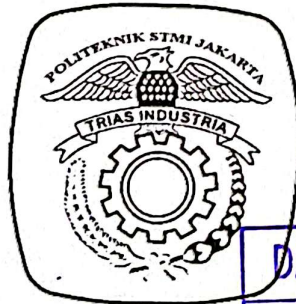


**LAPORAN TUGAS AKHIR****PENGARUH KOMPOSISI MASSA SERAT, RASIO ANTARA  
POLYOL DAN ISOCYANATE SERTA KECEPATAN STIRRER  
TERHADAP KOMPOSIT POLYURETHANE FOAM / SERAT  
ABAKA****DI BALAI TEKNOLOGI POLIMER****(Periode Maret – Agustus 2019)**

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

**DATA BUKU PERPUSTAKAAN**

Tgl Terima

07/08/22

No Induk Buku

556/TKP/SB/TA/22

OLEH :

**TRIANGGIT SEWANDA W.H.****1515030**

**PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA POLIMER  
POLITEKNIK STMI JAKARTA  
KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN RI  
JAKARTA  
2019**

**SUMBANGAN ALUMNI**

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I**

**LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING**  
**JUDUL TUGAS AKHIR**

**PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERAT ABAKA DAN VARIASI  
KECEPATAN PENGADUKAN PADA PEMBUATAN *POLYURETHANE*  
*FOAM***

DISUSUN OLEH :

NAMA : TRIANGGIT SEWANDA W.H

NIM : 1515030

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, Agustus 2019

Menyetujui

Ketua Program Studi  
Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIDK. 8873590019

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, MEng  
NIP. 195609101984032002



Nomor : 045 /BPSDMI/STMI/VIII/2019  
Lampiran : 1 (satu)  
Perihal : Penugasan Proses  
Bimbingan Tugas Akhir  
Tahun Akademik 2019/2020

Jakarta, 02 Agustus 2019

Kepada  
Yth. Ibu Ir Rochmi Widjajanti, M.Eng  
Di Jakarta

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

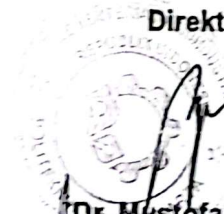
Nama : Trianggit Sewanda W.Hidayat  
No. Induk : 1515030

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

\* Pengaruh Variasi Penambahan Serat Abaka dan Variasi Kecepatan Pengadukan Pada Pembuatan Polyurethan Foam . \*

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

Direktur,



Dr. Mustofa, ST, MT








NIP : 19700924 200312 1 001

Tembusan:

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

## LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR

Nama : Trianggit Sewanda W.H  
 NIM : 1515030  
 Judul TA Penelitian : PENGARUH VARIASI PENAMBAHAN SERAT  
 ABAKA DAN VARIASI KECEPATAN PENGADUKAN  
 PADA PEMBUATAN *POLYURETHANE FOAM*  
 Pembimbing : Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
31/7/2019	Bab I	Latar Belakang, Rumusan masalah, Tujuan Penelitian, Daftar Isi	
1/8/2019	Bab II	Revisi Penulisan, spasi antar Paragraf	
5/8/2019	Bab II Bab III	Tinjauan Pustaka Metode Penelitian	
6/8/2019	Bab III	Metode Penelitian, Diagram alir	
12/8/2019	Bab IV	Hasil Penelitian	
13/8/2019	Bab V	Pembahasan hasil data dan Pengujian	
16/8/2019	Bab V	Kesimpulan	

Tanggal	BAB	Keterangan	Paraf
19/8/2019	BAB I BAB V	Pembahasan hasil data kesimpulan, saran	RS
20/8/2019	BAB V ABstrak	kesimpulan	RS
26/8/2019	RPT	Konsultasi untuk isi PPT	RS

Mengetahui

Ketua Program Studi

Teknik Kimia Polimer



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIDK.8873590019

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng  
NIP.195609101984032002

**POLITEKNIK STMI JAKARTA**  
**KEMENTERIAN PERINDUSTRIAN R.I.**

**LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS**  
**AKHIR**

JUDUL TUGAS AKHIR:

PENGARUH KOMPOSISI MASSA SERAT, RASIO ANTARA *POLYOL* DAN  
*ISOCYANATE* SERTA KECEPATAN STIRRER TERHADAP KOMPOSIT  
*POLYURETHANE FOAM/SERAT ABAKA*

DISUSUN OLEH :

NAMA : TRIANGGIT SEWANDA W.H


NIM : 1515030

PROGRAM STUDI : TEKNIK KIMIA POLIMER

Telah diuji oleh Tim Penguji Sidang Tugas Akhir Program Studi Teknik Kimia  
Polimer pada Politeknik STMI Jakarta pada hari Rabu 20 September 2019.

Jakarta, September 2019

Penguji I



Dr. Ir. Lintong Sopandi H., MS.ChE  
NIP: 195803221986031002

Penguji II



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

Penguji III



Ir. Roosmariharso, MBA  
NIDK : 8873590019

Dosen Pembimbing



Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng  
NIP: 195609101984032002



Nomor : 0730/IBPSDMI/STMI/II/2019  
Lampiran :  
Perihal : **Permohonan Penelitian**

Jakarta, 21 Februari 2019

Kepada  
Yth. Bapak/Ibu Pimpinan  
Balai Teknologi Polimer Up: Ibu Ir.F.M. Emy  
S.A.Soekotjo, 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.	Trianggih Sewanda W.Hidayat	1515030	Teknologi Proses

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



**BADAN PENGKAJIAN DAN PENERAPAN TEKNOLOGI**  
BTP BPPT Gd. 460 Kawasan PUSPIPTEK, Serpong, Tangerang 15314  
Telepon (021) 756 3360, Faksimile (021) 756.0057, Website <http://www.sentrapolimer.id>  
Email : [stpoffice@sentrapolimer.id](mailto:stpoffice@sentrapolimer.id)

Nomor : B-046/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

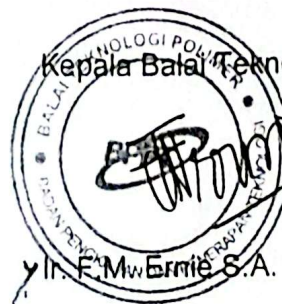
Menjawab Surat Pembantu Direktur I Politeknik STMI Jakarta

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 a.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



Y. Ir. F. M. Ernie S.A. Soekotjo, M. Sc

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

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

Nama : Trianggit Sewanda W.H

NIM : 1515030

Program Studi : Teknik Kimia Polimer

Dengan ini menyatakan bahwa hasil karya Tugas Akhir yang kami buat dengan judul : Pengaruh komposisi massa serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* serta kecepatan stirrer terhadap komposit *polyurethane foam*/serat abaka

- Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan literatur hasil kuliah, survei lapangan, bimbingan dengan dosen pembimbing dan pembimbing penelitian, melalui Tanya Jawab maupun asistensi serta buku-buku jurnal acuan yang tertera dalam referensi pada karya tulis 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 karya Tugas Akhir kami.

Jika terbukti kami tidak memenuhi apa yang telah kami nyatakan seperti apa yang diatas, maka karya Tugas Akhir kami ini dibatalkan.

Jakarta, Agustus 2019

Yang Membuat Pernyataan



Trianggit Sewanda W.H

## ABSTRAK

Penelitian tentang bahan komposit saat ini tertuju pada komposit berpenguat serat alam. Pada penelitian ini digunakan serat abaka untuk pembuatan komposit *polyurethane foam*. Tujuan penelitian untuk mengetahui pengaruh komposisi serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* serta kecepatan *stirrer* terhadap nilai kekuatan tekan dan hubungan morfologi dengan uji tekan. Variasi komposisi serat sebanyak 1%, 3% dan 5% digunakan saat proses pembentukan *polyurethane foam*/serat abaka. Pengujian kekuatan tekan *polyurethane foam*/serat abaka menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) berdasarkan ASTM D1621 sedangkan untuk mengetahui morfologinya menggunakan alat *Digital Microscope*. Penelitian ini menunjukkan bahwa *polyurethane foam*/serat abaka dengan komposisi serat 5% menghasilkan nilai kekuatan tekan rendah yaitu 0,08273 N dan komposisi serat 1% menghasilkan nilai kekuatan tekan tertinggi yaitu 0,13380 N. Pengujian morfologi menggunakan perbesaran 100 kali dan menunjukkan semakin kecil pori-pori *polyurethane foam*/serat abaka maka kekuatan tekannya semakin tinggi.

**Kata kunci:** komposit, serat abaka, *polyurethane*, kekuatan tekan, morfologi.

## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT karena atas berkah dan rahmat-Nya penulis dapat melaksanakan kegiatan dan penulisan laporan Tugas Akhir. Tugas Akhir ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat penyelesaian Program Diploma IV pada Progam Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta. Tugas Akhir ini dilaksanakan pada Maret 2019 sampai Agustus 2019.

Dalam proses pengumpulan data dan penulisan, penyusun telah mendapatkan bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini terutama kepada:

1. Bapak Dr. Mustofa, S.T, M.T selaku Direktur Politeknik STMI Jakarta.
2. Bapak Ir. Roosmariharso, MBA selaku Ketua Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta,
3. Ibu Ir. Rochmi Widjajanti, M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah menyediakan waktu, dan pikiran untuk mengarahkan dalam penyusunan laporan dan tugas khusus,
4. Ibu Fitria Ika Aryanti, S.T, M.Eng selaku Sekretaris Program Studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta,
5. Ibu Ir. F.M. Erny S.A. Soekotjo, M.Sc selaku Kepala Balai Teknologi Polimer,
6. Ibu Ajeng selaku HRD/GA Manager Balai Teknologi Polimer yang telah menerima penulis untuk melaksanakan penelitian di Balai Teknologi Polimer,
7. David Natanel Vicarneltor S.T selaku pembimbing lapangan yang telah banyak memberikan wawasan, pengarahan, serta membantu penulis dalam pengambilan data yang dibutuhkan selama penelitian di Sentra Teknologi Polimer,
8. Bapak Ony, Bapak Salman, Mas Fajar, Reza, serta seluruh karyawan Sentra Teknologi Polimer yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah banyak membantu penulis selama pelaksanaan penelitian,
9. Orang tua (Mami dan Papi) yang selalu memberikan doa dan keluarga yang selalu memberikan dukungan moral maupun material,

10. Teman seperjuangan yang telah banyak memberikan bantuan dan keceriaan selama penulis di Serpong,

11. Teman-teman angkatan 2015 Jurusan Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta yang telah banyak memberikan dukungan dan doa kepada penulis.

Akhir kata, penulis berharap laporan ini dapat bermanfaat bagi para pembaca. Penulis menyadari bahwa dalam laporan tugas akhir ini masih banyak terdapat kekurangan baik dari segi materi atau penyajiannya. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar kedepannya laporan tugas akhir ini dapat lebih baik. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan tentunya penulis.

Jakarta, Agustus 2019

Penulis

## DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING .....	iii
LEMBAR PENUGASAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR.....	iv
LEMBAR BIMBINGAN PENYUSUNAN TUGAS AKHIR.....	v
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI SIDANG TUGAS AKHIR.....	vii
LEMBAR PERMOHONAN PELAKSANAAN TUGAS AKHIR .....	viii
LEMBAR KETERANGAN PENERIMAAN TUGAS AKHIR .....	ix
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	x
KATA PENGANTAR .....	xi
ABSTRAK .....	xiii
DAFTAR ISI.....	xiv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR GAMBAR .....	xvii
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Sistematika Penelitian.....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Komposit.....	6
2.2 Komposit Berpenguat Serat .....	6
2.3 Serat Abaka .....	7
2.4 Lignoselulosa .....	9
2.4.1 Selulosa.....	10
2.4.2 Hemiselulosa .....	11
2.4.3 Lignin .....	11
2.4.4 Perlakuan Alkali .....	11
2.5 Natrium Hidroksida (NaOH) .....	12
2.6 Polimer .....	13

2.7 <i>Polyurethane</i> .....	14
2.8 Karakteristik <i>Compressive Strength</i> .....	15
2.9 <i>DOE (Design Of Experiments)</i> .....	16
2.10 <i>Digital Microscope</i> .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.3 Variabel.....	19
3.3.1 Variabel Tetap .....	19
3.3.2 Variabel Bebas.....	19
3.4 Prosedur .....	20
3.5 Tahap Penelitian <i>Polyurethane Foam</i> dan Serat Abaka .....	21
3.6 Dimensi pengujian sampel uji.....	22
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>25</b>
4.1 Hasil Pengujian <i>Compressive Strength</i> Pada <i>Universal Testing Machine</i> (UTM) .....	25
4.1.1 Hasil Pengujian Tekan <i>Polyurethane Foam</i> tanpa serat abaka .....	25
4.1.2 Hasil Pengujian Tekan <i>Polyurethane Foam</i> / Serat Abaka .....	26
4.2 Hasil Pengujian Morfologi Permukaan Komposit <i>Polyurethane Foam</i> /serat abaka.....	28
4.2.1 Hasil Pengujian pada Sampel Nilai Tekan Tinggi .....	28
4.2.2 Hasil Pengujian pada Sampel Nilai Tekan Rendah .....	29
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>31</b>
5.1 Kesimpulan .....	31
5.2 Saran .....	31
<b>LAMPIRAN A</b>	
<b>LAMPIRAN B</b>	
<b>LAMPIRAN C</b>	

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel II.1</b> Komposisi abaka atau <i>hemp</i> dan serat alam lainnya.....	9
<b>Tabel III.1</b> Variasi Bebas Pembuatan <i>Polyurethane Foam</i> /Serat abaka. ....	19
<b>Tabel IV.1</b> Hasil Pengujian Tekan Komposit <i>Polyurethane Foam</i> .....	25
<b>Tabel IV.2</b> Hasil Pengujian Tekan Komposit <i>Polyurethane Foam</i> /Serat Abaka	26
<b>Tabel IV.3</b> Hasil optimal Pengujian <i>Polyurethane Foam</i> /Serat Abaka .....	28

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar II.1</b> Tumbuhan Pisang Abaka.....	8
<b>Gambar II.2</b> Pelepah Kering Abaka.....	9
<b>Gambar II.3</b> Struktur Molekul Selulosa.....	10
<b>Gambar II.4</b> Struktur Molekul Hemiselulosa.....	11
<b>Gambar II.5</b> Rumus kimia <i>Polyurethane</i> .....	14
<b>Gambar II.6</b> <i>Sampel Polyurethane Foam</i> .....	15
<b>Gambar III.1</b> Diagram Alir Penelitian .....	20
<b>Gambar III.2</b> <i>Universal Testing Machine (UTM)</i> .....	22
<b>Gambar III.3</b> <i>Digital Microscope</i> .....	23
<b>Gambar IV.1</b> Optimasi Uji Kekuatan Tekan <i>Polyurethane Foam/Serat Abaka</i> ..	28
<b>Gambar IV.2</b> Morfologi Permukaan <i>Polyurethane Foam/serat abaka</i> dengan nilai titik tertinggi uji <i>compressive strength</i> .....	28
<b>Gambar IV.3</b> Morfologi Permukaan <i>Polyurethane Foam/serat abaka</i> dengan nilai titik terendah uji <i>compressive strength</i> .....	29

## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

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 ringan dan sifat mekanik yang relatif baik. Sebagai salah satu potensi, serat alam untuk digunakan sebagai penyusun bahan komposit sangat menjanjikan karena tersedia berlimpah di Indonesia.

Pada umumnya, komposit tersusun dari dua atau lebih bahan yang memiliki keunggulan satu sama lain yang digabungkan untuk menghasilkan sifat unggul baru yang didapat dari bahan penyusunnya. Berdasarkan fungsi penyusunnya, komposit terdiri dari serat yang berfungsi sebagai penguat dan resin yang berfungsi sebagai pengikat dari serat, serta di beberapa komposit terdapat penambahan bahan aditif yang digunakan untuk meningkatkan sifat dari komposit tersebut. Penelitian tentang bahan komposit saat ini tertuju pada komposit berpenguat serat alam.

Salah satu jenis serat alam yang terdapat di Indonesia adalah serat Abaka. Pemanfaatan serat. Tanaman abaca (*Musa textilis* Nee) termasuk dalam pisang (Musaceae) yang dikategorikan sebagai pisang jantan, karena abaka tidak menghasilkan buah. Produksi utama dari budidaya tanaman pisang ini adalah berupa serat (*fibre*) yang terkenal dalam perdagangan internasional sebagai serat berkualitas tinggi (Arisno, 2009).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Komariah, dkk (2016) menggunakan serat bambu dan variasi yang digunakan komposisi serbuk bambu sebesar 5%; 10%; dan 15% fraksi massa komposit. Sedang komposisi pembentuk *polyurethane foam*, yakni terdiri dari *Polyphenyl isocyanate* dan *Polypropylene glycol* dengan perbandingan 70 : 30 fraksi massa matrik. Berdasarkan data hasil penelitian dan pembahasan, maka dapat ditarik kesimpulan bahwa penambahan serbuk bambu pada komposit *polyurethane foam* serbuk bambu, berpengaruh pada sifat fisik dan sifat mekanik komposit. Penambahan 15% serbuk bambu memiliki

mekanik komposit. Penambahan 15% serbuk bambu memiliki nilai densitas sebesar  $0.1093 \text{ g/cm}^3$  dan memiliki nilai kekuatan lentur tertinggi sebesar 28,20 MPa.

Menurut prihatno, dkk (2018) melakukan penelitian dengan serat kulit waru dan menggunakan kecepatan stirrer 1000; 2000; 3000; 4000 dan 5000 rpm. Sifat mekanis baik kekuatan tekan yang paling baik adalah pada komposit berpenguat serat kulit pohon waru dengan tingkat kehalusan serat putaran 5000 rpm. Besarnya kekuatan tekan rata-rata sebesar 56,43 MPa.

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 yang berfungsi sebagai pengikat dari serat, jenis yang digunakan adalah *polyurethane foam*. Sebagai penjelasan sederhana, produsen membuat busa *polyurethane* dengan mereaksikan *polyol* dan *isocyanate*. Pengaplikasiannya digunakan untuk *furniture* berlapis, kursi mobil, *spons* di dapur dan kasur. Hal ini disebabkan belum banyaknya penelitian yang membahas tentang sifat mekanik *polyurethane foam* dengan serat Abaka.

Menurut Hakim, dkk (2011) melakukan penelitian dengan *polyurethane foam* menggunakan polyol berbahan dari tebu. Uji morfologi dengan penambahan polyol sebanyak 30% pori-pori nya berdiameter 123 mm - 256 mm memiliki kekuatan tekan yang tinggi dan 50% memiliki pori-pori 139 mm - 247 mm, kekuatan tekannya rendah.

Salah satunya adalah uji tekan, dilakukan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) dan pengujian morfologi menggunakan *Digital Microscope*. Hal ini terkait dengan prediksi kekuatan komponen yang dibuat dari bahan tersebut.

## 1.2 Rumusan Masalah

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

1. Bagaimana pengaruh komposisi massa serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate*, kecepatan *stirrer* terhadap sifat mekanik komposit *polyurethane foam*?
2. Bagaimana hubungan morfologi *polyurethane foam* / serat abaka dengan hasil uji kekuatan tekan (*compressive strength*)?

### 1.3 Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, penulis memberikan batasan-batasan agar dapat terarah dan sistematis, sebagai berikut :

1. Komposit ini menggunakan resin *polyol* dan *isocyanate*
2. Serat yang digunakan dalam komposit ini adalah serat abaka
3. Variasi komposisi massa serat 1%, 3% dan 5% dari total massa komposit *polyurethane foam*/serat abaka
4. Variasi rasio massa *polyol* : *isocyanate* adalah 40:60 ; 45:55 ; 50:50
5. Variasi kecepatan *stirrer* 1000 rpm; 1500 rpm dan 2000 rpm pada saat pencampuran *polyol* dan serat.
6. Pencampuran *polyol* dan serat dengan temperatur 19°C – 23°C
7. Serat abaka ditambahkan NaOH untuk menghilangkan lignin
8. Pengujian kekuatan tekan (*compressive strength*) menggunakan alat *Universal Testing Machine (UTM)*
9. Pembuatan *polyurethane foam* menggunakan metode *mixing*
10. Alat pengujian morfologi menggunakan *Digital Microscope* dengan perbesaran 100 kali

### 1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai penulis dalam penulisan tugas akhir ini selain untuk memenuhi tugas akhir di program studi Teknik Kimia Polimer Politeknik STMI Jakarta, yaitu sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh komposisi massa serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate*, kecepatan *stirrer* terhadap sifat mekanik komposit *polyurethane foam*/serat abaka.
2. Mengetahui hubungan morfologi *polyurethane foam*/serat abaka dengan hasil uji kekuatan tekan (*compressive strength*).

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian Tugas Akhir adalah :

1. Bagi penulis, dapat menambah ilmu pengetahuan tentang perkembangan material komposit berbasis serat alam
2. Hasil penelitian dapat dijadikan referensi untuk dapat mengembangkan komposit berbasis serat abaka di industri manufaktur

### **1.6 Sistematika Penelitian**

Sistematika penulisan penelitian ini adalah :

#### **BAB I: PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penelitian

#### **BAB II : TINJAUAN PUSTAKA**

Landasan dasar teori, menerangkan tinjauan pustaka dan ilmu-ilmu dasar teori tentang komposit, serat abaka, perlakuan alkali, NaOH, *polyurethane*, karakteristik *compressive strength*, *Design Of Exprimint (DOE)*, *Digital Microscope*. . Bab ini memberikan ilmu dasar sebagai acuan dalam penelitian.

#### **BAB III : METODE PENELITIAN**

Metode penelitian, menjelaskan tentang pelaksanaan penelitian yang meliputi peralatan yang digunakan, tempat percobaan, pengambilan data

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

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Komposit

Komposit adalah suatu material yang terbentuk dari penggabungan dua atau lebih material yang dikombinasikan, sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai karakteristik dan sifat mekanik yang berbeda dari material pembentuk. Komposit dikembangkan untuk mendapatkan karakteristik dan sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan material pembentuknya (Paulina, 2018).

Secara umum komposit terdiri dari dua material pembentuk. Material pembentuk pertama disebut matriks yang berfungsi sebagai pengikat. Material pembentuk kedua adalah *reinforcement* yang berfungsi sebagai penguat. Sifat-sifat dan karakteristik komposit ditentukan oleh sifat dan karakteristik penguat, rasio penguat terhadap matriks dan geometri atau orientasi penguat dalam komposit.

Bahan pengikat (matriks) dalam komposit dapat berupa material polimer, keramik, dan metal. Bahan penguat (*reinforcement*) dalam komposit dapat berbentuk partikel, serat (serat halus, serat kontinu, serat putus-putus, serat anyam) dan penguat yang terstruktur. Penguat yang sering digunakan adalah komposit berpenguat serat. Komposit jenis ini dapat dibuat dengan mudah dibanding dengan bentuk komposit lain. Komposit berpenguat serat juga memiliki kemampuan meneruskan beban lebih baik dibandingkan komposit berpenguat partikel atau butiran. Bahan penguat serat terbagi atas dua jenis yaitu serat anorganik atau sintesis dan serat organik atau alami. Serat sintesis adalah bahan berupa hasil rekayasa buatan manusia seperti *Fiber glass, carbon, graphite, nylon* dan *aluminium*. Serat alam adalah bahan yang ada di alam (tanpa proses campuran bahan kimia) seperti serat alam pada tumbuhan, sekam, bambu, abaka, cangkang hewan dan sebagainya (Paulina, 2018).

#### 2.2 Komposit Berpenguat Serat

Serat adalah unsur utama pada bahan komposit berpenguat serat. Serat menempati fraksi volume terbesar pada lapisan komposit dan membagi porsi yang

besar dari beban pada struktur komposit. Pemilihan serat yang tepat, tipe, fraksi volume serat, panjang serat dan orientasi serat sangatlah penting. Serat mempengaruhi beberapa karakteristik dari lapisan komposit seperti:

- a. Densitas
- b. Kekuatan dan modulus Tarik
- c. Kekuatn dan modulus tekan
- d. Kekuatan terhadap kegagalan kelelahan yang baik
- e. Konduktivitas termal dan listrik
- f. Biaya

Serat memiliki banyak ukuran panjang, oleh karena itu serat memiliki kemungkinan ketidaksempurnaan. Kekuatan serat memiliki variabel yang acak. Menguji 10.000 serat dapat menghasilkan 10.000 nilai kekuatan yang berbeda. Data kekuatan yang tidak seragam ini, bisa digunakan untuk membentuk pendistribusian kekuatan sesungguhnya. Kekuatan rata-rata dan variasi penyebaran kekuatan menjadi penting dalam menentukan sifat dari suatu serat yang acak secara alami, banyak dilakukan penelitian dengan berbagai metode untuk mempelajari kekuatan bahan komposit (Paulina, 2018).

Pada komposit yang dilihat dari bahan penguat berupa serat, dapat digolongkan menjadi dua yaitu:

- a. Komposit alam (Komposit organik)

Komposit alam menggunakan serat yang berasal dari tumbuhan atau hewan yang biasanya berupa serat kayu, abaka, jerami, kapas, wol, sutera, serat sabut kelapa.

- b. Komposit sintesis (Komposit anorganik)

Komposit sintesis adalah komposit yang mempunyai bahan penguat serat yang diproduksi dengan industry manufaktur, dimana komponen-komponen diproduksi dengan secara terpisah kemudian digabung dengan Teknik tertentu.

Sehingga didapatkan serat dengan sifat, struktur dan geometri yang diinginkan. Serat sintesis dapat berupa serat karbon, serat nilon, serat gelas dan *aluminium*.

### 2.3 Serat Abaka

Tanaman abaka (*Musa textilis* Nee) atau dikenal sebagai Manila *hemp* merupakan tanaman sejenis pisang yang menghasilkan serat dari pelepah daun (batang semu). Dengan adanya kemajuan teknologi, serat abaka yang tadinya hanya digunakan untuk tali-temali kini banyak digunakan pada berbagai industri (Purwati dkk, 2007). Bentuk dari tumbuhan pisang abaka dapat dilihat pada gambar II.1 dan pelepah daun pisang abaka yang telah dikeringkan dapat dilihat pada gambar II.2.

Abaka adalah serat unggul dengan kekuatan tarik dan lipat tinggi, daya apung, porositas tinggi, tahan terhadap kerusakan air asin, dan panjang serat panjang hingga 3 m. Abaka adalah yang terkuat dari semua serat alami. Ini digunakan sebagai bahan baku untuk tali, kerajinan serat dan lain-lain (Vijayalakshmi dkk, 2014).



**Gambar II. 1** Tumbuhan Pisang Abaka  
Sumber : Purwati dkk, 2007

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.



**Gambar II. 2** Pelepah Kering Abaka

Kebutuhan serat abaka di pasar dunia untuk berbagai industri cukup tinggi dalam 10 tahun terakhir Philipina sebagai negara terbesar penghasil serat ini baru dapat memenuhi 20% seluruh permintaan itu. Keadaan ini memberikan peluang untuk mengembangkan abaka di Indonesia. Indonesia beriklim tropis, sehingga merupakan wilayah potensial pengembangan tanaman tersebut. Tersedianya varietas unggul, paket budidaya abaka tepat guna, serta teknik pasca panen yang baik diperlukan untuk mendukung industri abaka (Purwati dkk, 2007).

Tanaman Abaka tingginya sekitar 12 hingga 20 kaki. Memanen biasanya berlangsung antara 18 hingga 24 bulan sejak tunas pertama, serat yang diambil berasal dari pelepah daunnya. Kalau dilihat tanaman abaka ini sebagai tanaman pisang tanpa buah (Vijayalakshmi dkk, 2014). Adapun abaka merupakan salah satu spesies pisang, yang jika di Indonesia gampang ditemukan di Kalimantan dan Sumatera. Pisang tersebut diproduksi bukan untuk diambil buahnya melainkan khusus diambil batangnya. Dari batang tersebut diperoleh serat abaka yang halus namun sangat kuat, yang biasa digunakan untuk tali penambat perahu (Arisno, 2009). Komposisi pada serat abaka atau *hemp* serat alam lainnya yang ditunjukkan pada tabel II.1

**Tabel II. 1** Komposisi abaka atau hemp dan serat alam lainnya

No	Serat	Selulosa (%)	Hemiselulosa (%)	Lignin (%)	Pektin (%)
1	Kenaf	44 – 57	29 – 30,4	15 – 19	-
2	Nanas	69,5 – 71,5	17 – 19,8	6,04	1 – 1,2
3	Jute	61 – 72,4	12 – 13,3	11,8 - 14,2	0,2
4	Rami	68 – 76	13 – 14	1,2 – 1,6	1,9 – 2,1
5	Sabut Kelapa	32,9 – 43,4	0,15 – 0,25	40,5 - 45,8	2,7 – 3
6	Kapas	90 – 98	5,7	-	1,2
7	Abaka	53,2	21,7	5,6	0,6

Sumber: Difaida dkk 2014

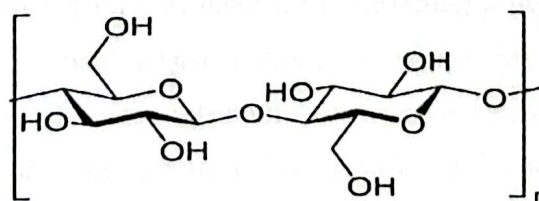
## 2.4 Lignoselulosa

Lignoselulosa merupakan komponen penyusun dinding sel tanaman terutama pada bagian batang. Komponen ini terdiri dari selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Lignoselulosa yang terdapat dalam limbah pertanian terdiri dari 40 – 60 % selulosa, 20 – 30 % hemiselulosa, dan 15 – 30 % lignin. Susunan selulosa, hemiselulosa dan lignin dalam sel tanaman sangat kompleks. Hemiselulosa bersama lignin membalut serta menyatukan serat-serat selulosa. Wujud dari tiga dimensi lignin mengakibatkan struktur sel tanaman bersifat pasif dan kaku. Susunan yang kompleks tersebut mengakibatkan proses pemisahan komponen-komponen ini cukup rumit (Bahri, 2015).

### 2.4.1 Selulosa

Selulosa merupakan senyawa organik yang paling banyak melimpah di alam, karena struktur bahan seluruh dunia tumbuhan terdiri atas sebahagian besar selulosa. Suatu jaringan yang terdiri atas beberapa lapis serat selulosa adalah unsur penguat utama dinding sel tumbuhan. Didalam selulosa terdapat dalam bentuk serat-serat. Serat-serat selulosa mempunyai kekuatan mekanik yang tinggi. Selulosa merupakan suatu polimer yang berantai lurus yang terdiri dari unit-unit glukosa. Panjang rantainya berbeda-beda dari jenis tumbuhan yang berbeda (Syamsul, 2015).

Selulosa terdiri dari karbon, hidrogen dan oksigen dengan rumus molekul  $(C_6H_{10}O_5)_n$ ,  $n$  adalah derajat polimerisasinya, selulosa merupakan polisakarida glukosa yang dapat larut (glukan) yang terdiri dari kelompok hidroksil alkohol. Selulosa dapat terdegradasi pada temperatur sekitar 200-230°C. Gambar II.2 menunjukkan struktur kimia dari selulosa

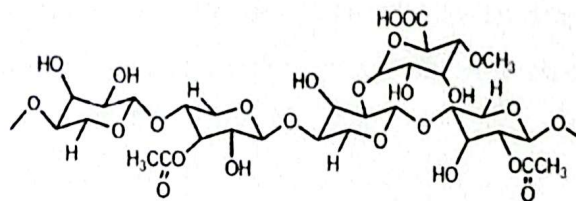


**Gambar II.3** Struktur Molekul Selulosa

Sumber: Ibrahim, 1988

### 2.4.2 Hemiselulosa

Hemiselulosa adalah polisakarida dengan berat molekul rendah, Pada tanaman serat, hemiselulosa berfungsi sebagai matrik dari selulosa. 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 Molekul Hemiselulosa  
Sumber : Jonobi, 2009

### 2.4.3 Lignin

Lignin merupakan bagian pada serat yang merekatkan sel-sel pada serat. Lignin adalah polimer hidrokarbon yang berstruktur kompleks. Lignin tidak dapat terhidrolisis oleh asam, tetapi dapat larut dalam larutan alkali dan dapat terkondensasi dengan fenol Lignin merupakan senyawa yang sangat kompleks dengan berat molekul tinggi. Lignin terdapat diantara sel-sel dan di dalam dinding sel. Dimana fungsi lignin yang terletak diantara sel adalah sebagai perekat untuk mengikat/ perekat antar sel, sehingga tidak dikehendaki (Bahri, 2015).

