

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ECENG GONDOK,
PERBANDINGAN *POLYOL ISOCYANATE*, SERTA KECEPATAN
PENGADUKAN *POLYOL* DAN SERAT, TERHADAP *COMPRESSIVE*
STRENGTH POLYURETHANE FOAM

DI BALAI TEKNOLOGI POLIMER

(Maret-September 2019)

Diajukan sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik
Program Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta



DATA BUKU PERPUSTAKAAN

Tgl Terima	03/08/2022
No Induk Buku	544/TKP/SB/TA/22

OLEH:

DIANA DWI LESTARI (1515016)

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

PENGARUH *POLYURETHANE FOAM* DENGAN DITAMBAHKAN
SERAT ECENG GONDOK TERHADAP SIFAT UJI *COMPRESSIVE*
STRENGTH DAN MORFOLOGI

DISUSUN OLEH :

NAMA : DIANA DWI LESTARI

NIM : 1515016

PROGRAMSTUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

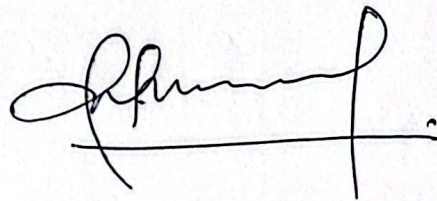
Telah diperiksa dan disetujui sebagai salah satu syarat penyelesaian akademik Studi Teknik Kimia Polimer pada Politeknik STMI Jakarta.

Jakarta, Agustus 2019

Menyetujui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Dosen Pembimbing



Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019

Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

**LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING DI BALAI
TEKNOLOGI POLIMER**

JUDUL TUGAS AKHIR

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT ECENG GONDOK,
PERBANDINGAN *POLYOL* DAN *ISOCYANATE*, SERTA KECEPATAN
PENGADUKAN *POLYOL* DAN SERAT, PADA *POLYURETHANE FOAM*
TERHADAP UJI *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN MORFOLOGI

DISUSUN OLEH :

NAMA : DIANA DWI LESTARI
NIM : 1515016
PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Serpong, Agustus 2019

Telah di periksa dan disetujui oleh:
Pembimbing



David Natanael Vicarneltor, S.T

LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Letjen Suprapto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10519
Telp: (021) 42885094 Fax: (021) 42882205
www.stmi.ac.id



Nomor : 016 /BPSPDMI/STMI/II/2019
Lampiran :
Penhal : Permohonan Penelitian

Jakarta, 08 Februari 2019

Kepada
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan
Balai Teknologi Polimer Up Ibu Ir.F.M.Emie
S.A. Sorekotjo.M.Sc
Gedung 460 Kawasan PUSPITEK Serpong
Tangerang Banten

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.	Diana Dwi Lestari	1515016	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.

Pembantu Direktur I,

Dr. Ridzky Kramanandita, S.Kom, M.T
NIP : 19740302 200212 1 001

Tembusan:

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

LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR



BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI
BTP BPPT Gd. 460 Kawasan PUSPIPEK, Serpong, Tangerang 15314
Telepon (021) 756 3360, Faksimile (021) 756 0057, Website <http://www.sentrapolimer.id>
Email : stpolitec@sentrapolimer.id

Nomor : B-016/BTP-TIEM/HM02.03/03/2019 6 Maret 2019
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 016/BPSDMI/STMI/II/2019 tertanggal 8 Februari 2019 perihal Permohonan Penelitian
2. No 037/BPSDMI/STMI/II/2019 tertanggal 21 Februari 2019 perihal Permohonan Penelitian
3. No 038/BPSDMI/STMI/II/2019 tertanggal 21 Februari 2019 perihal Permohonan Penelitian

maka bersama ini kami sampaikan sebagai berikut :

- Kami dapat menerima mahasiswa s.n Diana Dwi Lestari, Lita Adha Liani dan Trianggih Sewanda W Hidayat
- Waktu pelaksanaan Penelitian di BTP selama 6 (enam) bulan mulai 4 Maret 2019 sd 31 Agustus 2019
- Pelaksanaan Penelitian dibawah pengawasan David Natanael Vicarneltor, S.T dan Ka Sie Program dan Penerapan Teknologi

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan kerjasamanya diucapkan terimakasih

Kepala Balai Teknologi Polimer,

Yth. F.M. Ernie S.A. Ssekotjo, M. Sc

LEMBAR PENYUSUNAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR

Nama : Diana Dwi Lestari

NIM 1515016

Judul TA Penelitian : Pengaruh Penambahan Serat Eceng Gondok, Perbandingan *Polyol* dan *Isocyanate*, serta Kecepatan Pengadukan *Polyol* dan Serat, Pada *Polyurethane Foam* Terhadap Uji *Compressive Strength* dan Morfologi

Pembimbing : Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM.

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
- 12 Agustus 2019		konfirmasi tempat tugas akhir	
19 Agustus 2019		Judul TA & perkembangan	
21 Agustus 2019	BAB 2	Latar Belakang & Rumusan masalah	
27 Agustus 2019	BAB I	Batasan masalah, Tujuan masalah	
4 September 2019	BAB II	tinjauan pustaka awal (Seret)	
5 September 2019	BAB III	Metode Penelitian	
9 September 2019	BAB IV	Hasil Penelitian	
12 September 2019	BAB IV	Pembahasan hasil dan perbandingan	
14 September 2019	BAB V	Kesimpulan serta PPT.	
16 September 2019	BAB V	Revisi penyusunan draft PPT untuk seminar dan sidang	

Mengetahui,

Ketua Program Studi
Teknik Kimia Polimer

Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK. 8873590019

Dosen Pembimbing

Ir. Parulian Leonard Marpaung, MM
NIP. 195702141985031002

LEMBAR SURAT TUGAS DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR



Kementerian
Perindustrian
REPUBLIK INDONESIA

BADAN PENGEMBANGAN SUMBER DAYA MANUSIA INDUSTRI

POLITEKNIK STMI JAKARTA

Jl. Leljen Suprpto No. 26 Cempaka Putih, Jakarta 10510
Telp: (021) 42886064 Fax: (021) 42888206
www.stmi.ac.id



Nomor
Lampiran
Perihal

013 /BPSDMI/STMI/VIII/2019
: 1 (satu)
: Penugasan Proses
Bimbingan Tugas Akhir
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 02 Agustus 2019

Kepada
Yth. Bapak Ir. Parulian Leonard Marpaung,
M.M.
Di Jakarta

Berdasarkan Keputusan Direktur Politeknik STMI Jakarta Nomor 01/BPSDMI/STMI/KEP/01/2019 tanggal 02 Januari 2019 tentang pengangkatan Dosen Pembimbing dan Assisten Dosen Pembimbing Tugas Akhir Politeknik STMI Jakarta Tahun Akademik 2019/2020, maka dengan ini kami mengharap bantuan Bapak untuk dapat memberikan bimbingan dalam penulisan / penyusunan Tugas Akhir kepada mahasiswa yang namanya tersebut di bawah ini:

Nama : Diana Dwi Lestari
No. Induk : 1515016

Adapun judul Tugas Akhir yang bersangkutan berdasarkan proposal yang terdaftar adalah:

• Pengaruh Penambahan Polyurethan terhadap Sifat Mekanik Komposit Bertahan Serat Eceng Gondok. "

Demikian surat penugasan ini disampaikan. Atas perhatian dan bantuan Bapak kami ucapkan terima kasih.



Dr. Mustofa, ST, MT
NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

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

POLITEKNIK STMI JAKARTA
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS
AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR:

PENGARUH PENAMBAHAN SERAT, PERBANDNGAN *POLYOL* DAN
ISOCYANATE, SERTA KECEPATAN PENGADUKAN *POLYOL* DAN SERAT,
TERHADAP *COMPRESSIVE STRENGTH* DAN *MORFOLOGI*
POLYURETHANE FOAM

DISUSUN OLEH:

NAMA : DIANA DWI LESTARI

NIM : 1515016

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah Diuji oleh Tim Penguji Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia Polimer
pada Politeknik STMI Jakarta pada Hari Jumat Tanggal 20 September 2019

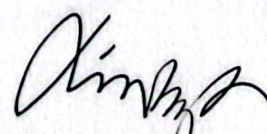
Jakarta, September 2019

Penguji I,



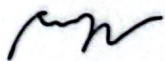
Fitria Ika Aryanti, S. T. M.Eng
NIP: 198505112014022001

Penguji II,



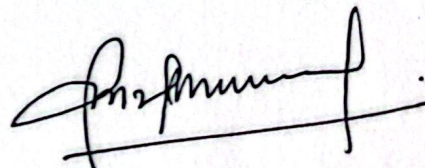
Dr. Ir. Lintong Sopandi H., MS.ChE
NIP: 1958033221986031002

Penguji III



Ir. Roosmariharso, MBA
NIDK.8873590019

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 : Diana Dwi Lestari

NIM : 1515016

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa Tugas Akhir yang saya buat dengan judul Pengaruh Serat Eceng Gondok, Perbandingan *Polyol* dan *Isocyanate*, Serta Kecepatan Pengadukan *Polyol* dan Serat, Terhadap Uji *Compressive Strength* dan Morfologi *Polyurethane Foam*

