	120	mm	Stress Maks	61,61028	MPa
Lebar	30	mm	Modulus Elastisitas	3,7605	MPa
Tebal	8	mm			

### C. Variasi (50% : 50%)

Data No	Elongation Mm	Load N	Strain mm/mm	Stress MPa
1	0	0,318889715	0	0,029896
2	0,01994	3,405265316	0,001063	0,319244
3	0,03986	7,715789988	0,002126	0,723355
4	0,05976	11,69505679	0,003187	1,096412
5	0,0797	15,3223528	0,004251	1,436471
6	0,09964	19,08733763	0,005314	1,789438
7	0,11962	22,80270085	0,00638	2,137753
8	0,13956	26,24447457	0,007443	2,460419
9	0,15952	29,57627604	0,008508	2,772776
10	0,17946	32,37237259	0,009571	3,03491
11	0,19936	35,02601186	0,010633	3,283689
12	0,21928	37,57638452	0,011695	3,522786
13	0,2392	38,55451166	0,012757	3,614485
14	0,25912	41,12872654	0,01382	3,855818
15	0,27904	43,95790417	0,014882	4,121054
16	0,29894	46,91568079	0,015943	4,398345
17	0,31888	49,47767653	0,017007	4,638532
18	0,33884	52,44871538	0,018071	4,917067
19	0,3588	55,4215424	0,019136	5,19577
20	0,3787	58,31345488	0,020197	5,466886
21	0,39862	61,71544189	0,02126	5,785823
22	0,41854	64,99195921	0,022322	6,092996
23	0,43844	68,26579428	0,023383	6,399918
24	0,45838	71,60057603	0,024447	6,712554
25	0,47834	75,30744545	0,025511	7,060073

26	0,4983	78,94979186	0,026576	7,401543
27	0,51826	82,82266275	0,027641	7,764625
28	0,53822	86,84082218	0,028705	8,141327
29	0,5582	90,51610065	0,029771	8,485884
30	0,5781	94,38614028	0,030832	8,848701
31	0,59804	98,14650568	0,031895	9,201235
32	0,61794	102,3120398	0,032957	9,591754
33	0,63788	106,3246858	0,03402	9,967939
34	0,65784	110,1114266	0,035085	10,32295
35	0,6778	114,2099045	0,036149	10,70718
36	0,6977	117,9364438	0,037211	11,05654
37	0,71762	121,9774023	0,038273	11,43538
38	0,73756	125,9457911	0,039337	11,80742
39	0,75752	129,8112113	0,040401	12,1698
40	0,77746	133,6298412	0,041465	12,5278
41	0,79736	137,7791328	0,042526	12,91679
42	0,81728	141,5777948	0,043588	13,27292
43	0,8372	145,4551361	0,044651	13,63642
44	0,85714	149,3865694	0,045714	14,00499
45	0,87704	153,5531467	0,046775	14,39561
46	0,89702	157,2534595	0,047841	14,74251
47	0,91696	161,2991865	0,048905	15,1218
48	0,93694	165,2081188	0,04997	15,48826
49	0,95688	168,9748918	0,051034	15,8414
50	0,97684	172,9192893	0,052098	16,21118
51	0,9968	177,111646	0,053163	16,60422
52	1,0167	180,9040494	0,054224	16,95975
53	1,03662	184,8651365	0,055286	17,33111
54	1,05656	188,7646808	0,05635	17,69669
55	1,0765	192,8463202	0,057413	18,07934
56	1,09646	196,8002546	0,058478	18,45002
57	1,11636	200,6065163	0,059539	18,80686
58	1,13628	204,6073901	0,060602	19,18194
59	1,1562	208,5914254	0,061664	19,55545
60	1,17612	212,5326936	0,062726	19,92494
61	1,19604	216,4717267	0,063789	20,29422
62	1,21596	220,0657926	0,064851	20,63117
63	1,23588	223,8821872	0,065914	20,98896
64	1,25584	227,8639873	0,066978	21,36225
65	1,2758	231,6514732	0,068043	21,71733
66	1,29576	235,4237597	0,069107	22,07098
67	1,31572	239,2553538	0,070172	22,43019
68	1,33564	243,1329931	0,071234	22,79372
69	1,35554	247,0931861	0,072295	23,16499
70	1,37546	251,1246078	0,073358	23,54293
71	1,39542	254,7532449	0,074422	23,88312
72	1,41538	258,6887016	0,075487	24,25207
73	1,43536	262,6670744	0,076553	24,62504
74	1,45528	266,3639599	0,077615	24,97162
75	1,4752	270,2311682	0,078677	25,33417
76	1,4951	274,1085095	0,079739	25,69767
77	1,51504	278,0619969	0,080802	26,06831