### 2.4.4 Perlakuan Alkali

Serat memiliki sifat alami yaitu hidrofilik (suka terhadap air). Sedangkan polimer bersifat hidrofobik (tidak suka air). Penelitian tentang efek perlakuan alkali terhadap morfologi permukaan serat alam selulosa menunjukkan bahwa kandungan optimum air mampu direduksi sehingga sifat alami hidrofilik serat dapat memberikan ikatan yang kuat dengan matriks (Malainine dkk,2003).

Perlakuan alkali merupakan salah satu perlakuan kimia yang banyak digunakan pada serat alam apabila serat akan digunakan sebagai penguat pada

Perlakuan alkali merupakan salah satu perlakuan kimia yang banyak digunakan pada serat alam apabila serat akan digunakan sebagai penguat pada matriks, baik matriks termoplastik maupun termoset. Modifikasi perlakuan alkali akan membuka ikatan hidrogen sehingga akan membuat permukaan serat menjadi lebih kasar. Adanya perlakuan alkali pada serat akan menghilangkan sejumlah lignin, lilin, maupun kotoran-kotoran lainnya yang terdapat pada permukaan serat, sehingga terjadi depolimerisasi pada selulosa dan membuat rantai selulosa pada serat menjadi lebih pendek. Sifat mekanis komposit sangat dipengaruhi oleh ikatan antara matriks dan serat. Penelitian lain juga memberi perlakuan kimia pada serat dengan menggunakan  $H_2O_2$ , dan NaOH. Perlakuan dengan NaOH memiliki efek tertinggi pada kekuatan tekan, menghasilkan komposit dengan sifat tekan terbaik (Silva dkk, 2000).

### **2.5 Natrium Hidroksida (NaOH)**

NaOH merupakan larutan basa yang tergolong mudah larut dalam air dan termasuk basa kuat yang dapat terionisasi dengan sempurna. Basa adalah zat yang dalam air menghasilkan ion OH negatif dan positif. Larutan basa memiliki rasa pahit, dan jika mengenai tangan terasa licin (seperti sabun). Sifat licin terhadap kulit itu disebut sifat kaustik basa. Dalam komposit polimer, metode perlakuan alkali pada serat selulosa merupakan modifikasi kimia yang telah dilakukan untuk meningkatkan adhesi antara permukaan serat selulosa dan matriks polimer karena menghasilkan ikatan yang baik (Man dkk, 2011).

Perlakuan NaOH ini bertujuan untuk melarutkan lapisan yang menyerupai lilin di permukaan serat, lignin, dan kotoran lainnya. Dengan hilangnya lapisan lilin ini maka ikatan antara serat dan matriks menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik komposit menjadi lebih tinggi. Namun demikian, perlakuan NaOH yang lebih lama dapat menyebabkan kerusakan pada unsur selulosa. Padahal, selulosa itu sendiri sebagai unsur utama pendukung kekuatan serat. Akibatnya, serat yang dikenai perlakuan alkali terlalu lama mengalami degradasi kekuatan yang signifikan.

Sebagai akibatnya, komposit yang diperkuat serat abaka dengan perlakuan alkali yang lebih lama memiliki kekuatan yang lebih rendah. Pada komposit yang

Pada kondisi kegagalan ini, matriks dan serat sebenarnya masih mampu menahan beban dan meregang yang lebih besar. Namun, berhubung ikatan antara serat dan matrik gagal, maka komposit pun mengalami kegagalan lebih awal.

Besarnya regangan dan tegangan ketika gagal juga menjadi lebih rendah. Dengan memberikan perlakuan NaOH, maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat sehingga kegagalan dapat terjadi secara bersama-sama. Besarnya tegangan dan regangan yang terjadi akan mengalami peningkatan. Jika perlakuan NaOH terlalu lama maka serat mengalami degradasi kekuatan. Besarnya tegangan dan regangan yang mampu ditahan oleh komposit menjadi menurun.

## 2.6 Polimer

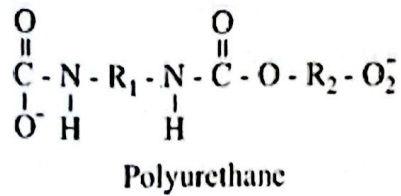
Polimer didefinisikan sebagai rangkaian panjang molekul yang mengandung satu atau lebih dari pengulangan atom-atom digabungkan bersama oleh ikatan kovalen yang kuat. Polimer mempunyai struktur dan sifat-sifat yang rumit disebabkan oleh jumlah atom pembentuk yang jauh lebih besar dibandingkan dengan senyawa yang berat molnya rendah.

Polimer secara struktur jauh lebih rumit dibandingkan dengan logam dan keramik. Polimer memiliki sifat-sifat khas antara lain:

- a. Kemampuan cetak yang baik. Pada temperatur relatif rendah polimer dapat dicetak dengan penyuntikan, penekanan, ekstrusi dan sebagainya.
- b. Produk yang ringan dan kuat dapat dibuat. Berat jenis polimer lebih rendah dibandingkan logam dan keramik.
- c. Banyak diantara polimer bersifat isolasi listrik yang baik.
- d. Baik dalam ketahanan air dan ketahanan zat kimia.
- e. Kurang tahan terhadap temperatur tinggi
- f. Beberapa bahan tahan terhadap abrasi

## 2.7 Polyurethane

*Polyurethane* merupakan polymeric material yang mengandung urethane grup ( $-\text{NH}-\text{CO}-\text{O}-$ ), campuran dua komponen bahan kimia Polyol dan Komponen Isocyanate yang diaduk (*mixing*) secara bersama-sama, sehingga terjadi reaksi kimia dan membentuk foam (Perdana dkk, 2019).



**Gambar II.5** Rumus kimia *Polyurethane*  
Sumber; Altafima dkk, 2003

*Polyurethane foam* yang dihasilkan, juga sangat berpengaruh dari jenis *isocyanate* yang digunakan. 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). *Toluene diisocyanate* adalah salah satu jenis *isocyanate* yang paling sering digunakan. TDI terdiri dari campuran dari 2,4 – dan 2,6-*toluene diisocyanate isomer*. Produk yang paling sering digunakan adalah TDI-80 yang terdiri dari 80% dari 2,4-isomer dan 20% dari 2,6-isomer. Biasanya TDI digunakan dalam memproduksi *low density foam*. (Ilalazir, 2012)

Salah satu komponen penting dalam pembuatan *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*, dll. Secara umum, jenis *polyol* yang digunakan dalam pembuatan *polyurethane* terbagi menjadi dua yaitu *polyol* yang terbuat dari produk alami dan *polyol* yang dibuat secara sintetis. Sebagai *polyol* alami, *castor oil* banyak digunakan karena mengandung tiga grup hidroksil yang akan menghasilkan *cross-linked polymers*. Sedangkan *polyol* yang dibuat secara sintetis terbagi menjadi dua yaitu *polyester polyol* dan *polyether polyol*. Sekitar 90% *polyol* yang digunakan untuk membuat *polyurethane* adalah berjenis *polyether* yang diapit gugus-gugus hidroksil.

Sampai saat ini *Polyurethane* telah banyak diaplikasikan untuk mengganti bahan-bahan seperti karet, besi, kayu, dan plastik. Busa keras *polyurethane* digunakan sebagai bahan penyekat pada gedung, pemanas air, alat transport berpendingin, serta pendingin untuk industri maupun rumah tangga. Busa ini juga digunakan

digunakan sebagai bahan penyekat pada gedung, pemanas air, alat transport berpendingin, serta pendingin untuk industri maupun rumah tangga. Busa ini juga digunakan untuk *flotation* dan pengaturan energi. Busa lentur *Polyurethane* digunakan sebagai bahan pelembut pada karpet dan kain pelapis *furniture*, kasur, dan mobil. Busa tersebut juga digunakan sebagai pengepak barang.



**Gambar II.7** Sampel *Polyurethane Foam*

Fungsinya *Polyurethane* sebagai bahan isolasi temperatur (*Thermal Resistance*) dan juga memiliki kelebihan sebagai bahan penyerap suara serta ringan. *Polyurethane* bisa ditemukan pada berbagai macam benda di sekitar kita. Misalnya saja, pada cairan pelapis dan cat, *elastomer* keras seperti pada roda *roller blade*, penyekat berbahan keras, busa lentur yang lembut, serat elastis, atau sebagai kulit utuh.

### **2.8 Karakteristik *Compressive Strength***

Pada pengujian *Compressive Strength* menggunakan ASTM D1621. Pengujian ASTM D1621 adalah kekuatan tekan bahan seluler yang ditentukan dengan menerapkan beban pada spesimen uji dengan penampang persegi atau bundar. Spesimen uji ini disiapkan dengan hati-hati sehingga wajah sejajar satu sama lain dan tegak lurus ke samping. Spesimen uji harus dikondisikan selama tidak kurang dari 24 jam pada suhu  $\pm 23^{\circ}\text{C}$  dan kelembaban relatif  $\pm 50\%$ .

Spesimen uji dipusatkan di antara dua plat kompresi dan beban diterapkan pada *crosshead* atau tingkat aktuator yang konstan. Spesimen penempatan dan beban dicatat selama pengujian. Kekuatan tekan dapat ditentukan dalam satu dari dua perilaku, puncak atau tegangan deformasi 10%, tergantung pada karakteristik

kurva pemindahan tegangan. Setelah pengujian dan analisis, kekuatan tekan, modulus dan deformasi pada beban maksimum dilaporkan. Data yang diperoleh dari tes kompresi menyediakan metode standar untuk memperoleh data untuk penelitian dan pengembangan dan kontrol kualitas.

### **2.9 DOE (Design Of Experiments)**

*Design Of Experiments (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 adalah teknik yang sistematis dan dapat diikuti untuk mencari solusi pada masalah proses industri dengan objektivitas yang lebih besar dengan menggunakan teknik eksperimental dan statistik. Secara umum, DOE merupakan desain berisi informasi-informasi yang terkumpul berdasarkan pengalaman dan menghadirkan sebuah variasi, baik informasi tersebut berada di bawah kendali pelaku eksperimen maupun tidak. (Budi dkk, 2018).

### **2.10 Digital Microscope**

Mikroskop digital adalah ilmu pengetahuan modern. Sebuah mikroskop digital terdiri dari mikroskop biasa dengan kamera digital yang dibangun ke dalamnya. Gambar terlihat melalui mikroskop digital dapat diproyeksikan ke monitor komputer dan disimpan pada file computer. Perbedaan antara mikroskop optik dan mikroskop digital adalah pembesarannya. Dengan mikroskop perbesaran optik bias menggunakan pembesaran lensa mata. Karena mikroskop digital tidak memiliki sebuah lensa mata, maka perbesaran mikroskop digital sampai setidaknya 1000x pembesaran lebih besar dari sampel dan ditampilkan pada monitor (Sativa, 2011).

Melalui morfologi permukaan pula, pori-pori serat dapat terlihat dengan jelas. Menurut Hakim dkk (2011) jika diameter pori-porinya kecil maka semakin meningkat kekuatannya, sedangkan yang diameter pori-porinya besar semakin menurun kekuatannya.

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Proses, Laboratorium Kimia Analitik, dan Laboratorium Termal. Balai Teknologi Polimer (BTP) Puspiptek Serpong, Tangerang Selatan dari Maret s.d. Agustus 2019. Pengujian sifat mekanik (*compressive strength*) sampel dilakukan di Laboratorium Mekanik BTP menggunakan alat *Universal Testing Machine* ASTM D1621 dan pengujian morfologi dilakukan di Laboratorium Optik menggunakan alat *Digital Microscope*.

#### 3.2 Alat dan Bahan

##### 3.2.1 Alat :

- |                               |                                     |                       |
|-------------------------------|-------------------------------------|-----------------------|
| 1. <i>Blender</i>             | 11. <i>Open Mold</i>                | 22. Loyang            |
| 2. Gunting                    | 12. Sendok Pengaduk                 | 23. <i>Tachometer</i> |
| 3. Wadah Besar dan Kecil      | 13. Kuas                            | 24. Ayakan            |
| 4. <i>Crusher</i>             | 15. Timbangan Digital               | 25. Ember             |
| 5. Sarung Tangan              | 16. <i>Oven</i>                     |                       |
| 6. <i>Software Minitab 14</i> | 17. Plastik                         |                       |
| 7. Saringan                   | 18. Masker Respirator               |                       |
| 8. Penggaris                  | 19. Jangka Sorong                   |                       |
| 9. <i>Stirrer</i>             | 20. <i>Digital Microscope Hirox</i> |                       |
| 10. Gergaji                   | 21. <i>UTM SHIMIDZU 50 kN</i>       |                       |

##### 3.2.2 Bahan :

1. *Aquadest*
2. *Polyol*
3. *Isocyanate*
4. Serat Abaka
5. NaOH padatan

### 3.3 Variabel

#### 3.3.1 Variabel Tetap

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

- a. Massa berat awal serat abaka : 250 gram untuk perendaman dengan NaOH
- b. Waktu perendaman dengan NaOH : 2 jam
- c. Temperatur pengeringan serat abaka : 80°C
- d. Waktu pengeringan serat abaka : 7 jam
- e. Waktu pencampuran I serat abaka dan *polyol* : 10 menit
- f. Waktu pencampuran II *isocyanate, polyol* dan serat abaka : 20 detik
- g. Kecepatan *stirrer* pencampuran *isocyanate, polyol* dan serat abaka : 2000 rpm

#### 3.3.2 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang divariasikan 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 ditetapkan untuk pembuatan *polyurethane foam*/serat abaka adalah komposisi massa serat abaka, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* serta kecepatan *stirrer* (rpm).

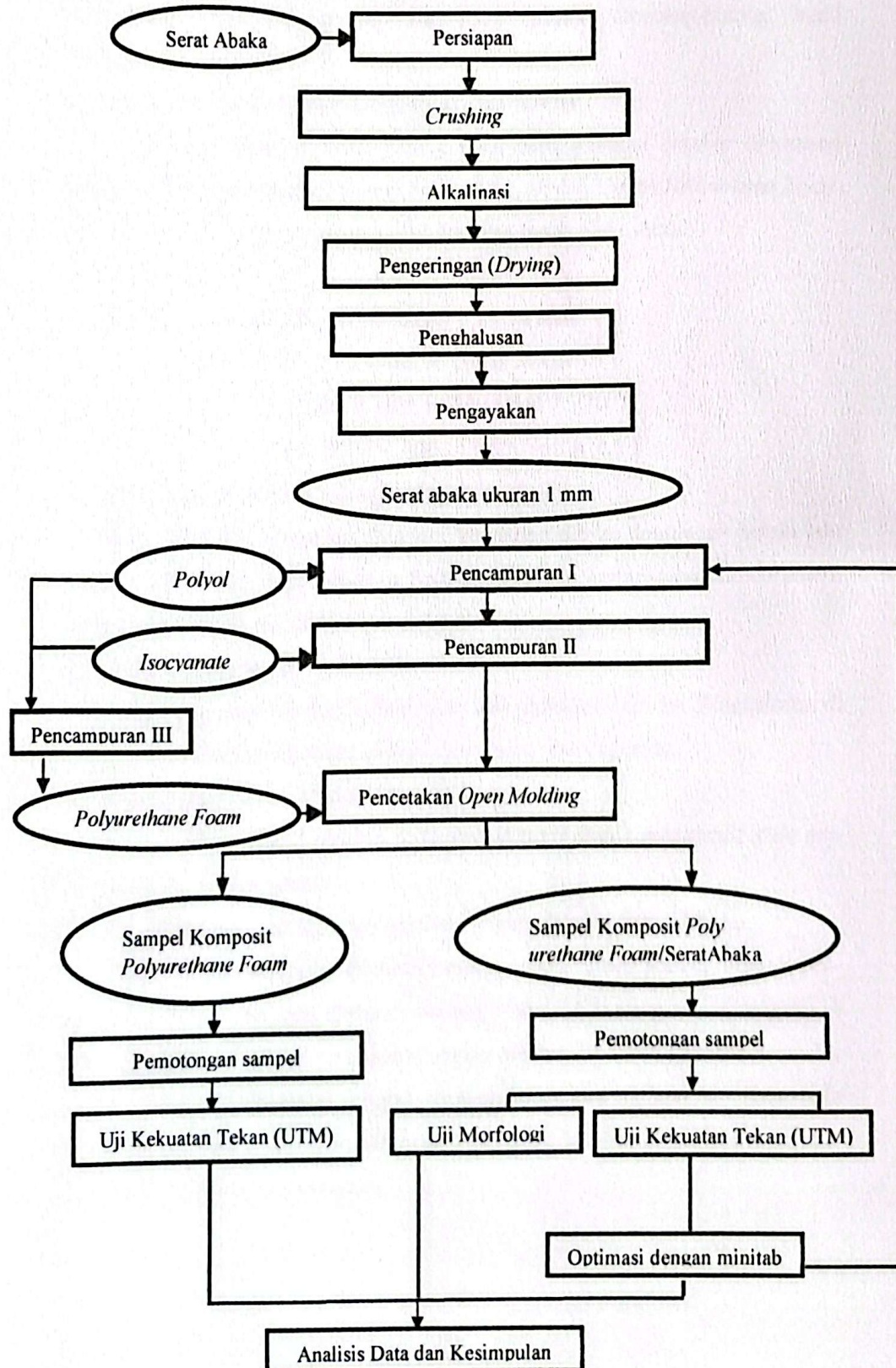
Variasi bebas ini sudah ditentukan dengan perhitungan menggunakan *Design Of Experiment* (DOE) agar bisa mengetahui pada tiap komposisi serat yang berbeda-beda. Tabel III.1 memperlihatkan variasi parameter pada pembuatan sampel komposit untuk peredam suara.

**Tabel III. 1** Variabel Bebas Pembuatan *Polyurethane Foam*/Serat Abaka

Komposisi massa serat abaka (%)	Rasio antara <i>polyol</i> dan <i>isocyanate</i>	Kecepatan <i>Stirrer</i> (rpm)
1 %	40 : 60	1000
3 %	45 : 55	1500
5 %	50 : 50	2000

### 3.4 Prosedur

Prosedur penelitian diperlihatkan pada gambar III.1 yang digambarkan dalam diagram proses keseluruhan penelitian.



Gambar III.1 Diagram Alir Penelitian

### 3.5 Tahap Penelitian *Polyurethane Foam* dan Serat Abaka

#### a. Preparasi Bahan Baku

Proses pembuatan *Polyurethane Foam* dimulai dengan mempersiapkan abaka dari tempat penyimpanannya. Kemudian abaka dipotong-potong kecil menggunakan *crusher*.

#### b. Alkalinasi Serat Abaka dengan Larutan NaOH

Serat yang sudah dipotong-potong kecil menggunakan *crusher* ditimbang sebanyak 250 gram dan direndam di dalam 4,5 L air dan NaOH 10% selama 2 jam. Perendaman ini berfungsi untuk menghilangkan lignin pada serat.

##### Perhitungan:

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

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

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

$$\text{Air} = 5000 - 500 = 4.500 \text{ mL} = 4,5 \text{ L}$$

#### c. Pengeringan Serat Abaka (*Drying*)

Serat yang telah direndam disaring, kemudian dibilas dengan air bersih lalu ditimbang berat setelah perendaman. Setelah ditimbang, serat dimasukkan ke dalam *oven* dengan temperatur 80°C selama 7 jam.

#### d. Penghalusan Serat Abaka (*Blending*)

Serat yang sudah kering di dihaluskan menggunakan *blender*. Penghalusan dilakukan untuk menyeragamkan ukuran dari masing-masing serat.

#### e. Pengayakan Serat Abaka (*Sieving*)

Proses pengayakan dilakukan pada ayakan berukuran 1 mm untuk lebih menyeragamkan ukuran serat.

#### f. Pencampuran (*mixing*) *Polyurethane Foam* dengan Serat Abaka

Proses pencampuran ini dilakukan menggunakan gelas plastik, dengan pencampuran *polyol* dan serat abaka ditimbang sesuai DOE yang ada dilampiran A kemudian dengan bantuan *mechanical stirrer* selama 10 menit (pencampuran I). Untuk mengukur kecepatannya menggunakan alat *tachometer*. Kemudian campuran tersebut ditambahkan dengan *isocyanate* selama 20 detik dengan kecepatan 2000 rpm (pencampuran II).

### ***g. Open Molding***

Resin *Polyurethane Foam* yang sudah tercampur dengan serat dimasukkan ke dalam  *mold* yang berbentuk loyang dengan ukuran 26cm × 26,5cm × 7 cm yang sudah dilampisi plastik agar tidak lengket dan dimasukkan kedalam  *oven*. Proses dilakukan di  *oven* dengan 2 tahap. Tahap pertama dengan suhu 60°C selama 30 menit, kemudian dikeluarkan dari  *oven* dan dilepaskan dari  *mold*. Fase kedua, sampel dimasukkan kembali ke  *oven* tanpa  *mold* dengan suhu 60°C selama 30 menit. Setelah proses selesai, sampel dikeluarkan dari  *oven* dan dibiarkan 24 jam.

### **3.6 Dimensi pengujian sampel uji**

*Polyurethane Foam* setelah dipotong untuk uji  *compressive strength* dengan ukuran 5cm × 5cm × 2,5 cm

### **3.7 Pengujian Sampel**

#### **3.7.1 Pengujian Tekan**

Pengujian ini menggunakan alat  *Universal Testing Machine* SHIMIDZU dengan kapasitas 50 kN yang ada di Laboratorium Mekanik Balai Teknologi Polimer menggunakan ASTM D1621.



**Gambar III.2**  *Universal Testing Machine (UTM)*

Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan alat UTM dan komputer yang terhubung dengan alatnya dan menekan tombol power pada alat dan komputer.
2. Sementara alat dan komputer sedang loading untuk menyala, semua spesimen yang akan digunakan diukur tebal, panjang dan lebarnya masing-masing menggunakan jangka sorong 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.
5. Kemudian membuka piranti lunak Trapezium untuk melakukan pengujian. Data-data yang sudah didapatkan kemudian dimasukkan.
6. Sebelum memulai pengujian, UTM harus dikalibrasi dengan menekan tombol bertuliskan Zero pada alat.
7. Setelah proses kalibrasi selesai, klik bagian Start Test pada piranti lunak Trapezium dan pengujian akan dimulai.
8. Setelah selesai, nilai hasil pengujian akan ditampilkan.

### 3.7.2 Pengujian Morfologi

Pengujian ini menggunakan alat *Digital Microscope* Hirox yang ada di Laboratorium Optik Balai Teknologi Polimer.



Gambar III.3 *Digital Microscope*

Langkah-langkah pengujian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghidupkan alat *Digital Microscope* dan komputer yang terhubung dengan alatnya dan menekan tombol power pada alat dan komputer.
2. Sementara alat dan komputer sedang loading untuk menyala, semua spesimen yang akan digunakan dipersiapkan.
3. Setelah itu hidupkan lampu di mikroskop agar morfologi terlihat jelas.
4. Kemudian buka *measure* untuk mengukur diameter pori-pori *polyurethane foam* serat baka.
5. Kemudian datanya sudah didapatkan, klik *record* untuk menyimpan data.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hasil pengujian kekuatan tekan menggunakan UTM untuk mengetahui perbandingan kekuatan tekan pada komposisi massa serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* serta kecepatan *stirrer*. Pengujian morfologi untuk melihat permukaan komposit yang dikaitkan dengan uji kekuatan tekan komposit *polyurethane foam*/serat abaka menggunakan *Digital Microscope*. Serat abaka yang diberi perlakuan alkali pada penelitian ini diuji dengan pengujian untuk mengetahui kondisi yang optimal. Pengujian kekuatan tekan menggunakan ASTM D1621.

4.1 Hasil Pengujian *Compressive Strength* Pada *Universal Testing Machine* (UTM)

Pengujian uji tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan dari *polyurethane foam*, komposit serat abaka. Uji tekan yang akan diamati kekuatan tekan. Kekuatan tekan adalah kapasitas dari suatu bahan atau struktur dalam menahan beban dan merupakan kekuatan maksimum (Astika dkk., 2010)

4.1.1 Hasil Pengujian Tekan *Polyurethane Foam* tanpa serat abaka

Pengujian ini dilakukan sebagai perbandingan untuk mengetahui pengaruh penambahan komposisi massa serat abaka pada nilai kekuatan tekan yang dimiliki komposit. Hasil pengujian tekan *polyurethane foam* merupakan nilai rata-rata dari 6 spesimen uji.

Tabel IV.1 Hasil Pengujian Tekan Komposit *Polyurethane Foam*

Spesimen	Kekuatan tekan (N/mm <sup>2</sup> )
<i>Polyurethane Foam 1</i>	0,07343
<i>Polyurethane Foam 2</i>	0,07731
<i>Polyurethane Foam 3</i>	0,06919
<i>Polyurethane Foam 4</i>	0,06011
<i>Polyurethane Foam 5</i>	0,07464
<i>Polyurethane Foam 6</i>	0,06624
Rata-rata	0,07015
Standar Deviasi	0,00631

#### 4.1.2 Hasil Pengujian Tekan *Polyurethane Foam*/Serat Abaka

Pengujian kekuatan tekan *polyurethane foam*/serat abaka dilakukan dengan menggunakan alat UTM. Variabel bebas yang ditunjukkan pada tabel III.1 dimasukkan kedalam *Minitab* 14 untuk mendapatkan komposisi massa serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* serta kecepatan *stirrer* yang dapat dilihat pada tabel IV.2

Nilai kekuatan tekan komposit abaka merupakan nilai rata-rata dari 5 specimen yang diuji pada masing-masing sampel. Sampel 4 dan sampel 14 memiliki nilai kekuatan tekan yang lebih rendah dengan jumlah serat 5% sedangkan sampel 15 memiliki nilai kekuatan tekan tertinggi dengan jumlah serat 1%.

**Tabel IV. 2** Hasil Pengujian Tekan Komposit *Polyurethane Foam*/Serat Abaka

Sam- pel	Komposisi massa se- rat abaka(%)	Rasio massa <i>pol- yol</i> : <i>isocy- anate</i>	Ke- cepatan <i>Stirrer</i> (rpm)	Kekuata n tekan (N/mm <sup>2</sup> )	Standar Deviasi (N/mm <sup>2</sup> )	Persentase Standar Deviasi Kekuatan tekan (%)
1	1	45 : 55	2000	0,12382	0,00583	4,7
2	3	50 : 50	2000	0,06543	0,01168	17,8
3	3	40 : 60	1000	0,11272	0,01005	8,9
4	5	45 : 55	2000	0,06113	0,01616	26,4
5	5	40 : 60	1500	0,08026	0,00734	9,1
6	3	45 : 55	1500	0,07258	0,02117	29,1
7	3	45 : 55	1500	0,09033	0,01902	21,0
8	1	50 : 50	1500	0,12104	0,01424	11,7
9	3	40 : 60	2000	0,08405	0,00463	5,5
10	3	45 : 55	1500	0,09176	0,00544	5,9
11	1	45 : 55	1000	0,11742	0,01426	12,1
12	5	50 : 50	1500	0,08273	0,03330	40,2
13	5	45 : 55	1000	0,07305	0,00544	7,4
14	3	50 : 50	1000	0,06113	0,00331	5,4
15	1	40 : 60	1500	0,13380	0,00375	2,8

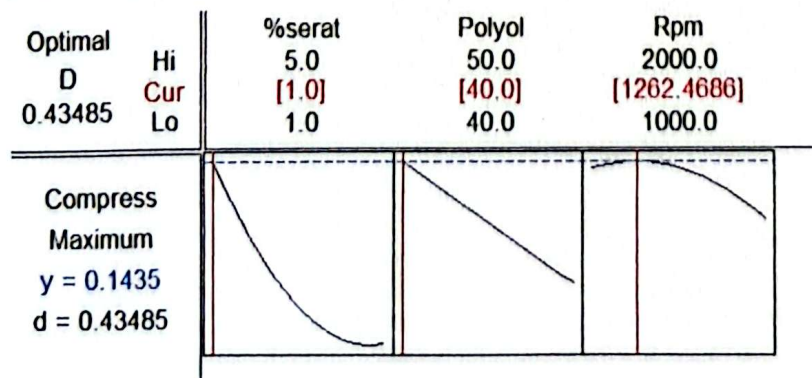
Nilai standar deviasi merupakan nilai yang dibutuhkan untuk mengetahui homogenitas sampel komposit yang dibuat untuk setiap formulanya. Apabila nilai standar deviasi lebih dari 10%, maka sampel komposit yang dibuat tidak homogen dan sebaliknya. Untuk menghitung nilai standar deviasi suatu, digunakan rumus:

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata-rata nilai}} \times 100\%$$

apabila nilai persentase yang didapatkan melebihi 10%, maka 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.2 menunjukkan nilai standar deviasi dari kekuatan tekan. Berdasarkan hasil perhitungan persentase standar deviasi kekuatan tekan, terdapat 8 sampel yang bersifat homogen, yaitu sampel 1, 3, 5, 9, 10, 13, 14 dan 15, serta sebanyak 7 sampel yang bersifat tidak homogen, yaitu sampel 2, 4, 6, 7, 8, 11 dan 12.

Setelah melakukan pengujian pada 15 sampel komposit *polyurethane foam*/serat abaka, maka semua nilai kekuatan tekannya dimasukkan kembali ke minitab untuk mendapatkan hasil optimal untuk verifikasi uji kekuatan tekan. Dari minitab didapatkan hasil kekuatan tekan optimal dengan komposisi massa serat 1%, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* 40:60 serta kecepatan *stirrer* 1262,5 rpm. Karena dari grafik serat yang memiliki kekuatan tekan tertinggi berada pada serat 1%, grafik *polyol* : *isocyanate* memiliki kekuatan tekan tertinggi pada rasio antara *polyol* dan *isocyanate* sebesar 40 : 60 dan grafik kecepatan *stirrer* memiliki kekuatan tekan tertinggi pada kecepatan 1262,5 rpm.



**Gambar IV.1** Optimasi Uji Kekuatan Tekan *Polyurethane Foam*/Serat Abaka  
Kemudian dengan komposisi tersebut dibuat 1 sampel lagi untuk di uji kekuatan tekan komposit *polyurethane foam*/serat abaka.

Dari pengujian kekuatan tekan terhadap hasil optimal *polyurethane foam* / serat abaka memiliki rata-rata kekuatan tekannya sebesar 0,14517 N/mm<sup>2</sup>, hasil ini

tidak jauh beda dengan *compress maximum* yang ada di minitab sebesar 0,1435 N/mm<sup>2</sup>. Berarti komposit yang dibuat bisa dikatakan valid.

**Tabel IV.3 Hasil optimal Pengujian *Polyurethane Foam*/Serat abaka**

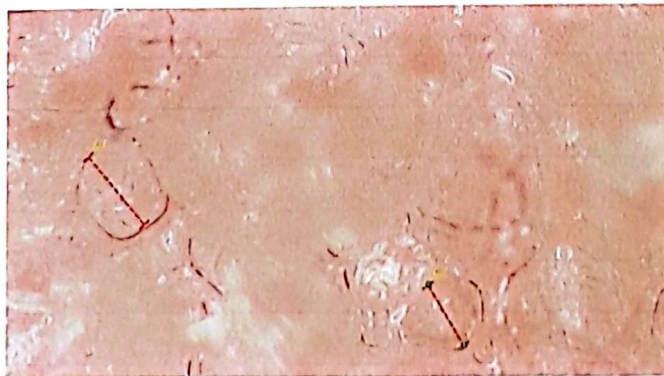
Spesimen	Kekuatan tekan (N/mm <sup>2</sup> )
PU/Serat Abaka 1	0,14745
PU/Serat Abaka 2	0,15383
PU/Serat Abaka 3	0,14890
PU/Serat Abaka 4	0,13174
PU/Serat Abaka 5	0,14394
Rata-rata	0,14517
Standar Deviasi	0,00831

#### 4.2 Hasil Pengujian Morfologi Permukaan Komposit *Polyurethane Foam*/serat abaka

Pengujian ini dilakukan untuk melihat permukaan pori-pori *polyurethane foam*/serat abaka dengan perbesaran 100 kali dan dianalisa bagaimana pengaruh penambahan komposisi massa serat pada sifat kekuatan tekan dari tiap komposit.

##### 4.2.1 Hasil Pengujian pada Sampel Nilai Tekan Tinggi

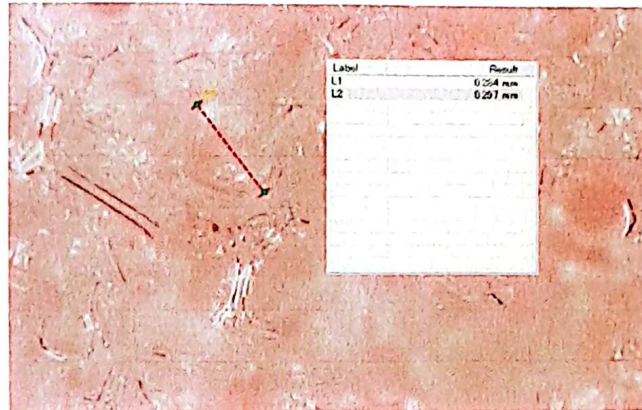
Analisis morfologi dilakukan dengan menggunakan *Digital Microscope* pada *polyurethane foam* serat abaka dengan nilai kuat tekan terendah dan tertinggi.



**Gambar IV. 2** Morfologi Permukaan *polyurethane foam* / serat abaka dengan nilai titik tertinggi uji *compressive strength*

Sampel 1 menyatakan bahwa semakin rendah komposisi serat maka nilai kekuatan tekan semakin tinggi. Pada sampel ini dapat disimpulkan bahwa serat dengan komposisi massa 1% memiliki pori-pori diameter 0,193 mm - 0,248 mm

#### 4.2.2 Hasil Pengujian pada Sampel Nilai Tekan Rendah



**Gambar IV. 3** Morfologi Permukaan *polyurethane foam* / serat abaka dengan nilai titik terendah uji *compressive strength*.

Sampel 3 menyatakan bahwa semakin tinggi komposisi serat maka nilai kekuatan tekan semakin rendah. Pada sampel ini dapat disimpulkan bahwa serat dengan komposisi massa 5% menyebabkan nilai kekuatan tekan yang rendah dan memiliki pori-pori diameter 0,284 mm – 0,297 mm.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil data pengujian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Kekuatan tekan dapat dipengaruhi oleh banyaknya komposisi massa serat, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* serta kecepatan *stirrer*. Nilai kekuatan tekan terendah sebesar  $0,06113 \text{ N/mm}^2$  dimiliki oleh komposisi massa serat 5%, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* 45:55 serta kecepatan *stirrer* 2000 rpm sedangkan kekuatan tekan tertinggi sebesar  $0,13380 \text{ N/mm}^2$  dimiliki oleh komposisi massa serat 1%, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* 40:60 serta kecepatan *stirrer* 1500 rpm.

Sedangkan berdasarkan minitab, hasil kekuatan tekan optimal sebesar  $0,1435 \text{ N/mm}^2$  memiliki komposisi massa serat 1%, rasio antara *polyol* dan *isocyanate* 40:60 kecepatan *stirrer* 1262,5 rpm. Dari hasil kekuatan tekan optimal dibuat dan diuji kembali, hasil kekuatan tekan memiliki nilai yang tidak jauh berbeda yaitu sebesar  $0,14517 \text{ N/mm}^2$ .

2. Besar kecilnya kekuatan tekan berhubungan dengan morfologi *polyurethane foam*/serat abaka. Kekuatan tekan yang tertinggi memiliki morfologi dengan pori-pori berdiameter kecil.

#### 5.2 Saran

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

1. Perlu dilakukan pengujian morfologi seperti pengujian *X-ray diffraction* untuk melihat struktur kristalinitas komposit dan pengujian mekanik seperti uji tarik.
2. Perlu dilakukan penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh variasi waktu alkalinasi dengan larutan NaOH terhadap sifat tekan *polyurethane foam*/serat abaka.

## DAFTAR PUSTAKA

- Altafima Ruy Alberto Corrêa, Cacilda Ribeiro Murakamia, Salvador Claro Netob., Luiz Carlos Ribeiro Araújo dan Gilberto Orivaldo Chiericeb “The Effects of Fillers on Polyurethane Resin-based Electrical Insulators” São Carlos Institute of Chemistry, São Carlos School of Engineering - University of São Paulo, 2003.
- Arisno Dwi, “Uji Karakteristik Serat Abaca Anyaman 3D Pada Fraksi Volume (30%, 40%, 50%, 60%)”, Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 2009.
- Astika I. M, Putra Negara, Made Agus Susantika, “Pengaruh Jenis Pasir Cetak dengan Zat Pengikat Bentonit Terhadap Sifat Permeabilitas dan Kekuatan Tekan Basah Cetakan Pasir (Sand Casting)” Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana, 2010.
- Bahri Syamsul, “Pembuatan Pulp dari Batang Pisang”, Jurnal Teknologi Kimia Unimal 36-50, Teknik Kimia, Universitas Malikussaleh, 2015.
- Budi Teguh Sulisty, Edi Supriyadi, Marjuki Zulziar, “Analisis Konfigurasi Proses Produksi Cokelat Stick Coverture menggunakan metode Design Of Experiment (DOE) di PT. Gandum Mas Kencana” Teknik Industri, Universitas Pamulang, 2018.
- Hakim Abdel, Mona Nassar, Aisha dan Maha Sultan., “Preparation and characterization of rigid polyurethane foam prepared from sugar-cane baggase polyol” Faculty of Science, Chemistry Department, Suez Canal University, Asmallia, Egypt, 2011.
- Ibrahim, Klemm, D., Heublein, B., Fink, H.-P. & Bohn, A. (1998). Cellulose: Fascinating biopolymer and sustainable raw material. *Angewandte Chemie International Edition*, 44, 3358–3393.
- Jonobi, M., Harun, J., Shakeri, A., Misra, M., & Oksman, K. (2009). Chemical composition, crystallinity, and thermal degradation of bleached and unbleached kenaf bast (*Hibiscus cannabinus*) pulp. *BioResources*, 4(2), 626–639.

- Malainine, M. E, Dufresne A, Dupeyere, D, Mahrouz, M, Vuong, R dan Vignon, M. R. "Structure and morphology of cladodes and spines of *Opuntia ficus-indica*. Cellulose extraction and characterization". *Carbohydrate Polymers*, 51, 77–83, 2003.
- Man Zakaria, Nawshad Muhammad, Ariyanti Sarwono, Mohamad Azmi Bustam, M. Vignesh Kumar dan Sikander Rafiq, "Preparation of Cellulose Nanocrystals Using an Ionic Liquid" *J Polym Environ* 19:726–731, 2011.
- Maria Kuranska dan Aleksander Prociak., "Porous polyurethane composites with natural fibres" Department of Chemistry and Technology of Polymers, Cracow Universty of Technology, 2012.
- Ouarhim, W., Zari, N., Bouchfid R., & Qaiss, A. el kacem. "Mechanical Performance of Natural Fiber-based Thermosetting Composites." Elsevier Ltd. Maroko. 2019.
- Paulina Dwi Nawanti, "Serat Eceng Gondok Sebagai Filler Komposit Peredam Suara" Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Sanata Dharma Yogyakarta, 2018.
- Peradana M. Aditya, Hosta Ardhyanta dan Moh. Farid "Pemisahan Selulosa dari Lignin Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Alkalisasi untuk Penguat Bahan Komposit Penyerap Suara" Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), 2017.
- Purwati Dyah Rully, Untung Setyo, Budi dan Sudarsono "Penggunaan Asan Fusarat dalam Seleksi In Vitro untuk Resistensi Abaka terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cube/nse*", Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, PMB Lab, Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, 2007.
- Shimpi, N.G. "Biodegradable and Biocompatible Polymer Composites: Proccessing, Properties, and Aplications." Woodhead Publishing. Duxford. 2018.
- Silva, G. G, Souza, D. A, Machado, J. C dan Hourston, D. J. 2000. "Mechanical and thermal characterization of native Brazilian Coir fiber" *Journal of Applied Polymer Science*, 76, 1197–1206.

Vijayalakshmi, K., Neeraja, Ch.Y.K., Kavitha A., Hayavadana, J. "Abaca Fibre." Transactions on Engineering Sciences. Vol. 2. Telengana. 2014.

**LAMPIRAN A**  
**DATA SAMPEL PENGUJIAN TEKAN**

**A.1 Data Variabel Bebas Penelitian sebagai Studi Awal pada *Polyurethane Foam*/serat abaka dengan metode DOE**

Sampel	Komposisi massa serat abaka (%)	Rasio massa <i>polyol</i> : <i>isocyanate</i>	Kecepatan Pengaduk (rpm)	Serat (gram)	<i>Polyol</i> (gram)	<i>Isocyanate</i> (gram)
1	1	45 : 55	2000	2	89.1	108.9
2	3	50 : 50	2000	6	97	97
3	3	40 : 60	1000	6	77.6	116.4
4	5	45 : 55	2000	10	85.5	104.5
5	5	40 : 60	1500	10	76	114
6	3	45 : 55	1500	6	87.3	106.7
7	3	45 : 55	1500	6	87.3	106.7
8	1	50 : 50	1500	2	99	99
9	3	40 : 60	2000	6	77.6	116.4
10	3	45 : 55	1500	6	87.3	106.7
11	1	45 : 55	1000	2	89.1	108.9
12	5	50 : 50	1500	10	95	95
13	5	45 : 55	1000	10	85.5	104.5
14	3	50 : 50	1000	6	97	97
15	1	40 : 60	1500	2	79.2	118.8

Sumber: DOE Penelitian di Balai Teknologi Polimer berdasarkan peranti lunak Minitab 14

## A.2 Pengujian Tekan *Polyurethane Foam*

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 6 spesimen. Setiap spesimen Hasil pengujian tekan dari resin *Polyurethane Foam* ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel A.1 Hasil Pengujian Sampel

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	Mm	N/mm <sup>2</sup>
<i>Polyurethane Foam</i> 1	49,36	52,56	24,36	0,07343
<i>Polyurethane Foam</i> 2	48,59	48,92	23,34	0,07731
<i>Polyurethane Foam</i> 3	47,49	51,30	24,50	0,06919
<i>Polyurethane Foam</i> 4	49,42	49,67	25,56	0,06011
<i>Polyurethane Foam</i> 5	49,45	50,33	25,86	0,07464
<i>Polyurethane Foam</i> 6	52,45	55,32	26,88	0,06624
Rata-rata	49,460	51,350	25,083	0,07015
Standar Deviasi	1,64861	2,32358	1,26183	0,00631

## A.3 Pengujian Tekan *Polyurethane Foam* / serat abaka

Pengujian dilakukan dengan menggunakan 5 spesimen.. Hasil pengujian tekan dari komposit *Polyurethane Foam*/serat abaka ditunjukkan pada tabel di bawah ini:

Tabel A.2 Hasil Pengujian Sampel 1

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	52,35	51,97	27,92	0,11724
PU/Serat Abaka 2	51,74	50,15	28,47	0,12833
PU/Serat Abaka 3	54,04	53,83	25,68	0,12350
PU/Serat Abaka 4	53,28	53,60	24,89	0,11984
PU/Serat Abaka 5	53,86	53,07	25,47	0,13221
Rata-rata	53,054	52,52	26,48	0,12382
Standar Deviasi	0,98680	1,50867	1,59857	0,00583

Tabel A.3 Hasil Pengujian Sampel 2

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	51,17	47,59	27,37	0,05445
PU/Serat Abaka 2	49,65	43,70	27,60	0,05096
PU/Serat Abaka 3	50,85	47,84	26,79	0,07342
PU/Serat Abaka 4	49,74	45,55	29,70	0,07433
PU/Serat Abaka 5	48,51	44,90	25,42	0,07397
Rata-rata	49,984	45,91	27,37	0,06543
Standar Deviasi	1,06070	1,77348	1,55085	0,01168

**Tabel A.4 Hasil Pengujian Sampel 3**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	53,60	53,08	24,01	0,10755
PU/Serat Abaka 2	55,87	53,96	24,66	0,11807
PU/Serat Abaka 3	53,96	53,70	29,63	0,12605
PU/Serat Abaka 4	53,74	53,60	23,20	0,09965
PU/Serat Abaka 5	54,15	52,08	28,70	0,11226
Rata-rata	54,264	53,284	26,04	0,11272
Standar Deviasi	0,92197	0,74517	2,91782	0,01005

**Tabel A.5 Hasil Pengujian Sampel 4**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	55,24	53,24	27,96	0,05772
PU/Serat Abaka 2	57,79	56,24	24,69	0,04654
PU/Serat Abaka 3	52,72	51,90	27	0,05942
PU/Serat Abaka 4	56,79	53,69	27,75	0,05332
PU/Serat Abaka 5	52,09	51,80	28,71	0,08863
Rata-rata	54,926	53,3740	27,22	0,06113
Standar Deviasi	2,48420	1,80152	1,54093	0,01616

**Tabel A.6 Hasil Pengujian Sampel 5**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	52,89	52,01	27,69	0,08586
PU/Serat Abaka 2	55	54,96	29,92	0,08569
PU/Serat Abaka 3	58,44	52,72	28,84	0,08099
PU/Serat Abaka 4	52,25	51,70	26,43	0,06786
PU/Serat Abaka 5	54,92	52,52	29,83	0,08092
Rata-rata	54,70	52,78	28,54	0,08026
Standar Deviasi	2,41892	1,28286	1,48603	0,00734

**Tabel A.7 Hasil Pengujian Sampel 6**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	55,74	53,41	25,28	0,07058
PU/Serat Abaka 2	48,96	47,20	27,38	0,05240
PU/Serat Abaka 3	50,65	49,25	25,50	0,08732
PU/Serat Abaka 4	55,98	50,98	24,69	0,05246
PU/Serat Abaka 5	52,10	49,42	25,76	0,10013
Rata-rata	52,686	50,052	25,76	0,07258
Standar Deviasi	3,10440	2,30835	1,01382	0,02117

**Tabel A.8 Hasil Pengujian Sampel 7**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	51,68	51,15	25,78	0,11599
PU/Serat Abaka 2	50,71	48,33	24,97	0,08026
PU/Serat Abaka 3	50,74	50,13	24,36	0,07875
PU/Serat Abaka 4	50,72	50,49	25,95	0,10485
PU/Serat Abaka 5	52,41	49,72	25,85	0,07182
Rata-rata	51,252	49,96	25,38	0,09033
Standar Deviasi	0,76862	1,05360	0,69179	0,01902

**Tabel A.9 Hasil Pengujian Sampel 8**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	56,24	55,76	24,14	0,12573
PU/Serat Abaka 2	56,08	54,71	23,47	0,10650
PU/Serat Abaka 3	55,38	54,32	24,98	0,12120
PU/Serat Abaka 4	58,45	55,88	26,27	0,14218
PU/Serat Abaka 5	55,90	54,43	24,98	0,10959
Rata-rata	56,41	55,020	24,76	0,12104
Standar Deviasi	1,18537	0,74522	1,05179	0,01424

**Tabel A.10 Hasil Pengujian Sampel 9**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	49,06	49,02	25,44	0,08339
PU/Serat Abaka 2	53,13	51,73	24,03	0,08684
PU/Serat Abaka 3	50,76	48,31	26,64	0,08923
PU/Serat Abaka 4	50,51	50,72	24,91	0,07693
PU/Serat Abaka 5	51,65	51,38	26,43	0,08388
Rata-rata	51,022	50,232	25,49	0,08405
Standar Deviasi	1,50152	1,49692	1,08127	0,0463

**Tabel A.11 Hasil Pengujian Sampel 10**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	53,32	52,67	24,72	0,08481
PU/Serat Abaka 2	53,45	50,97	25,77	0,08829
PU/Serat Abaka 3	52,98	51,61	26,17	0,09718
PU/Serat Abaka 4	52,98	47,68	26,97	0,09143
PU/Serat Abaka 5	52,38	50	26,29	0,09711
Rata-rata	53,022	50,586	25,98	0,09176
Standar Deviasi	0,41463	1,89257	0,82824	0,00544

**Tabel A.12 Hasil Pengujian Sampel 11**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	56,48	52,37	26,15	0,10709
PU/Serat Abaka 2	51,69	51,34	28,85	0,11642
PU/Serat Abaka 3	53,33	53,27	26,93	0,10293
PU/Serat Abaka 4	52,86	52,73	28,84	0,12134
PU/Serat Abaka 5	52,72	52,66	28,18	0,13934
Rata-rata	53,41	52,47	27,79	0,11742
Standar Deviasi	1,81440	0,71248	1,20493	0,01426

**Tabel A.13 Hasil Pengujian Sampel 12**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	59,51	54,14	23,77	0,10611
PU/Serat Abaka 2	56,73	50,63	26,09	0,05742
PU/Serat Abaka 3	59,89	54,10	24,74	0,04988
PU/Serat Abaka 4	55,05	54,99	26,54	0,12809
PU/Serat Abaka 5	58,88	58,01	24,70	0,07213
Rata-rata	58,012	54,37	25,16	0,08273
Standar Deviasi	2,05799	2,30835	1,12795	0,03330

**Tabel A.14 Hasil Pengujian Sampel 13**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	54,54	50,69	24,44	0,07312
PU/Serat Abaka 2	54,53	53,76	26,08	0,07163
PU/Serat Abaka 3	56,36	51,45	26,63	0,06640
PU/Serat Abaka 4	53,32	52,49	24,94	0,08153
PU/Serat Abaka 5	54,35	52,92	24,53	0,07255
Rata-rata	54,62	52,262	25,32	0,07305
Standar Deviasi	1,09602	1,21032	0,97935	0,00544

**Tabel A.15 Hasil Pengujian Sampel 14**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	51,76	51,62	24,60	0,06063
PU/Serat Abaka 2	52,04	50,48	23,57	0,05690
PU/Serat Abaka 3	54,54	51,96	25,27	0,06021
PU/Serat Abaka 4	56,55	54,34	27,58	0,06605
PU/Serat Abaka 5	53,69	51,75	24,10	0,06186
Rata-rata	53,716	52,03	25,02	0,06113
Standar Deviasi	1,95871	1,41333	1,56055	0,00331

**Tabel A.16 Hasil Pengujian Sampel 15**

Parameter	Panjang	Lebar	Tebal	Kekuatan tekan
Satuan	mm	mm	mm	N/mm <sup>2</sup>
PU/Serat Abaka 1	53,35	51,75	29,68	0,12781
PU/Serat Abaka 2	52,78	51,81	28,86	0,13660
PU/Serat Abaka 3	52,79	52,11	27,92	0,13399
PU/Serat Abaka 4	53,47	53,03	27,44	0,13328
PU/Serat Abaka 5	52,93	53,17	27,08	0,13731
Rata-rata	53,064	52,37	28,19	0,13380
Standar Deviasi	0,32416	0,67844	1,06493	0,00375

**LAMPIRAN B**  
**DATA PERHITUNGAN**

**B.1 Perhitungan Persentase Standar Deviasi**

**B.1.1 Perhitungan Persentase Standar Deviasi Resin *Polyurethane Foam***

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{\text{Standar Deviasi}}{\text{Rata-Rata Deviasi}} \times 100$$

**B.1.2 Perhitungan Persentase Standar Deviasi *Polyurethan Foam/Serat Abaka***

**B.1.2.1 Sampel 1**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00583}{0,12382} \times 100 = 0,047 = 4,7\%$$

**B.1.2.2 Sampel 2**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,01168}{0,06543} \times 100 = 0,178 = 17,8\%$$

**B.1.2.3 Sampel 3**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,01005}{0,11272} \times 100 = 0,089 = 8,9\%$$

**B.1.2.4 Sampel 4**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,01616}{0,06113} \times 100 = 0,264 = 26,4\%$$

**B.1.2.5 Sampel 5**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00734}{0,08026} \times 100 = 0,091 = 9,1\%$$

**B.1.2.6 Sampel 6**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,02117}{0,07258} \times 100 = 0,291 = 29,1\%$$

**B.1.2.7 Sampel 7**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,01902}{0,09033} \times 100 = 0,210 = 21\%$$

**B.1.2.8 Sampel 8**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,01424}{0,12104} \times 100 = 0,117 = 11,7\%$$

**B.1.2.9 Sampel 9**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00463}{0,08405} \times 100 = 0,055 = 5,5\%$$

**B.1.2.10 Sampel 10**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00544}{0,09176} \times 100 = 0,059 = 5,9\%$$

**B.1.2.11 Sampel 11**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,01426}{0,11742} \times 100 = 0,121 = 12,1\%$$

**B.1.2.12 Sampel 12**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,03330}{0,08273} \times 100 = 0,402 = 40,2\%$$

**B.1.2.13 Sampel 13**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00544}{0,07305} \times 100 = 0,074 = 7,4\%$$

**B.1.2.14 Sampel 14**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00331}{0,06113} \times 100 = 0,054 = 5,4\%$$

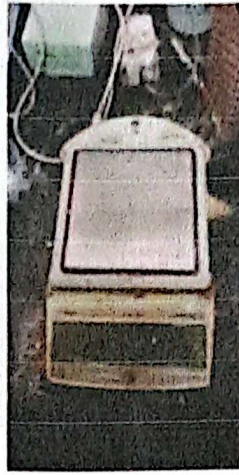
**B.1.2.15 Sampel 15**

$$\text{Persentase Standar Deviasi} = \frac{0,00375}{0,13380} \times 100 = 0,028 = 2,8\%$$

LAMPIRAN C



*Crusher*



*Neraca Digital*



*Oven*



*Mechanical Stirrer*



*Ayakan 1 mm*



*Blender*



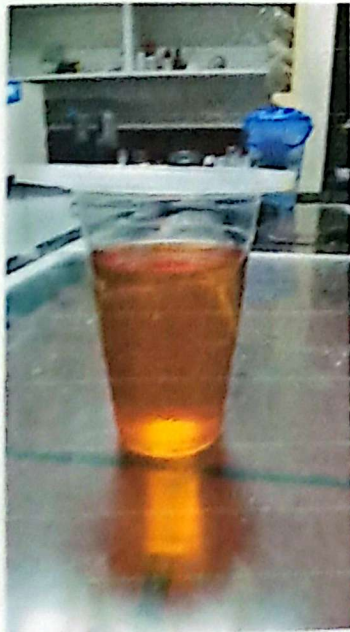
**Masker Respirator**



**NaOH Padat**



**Tachometer**



**Polyol**



**Isocyanate**