

LAPORAN TUGAS AKHIR
SIFAT LENTUR DAN MORFOLOGI SETIAP KOMPOSIT
UNSATURATED POLYESTER BERPENGUAT ECENG
GONDOK, INTI KENAF, PELEPAH KERING ABAKA SERTA
AGAVE
DI BALAI TEKNOLOGI POLIMER
(Juli 2018 - Mei 2019)

**DATA BUKU PERPUSTAKAAN**

Tgl Terima

10/08/22

No Induk Buku

563/TKP/SB/TA/22

OLEH:

RYAN EDITYA

1515032

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER
POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.
JAKARTA
2019

SUMBANGAN ALUMNI

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING

JUDUL TUGAS AKHIR

SIFAT LENTUR DAN MORFOLOGI SETIAP KOMPOSIT
UNSATURATED POLYESTER BERPENGUAT ECENG GONDOK, INTI
KENAF, PELEPAH KERING ABAKA SERTA *AGAVE*

DISUSUN OLEH :

NAMA : RYAN EDITYA

NIM : 1515032

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, 15 Juli 2019

Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.
NIP. 195702141985031002

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

SIFAT LENTUR DAN MORFOLOGI SETIAP KOMPOSIT
UNSATURATED POLYESTER BERPENGUAT ECENG GONDOK, INTI
KENAF, PELEPAH KERING ABAKA SERTA *AGAVE*

DISUSUN OLEH :

NAMA : RYAN EDITYA

NIM : 1515032

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

15 juli 2019
Serpong,.....

Telah diperiksa dan disetujui oleh:

Pembimbing

David Natanael Vicarneltor, S.T.
NIP. 198912302018021001



Nomor : 085 /SJ-IND.7.2/VII/2018
Lampiran :
Perihal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 25 Juli 2018

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Kepala Balai Teknologi Polimer Ibu
Ir.F.M.Emy S.A. Soekotjo, M.Sc
Gedung 460 Kawasan PUSPITEK ,Serpong
Tangerang

Dalam rangka menambah wawasan dan mengaplikasikan teori yang didapat Mahasiswa/i di Politeknik STMI Jakarta, Kementerian Perindustrian RI, dengan ini memohon bantuan Bapak/Ibu agar bersedia menerima mereka yang namanya tersebut di bawah ini untuk melakukan Penelitian di Perusahaan/Instansi yang Bapak/Ibu pimpin selama kurang lebih 6 (enam) bulan.

Adapun nama mahasiswa/i yang akan melakukan Penelitian adalah:

No.	Nama	NIM	Kompetensi yang diharapkan
1.	Ryan Editya	1515032	Proses Produksi

Dalam pelaksanaannya kami mengharapkan bantuan bimbingan Bapak/Ibu agar mahasiswa/i kami dapat melakukannya dengan baik. Untuk selanjutnya kompetensi yang diperoleh dari hasil bimbingan Bapak/Ibu akan dipresentasikan dan mudah-mudahan dapat bermanfaat bagi perusahaan

Demikian atas bantuan dan kerjasama Bapak/Ibu, kami ucapkan terima kasih.



Dr. Ridzy Kamanandita, S.Kom, M.T

NIP. 19740302 200212 1 001

Tembusan:

1. Direktur STMI;
2. Ka Prodi TKP;
3. Mahasiswa yang bersangkutan;
4. Pertinggal



Nomor : B- 151 /BTP-TIEM/HM02.03/08/2018 7 Agustus 2018
Sifat : Biasa
Lampiran : -
Hal : Jawaban Permohonan Penelitian

Yth Pembantu Direktur I
Politeknik STMI Jakarta
Di
Tempat

Menjawab Surat Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta

1. No B 085/SJ-IND.7.2/VII/2018 tertanggal 25 Juli 2018 perihal Permohonan Penelitian
2. No B 086/SJ-IND.7.2/VII/2018 tertanggal 25 Juli 2018 perihal Permohonan Penelitian,

maka bersama ini kami sampaikan sebagai berikut :

- Kami dapat menerima mahasiswa a.n **Ryan Editya dan Hendrifan Adinegoro N.**
- Waktu pelaksanaan Penelitian di BTP selama 4 (empat) bulan mulai 13 Agustus 2018 sd 28 Desember 2018
- Pelaksanaan Prakerin dibawah pengawasan Ka Sie Program dan Penerapan Teknologi

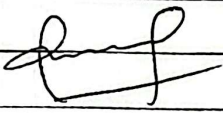
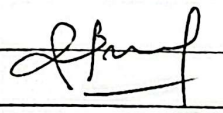
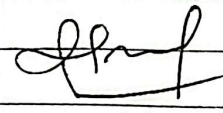
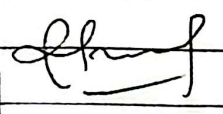

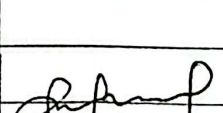
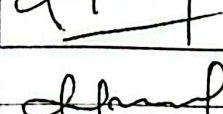
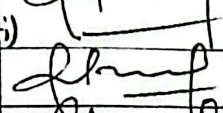


Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih



Kepala Balai Teknologi Polimer,

M. F. M. Soekotjo, M. Sc

LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Ryan Editya
 NIM : 1515032
 Judul Tugas Akhir : SIFAT LENTUR DAN MORFOLOGI SETIAP
 KOMPOSIT *UNSATURATED POLYESTER*
 BERPENGUAT ECENG GONDOK, INTI KENAF,
 PELEPAH KERING ABAKA SERTA *AGAVE*
 Pembimbing : Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.

Tanggal	BAB	Keterangan	Tanda Tangan
04 Juli 2018		Diskusi tempat Tugar Akhir	
13 Sept 2018		Konfirmasi tempat TA dan Topik TA	
21 NOV 2018		Konfirmasi judul TA & perkembangan TA	
17 Januari 2019	I	Latar Belakang & Rumusan Masalah	
13 Februari 2019	I	Batasan Masalah, Tujuan & sistematika penelitian	
14 Maret 2019	II	Tinjauan pustaka awal (komposit & serat)	
25 April 2019	III	Tinjauan pustaka lanjutan (resin, alkaloid)	
6 Mei 2019	III	Metode penelitian	
13 Mei 2019	IV	Hasil penelitian	
15 Mei 2019	IV	pembahasan hasil data pengujian dan kesimpulan	

Tanggal	BAB	Keterangan	Tanda Tangan
17 Mei 2019	V	Kesimpulan, saran, penyusunan draf ppt	
20 Mei 2019	V	Revisi penyusunan draf ppt untuk seminar dan sidang TA	

Mengetahui,
Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA
NIP. 195405231980031004

Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.
NIP. 195702141985031002

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR

JUDUL TUGAS AKHIR

SIFAT LENTUR DAN MORFOLOGI SETIAP KOMPOSIT
***UNSATURATED POLYESTER* BERPENGUAT ECENG GONDOK, INTI**
KENAF, PELEPAH KERING ABAKA SERTA *AGAVE*

DISUSUN OLEH :

NAMA : RYAN EDITYA

NIM : 1515032

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia
Polimer Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu, 3 Juli 2019.

Jakarta, 15 Juli 2019

Penguji



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng
NIP. 1956091019432002

Penguji



Dr. Erfina Oktariani, S.T., M.T.
NIP. 198210012014022001

Penguji



Fitriya Ika Aryanti, S.T., M.Eng
NIP. 198505112014022001

Dosen Pembimbing



Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M.
NIP. 195702141985031002

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya Mahasiswa Program Studi Teknik Kimia Polimer, Politeknik STMI Jakarta,
Kementerian Perindustrian Republik Indonesia:

Nama : Ryan Editya

NIM : 1515032

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul *SIFAT LENTUR DAN MORFOLOGI SETIAP KOMPOSIT UNSATURATED POLYESTER BERPENGUAT ECENG GONDOK, INTI KENAF, PELEPAH KERING ABAKA SERTA AGAVE*

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing Tugas Akhir, melalui tanya jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir ini.
- Bukan merupakan duplikasi yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas/Perguruan Tinggi lain, kecuali pada bagian-bagian tertentu digunakan referensi pendukung untuk melengkapi informasi dan sumber informasi dengan dicantumkan melalui referensi yang semestinya.
- Bukan merupakan karya tulis terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada Tugas Akhir saya.

Jika terbukti saya tidak memenuhi apa yang telah saya nyatakan seperti apa yang di atas, maka Tugas Akhir saya ini dapat dibatalkan.

Jakarta, 15 Juli 2019
Yang Membuat Pernyataan



Ryan Editya

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan kami anugerah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir di Balai Teknologi Polimer dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian akademik program studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian R.I. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam proses pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini terutama kepada:

1. Allah SWT, berkat anugerah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Kedua orang tua penulis yang selalu memberikan dukungan moril maupun materil kepada penulis,
3. Bapak Dr. Mustofa, S.T., M.T. selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta,
4. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer,
5. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T., M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer,
6. Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung, M.M., selaku dosen pembimbing penulis,
7. Ibu Ir. F.M. Erny S.A. Soekotjo, M.Sc selaku Kepala Balai Teknologi Polimer,
8. Bapak Onny Ujianto, M.Eng selaku Kepala Seksi Program dan Penerapan Teknologi Balai Teknologi Polimer yang telah memberikan penulis kesempatan dalam proyek penelitian ini,
9. Ibu Ajeng selaku HRD/GA *Manager* Balai Teknologi Polimer yang telah menerima penulis untuk melaksanakan penelitian di Balai Teknologi Polimer,
10. Bapak Opa dan Abang David selaku pembimbing lapangan penulis,
11. Bapak Prpto yang telah membantu penulis dalam mengerjakan penelitian penulis di lapangan,

12. Ibu Fitri Ayu yang telah memberikan informasi mengenai proyek penelitian yang ada di Balai Teknologi Polimer,
13. Mbak Mina yang telah membantu dalam proses pengujian Densitas,
14. Mas Hakim yang telah membantu dalam proses pengujian Lentur,
15. Kak Ara dan Mbak Nisa yang turut memberikan semangat selama penulis melaksanakan proses penelitian,
16. Bapak Taufik yang membantu penulis dalam mengoperasikan mesin *Hot Press*,
17. Seluruh karyawan dan peneliti Balai Teknologi Polimer yang telah menerima penulis untuk mengerjakan penelitian disana,
18. Seluruh teman-teman penulis terutama angkatan 2015 Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan semangat dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

Akhir kata, penulis berharap Allah SWT berkenan membalas kebaikan dari semua pihak. Penulis sangat berharap Laporan Tugas Akhir ini dapat membawa manfaat pengembangan ilmu bagi setiap pembacanya khususnya untuk penulis.

Jakarta, Mei 2019

Penulis

ABSTRAK

Komposit merupakan suatu produk inovasi yang dapat menggantikan bahan dasar kayu. Pada proses pembuatannya kali ini, komposit dibuat menggunakan resin *unsaturated polyester* sebagai matriks dengan eceng gondok, inti kenaf, pelepah kering abaka, dan *agave* sebagai penguat pada masing-masing komposit. Pembuatan komposit ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi serat terhadap sifat lentur masing-masing komposit dan mengetahui morfologi permukaan komposit terkait dengan sifat lentur masing-masing komposit. Metode yang digunakan untuk melakukan proses alkalisasi yaitu dengan merendam serat dengan variasi konsentrasi NaOH sebanyak 5% dan 10%. Variasi komposisi serat sebanyak 30% dan 60% digunakan saat proses pembentukan komposit. Pengujian dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk mengetahui kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur dari komposit, *Density Balance* untuk mengetahui densitas komposit serta *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui morfologi permukaan komposit. Penelitian ini menunjukkan bahwa komposit *unsaturated polyester*/inti kenaf dengan konsentrasi NaOH 5% pada proses alkalisasi serat menghasilkan nilai kekuatan lentur spesifik tertinggi sebesar 42,482 MPa.cm³/g dan nilai modulus elastisitas lentur spesifik sebesar 5149,3964 MPa.cm³/g. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi NaOH 5% dapat menaikkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik dari komposit.

Kata kunci: komposit, sifat lentur, proses alkalisasi, morfologi permukaan, serat alam.

DAFTAR ISI

	Halaman
LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR	v
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR	vi
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	ix
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	x
KATA PENGANTAR	xi
ABSTRAK.....	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvii
DAFTAR TABEL.....	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
DAFTAR SINGKATAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Sistematika Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Komposit Polimer	6
2.1.1 Matriks Polimer	7
2.1.2 Penguat	8
2.1.3 Aplikasi Produk Komposit	8

2.2 Resin <i>Unsaturated Polyester</i> (UP)	9
2.3 Serat Alam	10
2.3.1 Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>).....	12
2.3.2 Inti Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i>).....	13
2.3.3 Pelepah Kering Abaka (<i>Musa textilis</i>)	14
2.3.4 Serat <i>Agave</i> (<i>Agave sisalana</i>).....	15
2.4 Proses Alkalisasi	16
2.5 Metode Pembuatan Komposit.....	17
2.6 Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Lentur Komposit.....	20
2.7 Densitas Komposit.....	22
2.8 Morfologi Permukaan Komposit	22
BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan.....	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan.....	25
3.3 Variabel Penelitian.....	25
3.3.1 Variabel Tetap	25
3.3.2 Variabel Bebas	26
3.4 Diagram Alir Penelitian.....	28
3.5 Prosedur Pembuatan Komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA.....	29
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	
4.1 Hasil Pengujian Lentur pada <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	36
4.1.1 Hasil Pengujian Lentur Resin UP	36
4.1.2 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA.....	36
4.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH di Proses Alkalisasi Serat pada Nilai Lentur Spesifik Komposit	41
4.3 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA.....	42

4.4 Hasil Pengukuran Densitas Komposit dengan <i>Density Balance</i>	44
4.5 Hasil Pengujian Morfologi Permukaan Komposit dengan <i>Scanning Electron Microscope</i>	45
4.5.1 Hasil Pengujian pada Komposit UP/EG.....	45
4.5.2 Hasil Pengujian pada Komposit UP/CK	46
4.5.3 Hasil Pengujian pada Komposit UP/PKA.....	48
4.5.4 Hasil Pengujian pada Komposit UP/SA.....	49
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	51
5.2 Saran	51
DAFTAR PUSTAKA.....	53
LAMPIRAN A	
LAMPIRAN B	
LAMPIRAN C	
LAMPIRAN D	

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Struktur Komposit	6
Gambar II.2 Resin <i>Unsaturated Polyester</i>	9
Gambar II.3 Struktur Kimia Selulosa	11
Gambar II.4 Struktur Kimia Hemiselulosa	11
Gambar II.5 Struktur Kimia Lignin	12
Gambar II.6 Eceng Gondok	13
Gambar II.7 Kenaf	14
Gambar II.8 Abaka.....	15
Gambar II.9 <i>Agave/Sisal</i>	16
Gambar II.10 Mekanisme Proses Alkalisasi.....	17
Gambar II.11 <i>Injection Molding</i>	18
Gambar II.12 <i>Hand Lay-Up</i>	19
Gambar II.13 <i>Pultrution</i>	19
Gambar II.14 <i>Hot Press</i>	20
Gambar II.15 Morfologi Permukaan Eceng Gondok.....	23
Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian	28
Gambar III.2 <i>Universal Testing Machine (UTM)</i>	30
Gambar III.3 <i>Density Balance</i>	32
Gambar III.4 Grafik Penentuan Ketebalan Lapisan Platina	33
Gambar III.5 <i>Fine Coater</i>	34
Gambar III.6 <i>Scanning Electron Microscope (SEM)</i>	35
Gambar IV.1 Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Serat	41
Gambar IV.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Serat.....	42
Gambar IV.3 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Eceng Gondok dengan Komposisi Eceng Gondok 30%.....	45
Gambar IV.4 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Eceng Gondok dengan Komposisi Eceng Gondok 60%.....	46

Gambar IV.5 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Inti Kenaf dengan Komposisi Inti Kenaf 30%.....	47
Gambar IV.6 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Inti Kenaf dengan Komposisi Inti Kenaf 60%.....	47
Gambar IV.7 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Pelepah Kering Abaka dengan Konsentrasi NaOH 5% pada Pelepah Kering Abaka	48
Gambar IV.8 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Pelepah Kering Abaka dengan Konsentrasi NaOH 10% pada Pelepah Kering Abaka	49
Gambar IV.9 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Serat <i>Agave</i> dengan Komposisi Serat <i>Agave</i> 30%	49
Gambar IV.10 Morfologi Permukaan Komposit <i>Unsaturated Polyester</i> /Serat <i>Agave</i> dengan Komposisi Serat <i>Agave</i> 60%	50

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel II.1 Klasifikasi Serat Alam	10
Tabel III.1 Variasi Parameter Pembuatan masing-masing Komposit	27
Tabel III.2 Banyaknya Air vs NaOH Padat untuk Perendaman EG, CK, PKA dan SA.....	29
Tabel IV.1 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/EG	37
Tabel IV.2 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/CK.....	37
Tabel IV.3 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/PKA	38
Tabel IV.4 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/SA	38
Tabel IV.5 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/EG	39
Tabel IV.6 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/CK.....	39
Tabel IV.7 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/PKA.....	40
Tabel IV.8 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/SA	40
Tabel IV.9 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/EG.....	42
Tabel IV.10 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/CK	43
Tabel IV.11 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/PKA.....	43
Tabel IV.12 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/SA.....	43
Tabel IV.13 Hasil Pengukuran Densitas Komposit	44

DAFTAR SIMBOL

b	= lebar spesimen (mm)
D	= defleksi maksimum (mm)
d	= tebal spesimen (mm)
L	= jarak <i>span</i> (mm)
$m_{S,A}$	= berat spesimen di udara (gram)
$m_{S,IL}$	= berat spesimen di etanol (gram)
P	= beban yang diberikan pada spesimen (N)
R	= kecepatan <i>crosshead</i> (mm/min)
Z	= kecepatan peregangan serat terluar dari spesimen (mm/mm/min). Z biasanya sama dengan 0,01
ϵ_f	= modulus elastisitas lentur (MPa)
$\hat{\epsilon}_f$	= modulus elastisitas lentur spesifik (MPa.cm ³ /g)
$\rho_{I,L}$	= densitas etanol (0,78606 g/cm ³)
$\rho_{s,t}$	= densitas spesimen dalam cairan (g/cm ³)
σ_f	= nilai kekuatan lentur (MPa)
$\hat{\sigma}_f$	= kekuatan lentur spesifik (MPa.cm ³ /g)

DAFTAR SINGKATAN

ASTM	: <i>American Standard Testing Material</i>
CK	: <i>Core (Inti) Kenaf</i>
EG	: <i>Eceng Gondok</i>
MEPOXE	: <i>Methyl Ethyl Kethone Peroxide</i>
PKA	: <i>Pelepah Kering Abaka</i>
SA	: <i>Serat Agave</i>
SEM	: <i>Scanning Electron Microscope</i>
UP	: <i>Unsaturated Polyester</i>
UTM	: <i>Universal Testing Machine</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sekarang ini, kebutuhan kayu olahan yang digunakan sebagai salah satu unsur bahan pembuat furnitur rumah meningkat seiring dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia. Kayu olahan diambil dari proses penebangan pohon-pohon yang ada di hutan kemudian diolah menjadi berbagai macam produk. Namun, penebangan pohon di hutan yang dilakukan secara terus menerus akan menyebabkan hutan gundul sehingga hasil hutan berkurang. Hal ini dapat menyebabkan munculnya bencana alam, seperti longsor dan banjir. Sebagai bentuk pencegahan hasil hutan yang semakin berkurang, pembuatan furnitur rumah dari kayu dapat diganti dengan bahan serat lain yang lebih banyak tersedia, yaitu serat alam. Serat alam ini nantinya akan digabungkan dengan bahan lain sehingga menjadi suatu produk komposit.

Komposit merupakan salah satu inovasi masa kini yang sudah banyak digunakan untuk menggantikan bahan-bahan konvensional pada aplikasi produk tertentu. Produk komposit, yang menjanjikan banyak sekali keuntungan diantaranya produk yang dihasilkan akan menjadi ringan dan memiliki sifat mekanik yang relatif baik. Selain itu, pembuatan komposit memerlukan harga pembuatan yang relatif murah dan dapat mempermudah desain pembuatan bahan yang sulit (Aryanti, 2017). Karena memiliki sifat mekanik yang baik, komposit dapat digunakan sebagai bahan yang ada pada interior kendaraan mobil (Rwawiire dkk, 2015).