78	1,53494	281,7681213	0,081863	26,41576
79	1,55488	285,0331645	0,082927	26,72186
80	1,57484	288,8529865	0,083991	27,07997
81	1,5948	292,4609107	0,085056	27,41821
82	1,6147	296,381466	0,086117	27,78576
83	1,63464	300,1336357	0,087181	28,13753
84	1,65456	304,0510617	0,088243	28,50479
85	1,67454	307,8805695	0,089309	28,8638
86	1,69446	311,5261943	0,090371	29,20558
87	1,71444	315,5625334	0,091437	29,58399
88	1,73438	319,1999623	0,0925	29,925
89	1,75436	323,1588142	0,093566	30,29614
90	1,77428	326,5715302	0,094628	30,61608
91	1,7942	330,8035246	0,095691	31,01283
92	1,81412	334,4792501	0,096753	31,35743
93	1,83404	338,3905666	0,097815	31,72412
94	1,85402	342,0616727	0,098881	32,06828
95	1,87396	345,7746517	0,099945	32,41637
96	1,89394	349,3447263	0,10101	32,75107
97	1,91386	353,2088054	0,102073	33,11333
98	1,93384	356,9439875	0,103138	33,4635
99	1,95378	360,6124113	0,104202	33,80741
100	1,97372	364,386486	0,105265	34,16123
101	1,99368	368,067129	0,10633	34,50629
102	2,01364	371,8628107	0,107394	34,86214
103	2,0336	375,6942557	0,108459	35,22134
104	2,05356	379,2790827	0,109523	35,55741
105	2,07352	382,93037	0,110588	35,89972
106	2,09346	386,7771634	0,111651	36,26036
107	2,11344	390,2873345	0,112717	36,58944
108	2,13336	393,9781105	0,113779	36,93545
109	2,1533	397,5973597	0,114843	37,27475
110	2,17326	401,4139034	0,115907	37,63255
111	2,19324	404,8144002	0,116973	37,95135
112	2,2132	408,6133602	0,118037	38,3075
113	2,23314	412,0728666	0,119101	38,63183
114	2,25312	415,7356279	0,120166	38,97522
115	2,27304	419,2705353	0,121229	39,30661
116	2,29296	422,8671345	0,122291	39,64379
117	2,31294	426,5769841	0,123357	39,99159
118	2,33288	430,2427257	0,12442	40,33526
119	2,35284	433,7281605	0,125485	40,66202
120	2,3728	437,3474098	0,126549	41,00132
121	2,3927	440,8414874	0,127611	41,32889
122	2,41262	444,2211223	0,128673	41,64573
123	2,43256	447,8207017	0,129737	41,98319
124	2,45254	451,3207399	0,130802	42,31132
125	2,47246	454,8321031	0,131865	42,64051
126	2,49236	458,5485094	0,132926	42,98892
127	2,5123	461,8268149	0,133989	43,29626
128	2,5322	465,0994578	0,135051	43,60307
129	2,55214	468,8721914	0,136114	43,95677

130	2,57204	472,1481126	0,137175	44,26389
131	2,59196	475,4392333	0,138238	44,57243
132	2,6119	478,9577492	0,139301	44,90229
133	2,63184	482,3245689	0,140365	45,21793
134	2,6518	485,7170191	0,141429	45,53597
135	2,67176	489,3121281	0,142494	45,87301
136	2,69172	492,8082918	0,143558	46,20078
137	2,71164	496,136368	0,144621	46,51278
138	2,73156	499,4593776	0,145683	46,82432
139	2,75156	502,983556	0,14675	47,15471
140	2,77154	506,1879506	0,147815	47,45512
141	2,79146	509,5869574	0,148878	47,77378
142	2,81144	513,1120298	0,149943	48,10425
143	2,83138	516,4168598	0,151007	48,41408
144	2,85136	519,7804012	0,152073	48,72941
145	2,8713	522,965424	0,153136	49,02801
146	2,89124	526,2431334	0,154199	49,33529
147	2,91118	529,3307012	0,155263	49,62475
148	2,93114	532,5961914	0,156327	49,93089
149	2,9511	535,842608	0,157392	50,23524
150	2,97104	539,1775387	0,158455	50,54789
151	2,99102	542,2785177	0,159521	50,83861
152	3,01096	545,5237421	0,160585	51,14285
153	3,03088	548,6279994	0,161647	51,43387
154	3,05078	352,8149617	0,162708	33,0764