- 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, September 2019

Yang Membuat Pernyataan



Diana Dwi Lestari

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. Laporan Tugas Akhir ini bertujuan untuk memenuhi syarat penyelesaian akademik Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta Kementerian Perindustrian RI. Kami menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan Laporan Tugas Akhir ini, sangatlah sulit bagi kami untuk menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu kami dalam proses pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir terutama kepada:

1. Allah SWT, atas berkat anugerah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini,
2. Orang tua penulis yang selalu memberikan doa dan dukungan,
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, MM selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga, dan pikiran untuk mengarahkan kami dalam penyusunan tugas akhir ini,
7. Ibu Ir. F.M. Erny S.A. Soekotjo, M.Sc selaku Kepala Balai Teknologi Polimer,
8. Ibu Ajeng selaku HRD/GA Manager Balai Teknologi Polimer yang telah menerima penulis untuk melaksanakan tugas akhir di Balai Teknologi Polimer,
9. David Natanael V.,S.T, selaku pembimbing kami yang telah banyak membantu kami dalam pelaksanaan tugas akhir di Balai Teknologi Polimer, Serpong,

10. Bapak Salman, selaku karyawan di Balai Teknologi Polimer yang telah banyak membantu kami dalam pelaksanaan tugas akhir,
11. Mas Fajar, selaku karyawan di Balai Teknologi Polimer yang telah banyak membantu kami dalam pelaksanaan tugas akhir saya,
12. Bapak Dur, selaku karyawan di Balai Teknologi Polimer yang telah banyak membantu kami dalam melakukan pengujian untuk tugas akhir saya,
13. Pada seluruh karyawan di Balai Teknologi Polimer yang tidak bisa kami sebutkan satu persatu, yang telah banyak membantu dalam pelaksanaan tugas akhir saya,
14. Trianggit sewanda dan Lita Adha Liani, selaku teman seperjuangan selama kuliah dan selama di Balai Teknologi Polimer,
15. Seluruh teman-teman kami terutama angkatan 2015 Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah memberikan kami semangat dalam pelaksanaan Tugas Akhir serta dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini.

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

Jakarta, Agustus 2019

Penulis

ABSTRAK

Komposit berpenguat serat alam saat ini menjadi salah satu material yang sedang dikembangkan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kecepatan pengaduk *polyol* dan serat eceng gondok, perbandingan antara *polyol* dan *isocyanate* dan kecepatan pengadukan *polyol* dan serat pada *compressive strength* dan uji morfologi *polyurethane foam*. Metode ini digunakan untuk membandingkan *Polyurethane* dengan *Polyurethane* yang ditambahkan serat eceng gondok (PU/EC) dengan variasi serat 1%,3%,dan 5% berat untuk proses pembuatan komposit. Pengujian dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine (UTM)* untuk mengetahui nilai kekuatan tekan dan mikroskop untuk mengetahui morfologi permukaan komposit. Penelitian ini menunjukkan *Polyurethane Foam* menghasilkan nilai rata-rata diameter pori-pori yang lebih tinggi sebesar 0,28 mm dibandingkan PU/EC.

Kata kunci: Komposit, *Polyurethane*, *Compressive Strength*, Morfologi, Serat Eceng Gondok.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	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 PENYUSUNAN BIMBINGAN TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR SURAT TUGAS DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	viii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SEMINAR TUGAS AKHIR.....	ix
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR	x
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	xi
KATA PENGANTAR.....	xii
ABSTRAK	xiv
DAFTAR ISI.....	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xviii
DAFTAR TABEL	xix
DAFTAR SIMBOL	xx
DAFTAR SINGKATAN	xxi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian	3
1.5 Manfaat Penelitian	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Serat Eceng Gondok	4
2.2 <i>Polyurethane</i>	7

2.3	Proses Alkalinasi	8
2.4	Komposit	9
2.5	<i>Natrium Hidroksida (NaOH)</i>	10
2.6	Instrumen Pengujian	10
2.6.1	Pengujian Kekuatan Tekan Menggunakan UTM.....	10
2.6.2	DOE (<i>Design Of Experiment</i>)	11
2.6.3	Pengujian Morfologi Menggunakan Mikroskop	11
BAB III METODE PENELITIAN		12
3.1	Waktu dan Tempat.....	12
3.2	Alat dan Bahan	12
3.2.1	Alat	12
3.2.2	Bahan	13
3.3	Variabel Penelitian.....	13
3.3.1	Variabel Tetap	13
3.3.2	Variabel Bebas	13
3.4	Prosedur Penelitian	15
3.5	Prosedur Pembuatan Komposit Polyurethane/Eceng Gondok	16
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		19
4.1	Hasil Uji <i>Compressive Strength</i> pada <i>Universal Testing Machine</i> (UTM).....	19
4.1.1	Hasil Uji <i>Compressive Strength</i> PU tanpa serat.....	19
4.1.2	Hasil Uji <i>Compressive Strength</i> PU/EC	19
4.1.3	Hasil Pengujian Persentase Standar Deviasi PU/EC.....	21
4.1.4	Hasil Pengujian Persentase Standar Deviasi PU tanpa serat	21
4.2	Hasil Pengujian Morfologi Permukaan Komposit dengan Mikroskop	21
BAB V PENUTUP		24
5.1	Kesimpulan.....	24
5.2	Saran	24
DAFTAR PUSTAKA.....		25
LAMPIRAN A		27
LAMPIRAN B		33
LAMPIRAN C		34

LAMPIRAN D 36

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar II.1 Selulosa	5
Gambar II.2 Hemiselulosa.....	5
Gambar II.3 Lignin	6
Gambar II.4 Eceng Gondok.....	6
Gambar II.5 Rumus Struktur Poliuretan	7
Gambar II.6 NaOH	10
Gambar II.7 Alat Pengujian (a) alat UTM (b) <i>compressive strength</i>	11
Gambar III.1 Diagram Alir.....	175
Gambar III.2 Sampel PU <i>foam</i>	186
Gambar III.3 Morfologi	187
Gambar IV.1 Hasil Pengujian Morfologi PU Tanpa Serat	22
Gambar IV.2 Hasil Pengujian Morfologi PU/EC Sampel 12 (Tinggi).....	22
Gambar IV.3 Hasil Pengujian Morfologi PU/EC Sampel 15 (Rendah)	23
Gambar IV.4 Hasil Pengujian Morfologi PU/EC Sampel 4 (Nilai Tengah).....	23

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel III. 1 Variasi Parameter Berdasarkan <i>Minitab</i>	15
Tabel IV. 1 Hasil Uji Compressive Strength PU/EC	20
Tabel IV. 2 Hasil Persentase Standar Deviasi Tinggi, Rendah, dan Nilai Tengah.....	21
Tabel IV. 3 Hasil Persentase Standar Deviasi PU Tanpa Serat.....	21

DAFTAR SINGKATAN

PU = *Polyurethane*

EC = *Eceng Gondok*

SEM = *Scanning Electron Miscroscope*

UTM = *Universal Testing Machine*

DAFTAR SIMBOL

- b = Lebar spesimen (mm)
 d = Tebal spesimen (mm)
 l_o = Panjang(mm)
 P = Beban yang diberikan pada spesimen (N)
 N = Kecepatan putar pengaduk(rpm)
 σ_d = Nilai kekuatan tekan(N)
 σ_{maks} = Tegangan maksimum(N/mm^2)
 S = Standar Deviasi

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kondisi hutan Indonesia menunjukkan produktivitas yang semakin menurun, padahal kebutuhan bahan baku kayu di masyarakat semakin meningkat. Di Sumatera Utara sesuai dengan keputusan menteri kehutanan tahun 2003, jatah produksi kayu tahun 2003 adalah 670.800 m³ kayu bulat, sementara kebutuhan kayu bulat untuk industri dan pertukangan rata-rata 2,5 juta m³/tahun.

Pada proses pembuatannya komposit memerlukan setidaknya dua bahan penyusun yaitu matriks (resin) dan penguat (serat) untuk mencapai kebutuhan sifat mekanik atau sifat spesifik lain yang diinginkan dibanding hanya satu bahan. Salah satu jenis resin yang digunakan dalam pembuatan komposit adalah resin polimer, baik termoplastik ataupun termoset.

Serat alam yang dipergunakan yaitu Serat Eceng Gondok. Penggunaan Eceng Gondok sebagai pembuatan komposit ini adalah untuk mengurangi pencemaran sungai ataupun danau yang tercemar karena pertumbuhan Eceng Gondok yang tidak dikendalikan. Pencemaran ini mengakibatkan akan merusak ekosistem sungai.

Pembuatan komposit dari resin dan serat alam merupakan hal yang umum adanya. Namun, kedua bahan tersebut memiliki sifat yang berbeda, resin termoset bersifat hidrofobik dan serat alam yang bersifat hidrofilik. Perbedaan ini dapat mengakibatkan gaya adhesi antara kedua bahan menjadi berkurang sehingga nantinya membuat ketidaksesuaian pada produk. Salah satu cara untuk mengatasi hal tersebut adalah dengan cara *chemical modification/treatment* atau modifikasi kimia pada permukaan serat. Modifikasi kimia ini dapat menghilangkan kandungan tertentu pada serat, dapat menciptakan gaya adhesi yang baik, dan juga meningkatkan sifat mekanik dari serat alam (Ouarhim dkk, 2019). Jenis modifikasi kimia yang digunakan adalah proses alkali (*alkane process*) menggunakan larutan

NaOH. Penelitian yang dilakukan Abdel Hakim dkk (2011) yang membuat *foam* dari *Polyurethane* dan tebu dengan pengujian sifat mekanik.. Pada penelitian tersebut dibandingkan hasil paling optimal yang akan didapatkan dari jenis komposit yang ada dan akan diuji sifat mekaniknya (kekuatan lentur dan modulus elastisitas lentur) menggunakan *Universal Testing Machine* dengan kapasitas 50 kN dan kemudian akan dilihat morfologi permukaannya menggunakan *Scanning Electron Microscope* (SEM).