Salah satu jenis komposit yang paling terkenal adalah komposit polimer. Pada umumnya komposit polimer tersusun atas polimer, baik termoplastik ataupun termoset sebagai matriks dan serat alam sebagai penguat. Resin *Unsaturated Polyester* (UP) merupakan salah satu resin termoset yang sering digunakan untuk

membuat komposit (Hollaway, 1994). Selain harganya yang relatif ekonomis, resin ini mudah ditemukan, dan stabil pada suhu kamar.

Sebagai penguat komposit, dipergunakan 4 jenis serat alam yang berbeda pada masing-masing komposit. Serat alam dipilih karena beberapa serat lebih mudah didapatkan dan harganya yang relatif murah. Selain itu, serat alam lebih aman digunakan dibandingkan dengan serat sintetis (Sreenivasan dkk, 2013) dan juga memiliki kekakuan yang tinggi (Sariffuddin&Ismail, 2013). Serat alam yang dipergunakan yaitu Serat *Agave* (SA), Eceng Gondok (EG), *Core/Inti Kenaf* (CK), dan Pelepah Kering Abaka (PKA).

Eceng gondok merupakan tumbuhan yang sangat cepat tumbuh di permukaan air dan menutupnya sehingga berpotensi akan membuat ekosistem air mati. Sehingga eceng gondok dipilih sebagai bentuk mengurangi potensi matinya ekosistem air di danau maupun di rawa. Harganya yang murah menjadi alasan lain pemilihan eceng gondok sebagai bahan pembuatan komposit. Abral dkk (2013) menyatakan bahwa eceng gondok cukup berpotensi menjadi penguat pada komposit polimer karena kandungan selulosa dari eceng gondok yang cukup tinggi. Inti kenaf merupakan bagian yang berasal dari batang kenaf.

Inti kenaf jarang sekali dipakai karena memiliki sifat mekanik yang kurang baik dibandingkan batangnya (Saad&Kamal, 2011). Namun, untuk mengurangi banyaknya bagian tumbuhan yang tidak terpakai lalu dibuang, serat ini dimanfaatkan sebagai penguat komposit. Harga yang relatif murah menjadi alasan inti kenaf dipilih untuk penguat komposit.

Serupa dengan inti kenaf, pelepah kering abaka dan serat *agave* dipilih sebagai pemanfaatan bagian tumbuhan yang tidak terpakai. Abaka dan *agave* juga dipilih karena memiliki sifat mekanik yang cukup tinggi. Namun, tumbuhan abaka belum banyak dibudidayakan di Indonesia, sehingga jika digunakan untuk skala yang besar dirasa belum cukup.

Penggunaan serat alam sebagai penguat dari komposit memiliki kekurangan, sehingga perlu adanya campuran bahan lain. Serat alam bersifat hidrofilik namun matriks polimer bersifat hidrofobik. Hal ini akan membuat interaksi antara resin dan serat menjadi kurang baik sehingga perlu dilakukan modifikasi pada

permukaan serat dengan proses alkalisasi dengan larutan NaOH untuk menghilangkan zat pengotor dari serat. Proses alkalisasi ini juga akan meningkatkan sifat mekanik dari serat (Ouarhim dkk, 2019).

Penelitian yang telah dilakukan oleh Ramirez dkk (2014) yang membuat komposit dari *unsaturated polyester* dan eceng gondok dengan metode *hand lay-up*. Penelitian ini menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase eceng gondok yang ditambahkan pada komposit menghasilkan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang rendah.

Penelitian yang dilakukan oleh Abral dkk (2013) yang membuat komposit dari *unsaturated polyester* dan eceng gondok dengan metode vakum dan *compression molding* menyatakan bahwa nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur menjadi tinggi ketika konsentrasi larutan alkali semakin meningkat, namun ketika larutan alkali mencapai batas maksimumnya akan menyebabkan struktur selulosa pada serat rusak sehingga menyebabkan nilai kekuatan lentur menjadi turun. Selain itu, hasil SEM menunjukkan bahwa permukaan serat yang telah mengalami proses alkalisasi menjadi kasar yang berarti bahwa zat pengotor pada serat telah hilang sehingga interaksi antarpermukaan resin dan serat menjadi baik dan menaikkan sifat lentur dari komposit.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, pembuatan komposit kali ini akan berfokus pada bagaimana pengaruh konsentrasi NaOH terhadap sifat lentur komposit. Pembuatan komposit ini juga dilakukan untuk menggantikan bahan kayu pada aplikasi produk tertentu. Pengujian kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM), pengujian densitas komposit menggunakan *Density Balance*, dan pengujian morfologi permukaan komposit menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dibahas sebelumnya, maka masalah yang dapat dirumuskan adalah:

1. bagaimana pengaruh konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi serat terhadap kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA?
2. bagaimana morfologi permukaan komposit terkait dengan kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA?

1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. pembuatan 4 jenis komposit dengan bahan baku *unsaturated polyester* dengan eceng gondok, inti kenaf, pelepah kering abaka, dan *agave* pada masing-masing komposit,
2. variasi konsentrasi NaOH untuk proses alkalisasi serat adalah 5% dan 10% untuk masing-masing komposit,
3. variasi komposisi serat untuk pembentukan komposit adalah 30% dan 60% pada masing-masing komposit,
4. pengujian kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit menggunakan UTM, uji densitas menggunakan *Density Balance*, dan uji morfologi permukaan menggunakan SEM pada masing-masing komposit.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. mengetahui pengaruh konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi serat terhadap kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA.
2. mengetahui morfologi permukaan komposit terkait dengan kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai pengaruh konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi terhadap nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas spesifik yang tertinggi dan mengetahui morfologi

permukaan komposit yang memiliki kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik yang tinggi dan rendah.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, daftar pustaka, lampiran dengan penjelasan antara lain:

BAB I: PENDAHULUAN

Bab ini terdiri dari latar belakang masalah, rumusan masalah, batasan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

BAB II: TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini terdiri dari tinjauan pustaka, landasan teori, dan hipotesis.

BAB III: METODE PENELITIAN

Bab ini terdiri dari waktu dan tempat penelitian, alat dan bahan, variabel, dan prosedur.

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdiri dari hasil pengujian dan pembahasan hasil penelitian.

BAB V: PENUTUP

Bab ini terdiri dari kesimpulan dan saran.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar Pustaka berisi referensi-referensi untuk melengkapi laporan ini.

LAMPIRAN

Lampiran berisi data perhitungan, data setelah pengujian, serta dokumentasi penelitian.

BAB II

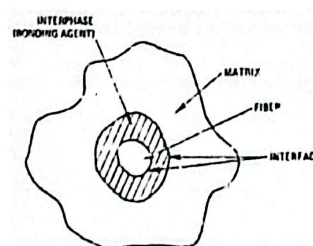
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit Polimer

Komposit adalah suatu produk yang berbentuk padatan yang terbuat dari sebuah matriks yang mengikat bahan berserat sebagai penguat (Sapuan, 2017). Komposit dapat juga diartikan sebagai bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan yang memiliki sifat-sifat yang berbeda dan hasil akhirnya akan mengambil sifat-sifat baik pada bahan masing-masing. Beberapa keunggulan dari komposit yaitu:

1. sifat-sifat produk (mekanik dan fisik) relatif baik,
2. pembuatan produk yang mudah,
3. biaya pembuatan produk yang relatif murah, dan
4. menjadikan bahan lebih ringan.

Komposit polimer merupakan bahan komposit yang memanfaatkan polimer sebagai bahan utamanya. Dua bahan penyusun komposit polimer yaitu matriks dan penguat (*reinforcement*). Matriks pada komposit merupakan fasa yang dominan pada komposit. Jenis bahan kedua penyusun komposit adalah *reinforcement* atau penguat yang mengisi komposit. Kemudian nantinya kedua bahan tersebut akan bercampur dan membuat ikatan dan interaksi yang akan menghasilkan sifat-sifat lebih baik daripada bahan-bahan penyusunnya.



Gambar II.1 Struktur Komposit
Sumber: Aryanti, 2017

Komposit telah banyak digunakan di berbagai macam industri karena dikenal memiliki kekuatan mekanik yang baik seperti di industri otomotif, industri pesawat terbang, dan industri konstruksi bangunan. Komposit juga telah banyak dijadikan produk furnitur rumah (Sapuan, 2017).

Pada umumnya, bahan komposit terbagi menjadi dua jenis, yaitu bahan komposit partikel dan bahan komposit serat (Hasbi dkk, 2016).

a. Bahan Komposit Partikel (*Particulate Composites*)

Bahan komposit ini terdiri dari partikel-partikel yang tersusun secara tidak beraturan atau acak, tetapi secara rata-rata berdimensi sama.

b. Bahan Komposit Serat (*Fiber Composites*)

Bahan komposit ini menggunakan serat sebagai bahan penguatnya dikarenakan serat memiliki banyak keunggulan. Bahan komposit ini lebih banyak dipakai dibandingkan bahan komposit partikel.

2.1.1 Matriks Polimer

Matriks dikenal sebagai resin yang pada umumnya berfungsi untuk mengikat penguat/serat pada komposit. Menurut Peters (2004), fungsi secara rinci dari resin adalah sebagai berikut:

1. mendistribusikan beban yang diterima,
2. melindungi serat pada saat proses pembentukan komposit maupun setelah komposit terbentuk,
3. dan mengontrol sifat tertentu pada komposit

Resin polimer terbagi menjadi dua, yaitu termoplastik dan termoset. Perbedaan utama dari kedua matriks ini adalah termoplastik dapat dibentuk kembali setelah dipanaskan (*reversible*), dan termoset yang tidak dapat dibentuk kembali setelah dipanaskan (*irreversible*).

2.1.1.1 Polimer Termoplastik

Polimer termoplastik merupakan polimer yang strukturnya tidak memiliki ikatan *crosslink* sehingga apabila ada panas yang diberikan pada polimer jenis ini, ikatannya dapat mudah berubah dan polimer dapat berubah bentuk. Polimer jenis ini yaitu polipropilena, polietilena, polivinil klorida, dan lain-lain.

2.1.1.2 Polimer Termoset

Polimer termoset merupakan polimer yang memiliki ikatan *crosslink* pada strukturnya. Polimer jenis ini jika diberikan panas akan mengeras namun tidak dapat kembali ke bentuk semula. Polimer termoset memiliki ketahanan panas dan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan polimer termoplastik (Radini, 2016). Jenis polimer termoset yaitu epoksi, *unsaturated polyester*, poliuretan, dan lain-lain.

2.1.2 Penguat

Penguat pada komposit pada umumnya adalah serat, baik serat alam maupun serat sintetis. Namun, lebih banyak serat alam yang digunakan pada proses pembuatan komposit karena lebih banyak memiliki keuntungan dan harganya lebih murah daripada serat sintetis. Penggunaan serat alam juga untuk mengurangi dampak buruk untuk lingkungan. Fungsi utama dari serat adalah untuk menahan mayoritas beban yang diberikan pada komposit dan menguatkan komposit (Sapuan, 2017).

2.1.3 Aplikasi Produk Komposit

Banyaknya keuntungan yang dimiliki oleh komposit membuat komposit digunakan di berbagai macam industri seperti pada industri otomotif, industri kelautan, industri pesawat terbang, industri konstruksi rumah, dan barang-barang lainnya (Sapuan, 2017).

Pada industri otomotif, komposit banyak digunakan sebagai bahan-bahan yang ada pada interior mobil. Sreenivasan dkk (2013) menyatakan bahwa komposit dari *unsaturated polyester* berpenguat serat kenaf memiliki nilai kekuatan lentur sebesar 269 MPa dan nilai modulus elastisitas lentur sebesar 9000 MPa yang dapat dijadikan bagian badan mobil seperti *bumper*. Pada industri pesawat terbang, badan pesawat terbang sudah banyak tergantikan oleh bahan komposit yang ringan, begitupun pada industri kelautan, komposit digunakan sebagai bahan yang ada pada kapal laut. Selain itu, pada industri konstruksi, komposit banyak digunakan sebagai pengganti besi dan beton juga kayu.

2.2 Resin *Unsaturated Polyester* (UP)

Resin *Unsaturated Polyester* adalah salah satu jenis polimer cair termoset. Jenis polimer termoset dapat berbentuk cair maupun padat pada suhu ruangan (Sapuan 2017). Apabila dipanaskan pada temperatur tinggi dapat menimbulkan reaksi kimia yang dapat membentuk suatu produk padat. Selain itu, termoset memiliki ikatan *crosslink*. Resin ini dibuat di dalam reactor *batch* berukuran 2 hingga 10 m³ dan resin ini banyak diaplikasikan sebagai bahan baku pembuatan pisau, pegangan payung, dan barang-barang elektronik (Fink, 2018).



(a) *Unsaturated Polyester* Yukalac 157
BTQN-EX



(b) Bentuk Fisik Resin UP

Gambar II.2 Resin *Unsaturated Polyester*

Sumber: Balai Teknologi Polimer

Resin UP merupakan resin yang mudah diproses, cepat dalam proses *curing* dengan bantuan katalis, dan memiliki sifat fisik dan elektrik yang baik (Billmeyer, 1994). Kelebihan resin UP adalah harganya yang relatif murah sehingga banyak dipakai di berbagai aplikasi seperti industri tekstil, otomotif, laut, dan lain-lain (Ouarhim dkk, 2019).

Menurut Vicarneltor dkk tahun 2018, resin UP merupakan resin *ortophtalic* yang cepat kering, *thixotropic*, *pre-accelerated* dan *non-wax* dengan densitas 1,2 g/cm³.

Menurut George Wypych (2012), nilai kekuatan lentur resin UP berada antara 67-113 MPa dan nilai modulus elastisitas lentur UP berada antara 3.500-4.600 MPa.

2.3 Serat Alam

Serat alam merupakan serat yang sudah ada di alam dan umumnya berasal dari tumbuhan. Serat tumbuhan ini yang juga sering digunakan sebagai penguat pada pembuatan komposit. Serat alam terbagi menjadi 3 jenis, yang terbagi dalam serat tumbuhan, serat hewan, dan serat mineral.

Tabel II.1 Klasifikasi Serat Alam

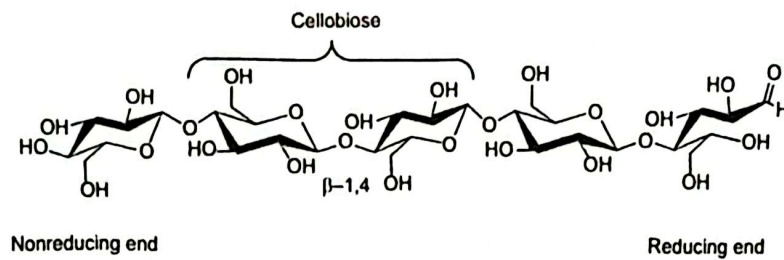
Serat Tumbuhan	Serat Hewan	Serat Mineral
Serat Kulit: Jute, Rami, Kenaf	Sutra, Wol, dan Rambut	Asbes
Serat Daun: Pisang, Abaka, <i>Agave</i> /Sisal		
Serat Kayu: Kayu Keras, Kayu Lembut		
Serat Buah: Sabut Kelapa, Minyak Palem		
Serat Benih: Kapuk, Kapas, Pinus		
Serat Jerami: Beras, Gandum		
Serat Rumput: Bambu, Kenari, Jagung		

Sumber: Shimpi, 2018

Pada umumnya, serat tersusun atas bagian-bagian seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan lain-lain. (Mohit&Selvan, 2018).

1. Selulosa

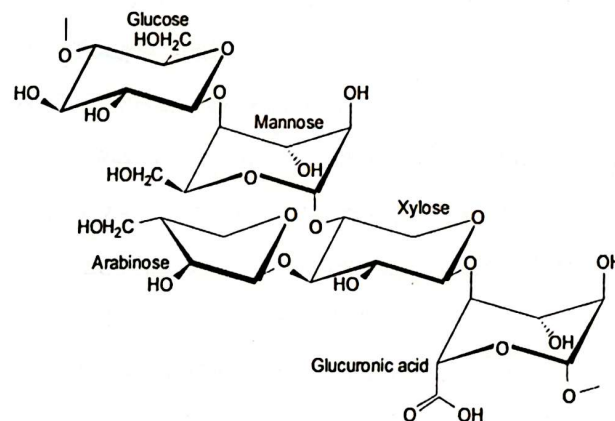
Selulosa merupakan bagian yang pasti ada di setiap tumbuhan dan memiliki kandungan yang paling banyak. Selulosa berpengaruh pada kekakuan, kekuatan, dan kestabilan struktur pada tumbuhan (Shimpi, 2018). Rumus senyawa selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Bentuk molekul selulosa adalah serat berukuran mikro. Selulosa merupakan polisakarida glukosa yang dapat larut (*glucan*) yang terdiri dari kelompok hidroksil alkohol. Selulosa dapat terdegradasi pada temperatur sekitar 200-230°C. Selulosa memiliki derajat polimerisasi hingga 10.000. Semakin tinggi kandungan selulosa dalam sebuah serat, maka semakin besar pula kekuatan serat tersebut (Abral dkk, 2013). Gambar II.3 menunjukkan struktur kimia dari selulosa.



Gambar II.3 Struktur Kimia Selulosa
Sumber: Ouarhim dkk, 2019

2. Hemiselulosa

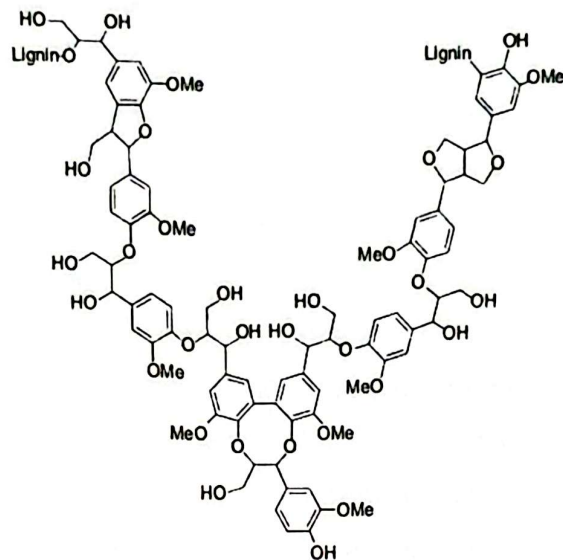
Hemiselulosa merupakan biopolimer heterogen yang memiliki derajat polimerisasi sekitar 200 hingga 300. Hemiselulosa memiliki banyak sekali rantai percabangan pada strukturnya. Hemiselulosa dapat larut pada larutan alkali serta dapat terhidrolisis dengan asam (Ouarhim dkk, 2019). Hemiselulosa dapat terdegradasi pada temperatur yaitu sekitar 150-180°C (Shimpi, 2018). Gambar II.4 menunjukkan struktur kimia dari hemiselulosa.



Gambar II.4 Struktur Kimia Hemiselulosa
Sumber: Ouarhim dkk, 2019

3. Lignin

Lignin merupakan bagian pada serat yang merekatkan sel-sel pada serat. Lignin adalah polimer hidrokarbon yang bersstruktur kompleks. Lignin bersifat hidrofobik dan strukturnya amorf. Lignin tidak dapat terhidrolisis oleh asam, tetapi dapat larut dalam larutan alkali dan dapat terkondensasi dengan fenol (Ouarhim dkk, 2019). Gambar II.5 menunjukkan struktur kimia dari lignin.



Gambar II.5 Struktur Kimia Lignin

Sumber: Ouarhim dkk, 2019

Kandungan lignin dalam serat berpengaruh pada sifat dan morfologinya, seperti semakin banyak kandungan lignin pada serat, semakin kaku serat tersebut (Shimpi, 2018). Lignin juga memiliki fungsi yang dapat melindungi tumbuhan dari serangan organisme patogen (Ouarhim dkk, 2019).

2.3.1 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*)

Eceng gondok merupakan tanaman yang hidup dan berkembang biak di permukaan air seperti di danau, sungai, dan rawa-rawa. Eceng gondok dapat tumbuh mencapai 65 cm, dan memiliki daun dengan diameter 5-10 cm berwarna hijau gelap. Pertumbuhan eceng gondok termasuk pertumbuhan tanaman yang cepat yaitu 1 batang eceng gondok mampu berkembang seluas 1 m² dalam waktu 52 hari, atau dapat dikatakan bahwa eceng gondok mampu berkembang seluas 7 m² dalam 1 tahun (Radhista, 2018). Namun, pertumbuhan yang sangat cepat ini menyebabkan beberapa masalah diantaranya sinar matahari terhalang masuk ke dalam air karena seluruh permukaan air tertutup oleh eceng gondok yang dapat mengakibatkan ekosistem dalam air mati. Selain itu, apabila pertumbuhan eceng gondok dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikendalikan. Menurut Ramirez dkk (2015), pertumbuhan eceng gondok juga menyerap air sebanyak 60%. Maka

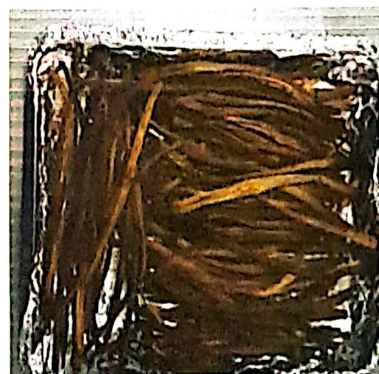
dari itu memanfaatkan tanaman ini merupakan pilihan terbaik dalam mengendalikan pertumbuhannya.

Berdasarkan data dari Metachanon (2010), kandungan selulosa yang ada pada eceng gondok sebanyak 52,2%, hemiselulosa sebanyak 16,78%, dan lignin sebanyak 9,42%. Kandungan selulosa yang ada ini cukup membuat eceng gondok berpotensi sebagai penguat dari komposit (Abral dkk, 2013). Eceng gondok memiliki densitas sebesar $0,25 \text{ g/cm}^3$ (Nuryana, 2016).

Tumolva dkk (2013) menyatakan bahwa eceng gondok yang dijadikan penguat pada komposit *unsaturated polyester* memiliki nilai kekuatan lentur sebesar 128,5 MPa sebelum mengalami proses alkalisasi kemudian naik menjadi 194,9 MPa setelah mengalami proses alkalisasi. Namun, berbeda dengan kekuatan lenturnya, modulus elastisitas lentur yang semula memiliki nilai 5920 MPa turun menjadi 5401 MPa setelah dilakukan proses alkalisasi.



(a) Tumbuhan Eceng Gondok



(b) Batang Eceng Gondok

Gambar II.6 Eceng Gondok

Sumber: Radhista, 2018 dan Balai Teknologi Polimer

2.3.2 Inti Kenaf (*Hibiscus cannabinus*)

Tanaman kenaf merupakan tanaman yang tumbuh di daerah Afrika dan Asia. Tanaman ini lebih dikenal dengan nama Jute Jawa di Indonesia. Tanaman ini dapat tumbuh setinggi 4-6 meter dalam 4-5 bulan (Shimpi, 2018). Tanaman kenaf dibagi menjadi beberapa bagian yaitu serat kulit, inti batang, daun, dan akar. Bagian yang dapat dipergunakan sebagai penguat pada komposit adalah serat kulit dan inti batang atau *core*. Tanaman kenaf memiliki pH sekitar 4,5-6,5 sehingga dapat

tumbuh pada lahan yang masam. Kenaf merupakan tanaman yang kuat dan keras di bagian seratnya juga memiliki tangkai yang berserat.

Inti kenaf merupakan bagian yang berpori dan ringan, memiliki densitas antara 0,10-0,20 g/cm³ (Saad dkk, 2011). Inti kenaf dapat sangat mudah dihancurkan menjadi partikel berukuran lebih kecil. Inti kenaf memiliki berat 65% dari keseluruhan tumbuhannya, yang berarti tersedia sangat banyak pada tumbuhannya (Prasetyo&Henny, 2013).

Berdasarkan data yang diperoleh dari Shimpi (2018) bahwa kandungan selulosa pada tanaman kenaf sebanyak 31-57%, hemiselulosa sebanyak 21,5%, dan lignin sebanyak 8-19%.

Yousif dkk (2012) menyatakan bahwa serat kenaf yang digunakan sebagai penguat komposit dengan resin epoksi memiliki nilai kekuatan lentur yang tinggi sebesar 300-350 MPa saat setelah mengalami proses alkalisasi. Sebelum dilakukan proses alkalisasi, nilai kekuatan lentur dari komposit sekitar 225-250 MPa.



(a) Tumbuhan Kenaf



(b) Inti Kenaf

Gambar II.7 Kenaf

Sumber: Shimpi, 2018 dan Balai Teknologi Polimer

2.3.3 Pelepah Kering Abaka (*Musa textilis*)

Tanaman Abaka merupakan tanaman yang satu keluarga dengan pisang. Tanaman Abaka banyak sekali tumbuh di Filipina sehingga biasa disebut Serat Hemp Manila. Serat Abaka merupakan jenis serat yang tahan lama dan juga tahan

terhadap air laut sehingga bagus digunakan di industri kelautan (Faruk dkk, 2012). Serat Abaka memiliki kekuatan mekanik yang baik, contohnya nilai kekuatan lentur serat abaka hampir sama dengan serat kaca (Punyamurthy dkk, 2014).

Serat abaka adalah salah satu serat yang paling kuat yang memiliki densitas sebesar $1,5 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan data yang diperoleh dari Vijayalakshmi dkk (2014) bahwa kandungan selulosa pada tanaman abaka sebanyak 68,32%, hemiselulosa sebanyak 19%, dan lignin sebanyak 12-13%.

Serat Abaka mudah tumbuh di lahan tanpa adanya pengolahan tertentu dan juga budidaya tanaman ini tidak merusak ekosistem di sekitarnya. Banyak produk yang dapat dihasilkan dari tanaman abaka, namun yang utama adalah serat.



(a) Tumbuhan Abaka



(b) Pelepeh Kering Abaka

Gambar II.8 Abaka

Sumber: Vijayalakshmi dkk, 2014 dan Balai Teknologi Polimer

2.3.4 Serat *Agave* (*Agave sisalana*)

Serat *agave* atau yang biasa disebut serat sisal termasuk ke dalam jenis serat daun. Serat ini diambil dari tumbuhannya dengan proses *decortication* yaitu pemisahan serat dari daunnya dengan mengambil atau menghilangkan lapisan daun. Serat *agave* banyak diaplikasikan pada industri pembuatan karpet dan tali tambang. Akhir-akhir ini serat *agave* banyak dikembangkan untuk membuat produk furnitur, pelapis dinding, interior kendaraan, dan lain-lain (Shimpi, 2018).

Menurut Fahim&Chand (2008) bahwa jenis serat ini memiliki banyak keuntungan, antara lain:

1. memiliki sifat-sifat yang baik seperti kekuatan yang tinggi dan seratnya awet,
2. produksinya mencapai hampir 450 juta ton per tahun,

3. budidaya tanamannya tidak menimbulkan kerusakan lingkungan, dan
4. serat yang sangat banyak digunakan di dunia, dan mudah dibudidaya.

Serat *agave* memiliki densitas sebesar $0,7-1,45 \text{ g/cm}^3$. Berdasarkan data yang diperoleh dari Fahim&Chand (2008), serat *agave* mengandung selulosa sebanyak 78,8%, hemiselulosa sebanyak 10%, dan lignin sebanyak 8%.

Myslamy&Rajendran (2010) menyatakan bahwa penggunaan serat *agave* sebagai penguat komposit epoksi/*agave* yang mengalami proses alkalisasi menghasilkan nilai kekuatan lentur 15% lebih tinggi dibandingkan dengan serat yang tidak mengalami proses alkalisasi.



(a) Tumbuhan *Agave*



(b) Serat *Agave/Sisal*

Gambar II.9 *Agave/Sisal*

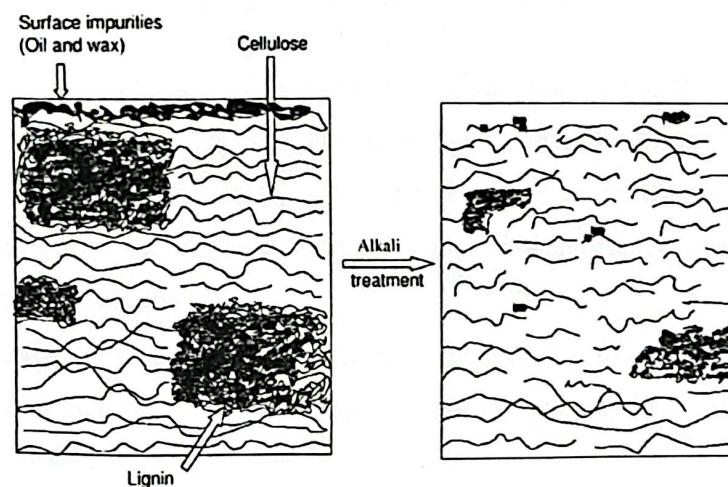
Sumber: Shimpi, 2018 dan Balai Teknologi Polimer

2.4 Proses Alkalisasi

Proses alkalisasi adalah salah satu jenis modifikasi kimia yang sering digunakan untuk memodifikasi permukaan serat. Proses alkalisasi atau yang juga disebut *Mercerization* adalah proses modifikasi kimia dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) (Ferreira dkk, 2019). Selain itu, proses alkalisasi dipilih karena dapat meningkatkan kekuatan ikatan antara serat alam dengan resin termoset yang digunakan (Fiore dkk, 2015). Proses alkalisasi dapat menghilangkan kandungan lignin dan hemiselulosa, kandungan lilin, serta kandungan minyak yang ada pada dinding sel serat alam (Ouarhim dkk, 2019). Menurut Kalia dkk (2009), apabila kandungan selulosa dan hemiselulosa hilang dari serat dapat membuat

struktur dari selulosa mengkristal yang akan meningkatkan sifat mekanik serat, umumnya kekuatan dan kekakuannya. Proses alkalisasi juga dapat meningkatkan kandungan selulosa yang dapat meningkatkan sifat mekanik dari serat (Ouarhim dkk, 2019). Proses alkalisasi juga dapat membuat permukaan serat menjadi lebih kasar akibat dari hilangnya zat-zat pengotor pada serat sehingga dapat meningkatkan ikatan antara resin dengan serat.

Mekanisme yang terjadi pada saat proses alkalisasi adalah (Mohanty dkk, 2011):



Gambar II.10 Mekanisme Proses Alkalisasi

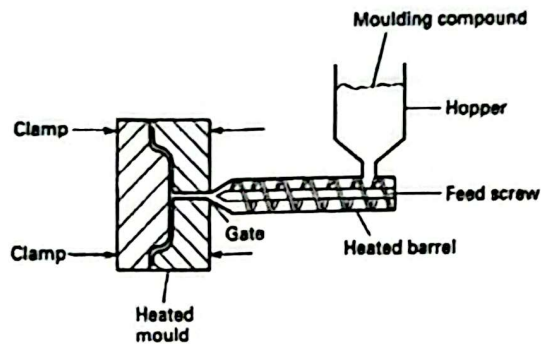
Sumber: Mohanty, 2011

Menurut Shimpi (2018) cara untuk melakukan proses alkalisasi adalah dengan merendam serat pada larutan NaOH dengan persentase antara 5-10% selama 6-8 jam pada suhu ruangan. Namun, ketika konsentrasi NaOH semakin tinggi dapat merusak serat sehingga serat menjadi kurang cocok dijadikan penguat pada komposit.

2.5 Metode Pembuatan Komposit

Metode pembuatan komposit dapat dilakukan dengan berbagai cara, diantaranya adalah dengan *injection molding*, *resin transfer molding*, *hand lay-up*, *pultrusion*, *compression molding* dan lain-lain (Sapuan, 2017).

a. *Injection Molding*



Gambar II.11 *Injection Molding*

Sumber: Hollaway, 1994

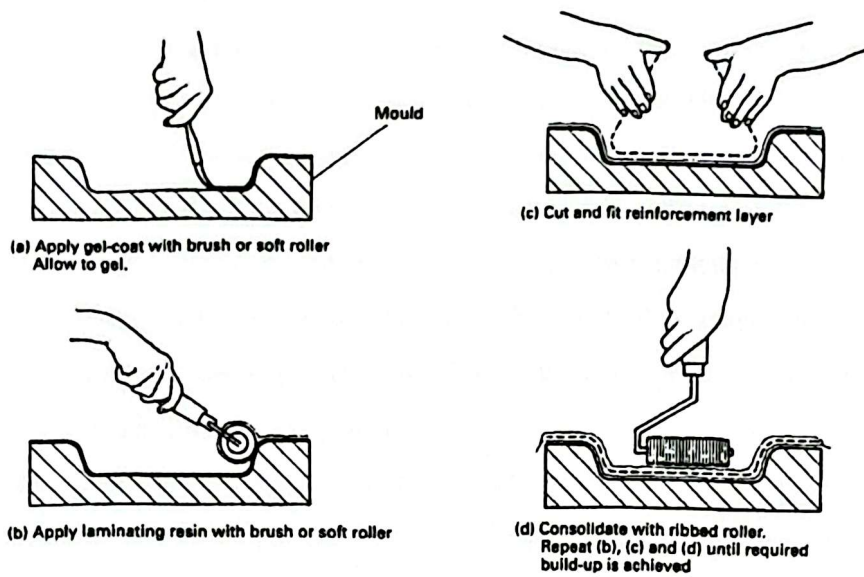
Metode ini merupakan jenis metode *close mold* yang digunakan untuk memproses bahan pembentuk komposit yang memiliki ukuran yang kecil. Kelebihan metode ini adalah dapat mengatur desain produk sesuai dengan keinginan sendiri dan tidak membutuhkan banyak bahan dalam prosesnya.

b. *Resin Transfer Molding*

Metode ini biasanya digunakan untuk pembuatan badan mobil, badan pesawat terbang dan lain-lain. Metode ini digunakan untuk menghasilkan banyak produk dengan harga yang relatif murah.

c. *Hand Lay-Up*

Proses ini termasuk proses paling sederhana, murah, dan terbilang mudah dalam pembuatan komposit. Proses pembuatannya hanya dengan menumpukkan resin dan serat satu demi satu. Namun proses pembuatan komposit dengan metode ini membutuhkan waktu yang lama.



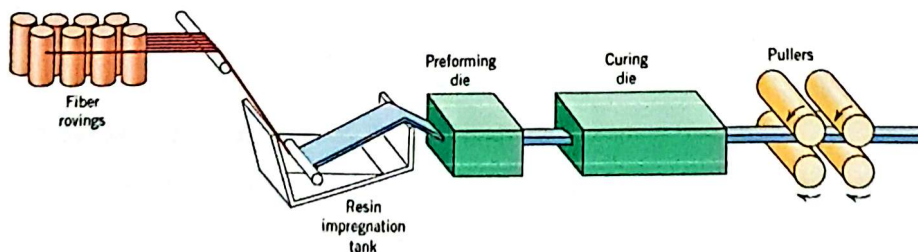
Gambar II.12 Hand Lay-Up

Sumber: Hollaway, 1994

Proses ini termasuk proses paling sederhana, murah, dan terbilang mudah dalam pembuatan komposit. Proses pembuatannya hanya dengan menumpukkan resin dan serat satu demi satu. Namun proses pembuatan komposit dengan metode ini membutuhkan waktu yang lama.

d. Pultrusion

Pultrusion adalah gabungan kata dari '*pull*' yang berarti tarik dan '*extrusion*' yang berarti ekstrusi. Sehingga dalam proses pembuatannya terdapat penarikan produk saat produknya sudah terbuat. Metode ini dapat menggunakan serat dengan jumlah yang sangat banyak.



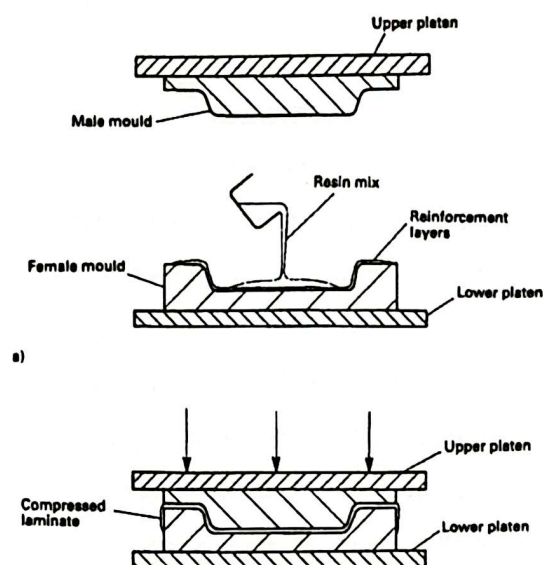
Gambar II.13 Pultrusion

Sumber: Callister, 2014

e. *Compression Molding*

Compression Molding merupakan metode pembuatan komposit yang banyak digunakan. Terdapat dua jenis *Compression Molding* yaitu *Hot Press* dan *Cold Press*, namun *Hot Press* yang paling sering digunakan. *Hot Press* merupakan salah satu jenis metode pembuatan komposit dengan mengaplikasikan panas pada kedua sisi *mold* sehingga dapat mempercepat proses reaksi pada resin dan serat. *Hot Press* memiliki 4 keunggulan utama yaitu jumlah pembuatan produk sangat banyak, hasil produk jarang yang cacat, proses yang dilakukan relatif murah, dan alat yang digunakan memiliki umur yang panjang.

Pada umumnya, parameter operasi pada mesin *Hot Press* yang sering digunakan menurut Hollaway (1994) adalah dengan temperatur antara 130-150°C dan tekanan antara 50-150 bar.



Gambar II.14 *Hot Press*

Sumber: Hollaway, 1994

2.6 Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Lentur Komposit

Kekuatan lentur adalah kemampuan spesimen dalam menahan beban yang diberikan secara tegak lurus (Radini, 2016). Beban yang diberikan adalah tekanan dari atas spesimen uji. Sifat-sifat yang dihasilkan dari hasil uji lentur yaitu kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur.

Kekuatan lentur komposit dapat dipengaruhi oleh adanya kandungan selulosa dalam serat. Semakin tinggi kandungan selulosa dari suatu serat, maka dari itu akan meningkatkan kekakuan dari komposit (Petroudy, 2017). Selain itu, modifikasi kimia yang dilakukan pada serat dapat memperbaiki interaksi antara serat dengan resin pada komposit, sehingga meningkatkan kekuatan lentur dari komposit. Secara teori, rumus untuk mengetahui kekuatan lentur dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$\sigma_f = \frac{3PL}{2bd^2} \quad (2.1)$$

Modulus elastisitas lentur merupakan kemampuan benda menahan beban yang berfungsi untuk mengetahui kekakuan dari benda tersebut. Petroudy (2017) menyatakan bahwa semakin halus permukaan suatu komposit dan semakin homogen permukaannya akan meningkatkan modulus elastisitas lentur dari komposit. Secara teori, rumus untuk menghitung modulus elastisitas lentur dapat dilihat pada persamaan 2.2.

$$\varepsilon_f = \frac{6Dd}{L^2} \quad (2.2)$$

Umumnya uji lentur dilakukan dengan metode *3 point bending* dengan alat *universal testing machine*. Umumnya, kenaikan persentase dari serat pada komposit akan menaikkan kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit.

1. Kekuatan Lentur Spesifik

Kekuatan lentur spesifik merupakan nilai yang didapatkan dari pembagian nilai kekuatan lentur komposit dengan densitasnya (Zhang, 2011). Semakin tinggi nilai kekuatan lentur, semakin ringan dan semakin tinggi pula kekuatannya. Rumus perhitungan nilai kekuatan lentur spesifik dari komposit dapat dilihat pada persamaan 2.3.

$$\hat{\sigma}_f = \frac{\text{Nilai kekuatan lentur komposit}}{\text{Densitas komposit}} \quad (2.3)$$

2. Modulus Elastisitas Lentur Spesifik

Serupa dengan kekuatan lentur spesifik, nilai modulus elastisitas lentur spesifik didapatkan dari pembagian nilai modulus elastisitas lentur komposit dibagi dengan densitas dari komposit tersebut. Rumus perhitungan nilai modulus elastisitas lentur spesifik dari komposit dapat dilihat pada persamaan 2.4.

$$\hat{\varepsilon}_f = \frac{\text{Nilai modulus elastisitas lentur komposit}}{\text{Densitas komposit}} \quad (2.4)$$

Pengujian kekuatan lentur biasanya dilakukan berdasarkan ASTM D790. Pengujian ini dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dengan metode *3 point bending*. Pada pengujian ini spesimen harus berbentuk persegi panjang dengan ukuran 127mm × 12,7 mm × 3,2 mm. Sebelum pengujian, spesimen harus mengalami proses *conditioning* selama kurang lebih 40 jam. Pengujian harus dilakukan pada temperatur 23±2°C dan *relative humidity* sebesar 50±2%.

2.7 Densitas Komposit

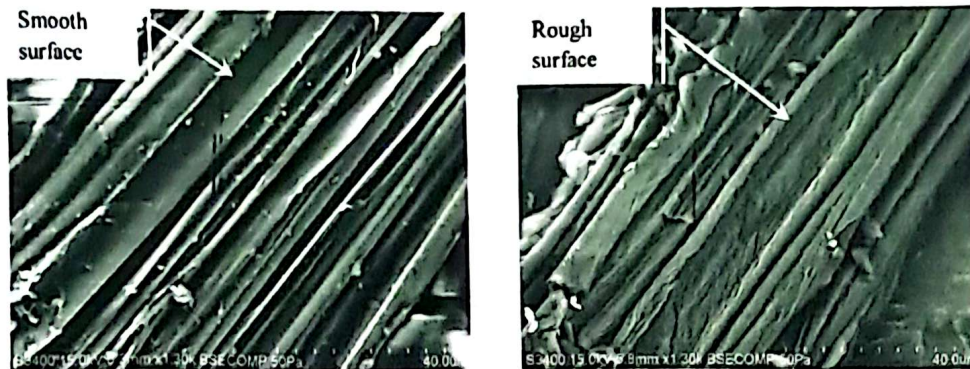
Densitas merupakan rasio dari berat spesimen per volume dari suatu produk. Nantinya, pengukuran densitas berfungsi untuk menyeragamkan hasil pengujian lentur agar hasil yang didapatkan sebanding dan untuk mengetahui kekuatan spesifik dari komposit. Densitas komposit dapat dipengaruhi oleh densitas dari masing-masing bahan penyusunnya seperti matriks dan seratnya (Withers, 2016).

Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat bernama *Density Balance* dengan etanol. Berdasarkan ISO 1183, spesimen untuk pengujian dapat berbentuk potongan-potongan kecil dan memiliki berat diantara 1-5 gram. Secara teori, rumus yang digunakan untuk menghitung densitas dapat dilihat pada persamaan 2.5.

$$(\rho_{s,t}) = \frac{m_{S,A} \times \rho_{I,L}}{m_{S,A} - m_{S,I,L}} \quad (2.5)$$

2.8 Morfologi Permukaan Komposit

Salah satu metode yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan komposit adalah menggunakan alat SEM. Melalui morfologi permukaan, interaksi resin dan serat pada komposit dapat terlihat pada ukuran hingga lebih dari 10 µm. Melalui morfologi permukaan pula, permukaan serat dapat terlihat dan dibedakan serat yang belum mengalami proses alkalisasi maupun yang sudah mengalami proses alkalisasi.



a) Serat Eceng Gondok sebelum Proses Alkalisasi

b) Serat Eceng Gondok setelah Proses Alkalisasi

Gambar II.15 Morfologi Permukaan Eceng Gondok

Sumber: Abral dkk, 2013

Berdasarkan gambar II.15 (a) dapat terlihat bahwa permukaan halus serat masih banyak terdapat zat-zat pengotor yang ada pada serat. Sedangkan pada gambar II.15 (b) setelah proses alkalisasi permukaan serat menjadi kasar dan zat pengotornya hilang, yang akan membuat interaksi antara resin dan serat menjadi baik sehingga kekuatan lentur dari komposit akan menjadi tinggi.

Pengujian morfologi permukaan biasanya dilakukan dengan menggunakan alat *Scanning Electron Microscope* (SEM). Spesimen harus berukuran maksimal 30 mm dan harus dilapisi logam terlebih dahulu dan pada pengujian kali ini platina yang digunakan sebagai logam agar dapat dilakukan perbesaran tinggi dikarenakan spesimen yang diuji tidak bersifat konduktor.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Proses Tugas Akhir ini dilaksanakan selama 10 bulan dari Juli 2018 s.d. Mei 2019 di Balai Teknologi Polimer (BTP), Serpong, Banten dan Politeknik STMI Jakarta. Pembuatan sampel papan komposit dilaksanakan di Laboratorium Proses dan Laboratorium Termal, pengujian sifat lentur dilaksanakan di Laboratorium Mekanik, pengujian densitas dilaksanakan di Laboratorium Reologi, dan pengujian morfologi permukaan dilaksanakan di Laboratorium Optik.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

- | | |
|--|---|
| 1. Mesin Pemotong | 16. Label |
| 2. Gunting | 17. <i>Trash Bag</i> |
| 3. Wadah Besar dan Kecil | 18. <i>Mechanical Stirrer</i> |
| 4. <i>Crusher</i> | 19. <i>Mold</i> untuk <i>Hot Press</i> |
| 5. Gerinda | 20. Pipet |
| 6. Ember | 21. Majun |
| 7. Saringan | 22. <i>Blender</i> |
| 8. Neraca/Timbangan | 23. Ayakan |
| 9. <i>Oven</i> | 24. Sendok Pengaduk |
| 10. Plastik | 25. <i>Scanning Electron Microscope</i> |
| 11. <i>Stirrer</i> | 26. <i>Density Balance Sartorius</i> |
| 12. <i>Beaker Glass</i> 1000 ml, 25 ml dan 50 ml | 27. <i>Universal Testing Machine</i> SHIMIDZU kapasitas 50 kN |
| 13. Wadah untuk Resin | 28. <i>Roller</i> |
| 14. Mesin <i>Hot Press</i> | |
| 15. Loyang | |

3.2.2 Bahan

1. Serat Eceng Gondok dari pengrajin tumbuhan eceng gondok kering di Tangerang
2. Serat Inti Kenaf dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) di Malang
3. Serat Pelepah Kering Abaka dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) di Malang
4. Serat *Agave* dari Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat (Balittas) di Malang
4. NaOH (Soda Api)
5. Resin *Unsaturated Polyester* YUKALAC 157 BQTN-EX
6. Air
7. Katalis *Methyl Ethyl Kethone Peroxide* (MEPOXE)
8. *Wax*
9. Aseton

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Parameter-parameter yang ada pada variabel tetap dilakukan pada masing-masing komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA dan UP/SA. Variabel tetap dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Tetap pada Proses Alkalisasi
 - a. Massa : 250 gram serat sebelum dilakukan proses alkalisasi
 - b. Waktu Perendaman : 5 jam
 - c. Temperatur Pengeringan : 80°C
 - d. Waktu Pengeringan : 7 jam
2. Variabel Tetap pada Proses Pengayakan Serat dan Pencampuran Serat dan Resin UP
 - a. Ukuran Ayakan : 1 mm

- b. Kecepatan Putaran pada *Mechanical Stirrer* : 250 rpm
 - c. Waktu Pencampuran Serat : 5 menit
+ UP
 - d. Massa Serat saat Pencampuran : 35 gram
 - e. Persentase katalis : 1,5% dari massa resin
3. Variabel Tetap di *Compression Molding*
- a. Temperatur Operasi : 75°C pada fase 1
30°C pada fase 2
 - b. Tekanan Operasi : 5 bar pada fase 1
: 1 bar pada fase 2
 - c. Waktu Operasi : 20 menit pada fase 1
10 menit pada fase 2

3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan pada tiap penelitian agar mendapatkan hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada awalnya, variabel bebas pada penelitian ini berjumlah 3 parameter dengan jumlah sampel 15 (terlampir pada Lampiran A). 15 sampel yang digunakan merupakan hasil data yang telah diolah oleh piranti lunak Minitab 16. Namun, 15 sampel tersebut hanya digunakan sebagai studi awal pada pembuatan komposit UP/EG.

Pada proses studi awal pembuatan komposit UP/EG, 3 parameter konsentrasi NaOH yang ada yaitu 5%, 7,5%, dan 10%. Dari hasil percobaan tersebut, komposit diuji sifat lenturnya dan menghasilkan bahwa konsentrasi NaOH sebanyak 5% pada serat menghasilkan komposit dengan nilai lentur tinggi dan konsentrasi NaOH sebanyak 10% menghasilkan nilai lentur rendah.

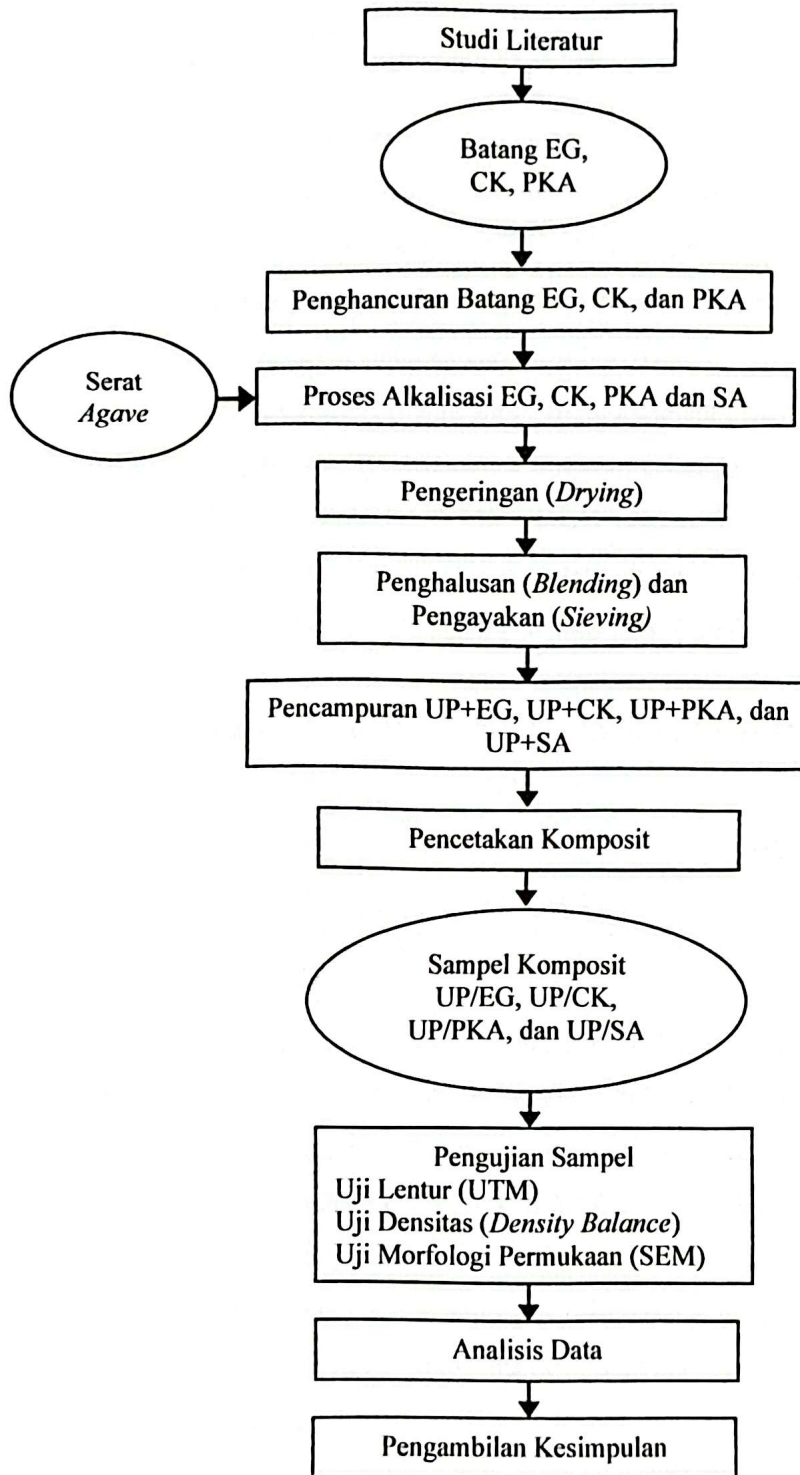
Serupa dengan konsentrasi NaOH, pada awalnya, terdapat 3 komposisi serat yang dijadikan parameter, yaitu 30%, 45%, dan 60%. Setelah pengujian lentur dilakukan, komposit dengan komposisi serat 30% menunjukkan nilai lentur yang tinggi dan komposisi serat 60% menunjukkan nilai lentur yang rendah.

Terdapat 2 sampel yang menunjukkan nilai lentur yang tinggi, dan 2 sampel yang menunjukkan nilai lentur yang rendah sehingga untuk 3 komposit lainnya hanya berfokus pada 4 sampel yang disajikan pada tabel III.1. Seluruh variasi dilakukan pada pembuatan masing-masing komposit.

Tabel III.1 Variasi Parameter Pembuatan masing-masing Komposit

Sampel	Komposisi EG, CK, PKA, dan SA pada masing-masing komposit (%)	Konsentrasi NaOH pada masing-masing EG, CK, PKA, SA (%)
1	30	5
2	30	10
3	60	5
4	60	10

3.4 Diagram Alir Penelitian



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Pembuatan Komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA

1. Preparasi Bahan Baku

Proses pembuatan komposit dimulai dengan pemotongan akar dan daun pada eceng gondok dengan hanya menyisakan batang eceng gondok saja. Inti kenaf dan pelepah kering abaka hanya dipersiapkan dari tempat penyimpanannya saja. Serat *agave* dipotong dengan panjang tertentu. Kemudian masing-masing bagian tumbuhan dihancurkan menggunakan *crusher*, kecuali serat *agave*.

2. Proses Alkalisasi Serat dengan Larutan NaOH

EG, CK, PKA yang telah dihancurkan menggunakan *crusher* serta SA yang telah dipotong dengan panjang tertentu ditimbang sebanyak 250 gram (masing-masing) dan direndam di dalam 5 liter NaOH selama 5 jam. Perendaman ini berfungsi untuk menghilangkan lignin dan zat pengotor yang terdapat pada masing-masing penguat. Banyaknya air pada proses alkalisasi disesuaikan dengan konsentrasi NaOH.

Tabel III.2 Banyaknya Air vs NaOH Padat untuk Perendaman EG, CK, PKA dan SA

No	Konsentrasi NaOH (%)	Banyaknya air (liter)	Banyaknya NaOH padat (gram)
1.	5	4,75	250
2.	10	4,5	500

3. Pengeringan (*Drying*)

EG, CK, PKA dan SA yang telah direndam ditiriskan pada saringan bambu, kemudian dibilas dengan air bersih sebanyak 5 kali untuk menghilangkan sisa NaOH yang masih menempel. Kemudian, penguat dimasukkan ke dalam *oven* untuk proses pengeringan dengan temperatur 80°C selama 7 jam.

4. Penghalusan (*Blending*)

EG, CK dan PKA yang sudah kering di dihaluskan menggunakan *blender*. Penghalusan dilakukan untuk menyeragamkan ukuran dari masing-masing penguat.

5. Pengayakan (*Sieving*)

Proses pengayakan dilakukan pada ayakan berukuran 1 mm untuk lebih menyeragamkan ukuran EG, CK dan PKA.

6. Pencampuran (*Mixing*) *Unsaturated Polyester* dengan Serat Alam

Proses pencampuran ini dilakukan menggunakan wadah kecil dengan mencampurkan resin dan EG, CK, PKA dan SA secara masing-masing sesuai tabel III.1 yang telah ditimbang sebanyak 35 gram di dalam wadah kecil dengan bantuan *mechanical stirrer* selama 5 menit dan kecepatan sebesar 250 rpm.

7. *Compression Molding* (*Hot Press*)

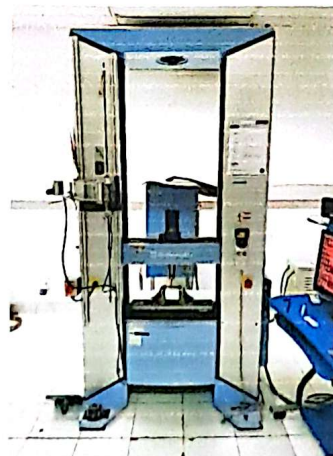
Resin *unsaturated polyester* yang sudah tercampur dengan masing-masing EG, CK, PKA dan SA dimasukkan ke dalam plastik agar tidak lengket dan kemudian dimasukkan ke dalam cetakan yang berbentuk bulat untuk di *press*. Proses dilakukan di mesin *Hot Press* dengan 2 fase. Fase pertama yaitu *heating* (pemanasan) dengan suhu 75°C selama 20 menit. Fase kedua yaitu *cooling* (pendinginan) dengan suhu 30°C selama 10 menit. Setelah proses selesai, sampel dikeluarkan dari *mold*.

8. Pengujian Sampel

a. Pengujian Sifat Lentur (Kekuatan Lentur dan Modulus Elastisitas Lentur)

Pengujian ini menggunakan alat *Universal Testing Machine* SHIMIDZU dengan kapasitas 50 kN yang ada di Laboratorium Mekanik Balai Teknologi Polimer. Hasil pengujian yang akan dihasilkan adalah nilai dari kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur.

Gambar alat UTM adalah sebagai berikut:



Gambar III.2 Universal Testing Machine (UTM)
Sumber: Laboratorium Mekanik Balai Teknologi Polimer

Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Hidupkan alat UTM dan komputer yang terhubung dengan alatnya dengan menekan tombol *power* pada alat dan komputer.
2. Sementara alat dan komputer sedang *loading* untuk menyala, ketiga spesimen yang akan digunakan diukur tebal dan lebarnya masing-masing menggunakan jangka sorong. Pengukuran dilakukan pada bagian atas, tengah, dan bawah spesimen dan kemudian dirata-ratakan.
3. Setelah itu data-data pengukuran yang ada dimasukkan ke dalam *file Excel* untuk selanjutnya dapat digunakan untuk melakukan penghitungan yang berkaitan dengan pengujian.
4. Hitung jarak *support span* dengan menggunakan rumus pada persamaan 3.1:

$$L = d \times 16 \pm 1 \quad (3.1)$$
5. Setelah data pengukuran dimasukkan, data yang dimasukkan kemudian adalah kecepatan dari alat UTM (*crosshead*) saat dilakukan pengujian dengan rumus pada persamaan 3.2:

$$R = \frac{zL^2}{6d} \quad (3.2)$$
6. Kemudian buka piranti lunak *Trapezium* untuk melakukan pengujian. Metode pengujian yang dilakukan adalah *3-Point Bend*. Data-data yang sudah didapatkan kemudian dimasukkan.
7. Sebelum memulai pengujian, UTM harus dikalibrasi dengan menekan tombol bertuliskan *Zero* pada alat.
8. Setelah proses kalibrasi selesai, klik bagian *Start Test* pada piranti lunak *Trapezium* dan pengujian akan dimulai.
9. Setelah selesai, nilai hasil pengujian akan ditampilkan.

b. Pengujian Densitas

Pengujian dilakukan dengan alat bernama *Density Balance* dengan larutan etanol. Berikut merupakan gambar *Density Balance* yang ada di Laboratorium Reologi Balai Teknologi Polimer. Gambar alat *Density Balance* adalah sebagai berikut:



Gambar III.3 Density Balance

Sumber: Laboratorium Reologi Balai Teknologi Polimer

Langkah-langkah pengujian ini antara lain:

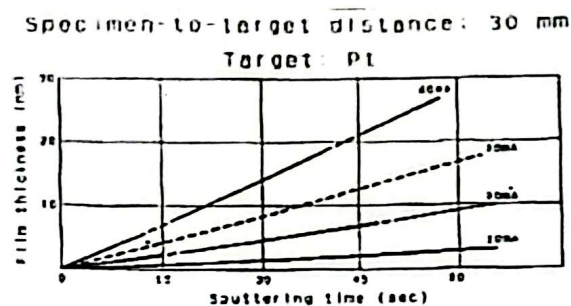
1. Nyalakan timbangan dan tunggu sampai layar menunjukkan "0,000".
2. Tempatkan *beaker glass* \varnothing 76 mm pada bagian tengah *metal platform*, letakkan termometer di sisinya.
3. Isi *beaker glass* dengan etanol hingga 30 mm di atas keranjang saringan.
4. Ukur suhu etanol yang digunakan, usahakan suhu etanol berada pada $23 \pm 0,5^\circ\text{C}$ atau pada $27 \pm 0,5^\circ\text{C}$.
5. Letakkan spesimen pada *metal platform*, catat berat spesimen di udara ($m_{S,A}$).
6. Masukkan spesimen ke dalam etanol, letakkan di bawah keranjang (bila $\rho_{\text{spesimen}} < \rho_{\text{cairan}}$) atau di atas (bila $\rho_{\text{spesimen}} > \rho_{\text{cairan}}$)
7. Hilangkan gelembung udara yang melekat pada keranjang saringan maupun spesimen.
8. Catat berat spesimen dalam cairan ($m_{S,IL}$).
9. Hitung kerapatan spesimen dalam cairan ($\rho_{s,t}$), dengan persamaan 2.5 pada halaman 22.

c. Pengujian Morfologi Permukaan Komposit

Pengujian dilakukan menggunakan *Scanning Electron Microscope* yang ada di Laboratorium Optik Balai Teknologi Polimer. Pada pengujian morfologi permukaan menggunakan alat SEM, apabila spesimen uji bersifat isolator harus

dilapisi menggunakan logam; platina atau emas agar menjadi konduktor. Hal ini dimaksudkan agar sinar elektron yang ditembakkan oleh alat SEM akan menyebar pada spesimen uji. Proses pelapisan (*coating*) dapat dilakukan dengan langkah-langkah berikut:

1. Siapkan spesimen yang ingin dilapisi (*coating*) di stub (*holder*)
2. Masukkan spesimen yang akan dilapisi dengan membuka *sample chamber* (angkat kaca beserta *gun chamber* dan letakkan spesimen pada lembar silikon).
3. Tutup kembali *sample chamber*.
4. Hidupkan *Fine Coater* (tekan saklar dari posisi 0 ke posisi 1).
5. Atur ketebalan lapisan (*coating*) dengan mengatur waktu dan arus dengan cara sebagai berikut:
 - Waktu (dalam detik): tekan *display* sehingga lampu indikator menunjuk ke *sec*, atur waktu dengan menekan tombol ↑ untuk menambah waktu dan ↓ untuk mengurangi waktu.
 - Arus (dalam mA): tekan tombol 10 mA, 20 mA, 30 mA, atau 40 mA untuk mengetahui tebal lapisan lihat grafik di bawah ini:



Gambar III.4 Grafik Penentuan Ketebalan Lapisan Platina

Sumber: Instruksi Kerja SEM Balai Teknologi Polimer

6. Atur ke dalam mode *auto* dengan cara tekan tombol *mode* sehingga lampu indikator berada pada posisi *auto*.
7. Tekan *start*.
8. Tunggu hingga sampai proses pelapisan (*coating*) selesai. (Setelah menekan tombol *start*, proses *flashing* akan terjadi 2 kali, kemudian proses pelapisan akan dimulai dengan waktu yang telah diatur sebelumnya).

9. Matikan *Fine Coater* dengan menekan saklar ke posisi 0.
10. Ambil spesimen dan tutup *sample chamber*.

Gambar alat *Fine Coater* adalah sebagai berikut:



Gambar III.5 *Fine Coater*

Sumber: Laboratorium Optik Balai Teknologi Polimer

Setelah proses *coating* selesai, spesimen siap untuk dilakukan pengujian.

Langkah-langkah pengujian sebagai berikut:

1. Pasang spesimen pada *specimen holder*. Atur tinggi permukaan spesimen sama dengan tinggi permukaan *specimen holder*, kemudian kencangkan skrup dengan kunci L yang sesuai.
2. Jika permukaan spesimen di atas tinggi *specimen holder*, masukkan nilai kelebihan tinggi pada *specimen height* dalam *standard setup menu*.
3. Klik **VENT** dan tunggu hingga lampu indikator **VENT** berhenti berkedip.
4. Putar Z pada posisi 20 mm.
5. Buka *specimen chamber*.
6. Masukkan spesimen.
7. Klik **EVAC** dan tunggu status **READY** dan **HT OFF**.
8. Buka piranti lunak SEM pada komputer dan pastikan piranti lunak sudah siap.
9. Klik **HT OFF** menjadi **HT ON**.
10. Klik **Mag +** untuk memperbesar gambar, dan klik **Mag -** untuk memperkecil gambar, atau atur secara manual dengan memutar tombol *knop magnification*.

11. Klik **AF** untuk mengatur fokus otomatis, atau klik **Focus** dengan cara menggeser *mouse* ke kanan ataupun ke kiri sehingga gambar menjadi fokus, atau dengan memutar tombol *knop focus* untuk mengatur fokus manual.
12. Klik **ACB** untuk mengatur kontras gambar secara otomatis atau klik **Contrast/Brightness** untuk cara manual kemudian geser *mouse* ke arah kanan atau kiri sehingga mendapat kontras yang terbaik, atau cara manual dengan cara memutar tombol *knop contrast* atau *brightness*.
13. Klik **AS** untuk mengatur stigmator secara otomatis atau klik **Stig X/Stig Y** untuk cara manual kemudian geser *mouse* ke arah kanan atau kiri sehingga gambar menjadi lebih fokus.
14. Klik **Stage** untuk memindahkan posisi spesimen kemudian pilih *holder* yang digunakan dan klik 2 kali untuk melihat *stage* secara otomatis.
15. Jika sudah mendapatkan gambar yang diinginkan, klik **Photo** agar resolusi gambar menjadi terbaik. Kemudian gambar dapat disimpan di komputer.

Gambar alat uji SEM adalah sebagai berikut:



Gambar III.6 *Scanning Electron Microscope (SEM)*
Sumber: Laboratorium Optik Balai Teknologi Polimer

Tabel IV.1 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/EG

Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Komposisi EG (%)	Kekuatan Lentur (MPa)	Standar Deviasi	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)	Standar Deviasi
1	5	30	41,2851	4,94350	3920,69	530,902
2	10		43,0835	5,55103	3419,85	978,376
3	5	60	6,8058	1,23256	650,42	94,692
4	10		3,1866	2,79638	484,91	411,904

Nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit UP/EG merupakan nilai rata-rata dari 9 spesimen yang diuji dari 3 komposit yang dibuat pada masing-masing sampel. Sampel 1 dan 2 memiliki nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 3 dan 4. Walaupun begitu, nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur sampel 1 dan 2 tidak melebihi nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur pada resin UP.

Tabel IV.2 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/CK

Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Komposisi CK (%)	Kekuatan Lentur (MPa)	Standar Deviasi	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)	Standar Deviasi
1	5	30	44,3422	1,70425	5374,94	508,874
2	10		40,7884	3,75029	3668,01	315,815
3	5	60	7,3887	1,69939	1032,98	266,027
4	10		11,8638	2,87011	2052,36	381,373

Nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit UP/CK merupakan nilai rata-rata dari 6 spesimen yang diuji dari 3 komposit yang dibuat masing-masing sampel. Serupa dengan komposit UP/EG, sampel 1 dan 2 memiliki nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 3 dan 4. Nilai kekuatan lentur pada keempat sampel komposit UP/CK tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur pada resin UP, namun nilai modulus elastisitas lentur keempat sampel komposit UP/CK yang melebihi nilai modulus elastisitas lentur resin UP hanya pada sampel 1.

Tabel IV.3 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/PKA

Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Komposisi PKA (%)	Kekuatan Lentur (MPa)	Standar Deviasi	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)	Standar Deviasi
1	5	30	41,0682	4,17458	4998,53	482,55
2	10		37,1614	6,53712	4713,06	1813,08
3	5	60	18,2056	8,75771	1451,11	524,14
4	10		12,5670	5,16782	1685,31	672,60

Nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit UP/PKA merupakan nilai rata-rata dari 6 spesimen yang diuji dari 3 komposit yang dibuat masing-masing sampel. sampel 1 dan 2 menunjukkan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang lebih tinggi dibanding dengan sampel 3 dan 4. Nilai kekuatan lentur keempat sampel komposit UP/PKA tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur resin UP, namun nilai modulus elastisitas lentur komposit UP/PKA yang melebihi nilai modulus elastisitas lentur resin UP adalah pada sampel 1 dan 2.

Tabel IV.4 Hasil Pengujian Lentur Komposit UP/SA

Sampel	Konsentrasi NaOH (%)	Komposisi SA (%)	Kekuatan Lentur (MPa)	Standar Deviasi	Modulus Elastisitas Lentur (MPa)	Standar Deviasi
1	5	30	62,6220	28,4747	5099,32	1839,27
2	10		74,8654	23,4176	5201,93	1278,43
3	5	60	22,7083	21,6369	433,17	436,05
4	10		16,2877	11,2074	129,98	141,16

Nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit UP/SA merupakan nilai rata-rata dari 6-9 spesimen yang diuji dari 2-3 komposit yang dibuat masing-masing sampel. Sampel 1 dan 2 menunjukkan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 3 dan 4. Nilai kekuatan lentur komposit UP/SA tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur resin UP, namun nilai modulus elastisitas lentur komposit UP/SA yang melebihi nilai modulus elastisitas lentur resin UP adalah pada sampel 1 dan 2.

Sampel 1 dan 2 pada komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP SA yang memiliki komposisi serat 30% menunjukkan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel 3 dan 4 yang memiliki komposisi serat sebanyak 60%. Hal ini disebabkan kenaikan komposisi

serat dapat menurunkan sifat lentur komposit karena interaksi antara resin dengan serat yang kurang baik.

Setiap sampel pada setiap komposit memiliki densitas yang berbeda-beda, maka setiap sampel harus dibagi dengan masing-masing densitasnya sehingga nantinya dapat dibandingkan dengan setara dan dapat diketahui kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik dari masing-masing komposit.

Tabel IV.5 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/EG

Sampel	Densitas (g/cm ³)	Kekuatan Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)	Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)
1	1,3221	31,227	2965,502
2	1,3827	31,159	2473,313
3	1,0397	6,546	625,581
4	1,2193	2,614	397,693

Nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit UP/EG tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas resin UP. Sampel 1 memiliki nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas spesifik tertinggi pada komposit UP/EG.

Tabel IV.6 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/CK

Sampel	Densitas (g/cm ³)	Kekuatan Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)	Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)
1	1,0438	42,482	5149,3964
2	1,2854	31,732	2853,5940
3	0,7866	9,393	1313,2215
4	0,9109	13,024	2253,1123

Nilai kekuatan lentur spesifik komposit UP/CK tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur resin UP namun, nilai modulus elastisitas lentur spesifik UP/CK yang melebihi nilai modulus elastisitas lentur resin UP adalah sampel 1. Sampel 1 memiliki nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik tertinggi pada komposit UP/CK.

Tabel IV.7 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/PKA

Sampel	Densitas (g/cm ³)	Kekuatan Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)	Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)
1	1,2887	31,8679	3878,783
2	1,3240	28,0675	3559,713
3	1,1722	15,5311	1237,937
4	1,2863	9,7699	1310,200

Nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit UP/PKA tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur resin UP. Sampel 1 menunjukkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik tertinggi pada komposit UP/PKA.

Tabel IV.8 Nilai Kekuatan Lentur Spesifik dan Modulus Elastisitas Lentur Spesifik Komposit UP/SA

Sampel	Densitas (g/cm ³)	Kekuatan Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)	Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (MPa.cm ³ /g)
1	1,2750	49,1153	3999,467
2	1,2341	60,6640	4215,161
3	1,2038	18,8638	359,831
4	1,2146	13,4099	107,015

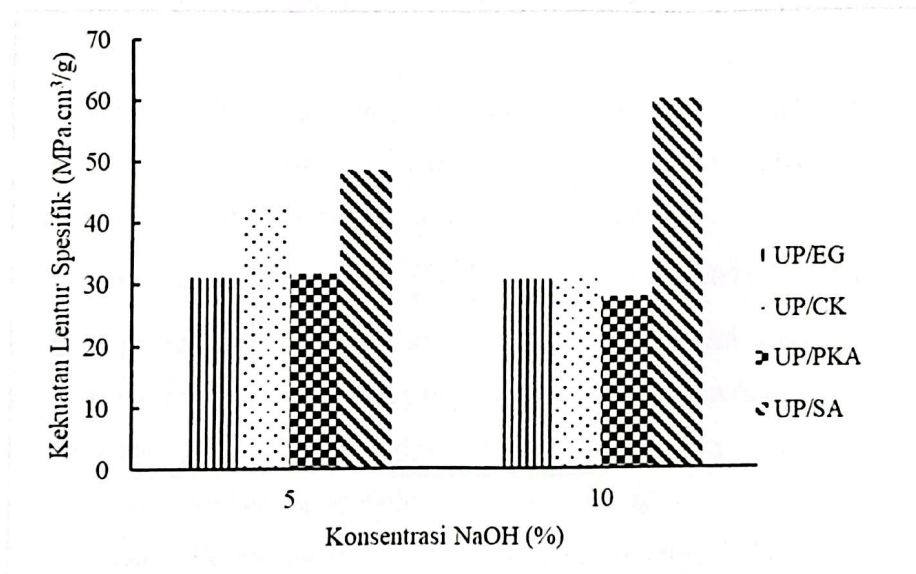
Nilai kekuatan lentur spesifik komposit UP/SA tidak ada yang melebihi nilai kekuatan lentur resin UP namun, nilai modulus elastisitas lentur spesifik UP/SA yang melebihi nilai modulus elastisitas lentur resin UP adalah sampel 2. Sampel 2 memiliki nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik tertinggi pada komposit UP/SA.

Berdasarkan hasil pengujian lentur keempat sampel pada masing-masing komposit, sampel 1 dan 2 menunjukkan nilai lentur yang lebih tinggi dibandingkan sampel 3 dan 4. Hal ini dikarenakan penambahan komposisi serat menyebabkan interaksi antarpermukaan resin dan serat tidak begitu baik sehingga nilai lenturnya turun. pada komposit UP/EG, UP/CK, dan UP/PKA, sampel 1 menunjukkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik yang tertinggi. Hal ini disebabkan oleh komposisi serat yang sedikit dan proses alkalisasi dengan konsentrasi NaOH yang tepat. Lain halnya dengan komposit UP/SA yang menunjukkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas spesifik tertinggi pada sampel 2, hal ini dikarenakan serat *agave* merupakan serat panjang, dan serat yang lain merupakan serat pendek sehingga nilai yang dihasilkan

komposit UP/SA tidak dijadikan patokan perbandingan nilai uji dari keempat komposit.

4.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH di Proses Alkalisasi Serat pada Nilai Lentur Spesifik Komposit

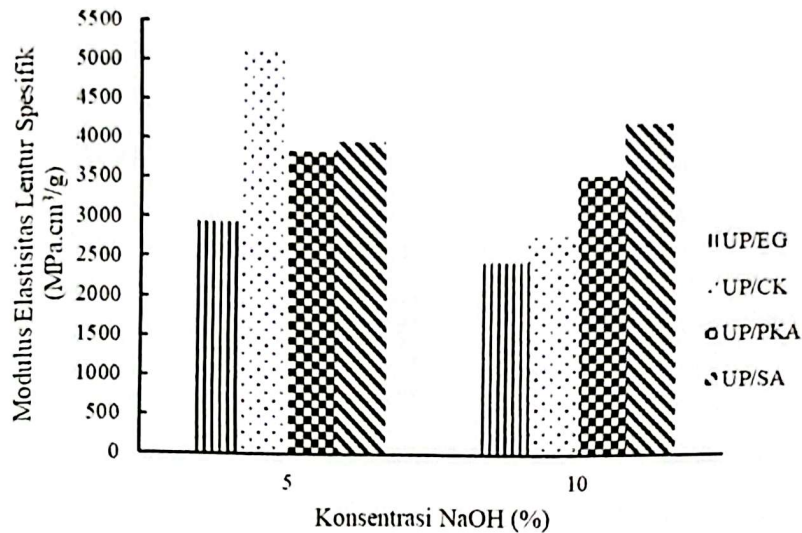
Gambar IV.1 menunjukkan bahwa nilai kekuatan lentur spesifik komposit yang mengalami proses alkalisasi dengan konsentrasi NaOH 5% lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi NaOH 10% terkecuali pada komposit UP/SA. Hal ini disebabkan oleh serat *agave* merupakan serat panjang, maka beban yang diterima dapat dibagikan secara merata sehingga nilainya lebih tinggi. Komposit UP/EG, UP/CK, dan UP/PKA yang mengalami proses alkalisasi dengan konsentrasi NaOH 10% dan memiliki nilai kekuatan lentur spesifik yang rendah disebabkan adanya kemunculan struktur fibril yang membuat interaksi resin dengan serat menjadi kurang baik sehingga nilai kekuatan lentur spesifik menjadi rendah. Nilai kekuatan lentur spesifik tertinggi dimiliki oleh komposit UP/CK dengan nilai kekuatan lentur spesifik sebesar 42,482 MPa.cm³/g.



Gambar IV.1 Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Serat terhadap Kekuatan Lentur Spesifik masing-masing Komposit

Serupa dengan gambar IV.1, gambar IV.2 menunjukkan pengaruh konsentrasi NaOH pada modulus elastisitas lentur spesifik masing-masing komposit. Konsentrasi 5% NaOH menunjukkan nilai yang lebih baik daripada konsentrasi

10%. Nilai modulus elastisitas lentur spesifik tertinggi dimiliki oleh komposit UP/CK yaitu sebesar 5149,3964 MPa.cm³/g.



Gambar IV.2 Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Proses Alkalisasi Serat terhadap Modulus Elastisitas Lentur Spesifik masing-masing Komposit

4.3 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/EG, UP/CK, UP/PKA, dan UP/SA

Pada pengujian ini setiap sampel dibuat 3 buah komposit untuk mengetahui homogenitas dari ketiga komposit tersebut. Terdapat rumus untuk mengetahui homogenitas dari komposit tersebut yaitu pada persamaan 4.1.

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata-rata nilai}} \times 1,1 \times 100\% \quad (4.1)$$

apabila nilai persentase yang didapatkan melebihi 10%, maka 3 komposit yang dibuat dengan metode dan formulasi yang sama dapat dikatakan tidak homogen dan apabila di bawah 10% komposit dapat dikatakan homogen. Data perhitungan persentase standar deviasi dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel IV.9 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/EG

Sampel	Persentase Standar Deviasi Kekuatan Lentur Spesifik (%)	Persentase Standar Deviasi Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (%)	Keterangan
1	17	20	Tidak Homogen
2	20	44	Tidak Homogen
3	118	114	Tidak Homogen
4	21	17	Tidak Homogen

Persentase standar deviasi kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik pada komposit UP/EG semua sampel tidak homogen dikarenakan semua nilainya lebih dari 10%. Namun, terdapat anomali pada sampel 3 karena nilai menunjukkan ratusan, hal ini disebabkan oleh komposit yang sama sekali tidak homogen.

Tabel IV.10 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/CK

Sampel	Persentase Standar Deviasi Kekuatan Lentur Spesifik (%)	Persentase Standar Deviasi Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (%)	Keterangan
1	3	11	Homogen
2	13	12	Tidak Homogen
3	20	23	Tidak Homogen
4	24	19	Tidak Homogen

Persentase standar deviasi kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik pada komposit UP/CK yang homogen hanya pada sampel 1. Walaupun persentase standar deviasi pada nilai modulus elastisitas lentur spesifik lebih dari 10%, namun persentase standar deviasi pada kekuatan lentur spesifik menunjukkan nilai jauh di bawah 10% maka komposit dapat dikatakan homogen.

Tabel IV.11 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/PKA

Sampel	Persentase Standar Deviasi Kekuatan Lentur Spesifik (%)	Persentase Standar Deviasi Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (%)	Keterangan
1	14	14	Tidak Homogen
2	26	56	Tidak Homogen
3	58	56	Tidak Homogen
4	62	47	Tidak Homogen

Persentase standar deviasi kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik pada komposit UP/PKA tidak homogen karena tidak ada yang melebihi 10%.

Tabel IV.12 Persentase Standar Deviasi Komposit UP/SA

Sampel	Persentase Standar Deviasi Kekuatan Lentur Spesifik (%)	Persentase Standar Deviasi Modulus Elastisitas Lentur Spesifik (%)	Keterangan
1	57	46	Tidak Homogen
2	42	33	Tidak Homogen
3	126	133	Tidak Homogen
4	92	145	Tidak Homogen

Persentase standar deviasi komposit UP/SA tidak ada yang homogen. Terdapat anomali pada sampel 3 dan 4 yang menunjukkan bahwa komposit sama sekali tidak homogen.

4.4 Hasil Pengukuran Densitas Komposit dengan *Density Balance*

Pengukuran ini dilakukan untuk mendapatkan nilai densitas pada masing-masing sampel komposit. Pengukuran densitas dilakukan juga dengan tujuan untuk menjadi pembagi pada hasil pengujian lentur. Hal ini disebabkan karena setiap sampel komposit memiliki densitas berbeda-beda sehingga harus dibagi dengan densitas masing-masing agar hasil pengujiannya sebanding dan untuk mengetahui kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik masing-masing komposit.

Tabel IV.13 Hasil Pengukuran Densitas Komposit

No	Jenis Komposit	Sampel	Komposisi EG, CK, PKA, dan SA pada masing-masing komposit (%)	Konsentrasi NaOH (%)	Densitas (g/cm ³)
1	UP/EG	1	30	5	1,3221
		2		10	1,3827
		3	60	5	1,0397
		4		10	1,2193
2	UP/CK	1	30	5	1,0438
		2		10	1,2854
		3	60	5	0,7866
		4		10	0,9109
3	UP/PKA	1	30	5	1,2887
		2		10	1,3240
		3	60	5	1,1722
		4		10	1,2863
4	UP/SA	1	30	5	1,2750
		2		10	1,2341
		3	60	5	1,2038
		4		10	1,2146

Pengukuran dilakukan dengan mengambil 3 buah spesimen dari tiap sampel yang ada kemudian nilai densitas dapat dihitung dengan rumus pada persamaan 2.3. Berdasarkan hasil pengukuran densitas masing-masing komposit UP/EG, UP/CK, dan UP/PKA dapat terlihat bahwa pada sampel yang mengalami proses alkalisasi sebanyak 5% (sampel 1 dan 3) memiliki nilai densitas yang lebih besar dibandingkan dengan komposit yang seratnya mengalami proses alkalisasi dengan konsentrasi NaOH 10% (2 dan 4). Hal ini disebabkan oleh konsentrasi 5% NaOH

melarutkan lignin dan beberapa zat pengotor lain yang ada pada serat dengan cukup baik sehingga massanya berkurang dibandingkan dengan konsentrasi NaOH 10%. Namun terdapat perbedaan pada komposit UP/SA yang densitas lebih besar pada konsentrasi NaOH 10%. Hal ini disebabkan oleh proses alkalisasi yang dilakukan kurang maksimal.

Selain itu nilai densitas komposit dipengaruhi oleh masing-masing densitas resin ataupun serat, apabila komposisi seratnya lebih banyak, densitas komposit lebih mendekati densitas serat, apabila komposisi resin lebih banyak, densitas komposit lebih mendekati densitas resin. Jika sudah diperoleh hasilnya kemudian dirata-ratakan. Data perhitungan densitas dapat dilihat pada lampiran A.

4.5 Hasil Pengujian Morfologi Permukaan Komposit dengan *Scanning Electron Microscope*

Pengujian ini dilakukan untuk melihat interaksi antara resin dengan serat dengan perbesaran 1000 kali ($10\mu\text{m}$). Nantinya juga akan dianalisa bagaimana pengaruh penambahan komposisi serat pada sifat lentur dari tiap komposit.

4.5.1 Hasil Pengujian pada Komposit UP/EG

4.5.1.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1 (Tinggi)

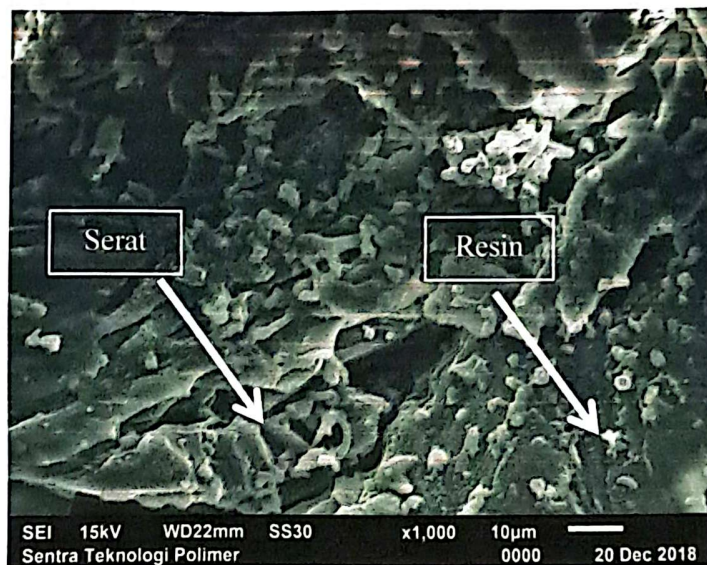


Gambar IV.3 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Eceng Gondok dengan Komposisi Eceng Gondok 30%

Sampel 1 memiliki komposisi serat 30%. Dapat dilihat pada gambar IV.3 bahwa serat terlihat lebih sedikit dibandingkan dengan resin. Ramirez dkk (2014) menyatakan bahwa semakin tinggi komposisi serat maka nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur semakin rendah. Pada sampel ini dapat disimpulkan bahwa serat dengan komposisi yang lebih sedikit dibanding resin menyebabkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik yang tinggi.

4.5.1.2 Hasil Pengujian pada Sampel 4 (Rendah)

Sampel 4 memiliki komposisi serat sebanyak 60%. Berdasarkan hasil gambar IV.2, serat memang terlihat lebih banyak dibandingkan dengan resin. Komposit pada sampel 4 memiliki nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik yang rendah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Ramirez dkk (2014) yang menyatakan bahwa kenaikan komposisi serat menyebabkan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur dari komposit menurun.



Gambar IV.4 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Eceng Gondok dengan Komposisi Eceng Gondok 60%

4.5.2 Hasil Pengujian pada Komposit UP/CK

4.5.2.1 Hasil Pengujian pada Sampel 2 (Tinggi)

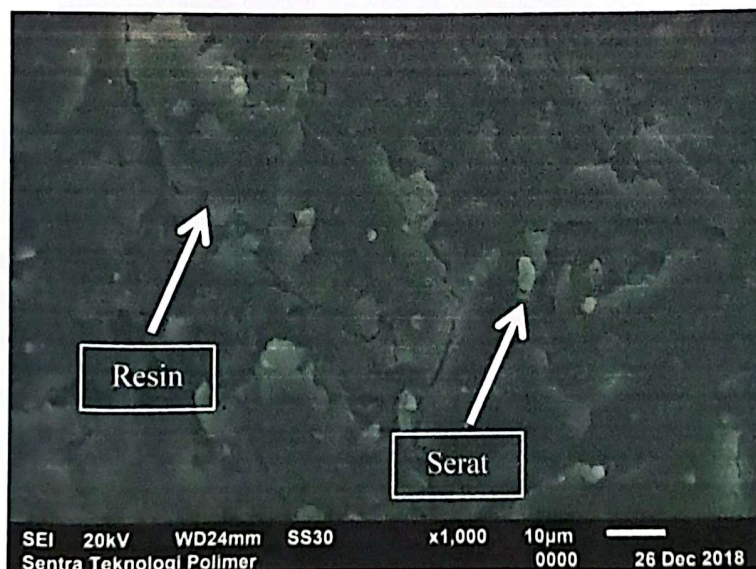
Sampel 2 memiliki komposisi serat sebanyak 30%. Berdasarkan hasil gambar IV.3 dapat dikatakan bahwa serat dan resin tercampur merata dibuktikan dengan bagian serat terbungkus oleh resin. Selanjutnya, terlihat serat lebih sedikit

dibandingkan resin. Nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik pada sampel 2 merupakan nilai yang tinggi. Sesuai dengan yang dikatakan Ramirez dkk (2014) bahwa nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit berbanding terbalik dengan persentase serat.



Gambar IV.5 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Inti Kenaf dengan Komposisi Inti Kenaf 30%

4.5.2.2 Hasil Pengujian pada Sampel 3 (Rendah)



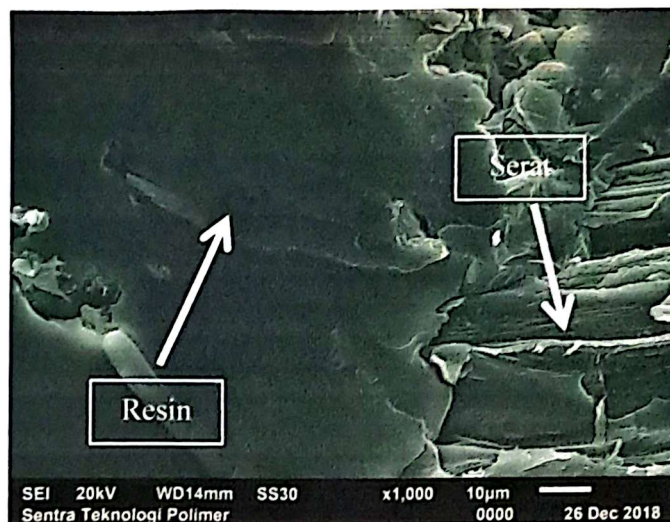
Gambar IV.6 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Inti Kenaf dengan Komposisi Inti Kenaf 60%

Sampel 3 memiliki komposisi serat sebanyak 60%. Berdasarkan hasil gambar IV.6 dapat dilihat bahwa resin dan serat tercampur, namun terlihat serat yang tidak terlalu tampak, dikarenakan bentuk serat inti kenaf yang terlalu halus saat proses pencampuran. Hal ini menyebabkan nilai modulus elastisitas lentur komposit ini menjadi tinggi (Aryanti, 2017). Kekuatan lentur dari komposit ini rendah dikarenakan persentase serat yang lebih banyak.

4.5.3 Hasil Pengujian pada Komposit UP/PKA

4.5.3.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1 (Tinggi)

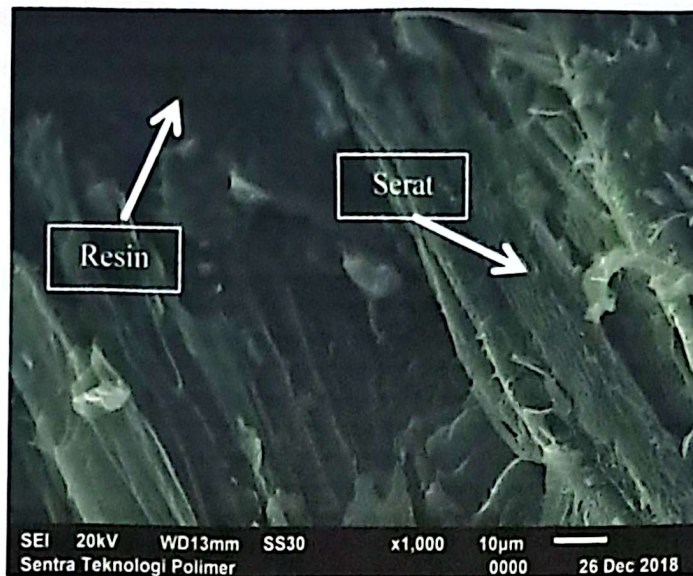
Sampel 1 mengalami proses alkalisasi dengan konsentrasi NaOH 5%. Hal ini terbukti bahwa pada gambar IV.7 terlihat permukaan serat yang kasar sehingga interaksi dengan resin menyatu dengan baik dan membuat kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik menjadi lebih tinggi.



Gambar IV.7 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Pelepah Kering Abaka dengan Konsentrasi NaOH 5% pada Pelepah Kering Abaka

4.5.3.2 Hasil Pengujian pada Sampel 2 (Rendah)

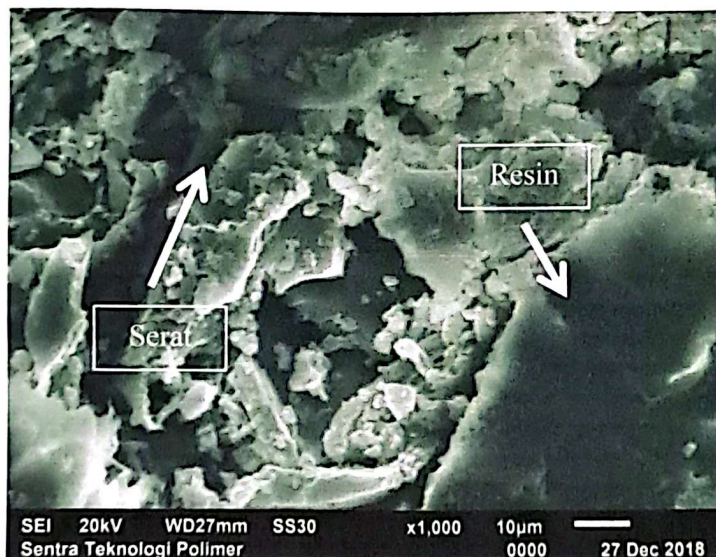
Sampel 2 mengalami proses alkalisasi dengan konsentrasi NaOH sebanyak 10%. Hal ini dibuktikan bahwa permukaan serat menjadi banyak fibrilasi yang membuat interaksi antara serat dengan resin menjadi kurang baik, sehingga menyebabkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik menjadi rendah.



Gambar IV.8 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Pelepah Kering Abaka dengan Konsentrasi NaOH 10% pada Pelepah Kering Abaka

4.5.4 Hasil Pengujian pada Komposit UP/SA

4.5.4.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1 (Tinggi)



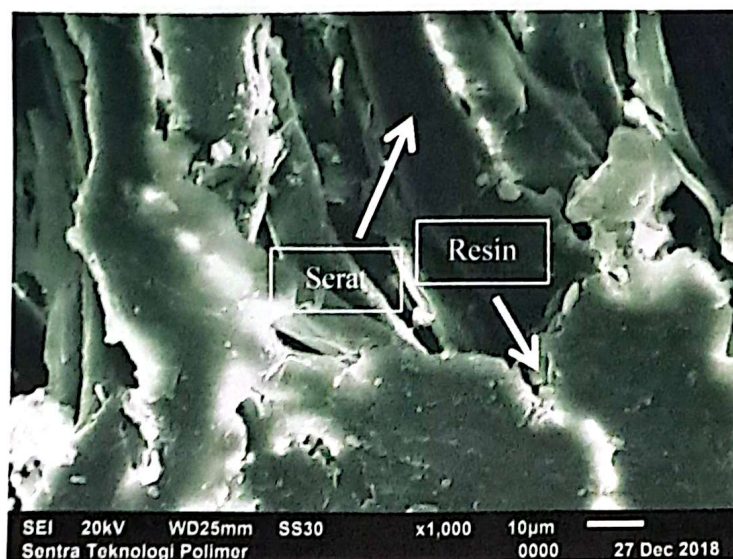
Gambar IV.9 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester*/Serat *Agave* dengan Komposisi Serat *Agave* 30%

Sampel 1 memiliki komposisi serat sebanyak 30%. Dapat terlihat pada gambar bahwa serat terlihat lebih sedikit dibandingkan resin. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Ramirez dkk (2014) yang menyatakan komposisi serat dengan nilai

kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur berbanding terbalik sehingga kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit menjadi tinggi.

4.5.4.2 Hasil Pengujian pada Sampel 4 (Rendah)

Sampel 4 memiliki komposisi serat sebanyak 30%. Dapat terlihat pada gambar bahwa serat terlihat lebih banyak dibandingkan resin. Hal ini sesuai dengan yang dinyatakan Ramirez dkk (2014) yang menyatakan konsentrasi serat dengan nilai kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur berbanding terbalik sehingga kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur komposit menjadi rendah. Hal ini dikarenakan interaksi antara resin dan serat yang kurang baik.



Gambar IV.10 Morfologi Permukaan Komposit *Unsaturated Polyester/Serat Agave* dengan Komposisi Serat *Agave* 60%

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data pengujian yang dilakukan, kesimpulan dari Laporan Tugas Akhir ini adalah:

1. Kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik dapat dipengaruhi oleh konsentrasi NaOH pada proses alkalisasi EG, CK, PKA, dan SA. Nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik tertinggi dimiliki oleh komposit UP/CK yang mengalami proses alkalisasi dengan 5% NaOH dengan nilai kekuatan lentur spesifik sebesar 42,482 MPa.cm³/g dan nilai modulus elastisitas lentur spesifik sebesar 5149,3964 MPa.cm³/g. Konsentrasi NaOH 5% dapat menghilangkan zat pengotor dari komposit sehingga dapat meningkatkan kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik dari komposit. Konsentrasi NaOH 10% dapat menimbulkan struktur fibril pada serat sehingga membuat nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik komposit menjadi rendah.
2. Morfologi permukaan komposit dengan komposisi EG, CK, dan SA sebanyak 30% serta dengan konsentrasi NaOH sebanyak 5% pada PKA memiliki nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik yang lebih tinggi dibandingkan dengan komposisi 60% serta konsentrasi NaOH 10%, hal ini dikarenakan oleh interaksi antar permukaan resin dan serat yang kurang baik dan munculnya struktur fibril pada PKA. EG, CK, PKA dan SA yang semula dijadikan penguat beralih fungsi menjadi pengisi (*filler*) dikarenakan penambahan EG, CK, PKA dan SA menurunkan nilai kekuatan lentur spesifik dan modulus elastisitas lentur spesifik namun penurunannya tidak terlalu besar.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil analisa dan data pengujian yang telah dilakukan, didapatkan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan pengujian morfologi lainnya seperti pengujian *X-Ray Diffraction* untuk melihat struktur kristalinitas komposit dan pengujian sifat mekanik seperti uji tarik untuk mengetahui kekuatan tarik komposit.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh waktu perendaman EG, CK, PKA, dan SA terhadap sifat lentur komposit.

DAFTAR PUSTAKA

- Abral, Hairul., Putra, Hendri., Sapuan, S.M., & Ishak, M.R. "Effect of Alkalization on Mechanical Properties of Water Hyacinth Fibers – Unsaturated Polyester Polymer Composites." *Polymer-Plastics Technology and Engineering*. 52:5. 446-451. 2013.
- Akinyemi, Banjo A., Afolayan, J.O., & Oluwatobi, Ogunji E. "Some Properties of Composite Corn Cob and Sawdust Particle Boards." Elsevier Ltd. Nigeria. 2016.
- Al-Oqla, Faris M., & Sapuan, S.M. "Natural Fiber Reinforced Polymer Composites in Industrial Applications: Feasibility of Date Palm Fibers for Sustainable Automotive Industry." *Journal of Cleaner Production* 66. 373-354. 2013.
- Aryanti, Ika Fitria. "Teknologi Komposit Polimer: Definisi, Jenis, Keuntungan Komposit Polimer." Politeknik STMI Jakarta. Jakarta. 2017.
- Aryanti, Ika Fitria. "Teknologi Komposit Polimer: *Fiber Glass*." Politeknik STMI Jakarta. Jakarta. 2017.
- ASTM D 790. "Standard Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials." ASTM International. 100 Barr Harbor Drive. PO Box C700. West Conshocken, Philadelphia 19428-2959. United States.
- Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat. "Pusat Unggulan IPTEK Tanaman Serat: Abaka." Diakses dari www.balittas.litbang.pertanian.go.id pada 14 Juni 2019.
- Billmeyer, Fred W. "Textbook of Polymer Science" (3rd Ed). A Wiley-InterScience Publication. New York. 1984.
- Callister, W.D., Rethwisch, D.G., "Material Science and Engineering: An Introduction", (9th ed), John Wiley & Sons, Ltd., 2014.
- Chand, N., Fahim, M. (Eds), "Tribology of Natural Fiber Polymer Composites." Composites and Science and Engineering. Woodhead Publishing. 2008.

- Faruk, Omar., Bledzki A.K., Fink, Hans-Peter., Sain, M. "Biocomposites Reinforced with Natural Fibers: 2000-2010." *Progress in Polymer Science* 37. 1552-1596. 2012.
- Ferreira, Diana P., Cruz, Juliana., Figueiro, R. "Surface Modification of Natural Fibers in Polymer Composites." *Green Composites for Automotive Applications*. Woodhead Publishing Series. Guimarães. 2018.
- Fiore, V., Bella G. Di., Valenza A. "The Effect on Mechanical Properties of Kenaf Fibers and Their Epoxy Composites." *Composites: Part B* 68. 14-21. 2015.
- Fink, J.K. "Unsaturated Polyester Resins. Reactive Polymers: Fundamentals and Applications." 1-69. Elsevier Inc. 2018.
- Hamidon, M.H., Sultan, M.T.H., Ariffin, A.H., Shah, A.U.M. "Effects of Fibre Treatment on Mechanical Properties of Kenaf Fibre Reinforced Composites: A Review." *Journal of Materials Research and Technology*. Malaysia. 2018.
- Hasbi, M., Aminur., & Sahril. "Studi Sifat Mekanik Komposit Polimer yang Diperkuat Partikel Clay." *Enthalpy – Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*. Vol. 1. No. 1. Kendari. 2016.
- Hollaway, Leonard (Eds). "Handbook of Polymer Composites for Engineers." Woodhead Publishing Ltd. Cambridge. 1994.
- Instruksi Kerja IKE-039. SEM-EDS. JEOL JSM-6510 LA.
- Instruksi Pengujian IP-007. "Pengukuran Kerapatan pada Plastik Padat (*Non-Cellular*). ISO 1183-1. 2012(E).
- Kalia, S., Kaith, B.S., Kaur, I. "Pretreatments of Natural Fibers and Their Application as Reinforcing Material in Polymer Composites-A Review." *Polymer Engineering and Science*. Wiley InterScience. 2009.
- Metchanon, P., Weerawatsophon, U., Sumransin, N., Prahsarn, C., & Bergado, D.T. "Properties and Potential Application of the Selected Natural Fibers as Limited Life Geotextiles." *Carbohydrate Polymers*. 82-24. 1090-1096. 2010.
- Mohit, H., Selvan, V.A.M., "A Comprehensive Review on Surface Modification, Structure Interface and Bonding Mechanism of Plant Cellulose Fiber

- Reinforced Polymer Based Composites.” Composite Interfaces. Taylor and Francis Group. 2018.
- Myslamy, K., & Rajendran, I. “The Mechanical Properties, Deformation and Thermochemical Properties of Alkali Treated and Untreated Agave Continuous Fibre Reinforced Epoxy Composites.” Elsevier Ltd. India. 2010.
- Nuryana, R. “Pemanfaatan Selulosa dari Eceng Gondok sebagai Bahan Baku Pembuatan CMC (CarboxyMethyl Cellulose) dengan Media Reaksi Campuran Larutan Metanol – Propanol.” Laporan Skripsi. Politeknik Negeri Sriwijaya. 2016.
- Ouarhim, W., Zari, N., Bouchfid R., & Qaiss, A. el kacem. “Mechanical Performance of Natural Fiber-based Thermosetting Composites.” Elsevier Ltd. Maroko. 2019.
- Peters, S.T. & Harper, C.A. (Eds). “Handbook of Plastics, Elastomers, and Composites Chapter 4: Composite Materials and Processes (4th Ed).” McGraw Hill Handbooks. California. 2004.
- Petroudy, S.R.D., Fan, M., Fu, Feng (Eds). “Physical and Mechanical of Natural Fibers.” Advanced High Strength Natural Fibre Composites in Construction. Faculty of New Technologies and Energy Engineering, Shahid Beheshti University. Iran. Woodhead Publishing. 2017.
- Prasetyo, K.W., Henny, C., “Pengembangan Tanaman Kenaf (*Hibiscus cannabinus L.*) Sebagai Bahan Baku Papan Komposit Hasil Reklamasi Lingkungan di Lahan Bekas Penambangan Timah Pulau Bangka, Propinsi Bangka Belitung.” UPT Balai Litbang Biomaterial. 2012.
- Punyamurthy, R., Sampathkumar, D., Bennehalli, B., patel, R., & Venkateshappa, S.C. “Abaca Fiber Reinforced Epoxy Composites: Evaluation of Impact Strength.” Vol 18. No. 2. PP 305-307. International Journal of Sciences: Basic and Applied Research. India. 2014.
- Radhista, M. “Sintesis dan Karakterisasi Hidrogel Antibakteri Berbasis Carboxymethyl Cellulose dari Eceng Gondok dengan Penambahan Daun Sirsak. Seminar Proposal. Tidak diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Indonesia. 2019.
- Radini, Fitri Ayu., “Polymer Testing and Characterization – Week 5.” Politeknik STMI Jakarta. Jakarta. 2016.

- Radini, Fitri Ayu., "Plastic Manufacture Technology – Week 2." Politeknik STMI Jakarta. Jakarta. 2016.
- Ramirez, Flores N., Hernandez, Y.S., de Leon, J.C., Garcia, S.R.V., Lvova, L.D., & Gonzales L.G. "Composites from Water Hyacinth (*Eichhornea crassipe*) and Polyester Resin." Vol. 16. No. 1. Mexico. 2014.
- Rwawiire, S., Tomkova, B., Militky, J., Jabbar, A., Kale, B.M. "Development of a Biocomposite Based on Green Epoxy Polymer and Natural Cellulose Fabric (Bark Cloth) for Automotive Instrument Panel Applications." Composites Part B. 140-157. 2015.
- Sarifuddin, N., & Ismail, H. "Hybridization of Commercial Fillers with Kenaf Core Fibers on the Physical Mechanical Properties of Low Density Polyethylene/Thermoplastic Sago Starch Composites." Elsevier Ltd. Malaysia. 2018.
- Sapuan, S.M. "Composite Materials: Concurrent Engineering Approach." Butterworth-Heinemann. Oxford. 2017.
- Shimpi, N.G. "Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites: Processing, Properties, and Applications." Woodhead Publishing. Duxford. 2018.
- Sreenivasan, S., Sulaiman, S., Baharuddin B.T.H.T., Ariffin, M.K.A., & Abdan K. "Recent Developments of Kenaf Fibers Reinforced Thermoset Composites: Review." W.S. Maney & Son Ltd. Vol. 17. 2013.
- Tumulva, T.P., Ortenero, J., Kubouchi, M. "Characterization and Treatment of Water Hyacinth Fibers for NFRP Composites." The 19th International Conference of Composite Materials. 28. Filipina. 2013.
- Vicarneltor, D.N., Ujjianto, O., Tomo H.S.S., & Nurindah. "Efek Jenis Serat Alam dan Kondisi Proses Terhadap Sifat Peredaman Suara dan *Flexural Properties* Komposit *Unsaturated Polyester* – Serat Alam." Serpong. 2018.
- Vijayalakshmi, K., Neeraja, Ch.Y.K., Kavitha A., Hayavadana, J. "Abaca Fibre." Transactions on Engineering Sciences. Vol. 2. Telengana. 2014.
- Withers, P. J. Physical Properties of Composites. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering. Manchester. Elsevier Inc. 2016.

Wypych, G. "Handbook of Polymers." Chemtec Publishing. Toronto. 2012.

Yousif, B., Shalwan, A., Chin, C.W., Ming, K.C., "Flexural Properties of Treated and Untreated Kenaf/Epoxy Composites." *Materials and Design* 40. 378-385. 2012.

Zhang (Eds)., "The Basic Properties of Building Materials". *Building Materials in Civil Engineering*. 7-423. 2011.

LAMPIRAN A

DATA SAMPEL STUDI AWAL DAN DATA PENGUJIAN LENTUR

A.1 Data Parameter Variabel Bebas Penelitian sebagai Studi Awal pada Komposit UP/EG

Sampel	Komposisi Eceng Gondok (%)	Konsentrasi NaOH (%)	Waktu Alkalisasi (jam)
1	45	7,5	5
2	30	10	5
3	45	10	8
4	60	10	5
5	60	7,5	2
6	45	7,5	5
7	45	7,5	5
8	30	7,5	8
9	45	5	2
10	45	5	8
11	60	5	5
12	30	7,5	2
13	30	5	5
14	60	7,5	8
15	45	10	2

A.2 Pengujian Lentur Resin UP

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 spesimen. Setiap spesimen diberikan nama masing-masing UP-1, UP-2, UP-3, UP-4, dan UP-5. Hasil pengujian lentur dari resin UP ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel A.1 Hasil Pengujian Lentur Resin UP

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
UP-1	4,80	14,69	76,80	68,7421	3978,47
UP-2	4,73	11,53	75,68	80,5336	4111,60
UP-3	4,74	11,42	75,84	64,4958	4098,05
UP-4	4,71	13,75	75,36	87,2617	4499,39
UP-5	4,83	14,35	77,28	91,5747	4262,29
Rata-rata	4,76	13,15	76,19	78,5216	4198,96
Standar Deviasi	0,0507	1,56436	0,81112	11,6531	200,184

A.2 Pengujian Lentur Komposit UP/EG

Pada pengujian kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur, masing-masing sampel komposit berjumlah 3 buah kemudian masing-masing dipotong menjadi 3 bagian yang selanjutnya pada pengujian ini spesimen yang ada dinamakan A1-1, A1-2, A1-3 pada komposit 1, A2-1, A2-2, dan A2-3 pada komposit 2, dan A3-1, A3-2, dan A3-3 pada komposit 3.

A.2.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1

Tabel A.2 Hasil Pengujian Lentur Sampel 1

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,00	12,45	64,00	44,6312	4313,86
A1-2	4,02	13,99	64,32	46,3239	4875,74
A1-3	3,94	13,06	63,04	45,2925	4198,58
A2-1	3,86	12,80	61,76	39,9938	3609,60
A2-2	3,89	13,33	62,24	30,0666	2676,95
A2-3	3,87	13,23	61,92	43,0471	3570,74
A3-1	3,89	13,03	62,24	39,4628	3934,07
A3-2	3,88	12,04	62,08	43,4832	3891,88
A3-3	3,86	12,09	61,76	39,2649	3914,80
Rata-rata	3,91	12,90	62,60	41,2851	3920,69
Standar Deviasi	0,06058	0,63246	0,96922	4,9435	530,902

A.2.2 Hasil Pengujian pada Sampel 2

Tabel A.1 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 2

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	2,85	13,18	45,60	41,7999	3291,76
A1-2	2,87	11,78	45,92	35,9258	3195,26
A1-3	2,87	12,56	45,92	42,3935	2578,85
A2-1	3,00	14,57	48,00	32,9455	3037,58
A2-2	3,01	13,56	48,16	45,7598	3122,57
A2-3	2,96	13,33	47,36	48,3208	2605,83
A3-1	3,10	13,16	49,60	46,7907	2809,81
A3-2	3,15	11,85	50,40	49,4370	5367,18
A3-3	3,16	13,22	50,56	44,3790	4796,76
Rata-rata	2,99	13,02	47,95	43,0835	3419,85
Standar Deviasi	0,12042	0,86555	1,92666	5,55103	978,376

A.2.3 Hasil Pengujian pada Sampel 3

Tabel A.4 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 3

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,86	13,46	77,76	5,74692	637,484
A1-2	4,88	13,46	78,08	6,41157	618,618
A1-3	4,73	13,54	75,68	7,07019	552,948
A2-1	4,74	14,27	75,84	4,91502	490,836
A2-2	4,71	14,03	75,36	5,79871	609,929
A2-3	4,76	14,29	76,16	7,61589	683,715
A3-1	4,88	13,28	78,08	6,78396	754,842
A3-2	4,90	13,34	78,40	8,70133	775,239
A3-3	4,77	13,62	76,32	8,20865	730,129
Rata-rata	4,80	13,70	76,85	6,80580	650,416
Standar Deviasi	0,07533	0,39292	1,20532	1,23256	94,6915

A.2.4 Hasil Pengujian pada Sampel 4

Tabel A.5 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 4

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,18	13,13	66,88	1,60558	241,127
A1-2	4,04	13,51	64,64	1,11826	170,115
A1-3	4,10	13,78	65,60	2,28552	341,629
A2-1	3,82	14,10	61,12	1,11547	193,757
A2-2	3,81	15,16	60,96	1,59827	262,890
A2-3	3,78	13,73	60,48	2,31531	309,192
A3-1	3,64	14,31	58,24	9,85012	1444,16
A3-2	3,62	13,44	57,92	4,20651	694,536
A3-3	3,61	14,21	57,76	4,58450	706,761
Rata-rata	3,84	13,93	61,51	3,18662	484,907
Standar Deviasi	0,21483	0,60037	3,43731	2,79638	411,904

A.3 Pengujian Lentur Komposit UP/CK

Pada pengujian kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur, masing-masing sampel komposit berjumlah 3 buah kemudian masing-masing dipotong menjadi 2 bagian yang selanjutnya pada pengujian ini spesimen yang ada dinamakan A1-1 dan A1-2 pada komposit 1, A2-1 dan A2-2 pada komposit 2, serta A3-1 dan A3-2 pada komposit 3.

A.3.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1

Tabel A.6 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 1

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	6,34	11,21	101,44	42,6441	5018,85
A1-2	6,33	12,66	101,28	42,4346	4835,38
A2-1	5,90	12,24	94,400	44,4456	5304,35
A2-2	5,94	11,95	95,040	44,5029	5115,87
A3-1	5,92	14,00	94,720	44,9221	5823,14
A3-2	5,91	13,69	94,560	47,1039	6152,02
Rata-rata	6,06	12,63	96,910	44,3422	5374,94
Standar Deviasi	0,21602	1,0613	3,4564	1,70425	508,874

A.3.2 Hasil Pengujian pada Sampel 2

Tabel A.2 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 2

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,00	12,45	64,00	44,6312	4313,86
A1-2	4,02	13,99	64,32	46,3239	4875,74
A1-3	3,94	13,06	63,04	45,2925	4198,58
A2-1	3,86	12,80	61,76	39,9938	3609,60
A2-2	3,89	13,33	62,24	30,0666	2676,95
A2-3	3,87	13,23	61,92	43,0471	3570,74
A3-1	3,89	13,03	62,24	39,4628	3934,07
A3-2	3,88	12,04	62,08	43,4832	3891,88
A3-3	3,86	12,09	61,76	39,2649	3914,80
Rata-rata	3,91	12,90	62,60	41,2851	3920,69
Standar Deviasi	0,06058	0,63246	0,96922	4,9435	530,902

A.3.3 Hasil Pengujian pada Sampel 3

Tabel A.8 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 3

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	6,35	13,14	101,60	8,22703	1154,18
A1-2	6,33	13,37	101,28	8,09527	1074,55
A2-1	6,30	13,73	100,80	4,46303	572,30
A2-2	6,29	13,43	100,64	6,41016	880,71
A3-1	6,17	13,19	98,72	9,25289	1276,71
A3-2	6,20	12,85	100,61	7,88401	1239,41
Rata-rata	6,27	13,28	100,61	7,38873	1032,98
Standar Deviasi	0,0723	0,29851	1,0038	1,69939	266,027

A.3.4 Hasil Pengujian pada Sampel 4

Tabel A.9 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 4

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	5,03	13,04	80,48	9,4537	1880,24
A1-2	5,02	12,90	80,32	10,6091	1630,99
A2-1	4,63	12,35	74,08	15,2473	2669,19
A2-2	4,59	12,33	73,44	15,8069	2340,21
A3-1	4,75	14,10	76,00	10,2238	1961,16
A3-2	4,78	13,40	76,48	9,8351	1832,37
Rata-rata	4,80	13,03	76,80	11,8636	2052,36
Standar Deviasi	0,18826	0,6807	3,01208	2,87011	381,373

A.4 Pengujian Lentur Komposit UP/PKA

Pada pengujian kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur, masing-masing sampel komposit berjumlah 3 buah kemudian masing-masing dipotong menjadi 2 bagian yang selanjutnya pada pengujian ini spesimen yang ada dinamakan A1-1 dan A1-2 pada komposit 1, A2-1 dan A2-2 pada komposit 2, serta A3-1 dan A3-2 pada komposit 3.

A.4.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1

Tabel A.10 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 1

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,82	13,61	77,12	42,5547	4159,51
A1-2	4,84	13,93	76,80	46,7595	5547,04
A2-1	4,76	13,78	76,16	37,2846	4901,75
A2-2	4,77	14,13	76,32	35,2972	4957,92
A3-1	4,83	13,61	77,28	43,2790	5043,81
A3-2	4,86	13,70	77,76	41,2339	5381,15
Rata-rata	4,81	13,79	76,91	41,0682	4998,53
Standar Deviasi	0,03777	0,20403	0,60434	4,17458	482,552

A.4.2 Hasil Pengujian pada Sampel 2

Tabel A.11 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 2

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,66	13,44	74,56	25,8514	4654,41
A1-2	4,74	14,71	75,84	34,6809	5397,63
A2-1	4,39	13,56	70,24	40,9580	1179,59
A2-2	4,41	13,62	70,56	39,3637	6326,85
A3-1	4,51	14,68	72,16	37,9011	5222,93
A3-2	4,54	12,87	72,64	44,4832	5496,93
Rata-rata	4,54	13,81	72,67	37,1614	4713,06
Standar Deviasi	0,13761	4,5417	2,20177	6,53712	1813,08

A.4.3 Hasil Pengujian pada Sampel 3

Tabel A.12 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 3

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,36	13,78	69,76	11,9398	1180,98
A1-2	4,39	13,73	70,24	21,0941	1720,41
A2-1	4,06	13,33	64,96	24,0922	2271,59
A2-2	4,13	13,72	66,08	18,8669	1503,03
A3-1	3,97	13,75	63,52	28,7810	1308,92
A3-2	3,93	14,05	62,88	4,4595	721,73
Rata-rata	4,14	13,73	66,24	18,2056	1451,11
Standar Deviasi	0,19514	0,23036	3,12226	8,75771	524,136

A.4.4 Hasil Pengujian pada Sampel 4

Tabel A.13 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 4

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	4,45	12,98	71,20	9,2361	870,673
A1-2	4,42	13,44	70,72	11,1767	1363,12
A2-1	3,94	12,81	63,04	20,6224	2819,12
A2-2	3,95	13,77	63,02	9,9310	1581,73
A3-1	4,13	13,98	66,08	17,1385	2048,90
A3-2	4,08	13,44	65,28	7,2975	1428,32
Rata-rata	4,16	13,40	66,59	12,5670	1685,31
Standar Deviasi	0,22427	0,44742	3,58831	5,16782	672,597

A.5 Pengujian Lentur Komposit UP/SA

Pada pengujian kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur, masing-masing sampel komposit berjumlah 2-3 buah kemudian masing-masing dipotong menjadi 2 bagian yang selanjutnya pada pengujian ini spesimen yang ada dinamakan A1-1, A1-2, dan A1-3 pada komposit 1, A2-1, A2-2, dan A2-3 pada komposit 2, serta A3-1, A3-2, A3-3 pada komposit 3.

A.5.1 Hasil Pengujian pada Sampel 1

Tabel A.14 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 1

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	5,42	13,86	86,72	27,9166	2934,95
A1-2	5,52	13,09	88,32	28,2287	2837,02
A2-1	5,67	13,14	90,72	66,6924	6622,15
A2-2	5,84	13,35	93,44	76,8576	4847,74
A3-1	5,14	13,33	82,24	96,8927	6544,97
A3-2	5,06	12,82	80,96	79,1440	6773,07
Rata-rata	5,44	13,26	87,07	62,6220	5099,32
Standar Deviasi	0,30136	0,34921	4,82173	28,4747	1839,27

A.5.2 Hasil Pengujian pada Sampel 2

Tabel A.15 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 2

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	5,83	14,28	93,3	94,9729	5630,21
A1-2	5,80	13,17	92,8	74,1505	4511,95
A2-1	6,07	14,13	97,1	94,0720	4239,16
A2-2	6,15	12,92	98,4	30,7546	3744,51
A3-1	6,43	12,74	102,9	75,7182	5885,14
A3-2	6,50	14,18	104,0	79,5243	7200,60
Rata-rata	6,13	13,57	98,1	74,8654	5201,93
Standar Deviasi	0,29319	0,7016	4,69103	23,4176	1278,43

A.5.3 Hasil Pengujian pada Sampel 3

Tabel A.16 Hasil Pengujian Lentur Komposit Sampel 3

Parameter	Ketebalan	Lebar	Jarak Span	Kekuatan Lentur	Modulus Elastisitas Lentur
Satuan	mm	mm	mm	MPa	MPa
A1-1	3,56	17,50	56,96	11,5451	590,18
A1-2	3,90	16,31	62,40	19,8264	525,88
A1-3	3,92	16,54	62,72	24,0872	1361,91
A2-1	4,38	16,29	70,08	20,1133	604,48
A2-2	4,31	15,50	68,96	36,5253	53,10
A2-3	4,35	16,74	69,60	73,2173	120,82
A3-1	6,90	16,96	110,4	9,01975	587,43
A3-2	6,74	18,08	107,8	9,94533	47,86
A3-3	6,83	19,66	109,3	0,09517	6,98
Rata-rata	4,99	17,06	79,80	22,7083	433,17
Standar Deviasi	1,4017	1,22299	22,4272	21,6369	436,049

A.5.4 Hasil Pengujian pada Sampel 4

Tabel A.17 Hasil Pengujian Luas Ekspansi Sampel 4

Parameter	Konduktivitas	Lebar	Jarak Spasi	Kapasitas Luas	Mudahan Ekspansi Luas
Salinan	mm	mm	mm	mm ²	mm ²
A1.1	1,14	16,81	61,24	1,06723	16,477
A1.2	1,20	16,78	61,20	1,07182	16,461
A1.3	1,14	16,80	61,24	10,7822	17,767
A1.4	1,20	16,85	61,48	10,7700	21,047
A1.5	1,19	16,77	61,48	10,7714	217,121
A1.6	1,25	17,04	78,20	6,49622	61,307
Rata-rata	1,20	17,10	69,40	10,7877	170,989
Standar Deviasi	0,49078	1,16717	6,14827	11,2878	161,167

LAMPIRAN B

DATA PERHITUNGAN

B.1 Perhitungan Persentase Standar Deviasi

B.1.1 Perhitungan Persentase Standar Deviasi Resin UP

1. Kekuatan Lentur: $\frac{11,6531}{78,5216} \times 1,1 \times 100 = 16,32 = 16\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{200,184}{4198,96} \times 1,1 \times 100 = 5,24 = 5\%$

B.1.2 Perhitungan Persentase Standar Deviasi Komposit UP/EG

B.1.2.1 Sampel 1

1. Kekuatan Lentur: $\frac{4,94350}{31,2269} \times 1,1 \times 100 = 17,41 = 17\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{530,902}{2965,5019} \times 1,1 \times 100 = 19,69 = 20\%$

B.1.2.2 Sampel 2

1. Kekuatan Lentur: $\frac{5,55103}{31,159} \times 1,1 \times 100 = 19,60 = 20\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{978,376}{2472,8791} \times 1,1 \times 100 = 43,52 = 44\%$

B.1.2.3 Sampel 3

1. Kekuatan Lentur: $\frac{1,23256}{6,5459} \times 1,1 \times 100 = 20,71 = 21\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{94,6915}{625,5805} \times 1,1 \times 100 = 16,65 = 17\%$

B.1.2.4 Sampel 4

1. Kekuatan Lentur: $\frac{2,79638}{2,6135} \times 1,1 \times 100 = 117,70 = 118\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{411,904}{397,6929} \times 1,1 \times 100 = 113,93 = 114\%$

B.1.3 Perhitungan Persentase Standar Deviasi Komposit UP/CK

B.1.3.1 Sampel 1

1. Kekuatan Lentur: $\frac{1,70425}{42,4411} \times 1,1 \times 100 = 2,78 = 3\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{508,874}{5149,4539} \times 1,1 \times 100 = 10,87 = 11\%$

B.1.3.2 Sampel 2

1. Kekuatan Lentur: $\frac{3,75029}{32,4995} \times 1,1 \times 100 = 12,69 = 13\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{315,815}{2922,2514} \times 1,1 \times 100 = 11,89 = 12\%$

B.1.3.3 Sampel 3

1. Kekuatan Lentur: $\frac{1,69939}{9,3932} \times 1,1 \times 100 = 19,9 = 20\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{266,027}{1313,2215} \times 1,1 \times 100 = 22,28 = 23\%$

B.1.2.4 Sampel 4

1. Kekuatan Lentur: $\frac{2,87011}{13,0243} \times 1,1 \times 100 = 24,24 = 24\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{381,373}{2253,1123} \times 1,1 \times 100 = 18,62 = 19\%$

B.1.4 Perhitungan Persentase Standar Deviasi Komposit UP/PKA

B.1.4.1 Sampel 1

1. Kekuatan Lentur: $\frac{4,17458}{31,8679} \times 1,1 \times 100 = 14,41 = 14\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{482,552}{3878,74} \times 1,1 \times 100 = 13,69 = 14\%$

B.1.4.2 Sampel 2

1. Kekuatan Lentur: $\frac{6,53712}{28,0675} \times 1,1 \times 100 = 25,62 = 26\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{1813,08}{3559,71} \times 1,1 \times 100 = 56,02 = 56\%$

B.1.4.3 Sampel 3

1. Kekuatan Lentur: $\frac{8,75771}{15,5311} \times 1,1 \times 100 = 62,03 = 62\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{524,136}{1237,94} \times 1,1 \times 100 = 46,57 = 47\%$

B.1.4.4 Sampel 4

1. Kekuatan Lentur: $\frac{5,16782}{9,7699} \times 1,1 \times 100 = 58,18 = 58\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{672,597}{1310,2} \times 1,1 \times 100 = 56,47 = 56\%$

B.1.5 Perhitungan Persentase Standar Deviasi Komposit UP/SA

B.1.5.1 Sampel 1

1. Kekuatan Lentur: $\frac{28,4747}{54,7108} \times 1,1 \times 100 = 57,25 = 57\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{1839,27}{4445,111} \times 1,1 \times 100 = 45,52 = 46\%$

B.1.5.2 Sampel 2

1. Kekuatan Lentur: $\frac{23,4176}{60,664} \times 1,1 \times 100 = 42,46 = 42\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{1278,43}{4215,1608} \times 1,1 \times 100 = 33,36 = 33\%$

B.1.5.3 Sampel 3

1. Kekuatan Lentur: $\frac{21,6369}{18,0638} \times 1,1 \times 100 = 126,17 = 126\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{436,049}{359,8314} \times 1,1 \times 100 = 133,3 = 133\%$

B.1.5.4 Sampel 4

1. Kekuatan Lentur: $\frac{11,2074}{13,4099} \times 1,1 \times 100 = 91,93 = 92\%$
2. Modulus Elastisitas Lentur: $\frac{141,163}{107,0147} \times 1,1 \times 100 = 145,1 = 145\%$

B.2 Perhitungan Densitas Komposit

B.2.1 Perhitungan Densitas pada Komposit UP/EG

B.2.1.1 Sampel 1

- a. Spesimen 1: $m_{udara} = 1,0663$ g dan $m_{etanol} = 0,4351$ g

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,0663 \times 0,78606}{1,0663 - 0,4351} = 1,3279 \text{ g/cm}^3$$

- b. Spesimen 2: $m_{udara} = 1,1331$ g dan $m_{etanol} = 0,4637$ g

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,1331 \times 0,78606}{1,1331 - 0,4637} = 1,3306 \text{ g/cm}^3$$

- c. Spesimen 3: $m_{udara} = 1,0297$ g dan $m_{etanol} = 0,4108$ g

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,0297 \times 0,78606}{1,0297 - 0,4108} = 1,3078 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,3279 + 1,3306 + 1,3078}{3} = 1,3221 \text{ g/cm}^3$$

B.2.1.2 Sampel 2

- a. Spesimen 1: $m_{udara} = 0,802$ g dan $m_{etanol} = 0,3478$ g

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,802 \times 0,78606}{0,802 - 0,3478} = 1,388 \text{ g/cm}^3$$

- b. Spesimen 2: $m_{udara} = 0,8441$ g dan $m_{etanol} = 0,3633$ g

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8441 \times 0,78606}{0,8441 - 0,3633} = 1,38 \text{ g/cm}^3$$

- c. Spesimen 3: $m_{udara} = 0,7758$ g dan $m_{etanol} = 0,3339$ g

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,7758 \times 0,78606}{0,7758 - 0,3339} = 1,38 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,388 + 1,38 + 1,38}{3} = 1,3827 \text{ g/cm}^3$$

B.2.1.3 Sampel 3

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 0,8007 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,1941 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8007 \times 0,78606}{0,8007 - 0,1941} = 1,0376 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 0,8207 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,1999 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8207 \times 0,78606}{0,8207 - 0,1999} = 1,0392 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 0,8487 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,2086 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8487 \times 0,78606}{0,8487 - 0,2086} = 1,0422 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,0376 + 1,0392 + 1,0422}{3} = 1,0397 \text{ g/cm}^3$$

B.2.1.4 Formula 4

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 0,8989 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,333 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8989 \times 0,78606}{0,8989 - 0,333} = 1,2486 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 0,9294 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,3245 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,9294 \times 0,78606}{0,9294 - 0,3245} = 1,2077 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 0,8767 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,3031 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8767 \times 0,78606}{0,8767 - 0,3031} = 1,2014 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2846 + 1,2077 + 1,2014}{3} = 1,2193 \text{ g/cm}^3$$

B.2.2 Perhitungan Densitas pada Komposit UP/CK

B.2.2.1 Sampel 1

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 1,2422 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,341 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,2422 \times 0,78606}{1,2422 - 0,341} = 1,0835 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 1,2246 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,2525 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,2246 \times 0,78606}{1,2246 - 0,2525} = 0,9902 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 1,1047 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,2836 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,1047 \times 0,78606}{1,1047 - 0,2836} = 1,0576 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,0835 + 0,9902 + 1,0576}{3} = 1,0438 \text{ g/cm}^3$$

B.2.2.2 Sampel 2

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 1,1186 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,4153 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,1186 \times 0,78606}{1,1186 - 0,4153} = 1,2502 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 0,9371 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,3582 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,9371 \times 0,78606}{0,9371 - 0,3582} = 1,3347 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 1,0543 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,4021 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,0543 \times 0,78606}{1,0543 - 0,4021} = 1,2714 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2502 + 1,3347 + 1,2714}{3} = 1,2854 \text{ g/cm}^3$$

B.2.2.3 Sampel 3

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 0,6833 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,0004 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,6833 \times 0,78606}{0,6833 - 0,0004} = 0,7865 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 0,5877 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,0002 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,5877 \times 0,78606}{0,5877 - 0,0002} = 0,7863 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 0,5972 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,0006 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,5972 \times 0,78606}{0,5972 - 0,0006} = 0,7869 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{0,7865 + 0,7863 + 0,7869}{3} = 0,7866 \text{ g/cm}^3$$

B.2.2.4 Sampel 4

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 0,5014 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,0665 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,5014 \times 0,78606}{0,5014 - 0,0665} = 0,9063 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 0,5279 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,0736 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,5279 \times 0,78606}{0,5279 - 0,0736} = 0,9134 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 0,5491 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,0763 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,5491 \times 0,78606}{0,5491 - 0,0763} = 0,9129 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{0,9063 + 0,9134 + 0,9129}{3} = 0,9109 \text{ g/cm}^3$$

B.2.3 Perhitungan Densitas pada Komposit UP/PKA

B.2.3.1 Sampel 1

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 2,8545 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 1,0865 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,8545 \times 0,78606}{2,8545 - 1,0865} = 1,2691 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 2,4144 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,9536 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,4144 \times 0,78606}{2,4144 - 0,9536} = 1,2992 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 2,1751 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,8577 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,1751 \times 0,78606}{2,1751 - 0,8577} = 1,2978 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2691 + 1,2992 + 1,2978}{3} = 1,2887 \text{ g/cm}^3$$

B.2.3.2 Sampel 2

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 2,1984 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,8886 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,1984 \times 0,78606}{2,1984 - 0,8886} = 1,3193 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 2,4736 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 1,0105 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,4736 \times 0,78606}{2,4736 - 1,0105} = 1,329 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 2,6403 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 1,0723 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,6403 \times 0,78606}{2,6403 - 1,0723} = 1,3236 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,3193 + 1,329 + 1,3236}{3} = 1,324 \text{ g/cm}^3$$

B.2.3.3 Sampel 3

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 1,5725 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,495 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,5725 \times 0,78606}{1,5725 - 0,495} = 1,1472 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 1,4067 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,454 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,4067 \times 0,78606}{1,4067 - 0,454} = 1,1606 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 0,9655 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,3377 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,9655 \times 0,78606}{0,9655 - 0,3377} = 1,2089 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,1472 + 1,1606 + 1,2089}{3} = 1,1722 \text{ g/cm}^3$$

B.2.3.4 Sampel 4

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 1,0202 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,3796 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,0202 \times 0,78606}{1,0202 - 0,3796} = 1,2519 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 0,8775 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,3566 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{0,8775 \times 0,78606}{0,8775 - 0,3566} = 1,3242 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 1,1991 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,4644 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,1991 \times 0,78606}{1,1991 - 0,4644} = 1,2829 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2519 + 1,3242 + 1,2829}{3} = 1,2863 \text{ g/cm}^3$$

B.2.4 Perhitungan Densitas pada Komposit UP/SA

B.2.4.1 Sampel 1

- a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 2,2375 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,8351 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,2375 \times 0,78606}{2,2735 - 0,8351} = 1,2704 \text{ g/cm}^3$$

- b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 2,5323 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,9595 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,5323 \times 0,78606}{2,5323 - 1,9595} = 1,2656 \text{ g/cm}^3$$

- c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 2,312 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,9022 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,312 \times 0,78606}{2,312 - 0,9022} = 1,2891 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2704 + 1,2656 + 1,2891}{3} = 1,275 \text{ g/cm}^3$$

B.2.4.2 Sampel 2

- a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 3,206 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 1,1968 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{3,206 \times 0,78606}{3,206 - 1,1968} = 1,2543 \text{ g/cm}^3$$

- b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 2,8643 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 1,025 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,8643 \times 0,78606}{2,8643 - 1,025} = 1,2243 \text{ g/cm}^3$$

- c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 1,8949 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,6777 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,8949 \times 0,78606}{1,8949 - 0,6777} = 1,2237 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2543 + 1,2243 + 1,2237}{3} = 1,2341 \text{ g/cm}^3$$

B.2.4.3 Sampel 3

- a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 2,463 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,9109 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,463 \times 0,78606}{2,463 - 0,9109} = 1,2474 \text{ g/cm}^3$$

- b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 3,9534 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,9346 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{3,9534 \times 0,78606}{3,9534 - 0,9346} = 1,0294 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 2,3198 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,9535 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,3198 \times 0,78606}{2,3198 - 0,9535} = 1,3346 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,2474 + 1,0294 + 1,3346}{3} = 1,2038 \text{ g/cm}^3$$

B.2.4.4 Sampel 4

a. Spesimen 1: $m_{\text{udara}} = 1,398 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,4327 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{1,398 \times 0,78606}{1,398 - 0,4327} = 1,1384 \text{ g/cm}^3$$

b. Spesimen 2: $m_{\text{udara}} = 2,8403 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 1,0864 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,8403 \times 0,78606}{2,8403 - 1,0864} = 1,273 \text{ g/cm}^3$$

c. Spesimen 3: $m_{\text{udara}} = 2,0752 \text{ g}$ dan $m_{\text{etanol}} = 0,7515 \text{ g}$

$$(\rho_{s,t}) = \frac{2,0752 \times 0,78606}{2,0752 - 0,7515} = 1,2323 \text{ g/cm}^3$$

jadi, nilai rata-ratanya adalah:

$$\text{Densitas} = \frac{1,1384 + 1,273 + 1,2323}{3} = 1,2146 \text{ g/cm}^3$$

B.3 Perhitungan Massa NaOH untuk Proses Alkalisasi

B.3.1 Persentase NaOH 5%

Persentase NaOH 5%: 100% NaOH = 5 liter larutan

$$5000 \text{ ml} = 100\% \text{ NaOH}$$

$$5000 \times 5\% = 250 \text{ gram NaOH}$$

$$\text{Air} = 5000 - 250 = 4.750 \text{ ml} = 4,75 \text{ liter}$$

B.3.3 Persentase NaOH 10%

Persentase NaOH 10%: 100% NaOH = 5 liter larutan

$$5000 \text{ ml} = 100\% \text{ NaOH}$$

$$5000 \times 10\% = 500 \text{ gram NaOH}$$

$$\text{Air} = 5000 - 500 = 4.500 \text{ ml} = 4,5 \text{ liter}$$

LAMPIRAN C
INSTRUMENTASI DAN BAHAN PENELITIAN



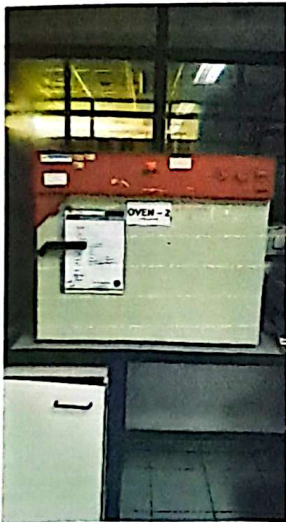
Mesin Pemotong



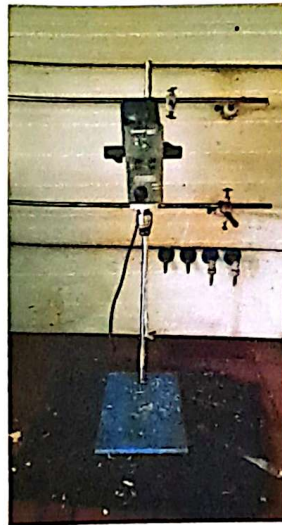
Crusher



Neraca Digital



Oven



Mechanical Stirrer



Hot Press



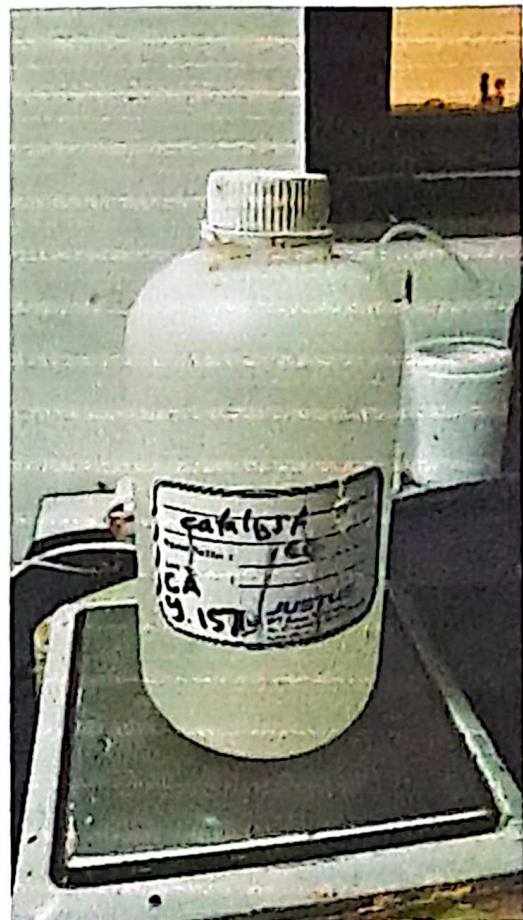
Ayakan 1 mm



Blender



NaOH Padat

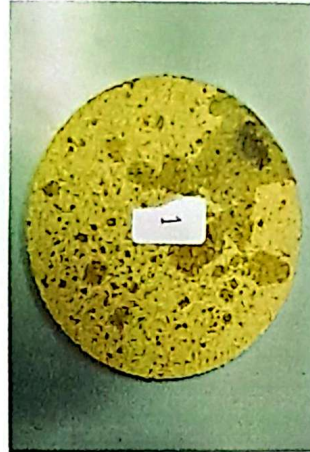


Katalis MEPOXE

LAMPIRAN D
PRODUK DAN SPESIMEN PENELITIAN



Komposit UP/EG



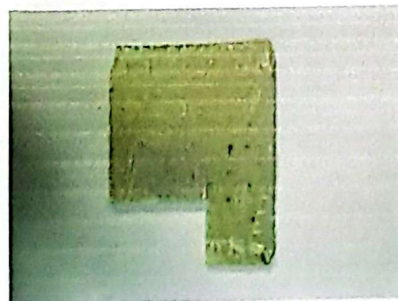
Komposit UP/CK



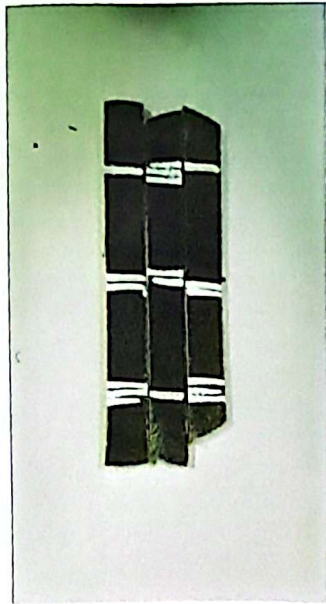
Komposit UP/PKA



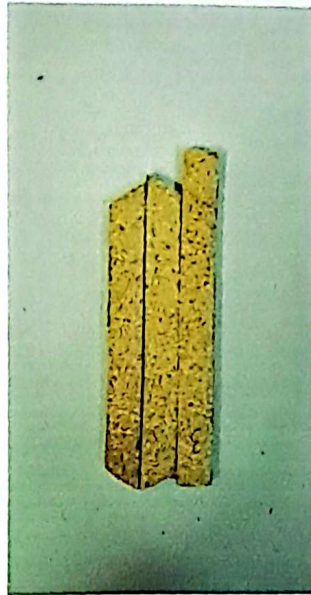
Komposit UP/SA



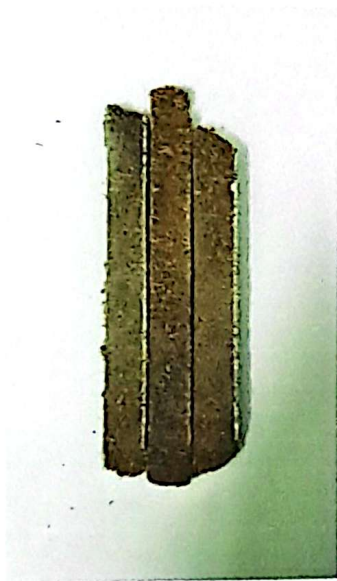
Resin UP



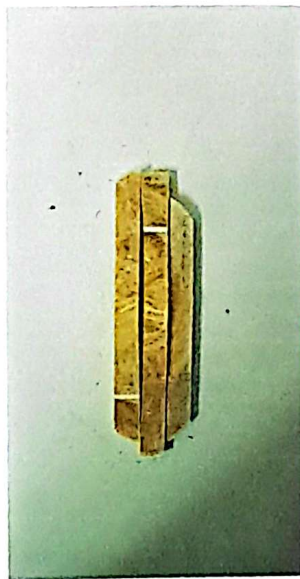
Spesimen Komposit UP/EG



Spesimen Komposit UP/CK



Spesimen Komposit UP/PKA



Spesimen Komposit UP/SA