Panjang	120	mm	Stress Maks	51,43387	MPa
Lebar	30	mm	Modulus Elastisitas	2,5714	Mpa
Tebal	8	mm			



#### D. SS-CurveAve

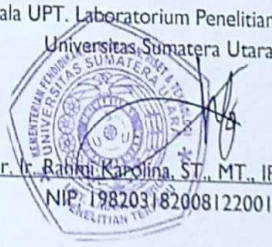
Data No	Elongation Mm	Load N
1	0	152,181126
2	2,00E-02	155,863976
3	0,03992	159,735526
4	0,0599	163,571679
5	7,98E-02	167,219774
6	9,98E-02	171,119343
7	0,11976	175,013424
8	0,13968	178,786302
9	0,1596	182,438927
10	0,17958	186,239174
11	0,19952	190,138259
12	0,2195	193,890429
13	0,23942	197,671553
14	0,25936	201,505275
15	0,27926	205,292819
16	0,2992	209,127901
17	0,31916	212,918127

18	0,33912	216,528013
19	0,35908	220,238422
20	0,37902	224,161211
21	0,39894	227,88643
22	0,41884	231,556784
23	0,4388	235,254208
24	0,45874	239,01353
25	0,47868	242,818763
26	0,49866	246,524879
27	0,5186	250,126056
28	0,5386	253,93988
29	0,55852	257,761757
30	0,57844	261,450683
31	0,59834	265,09666
32	0,61828	268,830167
33	0,63824	272,551945
34	0,6582	276,307008
35	0,67816	279,793912
36	0,6981	283,550603
37	0,71802	287,19863
38	0,73794	290,914905
39	0,75786	294,572467
40	0,77782	298,195006
41	0,7978	301,823354
42	0,81776	305,443987
43	0,83768	309,194925
44	0,8576	312,735733
45	0,8775	316,442626
46	0,89744	319,898945
47	0,9174	323,60855
48	0,93736	327,297558
49	0,95732	330,887224
50	0,97728	334,499627
51	0,99724	338,285387
52	1,0172	341,758093
53	1,0372	345,366674
54	1,05718	348,999578
55	1,07712	352,528031
56	1,09708	356,033613
57	1,11702	359,684975
58	1,137	363,11095
59	1,15694	366,766015
60	1,17686	370,225464
61	1,19678	373,746561
62	1,21668	377,342137
63	1,2366	380,75093
64	1,25654	384,319052
65	1,27648	387,800136
66	1,29644	391,30017
67	1,31636	394,740562
68	1,33628	398,37668
69	1,3562	401,764824

70	1,37618	405,283524
71	1,3961	408,762262
72	1,41608	412,167408
73	1,43602	415,648067
74	1,45592	419,102789
75	1,47586	422,578567
76	1,49578	425,873777
77	1,51576	429,243027
78	1,5357	432,525005
79	1,55568	436,036552
80	1,57562	439,474774
81	1,59558	442,791066
82	1,61552	446,258594
83	1,63544	449,683641
84	1,65536	452,968435
85	1,67528	456,496507
86	1,69526	459,79285
87	1,7152	463,086178
88	1,73518	466,440887
89	1,7551	469,652495
90	1,775	472,974823
91	1,79494	476,426862
92	1,81488	479,685623
93	1,83484	482,957114
94	1,8548	486,194043
95	1,87474	489,631656
96	1,89468	492,890201
97	1,91466	496,171692
98	1,9346	499,554137
99	1,95452	502,792792
100	1,9745	506,075402
101	1,99446	509,240985
102	2,01442	512,439166
103	2,03436	515,686572
104	2,05434	518,882882
105	2,07428	522,065311
106	2,09426	525,248549
107	2,1142	528,442708
108	2,13412	531,550332
109	2,15408	533,819215
Average Max	2,61933333	601,809962
Break point average	2,61933333	601,809962