Pada penelitian kali ini akan dilakukan diuji sifat mekaniknya (kekuatan tekan) menggunakan *Universal Testing Machine* dengan kapasitas 50 kN dan kemudian akan dilihat morfologi permukaannya menggunakan *Digital Microscope*.

1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh serat eceng gondok, perbandingan *polyol* dan *isocyanate*, dan percepatan serat dengan *polyol* terhadap uji *compressive strength*?
2. Bagaimana pengaruh penambahan serat eceng gondok terhadap uji morfologi?

1.3 Batasan Masalah

Dalam melakukan penelitian, ditetapkan batasan masalah agar penelitian bersifat spesifik dan terarah. Batasan masalah yang ditetapkan adalah:

1. Massa eceng gondok: 250gram
2. Suhu oven 80°C selama 7 jam
3. Waktu pencampuran eceng gondok dan *polyurethane* 10 menit
4. Bahan baku yang digunakan yaitu serat eceng gondok yang diperoleh di BTP (Badan Teknologi Polimer) Tangerang, Serpong
5. Variasi serat yaitu 1%, 3%, 5% berat
6. Variasi perbandingan *polyol* dan *isocyanate* yaitu 40:60, 45:55, 50:50
7. Variasi pencampuran yaitu 1000 rpm; 1500 rpm; 2000 rpm
8. Alat pengujian menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) untuk uji kekuatan tekan (*compressive strength*)
9. Pengujian morfologi menggunakan mikroskop
10. Pembuatan PU *foam* menggunakan metode *mixing*.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

- 1 Mengetahui pengaruh penambahan serat eceng gondok terhadap uji morfologi.
- 2 Mengetahui variasi serat eceng gondok, perbandingan *polyol* dengan *isocyanate*, dan percepatan serat dengan *polyol* berpengaruh terhadap uji *compressive strength*.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini dapat memberikan informasi untuk mendapatkan karakter komposisi serat eceng gondok yang akan dipandukan dengan *polyurethane* terhadap uji *compressive strength* dan morfologi.

1.6 Sistematika Penelitian

Sistematika penulisan dari Tugas Akhir ini terdiri dari lima bab, daftar pustaka, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penelitian.

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 berisi penjelasan tentang waktu dan tempat, alat dan bahan yang digunakan, variabel penelitian serta prosedur penelitian (persiapan penelitian dan metode penelitian).

BAB IV: HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi data hasil pengukuran, analisa data yang sudah diolah menjadi grafik pembahasan terhadap hasil pengukuran dan analisa data

BAB V: PENUTUP

Bab berisi dua bagian, kesimpulan dan saran yang telah dilakukan berdasarkan hasil yang telah didapat pada bab sebelumnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Serat Eceng Gondok

Serat (fiber) adalah suatu jenis bahan berupa potong-potongan komponen yang membentuk jaringan memanjang yang utuh. Serat dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu: Serat Alami, dan Serat Sintesis (serat buatan manusia). Serat (fiber) dalam bahan komposit berperan sebagai utama yang menahan beban, sehingga kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan (diameter serat mendekati ukuran kristal) maka semakin kuat bahan tersebut.

Selain itu serat (fiber) juga merupakan unsur yang terpenting, karena seratlah nantinya yang akan menentukan sifat mekanik komposit tersebut seperti kekakuan, keuletan, kekuatan. Fungsi utama dari serat adalah:

- a. Sebagai pembawa beban. Dalam struktur komposit 70%-90% beban dibawa oleh serat.
- b. Memberikan sifat kekakuan, kekuatan, stabilitas, panas dan sifat-sifat lain dalam komposit.
- c. Memberikan insulasi kelistrikan (konduktivitas) pada komposit, tetapi ini tergantung dari serat yang digunakan.
- d. Pada umumnya, serat terusun dari bagian-bagian seperti selulosa, hemiselulosa, lignin, dan lain-lain.

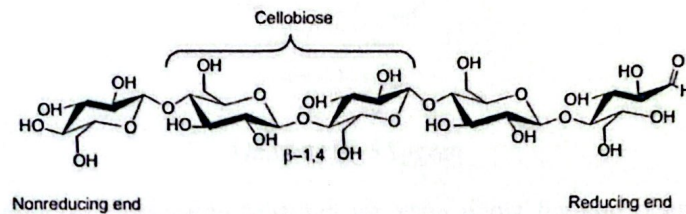
1) Selulosa

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman. Kandungan selulosa pada dinding sel tanaman tinggi sekitar 35-55% dari berat kering tanaman. Selulosa merupakan polimer glukosa dengan ikatan β -1,4, glukosa dalam rantai lurus.

Selulosa mengandung sekitar 50-90% bagian kristal dan sisanya bagian amorf. Selulosa hampir tidak pernah ditemui dalam keadaan murni di alam, melainkan

selalu berkaitan dengan bahan lain seperti lignin dan hemiselulosa.

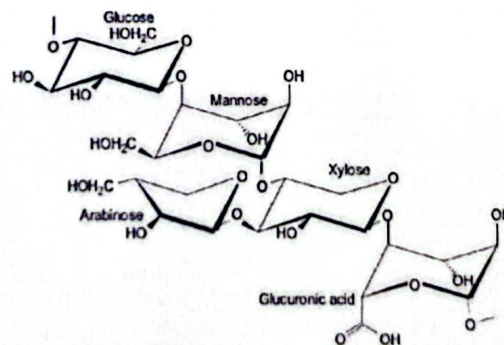
Selulosa terdapat dalam tumbuhan sebagai bahan pembentuk dinding sel dan serat tumbuhan. Gambar II.1 menunjukkan gambar selulosa



Gambar II.1 Selulosa

2) Hemiselulosa

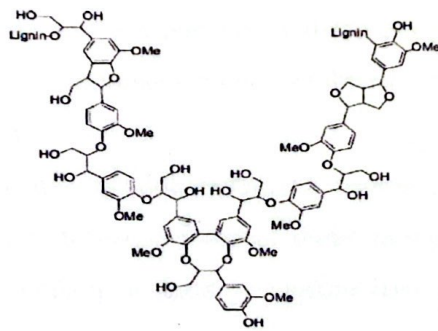
Hemiselulosa merupakan heteropolisakarida yang mengandung dua atau lebih monosakarida yang berlainan. Hemiselulosa mudah diekstraksi dari serat-serat dan kayu dengan larutan alkali. Hemiselulosa termasuk polisakarida yang terdapat macam-macam sakarida seperti heksosa, dan pentose. Gambar II.2 menunjukkan struktur kimia dari hemiselulosa



Gambar II.2 Hemiselulosa

3) Lignin

Lignin merupakan polimer yang kompleks dengan berat molekul tinggi dan tersusun atas unit-unit fenil propan. Meskipun tersusun atas karbon, hidrogen dan oksida, tetapi lignin bukanlah suatu karbohidrat. Lignin terdapat di antara sel-sel dan didalam dinding sel. Di antara dinding sel lignin berfungsi pengikat untuk sel-sel secara bersama. Gambar II.3 menunjukkan struktur kimia lignin.



Gambar II. 3 Lignin

Eceng gondok merupakan tanaman air yang dapat tumbuh dengan cepat di daerah tropis dan mampu menyerap berbagai zat, baik terlarut maupun tersuspensi dalam jumlah banyak karena memiliki selulosa hingga 72,63% (Ratnani, 2000). Daun eceng gondok berwarna hijau, memiliki bentuk oval, ujung dan pangkalnya meruncing, pangkal tangkai yang daun berbentuk gelembung, permukaan daun licin dan tergolong dalam makrofitik terletak di atas permukaan air. Dalam batang eceng gondok terdapat gelembung yang penuh dengan udara yang berperan untuk mengapungkan tanaman di permukaan air (Pandet, 2008). Gambar II.4 menunjukkan eceng gondok.



Gambar II.4 Eceng Gondok

Sumber: Radhista, 2018 dan Balai Teknologi Polimer

Eceng gondok tidak hanya dapat merusak lingkungan perairan namun juga mampu menyerap berbagai zat yang terkandung di dalam air, baik terlarut maupun tersuspensi. Kecepatan penyerapan zat pencemar dari dalam air limbah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya komposisi dan kadar yang terkandung dalam air limbah, kerapatan eceng gondok, dan waktu tinggal eceng gondok dalam air limbah.

Eceng gondok memiliki keunggulan dalam kegiatan fotosintesis, penyediaan oksigen, dan penyerapan sinar matahari. Keunggulan lain dari eceng gondok adalah

dapat menyerap senyawa nitrogen dan fosfor dari air yang tercemar, berpotensi untuk digunakan sebagai komponen untuk pembersih air limbah dari berbagai industri dan rumah tangga.

Kandungan bahan eceng gondok bervariasi seperti kandungan protein 7,4-18,1% dari berat kering. Konsentrasi bahan dasar eceng gondok sama dengan makanan ternak yang tumbuh di darat sedangkan besi, sodium, kalium, relatif tinggi.

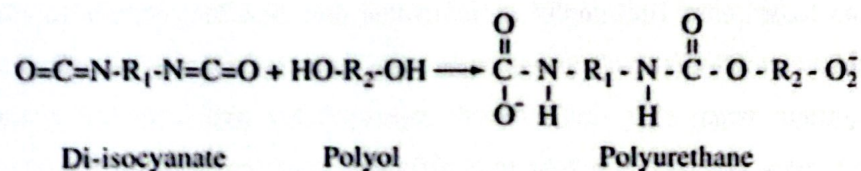
2.2 Polyurethane

Polyurethane adalah campuran dua jenis bahan kimia (*Isocyanate* dan *Polyol*) yang di aduk secara bersama-sama, sehingga terjadi reaksi dan membentuk Foam. *Polyurethane* juga terdapat berbagai bentuk seperti busa lentur, busa keras, pelapis anti bahan kimia, bahan perekat, dan penyekat serta elastomer.

Fungsi *Polyurethane* sebagai isolasi temperature dan juga memiliki kelebihan sebagai bahan penyerap suara, ringan serta rigid sebagai bahan konstruksi. *Polyurethane* bisa ditemukan pada berbagai macam benda di sekitar. Misalnya pada cairan pelapis cat, elastomer keras, seperti pada ban roller blade, penyekat bahan keras, busa lentur yang lembut, serat elastis, atau sebagai kulit utuh.

Kelebihan dari *Polyurethane* adalah bentuknya cair dan *polyurethan* yang produk awalnya digunakan di kalangan industri, memiliki kelebihan salah satunya sebagai bahan penahan insulator.

Polyurthane foam biasanya dibuat dengan menambahkan sedikit bahan volatil yang dinamakan sebagai bahan pengembang (*blow agent*) untuk mereaksikan campuran. Gambar II.5 menunjukkan stuktur *Polyurethane*



Gambar II.5 Rumus Struktur *Polyurethane*

2.2.1 Polyol

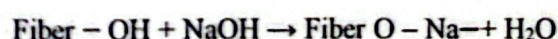
Salah satu komponen *Polyurethane* adalah *polyol*. *Polyol* dapat bereaksi dengan *isocyanate* untuk membuat *polyurethane*. *Polyol* yang mengandung dua gugus hidroksil disebut *diol* dan yang mengandung tiga gugus hidroksil disebut *triol*. Saat ini pembuatan *polyol* yang digunakan untuk membuat *polyurethane* telah dikembangkan agar mempunyai tingkat reaktifitas yang tinggi saat bereaksi dengan *isocyanate* untuk memproduksi *polyurethane*.

2.2.2 Isocyanate

Bahan *Polyurethane* yang dihasilkan sangat berpengaruh dari jenis *isocyanate*. Jenis *isocyanate* yang banyak digunakan adalah *aromatic* dan *aliphatic*. Beberapa contoh *isocyanate* yang banyak digunakan dalam pembuatan *polyurethane foam* adalah *toluene diisocyanate* (TDI) dan *diisocyanate diphenylmethane* (MDI). *Toulenediisocyanate* adalah salah satu jenis *isocyanate* yang paling sering digunakan.

2.3 Proses Alkalisasi

Proses alkali adalah salah satu jenis modifikasi kimia yang sering digunakan untuk memodifikasi permukaan serat. Proses alkali atau yang juga disebut *Mercerization* adalah proses modifikasi kimia dengan menggunakan larutan Natrium Hidroksida (NaOH) (Ferreira dkk, 2019). Selain itu, Proses alkali 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 selulos mengkristal yang akan meningkatkan sifat mekanik serat, umumnya kekuatan dan kekakuannya. Proses alkali juga dapat meningkatkan kandungan selulosa yang dapat meningkatkan sifat mekanik dari serat (Ouarhim dkk, 2019). Reaksi kimia yang terjadi pada saat proses Proses alkali adalah (Kalia dkk, 2009):



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. Pada penelitian kali ini, persentase yang digunakan adalah 10% selama 2 jam yang berdasarkan dari uji coba yang telah dilakukan sebelumnya.

2.4 Komposit

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 merupakan sistem multi fasa yang tersusun atas bahan matriks dan bahan penguat. Bahan matriks adalah fase kontinu dan penguat merupakan fase terdispersi. Bahan penguat dapat berupa serat, partikel atau serpihan. Matriks pada komposit merupakan fasa 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. 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 dua jenis, yaitu bahan komposit partikel dan bahan komposit serat (Hasbi dkk, 2016).

a) Bahan Komposit Partikel (*Particulate Composite*)

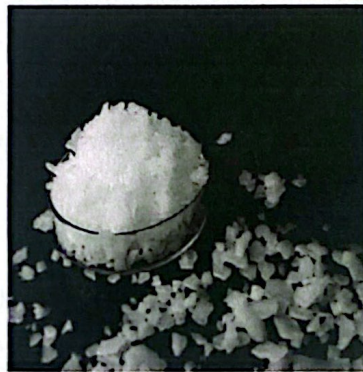
Bahan komposit ini terdiri partikel-partikel yang tersusun secara tidak beraturan atau acak, tetapi secara rata-rata berdimensi sama.

b) Bahan Komposit Serat (*Fiber Composite*)

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

2.5 Natrium Hidroksida (NaOH)

Natrium hidroksida terbentuk dari oksida basa natrium oksida yang dilarutkan dalam air. Natrium hidroksida membuat larutan alkalin yang kuat ketika dilarutkan dalam air. NaOH bersifat lembab cair dan secara spontan menyerap karbon dioksida dari udara bebas. Natrium Hidroksida berbentuk kristal putih, NaOH bersifat sangat korosif terhadap kulit.



Gambar II.6 Natrium Hidroksida (NaOH)

2.6 Instrumen Pengujian

2.6.1 Pengujian Kekuatan Tekan Menggunakan UTM

Universal Testing Machine (UTM) adalah mesin atau alat pengujian yang memiliki fungsi untuk menguji ketahanan dan mengetahui struktur suatu bahan atau material. *Universal Testing Machine* ini dapat melakukan pengujian bahan atau material seperti karet, besi, logam, dan baja itu dengan uji tarik maupun dengan uji tekan (*compressive strength*). *Compressive strength* suatu material adalah kemampuan material untuk mempertahankan keutuhannya di bawah tekanan. Jadi untuk material yang rapuh, *compressive strength* nya dapat didefinisikan sebagai suatu nilai tekanan dimana pada tekanan tersebut material yang bersangkutan akan hancur sepenuhnya. Sedangkan untuk material yang kenyal, *compressive strength* didefinisikan sebagai suatu nilai tekanan dimana pada tekanan tersebut, nilai *strain*

yang diizin telah tercapai.



Gambar II.7 (a) alat UTM ; (b) *compressive strength*

Berikut ini prosedur pengujian tekan pada material yaitu :

1. Ukur dan catat panjang, lebar, dan tebal sampel yang akan diuji.
2. Letakkan sampel pada permukaan mesin uji tekan, pastikan sampel dalam kondisi lurus, tidak miring serta berada tepat ditengah area pembebanan.
3. Atur permukaan alat penekan pada mesin hingga bersentuhan dengan permukaan sampel

2.6.2 DOE (*Design Of Experiment*)

Design of Experiment (DOE) adalah teknik eksperimental yang membantu untuk menyelidiki kombinasi terbaik dari parameter proses, kuantitas yang berubah, tingkat dan kombinasi dalam rangka mendapatkan hasil yang statis yang dapat diandalkan. DOE dapat mengurangi jumlah eksperimen yang dibutuhkan ketika mengambil sejumlah faktor yang mempengaruhi hasil eksperimen (Budi, 2018).

2.6.3 Pengujian Morfologi Menggunakan Mikroskop

Morfologi adalah untuk melihat struktur bentuk pada sampel. Salah satu metode yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan sampel adalah menggunakan mikroskop. Melalui morfologi permukaan, dapat melihat struktur bentuk PU *foam* untuk memperlihatkan pori-pori dari *foam* dan mengetahui bahwa nilai diameter pori-pori terhadap PU *foam* dapat mempengaruhi nilai kekuatan tekan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan dari Maret 2019 s.d. September 2019 di Balai Teknologi Polimer (STP), Serpong, Banten. Pembuatan sampel PU *foam* dilaksanakan di Laboratorium Proses dan Laboratorium Sintesis, pengujian sifat kekuatan tekan dilaksanakan di Laboratorium Mekanik dan pengujian morfologi permukaan dilaksanakan di Laboratorium Optik.

3.2 Alat dan Bahan

Gambar alat dan bahan dapat dilihat di Lampiran C.

3.2.1 Alat

1. Mesin Pemotong
2. Gunting
3. *Crusher*
4. Ember
5. Saringan
6. Majun
7. Neraca/timbangan
8. Oven
9. Plastik
10. Pipet
11. Jangka Sorong
12. Wadah untuk *Polyurethane*
13. Masker respirator
14. Sarung tangan
15. *Mechanical Stirrer*
16. Loyang
17. *Trashbag*
18. Mikroskop merk *HIROX*
19. *Blender*
20. Ayakan
21. Sendok Pengaduk
22. *Beaker Glass*
23. UTM merk *SHIMADZU*
24. Gergaji

3.2.2 Bahan

1. Serat eceng gondok (250 g)
2. *Polyol*
3. *Isocyanate*
4. NaOH (Soda Api)
5. *Aceton*
6. *Aquadest* (4,5 L)

3.3 Variabel Penelitian

3.3.1 Variabel Tetap

Variabel tetap merupakan variabel yang tidak berubah selama penelitian berlangsung. Variabel yang diamati dalam penelitian ini antara lain, Massa berat serat, temperatur, dan waktu. Variabel tetap dalam penelitian ini sebagai berikut:

- a. Massa berat awal serat eceng gondok :250 gram sebelum dilakukan *treatment* (perendaman dengan NaOH).
1212,9 gram setelah direndam dengan NaOH.
- b. Waktu Perendaman dengan NaOH :2 jam
- c. Temperatur Pengeringan serat setelah di *treatment* :80°C
- d. Waktu pengeringan :7 jam
- e. Waktu pencampuran antara serat dan *polyol* dengan *mechanical stirrer* :10 menit
- f. Waktu pencampuran setelah serat dan *polyol* diaduk dan ditambahkan larutan *isocyanate* :20 detik

3.3.2 Variabel Bebas

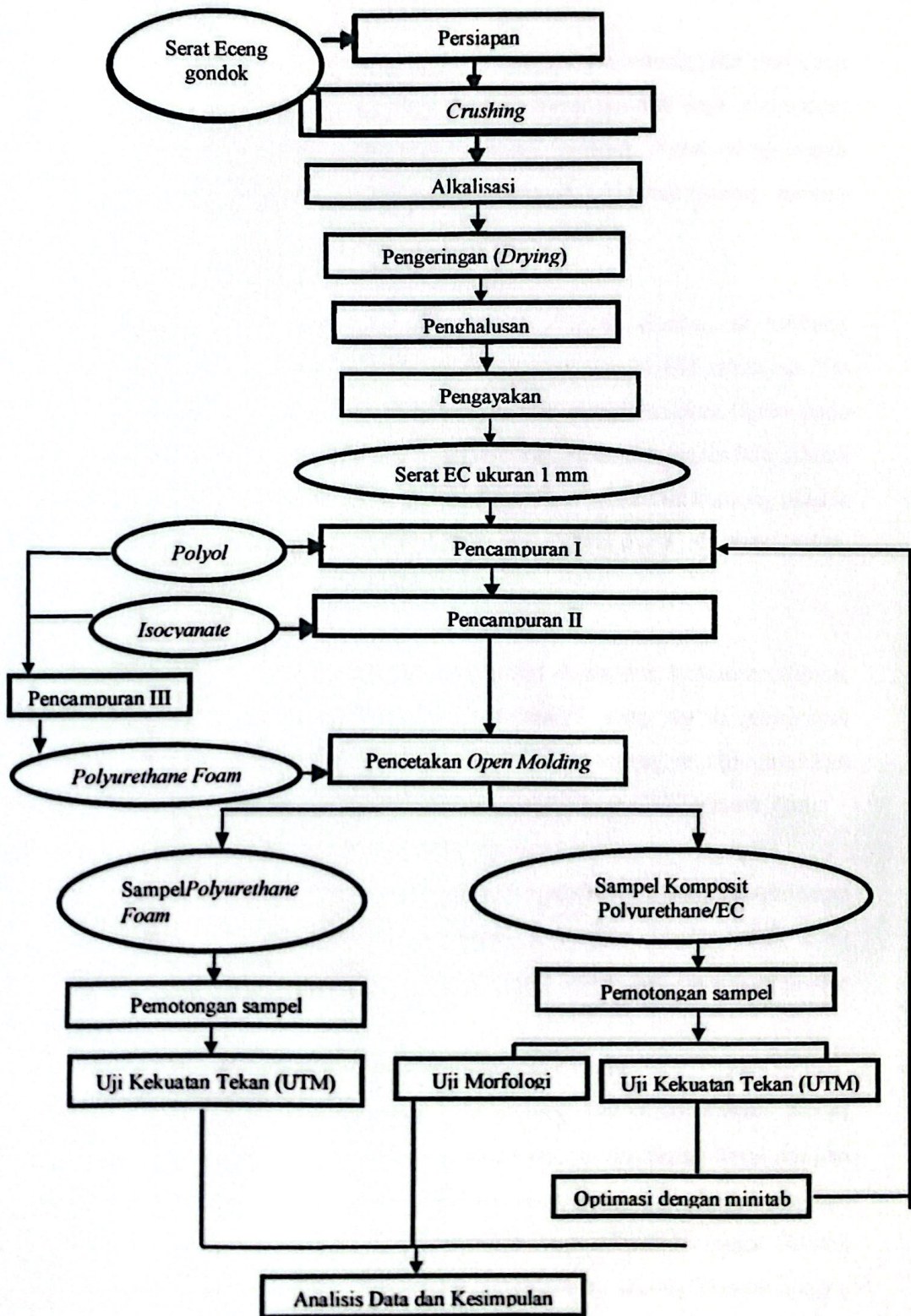
Variabel bebas merupakan variabel yang di variasikan pada tiap penelitian agar didapat hasil yang diinginkan. Variabel bebas memiliki fungsi utama sebagai acuan untuk mengetahui pengaruhnya terhadap variabel lain. Pada penelitian ini variabel bebas yang difaktorkan ada 3 yaitu serat eceng gondok, perbandingan *polyol* dengan

polyol dengan *isocyanate* dan kecepatan pengaduk *polyol* dengan *isocyanate* untuk pembuatan PU *foam*. Variabel bebas ini sudah ditentukan dengan perhitungan menggunakan *Design of Experiment* (DOE) agar bisa mengetahui pada tiap komposisi serat yang berbeda-beda. *Design of Experiment* (DOE) adalah teknik eksperimental yang membantu untuk menyelidiki kombinasi terbaik dari parameter proses, tingkat dan kombinasi dalam rangka mendapatkan hasil yang statis yang dapat di signifikan. Tabel III.1 memperlihatkan variasi parameter pada pembuatan sampel foam untuk compressive strength.

Tabel III. 1 Variasi Parameter Berdasarkan Minitab

Serat Eceng Gondok %	<i>Polyol:Isocyanate</i>	Kecepatan Pengadukan <i>Polyol dan Isocyanate</i> (RPM)
1	45:55	1000
3	40:60	1500
5	50:50	2000

3.4 Prosedur Penelitian



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

3.5 Prosedur Pembuatan Komposit PU/EG

1) Persiapan Bahan Baku

Proses pembuatan bahan komposit dimulai dengan memotong akar dan daun eceng gondok hanya dengan menyisakan batang eceng gondok saja. Kemudian batang eceng gondok dihancurkan menggunakan crusher. Serat yang sudah dihancurkan menggunakan crusher ditimbang sebanyak 250 gram masing-masing serat.

2) Proses Alkalisasi Serat dengan Larutan NaOH

Serat eceng gondok yang sudah dihancurkan dengan crusher, di timbang sebanyak 250 gram lalu direndam di dalam 4.5 liter air dan NaOH sebanyak 500 gram selama 2jam. Perendaman ini berfungsi untuk menghilangkan lignin pada serat. Setelah direndam selama 2 jam lalu dituangkan kedalam saringan lalu dibilas dengan air bersih. Setelah dibilas seratnya lalu dimasukkan kedalam kantong plastik bening untuk ditimbang berat setelah peredaman. Banyaknya air disesuaikan dengan persentase NaOH.

3) Pengeringan Serat (*Drying*)

Serat yang sudah direndam ditiriskan pada sumbu bambu, kemudian dibilas dengan air bersih untuk menghilangkan sisa NaOH yang masih menempel kemudian ditimbang berat setelah peredaman. Setelah ditimbang,serat dimasukkan kedalam oven untuk proses pengeringan dengan temperature 80°C selama 7jam

4) Penghalusan (*Blending*) dan Pengayakan (*Sieving*)

Serat yang sudah dikeringkan di haluskan menggunakan blender. Penghalusan dilakukan untuk menjadi partikel-partikel kecil. Kemudian diayak untuk lebih menyeragamkan ukuran serat. Setelah dihaluskan dan diayak lalu dilakukan proses pencampuran (*mixing*).

5) Pencampuran (*Mixing*) *Polyurethane* dengan Serat Alam

Proses pencampuran dilakukan untuk pembuatan PU foam. Dalam proses pembuatan PU *foam* ini menggunakan mangkuk plastic berukuran kecil dengan mencampurkan *polyol* dengan masing-masing serat alam lalu diaduk dengan menggunakan mesin stirrer dengan kecepatan 2000 rpm selama 10 menit. Setelah sudah 10 menit lalu ditambahkan dengan larutan *isocyanate* selama 20 detik dengan

kecepatan yang sama. Setelah sudah selesai 20 detik lalu dimasukkan kedalam loyang dengan ukuran $26\text{ cm} \times 26,5\text{ cm} \times 17\text{ cm}$

6) Pencetakan *Molding* dengan Temperature 60°C

Kemudian setelah dimasukkan kedalam loyang, lalu dimasukkan ke dalam oven dengan temperature 60°C selama 15 menit untuk menghilangkan kadar air. Setelah 15 menit pertama sudah selalu lalu sampel foam dikeluarkan dari cetakan dan didiamkan selama kurang lebih 3 menit setelah itu dimasukkan kembali kedalam oven dengan temperature yang sama dan waktu selama 1 jam, setelah 1 jam sudah selesai lalu sampel dikeluarkan dari oven dan didiamkan didalam ruangan selama 24 jam. Setelah sudah 24 jam lalu sampel dipotong dengan ukuran $5\text{ cm} \times 5\text{ cm} \times 2,5\text{ cm}$. Setelah sudah dipotong lalu dilakukan pengujian yaitu pengujian untuk uji *compressive strength* menggunakan alat *Universal Testing Machine* (UTM) kemudian dianalisa dengan menggunakan aplikasi DOE dan diuji morfologi untuk melihat struktur bentuk sampel *foam* tersebut.

7) Pengujian Sampel

a. Pengujian *Compressive Strength* (Kekuatan Tekan)

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui uji kekuatan tekan (*compressive strength*) terhadap *foam*. Pengujian ini dilakukan dengan memotong sampel dengan gerinda menjadi 5 sampel masing-masing panjang 5 cm, lebar 5 cm, dan tebal 2,5 cm yang diukur dengan penggaris. Setelah sampel *foam* diukur tebal, lebar, dan panjangnya menggunakan jangka sorong, kemudian dimasukkan ke alat *Universal Testing Machine* (UTM) dengan kapasitas 50 kN. Gambar III.2 menunjukkan (a) Sampel PU *Foam* sebelum dipotong (b) Sampel PU *foam*



Gambar III.2 (a) Sampel PU *Foam* sebelum di potong (b) Sampel PU *foam*

b. Pengujian Morfologi dengan menggunakan Mikroskop

Morfologi adalah untuk melihat struktur bentuk pada sampel. Salah satu metode yang digunakan untuk melihat morfologi permukaan sampel adalah menggunakan mikroskop. Melalui morfologi permukaan, interaksi *polyurethane* dan serat pada sampel PU foam untuk mengetahui nilai diameter pori-pori dari PU foam. Gambar III.3 menunjukkan Morfologi PU foam



Gambar III. 3 Morfologi PU Foam

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian kekuatan tekan menggunakan UTM untuk mengetahui *compressive strength* antara PU dan eceng gondok. Pengujian *compressive strength* ini hasil pengujiannya digunakan sebagai nilai kekuatan tekan untuk mengetahui spesifik komposit. Pengujian morfologi permukaan untuk melihat morfologi permukaan komposit yang dikaitkan dengan sifat kekuatan tekan komposit menggunakan *Digital Microscope* dari jenis komposit yang dibuat.

4.1 Hasil Uji *Compressive Strength* pada *Universal Testing Machine* (UTM)

Pengujian dilakukan untuk mengetahui sifat lentur dari resin PU, komposit PU/EC. Sifat kekuatan tekanan yang akan diamati adalah kekuatan tekanan.

4.1.1 Hasil Uji *Compressive Strength* PU tanpa serat

Pengujian ini dilakukan sebagai perbandingan untuk mengetahui pengaruh penambahan komposisi serat eceng gondok pada nilai kekuatan tekan. Hasil pengujian resin PU merupakan nilai rata-rata dari 5 spesimen yang di uji. Konsentrasi NaOH 10 % dengan perbandingan *Polyurethane* dengan *Isocyanate* mempunyai Max Stress 0,007731 N/mm² dan Standar Deviasi 0,00631.

4.1.2 Hasil Uji *Compressive Strength* PU/EC

Pengujian komposit PU/EC dilakukan pada 1sampel pada masing-masing komposit dengan konsentrasi NaOH 10% pada serat eceng gondok.

Tabel IV. 1 Hasil Uji *Compressive Strength* PU/EC

Sampel	Komposisi Serat Eceng Gondok	Polyol : isocyanate	Kecepatan Pengadukan Polyol dan Isocyanate	Max Stress (N/mm ²)	Standar Deviasi	Keterangan
1	3	40:60	2000	0.12303	0.00939	
2	3	45:55	1500	0.09570	0.01368	
3	3	50:50	1000	0.08040	0.01376	
4	1	50:50	1500	0.09313	0.00738	Nilai Tengah
5	3	50:50	2000	0.05517	0.02268	
6	1	45:55	2000	0.10528	0.01170	
7	1	45:55	1000	0.12210	0.00188	
8	3	40:60	1500	0.08727	0.00922	
9	5	40:60	1500	0.08306	0.00814	
10	5	45:55	2000	0.08290	0.00781	
11	3	40:60	1000	0.11461	0.00629	
12	1	40:60	1500	0.13069	0.00953	Nilai Tinggi
13	3	45:55	1500	0.10740	0.00484	
14	5	45:55	1000	0.09175	0.01088	
15	5	50:50	1500	0.04134	0.02001	Nilai Rendah

Nilai hasil uji *Compressive Strength* komposit PU/EC merupakan nilai rata-rata dari 15 sampel. Dari 15 sampel dipilih *compressive strength* yang paling tinggi, rendah, dan nilai tengah.

Nilai *compressive strength* dari rata-rata *Max Stress* PU/EC merupakan nilai dari tiga sampel PU/EC yang diuji 5 buah yang dibuat pada masing-masing sampel. Nilai *Max Strees* pada sampel 12 0,13069 dan Standar Deviasi 0,0953. Nilai *Max Strees* pada sampel 15 0,04134 dan Standar Deviasi 0,02001. Nilai *Max Strees* pada sampel 4 0,09313 dan Standar Deviasi 0,00738

Dari hasil uji *Compressive Strength* dari masing-masing sampel bahwa PU *foam* lebih tinggi dibanding PU/EC sampel yang didapat hasil optimal dari perhitungan analisi DOE.

4.1.3 Hasil Pengujian Persentase Standar Deviasi PU/EC

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 persamaan 4.1

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

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

Tabel IV.2 Hasil Persentase Standar Deviasi Tinggi, Rendah, Nilai Tengah

PU Foam memakai serat	Persentase Standar Deviasi dari nilai rata-rata <i>Max Stress</i> (%)	Keterangan
PU/EC (Tinggi)	7,2	Homogen
PU/EC (Rendah)	48,4	Tidak Homogen
PU/EC (Nilai Tengah)	7,9	Homogen

Persentase standar deviasi *compressive strenght* pada komposit PU/EC pada PU/EC (tinggi) dan PU/EC (nilai tengah) homogen dikarenakan nilainya kurang dari 10%. Namun PU/EC (rendah) tidak homogen dikarenakan nilainya lebih dari 10%.

4.1.4 Hasil Pengujian Persentase Standar Deviasi PU tanpa serat

Tabel IV. 3 Hasil Persentase Standar Deviasi PU tanpa serat

PU Foam tanpa serat	Persentase Standar Deviasi nilai rata-rata <i>Max Stress</i> (%)	Keterangan
1	8,161	Homogen

Persentase standar deviasi PU tanpa serat homogen dikarenakan nilainya kurang dari 10%.

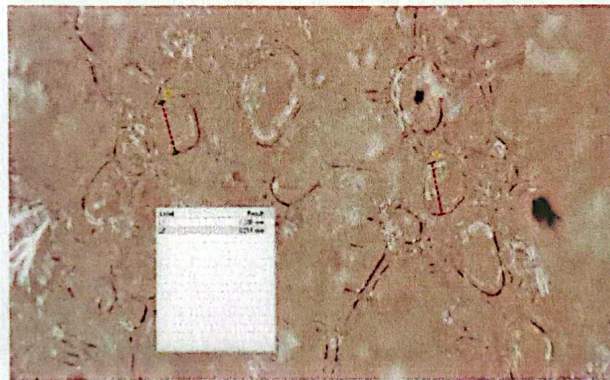
4.2 Hasil Pengujian Morfologi Permukaan Komposit dengan Mikroskop

Pengujian ini dilakukan untuk melihat interaksi antara resin *Polyurethane* dengan serat eceng gondok dengan pembesaran 100 kali. Nantinya akan dianalisa bagaimana pengaruh penambahan komposisi serat pada *compressive strength*.



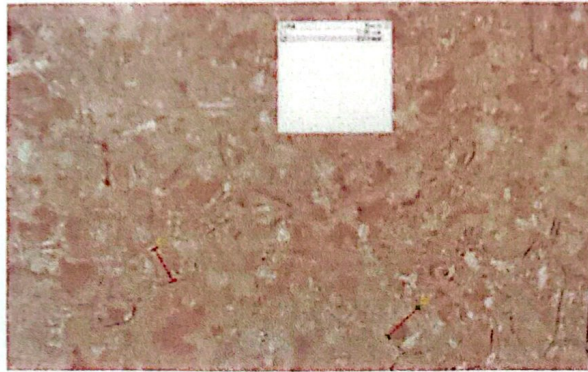
Gambar IV. 1 Hasil Pengujian Morfologi PU Tanpa Serat

Dapat dilihat dari gambar IV.1 bahwa PU tanpa serat memiliki rata-rata diameter lebih besar maka nilai kekuatan tekannya tinggi.



Gambar IV.2 Hasil Pengujian Morfologi PU/EC sampel 12 (Tinggi)

Dapat dilihat dari gambar IV.2 bahwa sampel 12 (tinggi) memiliki rata-rata diameter pori-pori lebih kecil maka nilai kekuatan tekannya rendah.



Gambar IV.3 Hasil Pengujian Morfologi PU/EC Sampel 15 (Rendah)

Dapat dilihat dari gambar IV.3 bahwa sampel 15 (rendah) memiliki rata-rata diameter pori-pori lebih kecil maka nilai kekuatan tekanannya rendah. Dapat dilihat dari gambar IV.4 bahwa sampel 4 (nilai tengah) memiliki rata-rata



Gambar IV.4 Hasil Pengujian Morfologi PU/EC Sampel 4 (Nilai Tengah)

Diameter pori-pori lebih kecil maka nilai kekuatan tekanannya rendah. PU foam mempunyai mempunyai rata-rata diameter lebih tinggi daripada sampel 12 (tinggi), sampel (15) rendah, dan sampel 4 (nilai tengah) karena semakin tinggi nilai pori-pori diameternya makin besar dan *compressive strength* juga meningkat.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data pengujian dilakukan, kesimpulan yang didapat sebagai berikut:

1. *Compressive Strength* dipengaruhi oleh kandungan serat eceng gondok, perbandingan *polyol* dengan *isocyanate* dan kecepatan pengaduk. Dari hasil uji *Compressive Strength* sampel serat 1% yang paling tertinggi 0,01369 N/mm² dengan standar deviasi 0,00953 perbandingan *polyol* dengan *isocyanate* 40:60. Sampel 5% yang paling rendah 0,04134 N/mm² dengan standar deviasi 0,02001 perbandingan *polyol* dengan *isocyanate* 50:50. Dan sampel 1% yang mempunyai nilai tengah di antara 15 sampel dengan *max stress* 0,00913 N/mm² dan standar deviasi 0,00738 perbandingan *polyol* dengan *isocyanate* 50:50.
2. PU/EC dengan *compressive strength* tertinggi diatas memiliki diameter pori-pori lebih besar dari diameter pori-pori PU/EC *compressive strength* terendah.

5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan pengujian morfologi lainnya seperti pengujian *X-Ray Diffraction* untuk melihat struktur kristalinitas komposit dan pengujian mekanik seperti uji tarik.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh waktu peredaman EC terhadap sifat uji tekan

DAFTAR PUSTAKA

- Anggraini, Dwi Nana,"Pengaruh Penambahan Eceng Gondok (*Eidhornia Crassipes*) Dan Air Leri Terhadap Produktivitas Jamur Merang (*Volvariella volvace*) Pada Media Buglog." Skripsi,tidak diterbitkan,Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan,Universitas Muhammadiyah Surakarta,"2015.
- Budi, T.S., Supriyadi, E., Zulziar, M., "Analisis Konfigurasi Proses Produksi *Stick Coverture* Menggunakan Metode Design of Experiment (DOE)". JITMI vol.1 ISSN : 2620-5793.Pamulang. 2018
- Ferreira, Diana P., Cruz, Juliana., Fanguero, 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.
- Hakim Abdel., Nassar Mona., Aisha emam., maha sultan." Preparation and characterization of rigid polyurethane foam sugar cane bagasse polyol". 2011
- Hermawan,Dharma," Analisa Sifat Mekanik Serat Kelapa Pada Material Komposit," Skripsi,tidak diterbitkan, Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Pontianak,"2017
- 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
- Maryati,Budha., Sonief,As'ad,A., & Wahyudi,Slamet," Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa Poliester Terhadap Uji Tarik," Fakultas Teknik,Universitas Brawijaya Malang,"2015
- Norramadhan,Wahyu., Ahmad,Irza., & Nasution,Nira." Eceng Gondok Sebagai Bahan Papan Partikel." Universitas Negri Jakarta,2012.

- Ouarhim, W., Zari, N., Bouchfid R., & Qaiss, A. el kacem. "Mechanical Performance of Natural Fiber-based Thermosetting Composites." Elsevier Ltd. Maroko. 2019.
- 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.
- Supartini."Komponen Kimia Kayu Meranti Kuning (Shorea Macrobalanes)." Balai Penelitian Dipterokarpo,2009.
- Sapuan, S.M. "Composite Materials: Concurrent Engineering Approach." Butterworth-Heinemann. Oxford. 2017.
- Shimpi, N.G. "Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites: Proccessing, Properties, and Applications." Woodhead Publishing. Duxford. 2018.
- Triwulandari E., Astrin. N., & Haryono. A., "Pembuatan Poliol Berbasis Kompenen Minyak Sawit Sebagai Bahan Baku Busa *Polyurethane*". "Pusat Penelitian Kimia LIPI." 2012.

LAMPIRAN A

DATA SAMPEL STUDI AWAL DAN DATA *COMPRESSIVE STRENGTH*A.1 Data *Compressive Strength* Resin PU

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 spesimen. Setiap spesimen diberikan nama masing-masing PU-.1.1, PU-.1.2, PU-.1.3, PU-.2.1, PU-.2.2, PU-.2.3. Tabel A.1 menunjukkan tabel hasil pengujian *Compressive Strength* dari PU.

Tabel A.1 Pengujian Sampel PU *Foam* tanpa serat

Parameters	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max.Force	Max.Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU 1.1	49.3600	52.5600	24.3600	190.504	0.07343
PU 1.2	48.5900	48.9200	23.3400	183.773	0.07731
PU 1.3	47.4900	51.3000	24.5000	168.562	0.06919
PU 2.1	49.4200	49.6700	25.5600	147.549	0.06011
PU 2.2	49.4500	50.3300	25.8600	185.760	0.07464
PU 2.3	52.4500	55.3200	26.8800	192.189	0.06624
Rata-rata	49.4600	51.3500	25.0833	178.056	0.07015
Standar Deviasi	1.64861	2.32358	1.26183	17.1321	0.00631

A.2 Pengujian *Compressive Strength* PU/EC

Pada pengujian *Compressive Strength*, masing-masing sampel komposit berjumlah 5 buah kemudian masing-masing dipotong menjadi 5 bagian yang selanjutnya pada pengujian ini spesimen yang dinamakan PU EC1.1, PU EC 1.2, PU EC 1.3, PU EC 1.4, PU EC 1.5.

Tabel A.2.1 Hasil Pengujian Sampel 1

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 1.1	50.6500	49.1500	25.6900	334.501	0.13437
PU EC 1.2	55.2900	49.9900	21.4700	338.888	0.12261
PU EC 1.3	50.5400	49.7500	27.0700	352.589	0.14023
PU EC 1.4	56.0900	49.4900	28.6600	319.799	0.11521
PU EC 1.5	50.5200	49.5200	24.7300	264.740	0.10582
Average	52.6180	49.5800	25.5420	322.103	0.12365
Standar Deviasi	2.81900	0.31369	2.70728	34.1345	0.01396

Tabel A.2.2 Hasil Pengujian Sampel 2

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max Force	Max Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 2.1	56.9800	49.1900	26.2200	339.659	0.12118
PU EC 2.2	55.9600	52.2300	28.2100	273.991	0.09374
PU EC 2.3	54.5400	48.9200	26.3300	258.279	0.09680
PU EC 2.4	51.6700	49.4400	25.8200	204.976	0.08024
PU EC 2.5	52.2100	50.3900	26.6600	240.811	0.09153
PU EC 2.6	49.3100	50.3100	26.8600	224.972	0.09069
<i>Average</i>	53.4450	50.0800	26.6833	257.115	0.09570
Standar Deviasi	2.89118	1.20986	0.83034	47.153	0.01368

Tabel A.2.3 Hasil Pengujian Sampel 3

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max Force	Max Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 3.1	50.5200	48.3100	22.44700	177.852	0.07287
PU EC 3.2	57.0400	56.1000	28.4500	309.102	0.9660
PU EC 3.3	49.4200	47.0900	21.9300	174.228	0.07487
PU EC 3.4	52.3800	47.0200	21.5700	159.168	0.06463
PU EC 3.5	51.3400	49.7200	29.2000	237.457	0.09302
<i>Average</i>	52.1400	49.6480	24.7240	211.561	0.08040
Standar Deviasi	2.94663	3.77073	3.76671	62.1690	0.01376

Tabel A.2.4 Hasil Pengujian Sampel 4

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max Force	Max Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 4.1	51.1800	50.4900	26.0400	224.066	0.08671
PU EC 4.2	51.2900	50.4700	26.9000	272.481	0.10526
PU EC 4.3	55.1200	50.9500	26.3800	246.334	0.08771
PU EC 4.4	54.3500	50.6800	27.2400	255.640	0.09281
PU EC 4.5	52.7300	50.2100	29.3100	246.660	0.09316
<i>Average</i>	52.9340	50.5600	27.1740	249.036	0.09313
Standar Deviasi	1.77514	0.27477	1.28048	17.5337	0.00738

Tabel A.2.5 Hasil Pengujian Sampel 5

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 5.1	53.6000	48.2900	25.8100	151.602	0.05857
PU EC 5.2	51.5300	49.3800	27.7600	104.054	0.04089
PU EC 5.3	55.9000	50.6000	24.4600	182.033	0.06436
PU EC 5.4	52.1100	49.8300	29.5300	245.508	0.09455
PU EC 5.5	52.6200	48.7200	26.5400	99.2219	0.03870
PU EC 5.6	47.4800	47.6500	21.8600	76.8344	0.03396
Average	52.9340	49.0783	25.9933	143.209	0.05517
Standar Deviasi	1.77514	1.07345	2.66072	63.1132	0.02268

Tabel A.2.6 Hasil Pengujian Sampel 6

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 6.1	52.6300	51.3200	23.9000	319.886	0.11843
PU EC 6.2	52.2600	51.3200	26.2800	271.336	0.10117
PU EC 6.3	51.2100	50.4400	23.9000	236.162	0.09143
PU EC 6.4	52.9200	48.8200	27.3300	255.529	0.09891
PU EC 6.5	52.9200	48.8200	27.3300	300.940	0.11648
Average	52.3880	50.1440	25.7480	276.771	0.10528
Standar Deviasi	0.71216	1.26090	1.74060	33.8116	0.01170

Tabel A.2.7 Hasil Pengujian Sampel 7

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 7.1	50.3500	49.1700	30.7000	304.190	0.12287
PU EC 7.2	50.5800	49.8000	33.6800	308.728	0.12257
PU EC 7.3	53.7500	47.5100	31.9600	314.585	0.12319
PU EC 7.4	50.2000	48.8700	30.2600	301.965	0.12309
PU EC 7.5	52.5000	50.7600	32.2400	316.493	0.11876
Average	51.4760	49.2220	31.7680	309.192	0.12210
Standar Deviasi	1.57468	1.19970	1.35371	6.32167	0.00188

Tabel A.2.8 Hasil Pengujian Sampel 8

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 8.1	56.9300	53.9100	26.4000	264.176	0.08608
PU EC 8.2	55.2000	53.8900	26.3600	269.437	0.09058
PU EC 8.3	54.5400	54.5000	27.1900	221.284	0.07445
PU EC 8.4	54.4100	53.0400	30.3000	288.336	0.09991
PU EC 8.5	54.5000	54.3700	25.4800	252.835	0.08533
<i>Average</i>	55.1160	53.9420	27.1460	259.214	0.08727
Standar Deviasi	1.06152	0.57269	1.86410	24.7820	0.00922

Tabel A.2.9 Hasil Pengujian Sampel 9

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 9.1	50.9600	50.8600	27.1800	217.303	0.08384
PU EC 9.2	51.8100	49.4600	26.0000	201.337	0.07857
PU EC 9.3	53.8300	50.6700	27.9800	215.007	0.07885
PU EC 9.4	53.9500	49.6600	28.1800	206.669	0.07714
PU EC 9.5	51.0700	50.4700	30.1900	249.751	0.09690
<i>Average</i>	52.3240	50.2240	27.9060	218.027	0.08306
Standar Deviasi	1.46707	0.62564	1.53762	18.8627	0.00814

Tabel A.2.10 Hasil Pengujian Sampel 10

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 10.1	55.5300	54.0700	28.9400	259.694	0.08649
PU EC 10.2	57.0400	55.6100	30.9700	238.729	0.07526
PU EC 10.3	54.2300	53.8500	29.0600	268.730	0.09202
PU EC 10.4	52.4200	51.9200	28.0100	201.861	0.07417
PU EC 10.5	58.6500	56.8900	30.5800	288.789	0.08655
<i>Average</i>	55.5740	54.4680	29.5120	251.561	0.08290
Standar Deviasi	2.41697	1.88434	1.23023	33.0968	0.00781

Tabel A.2.11 Hasil Pengujian Sampel 11

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 11.1	56.1600	48.9000	27.4800	288.447	0.10503
PU EC 11.2	49.5000	45.5400	28.1000	253.797	0.11259
PU EC 11.3	49.6100	47.9700	24.2300	275.016	0.11556
PU EC 11.4	50.3300	49.7800	30.8900	304.429	0.12151
PU EC 11.5	48.6900	48.0800	29.0400	277.034	0.11834
<i>Average</i>	50.8580	48.0540	27.9480	279.745	0.114461
Standar Deviasi	3.02043	1.58293	2.44507	18.6282	0.00629

Tabel A.2.12 Hasil Pengujian Sampel 12

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 12.1	53.5700	48.1800	25.1100	371.472	0.14393
PU EC 12.2	50.3600	48.3100	26.8600	323.216	0.13285
PU EC 12.3	51.5100	47.7600	28.2200	317.876	0.12921
PU EC 12.4	51.8300	50.4300	27.7400	306.463	0.11725
PU EC 12.5	51.7600	48.6700	28.8000	328.072	0.13023
<i>Average</i>	51.8060	48.6700	27.3460	329.420	0.13069
Standar Deviasi	1.15032	1.03627	1.43780	24.8443	0.00953

Tabel A.2.13 Hasil Pengujian Sampel 13

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 13.1	56.0800	51.0500	25.9000	324.313	0.11328
PU EC 13.2	51.7300	49.5600	25.8300	273.546	0.10670
PU EC 13.3	55.6900	47.5000	24.1100	289.583	0.10947
PU EC 13.4	52.8400	50.4200	28.3000	286.428	0.10751
PU EC 13.5	52.3700	51.6600	27.0500	270.637	0.10003
<i>Average</i>	53.7420	50.0380	26.2380	288.901	0.10740
Standar Deviasi	2.00032	1.61794	21.3889	21.3889	0.00484

Tabel A.2.11 Hasil Pengujian Sampel 11

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 11.1	56.1600	48.9000	27.4800	288.447	0.10503
PU EC 11.2	49.5000	45.5400	28.1000	253.797	0.11259
PU EC 11.3	49.6100	47.9700	24.2300	275.016	0.11556
PU EC 11.4	50.3300	49.7800	30.8900	304.429	0.12151
PU EC 11.5	48.6900	48.0800	29.0400	277.034	0.11834
<i>Average</i>	50.8580	48.0540	27.9480	279.745	0.114461
Standar Deviasi	3.02043	1.58293	2.44507	18.6282	0.00629

Tabel A.2.12 Hasil Pengujian Sampel 12

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 12.1	53.5700	48.1800	25.1100	371.472	0.14393
PU EC 12.2	50.3600	48.3100	26.8600	323.216	0.13285
PU EC 12.3	51.5100	47.7600	28.2200	317.876	0.12921
PU EC 12.4	51.8300	50.4300	27.7400	306.463	0.11725
PU EC 12.5	51.7600	48.6700	28.8000	328.072	0.13023
<i>Average</i>	51.8060	48.6700	27.3460	329.420	0.13069
Standar Deviasi	1.15032	1.03627	1.43780	24.8443	0.00953

Tabel A.2.13 Hasil Pengujian Sampel 13

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 13.1	56.0800	51.0500	25.9000	324.313	0.11328
PU EC 13.2	51.7300	49.5600	25.8300	273.546	0.10670
PU EC 13.3	55.6900	47.5000	24.1100	289.583	0.10947
PU EC 13.4	52.8400	50.4200	28.3000	286.428	0.10751
PU EC 13.5	52.3700	51.6600	27.0500	270.637	0.10003
<i>Average</i>	53.7420	50.0380	26.2380	288.901	0.10740
Standar Deviasi	2.00032	1.61794	21.3889	21.3889	0.00484

Tabel A.2.14 Hasil Pengujian Sampel 14

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 14.1	52.6500	52.1700	27.2800	239.023	0.08702
PU EC 14.2	55.4200	53.3300	31.4300	255.879	0.08658
PU EC 14.3	50.4500	45.6200	31.3400	210.333	0.09139
PU EC 14.4	53.3300	48.8300	27.2000	216.810	0.08326
PU EC 14.5	50.3400	46.2400	27.4900	257.238	0.11051
<i>Average</i>	52.4380	49.2380	28.9480	235.857	0.09175
Standar Deviasi	2.12642	3.44911	2.22741	21.6928	0.01088

Tabel A.2.15 Hasil Pengujian Sampel 15

Parameter	Lebar	Panjang	Ketebalan	Max_Force	Max_Stress
Satuan	mm	mm	mm	N	N/mm ²
PU EC 15.1	59.1200	47.2800	19.5500	42.9312	0.01536
PU EC 15.2	55.1100	52.7700	29.8500	148.940	0.05121
PU EC 15.3	53.0700	44.4900	27.6400	108.123	0.04579
PU EC 15.4	50.7700	50.4900	22.9700	71.5574	0.02792
PU EC 15.5	48.3200	47.4800	25.2200	152.413	0.06643
<i>Average</i>	53.2780	48.5020	25.0460	104.793	0.04134
Standar Deviasi	4.13522	3.19382	4.01103	47.8519	0.02001

LAMPIRAN C



Ayakan 1mm



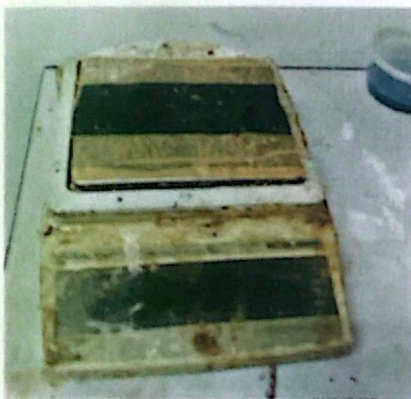
Blender



Mesin pemotong



crusher



Timbangan



Stirrer

LAMPIRAN D
SAMPEL PRODUK



Sampel PU/EC