## LAMPIRAN 5 SURAT HASIL PENGUJIAN

 LP-1778-02N	<b>UNIT PELAKSANA TEKNIS LABORATORIUM PENELITIAN TERPADU UNIVERSITAS SUMATERA UTARA</b> Jalan Tridharma, Kampus USU Medan 20155 Laman: lpterpadu.usu.ac.id Email: lpterpadu@usu.ac.id	 <b>Laboratorium Penelitian Terpadu</b> No. Dokumen : FM-PP-03-06 Revisi : 01 Tanggal Efektif : 30 Mei 2022
<b>LAPORAN HASIL UJI</b> <i>Report of Analysis</i>		
Halaman: 1 dari 2 Page		
<b>Tanggal Penerbitan:</b> 14 September 2023 <i>Date of time</i>	<b>Nomor Laporan:</b> <i>Ag6/UNS.4.4.1/KPM/2023</i> <i>Report Number</i>	
<b>Kepada:</b> Ahmad Khairul Badri <i>To</i>	<b>Nomor Order:</b> USK.AAS.23.09.25	
<b>Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan bahwa:</b> <i>The undersigned certifies that examination</i>		
<b>Nama Sampel:</b> <i>Name of the Sample(s)</i>  I. Cangking Kerang	<b>Untuk Parameter Uji:</b> <i>For Analysis</i>  I. AAS – Logam Ca	
<b>Tanggal Analisis:</b> 11 September 2023 <i>Date of Analysis</i>	<b>Tanggal Penerimaan:</b> 11 September 2023 <i>Received on</i>	
<b>Hasil:</b> Terlampir <i>Results</i>		

f Kepala UPT. Laboratorium Penelitian Terpadu  
 Universitas Sumatera Utara  
  
 Dr. Ir. Rahmi Karolina, ST., MT., IPM., GP  
 NIP. 198203182008122001

Certified  
 ISO 9001:2015  
 by GCI

Laporan Hasil Uji ini bertaku sejak tanggal dikeluarkan hanya untuk nama/jenis contoh di atas.  
*Report of Analysis valid since the date issued, to the name/kind of sample (s) above only.*  
 Dilarang memperbanyak atau mempublikasikan sertifikat ini tanpa persetujuan tertulis dari UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu USU.  
*Do not reproduce this certificate without a valid written approval from UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu USU.*



Lampiran Hasil Uji No. Laporan: /UN5.4.4.1/KPM/2023

Data Hasil Uji Konsentrasi Logam

No.	Nama Sampel	Parameter	Konsentrasi Logam (mg/L)	Metode Pengujian
1	Cangkang Kerang	Ca	70.30*	SNI 6989.84:2019

Keterangan

\* = Hasil Pengenceran 25 x

f. Kepala UPT, Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara



Dr. Ir. Rahmi Karolina, ST., MT., IPM., GP  
NIP. 198203182008122001



UPT Laboratorium Penelitian Terpadu  
Universitas Sumatera Utara  
Jalan Triharjana No. 8  
Kampus USU, Medan 20155 Universitas  
Sumatera Utara  
Email : [ipterpadu@usu.ac.id](mailto:ipterpadu@usu.ac.id)  
Website : <https://ipterpadu.usu.ac.id/>

Nama Konsumen : Ahmad Khairul Bahri  
NIM/NIP/NIK : 1907230176

Nomor Invoice : 416  
Tanggal Invoice : 08/09/2023

Tanggal	Order #	Deskripsi	Jumlah	Harga Satuan	Total
08/09/2023	USK_AAS_23.09.23	Campokas Kemura (Parameter: Cu)	1	Rp. 90.000,00	Rp90.000,00
				Invoice Total	Rp90.000,00

Bank Pembayaran  
BANK SUMUT  
NO. 1190103 0000 101  
a.n Usaha dan Sewa Aset USU



## RIWAYAT HIDUP



### DATA PRIBADI

Nama : Ahmad Khairul Badri  
Npm : 1907230176  
Tempat/Tanggal Lahir : Binjai, 17 Oktober 2000  
Jenis Kelamin : Laki-Laki  
Alamat : Kepala Sungai II  
Kecamatan : Secanggang  
Kabupaten : Langkat  
Provinsi : Sumatera Utara  
Nomor Hp : 0895-0981-1418  
Email : [ahmadkhairulbadri0852@gmail.com](mailto:ahmadkhairulbadri0852@gmail.com)

### Nama Orang Tua

Ayah : Erwanto S,pd  
Ibu : Satinem

### PENDIDIKAN FORMAL

2007-2013 : SD Negri 056616  
2013-2016 : SMP Negri 1 Secanggang  
2016-2019 : SMK Putra Jaya Jabal Rahmah  
2019-2024 : S1 Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara