



universitas
MALIKUSSALEH

SKRIPSI

**PEMBUATAN PAPAN KOMPOSIT BERBASIS SERAT
PELEPAH PINANG (*FILLER*) DAN BAHAN PLASTIK
MATRIKS *POLYPROPYLENE* (PP)**

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana
Pada Program Studi Teknik Material Universitas Malikussaleh

Oleh,

MUHAMMAD FIRDAUS

190190036

**PROGRAM STUDI TEKNIK MATERIAL
JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
LHOKSEUMAWE
2024**

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Muhammad Firdaus

Nim : 190190036

Dengan ini menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam Skripsi ini tidak terdapat bagian atau satu kesatuan yang utuh dari Skripsi, buku atau bentuk lain yang saya kutip dari karya orang lain tanpa saya sebutkan sumbernya yang dapat dipandang sebagai tindakan penjiplakan. Sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat reproduksi karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain yang dijadikan seolah-olah karya asli saya sendiri. Apabila ternyata terdapat dalam Skripsi saya bagian-bagian yang memenuhi standar penjiplakan maka saya menyatakan kesediaan untuk dibatalkan sebahagian atau seluruh hak gelar kesarjanaan saya.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya tanpa ada paksaan dari pihak manapun.

Lhokseumawe, 04 Februari 2024

aya yang membuat pernyataan



Muhammad Firdaus

NIM.190190036

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi: Pembuatan Papan Komposit Berbasis Serat Pelepah Pinang (*Filler*) dan Bahan Plastik Matriks *Polypropylene* (PP)

Nama Mahasiswa: Muhammad Firdaus

NIM: 190190036

Program Studi: Teknik Material

Jurusan: Teknik Kimia

Fakultas: Teknik

Perguruan Tinggi: Universitas Malikussaleh

Pembimbing Utama: Ir. Syamsul Bahri, M.Sc.

Pembimbing Pendamping: Ir. Zainuddin Ginting, M.T.

Ketua Penguji: Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.

Anggota Penguji: Muhammad, S.T., M.Eng.

Lhokseumawe, 04 Februari 2024

Penulis,



Muhammad Firdaus

NIM. 190190036

Menyetujui:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Ir. Syamsul Bahri, M.Sc.

NIP. 196711142003121001



Ir. Zainuddin Ginting, M.T.

NIP. 196811302002121001

Mengetahui:

Koordinator Program Studi,

Ketua Jurusan,



Dr. Lukman Hakim, S.T., M.Eng.

NIP. 197005082005011001



Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.

NIP. 197512312006041002

KATA PENGANTAR

Puji syukur ke hadirat Allah swt. Yang Maha Mendengar lagi Maha Melihat dan atas segala limpahan rahmat, taufik, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pembuatan Papan Komposit Berbasis Serat Pelepah Pinang (*Filler*) dan Bahan Plastik Matriks *Polypropylene* (PP)”.

Selawat dan salam semoga tercurah kepada baginda Nabi Besar Muhammad saw. beserta seluruh keluarga dan sahabatnya yang selalu membantu perjuangan beliau dalam menegakkan agama Allah di muka bumi ini. Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat penulisan skripsi dari Program Studi Teknik Material, Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh.

Dalam penulisan skripsi ini, tentunya banyak pihak yang telah memberikan bantuan, baik secara moril maupun materil. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada orang tua penulis yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan doa selama ini. Tanpa dukungan mereka, penulis mungkin tidak akan mampu menyelesaikan tugas ini dengan baik. Selain itu, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Herman Fithra, S.T., M.T., I.P.M., ASEAN Eng. selaku Rektor Universitas Malikussaleh;
2. Bapak Dr. Muhammad Daud, S.T., M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh;
3. Bapak Dr. Lukman Hakim, S.T., M.Eng. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh;
4. Bapak Dr. Zulfazri, S.Si., M.T. selaku Ketua Program Studi Teknik Material Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh;
5. Bapak Ir. Syamsul Bahri, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Utama yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dan sangat banyak memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan hasil penelitian ini;

6. Bapak Ir. Zainuddin Ginting, M.T. selaku Dosen Pembimbing Pendamping yang telah meluangkan waktu untuk membimbing penulis dan memberikan masukan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini;
7. Bapak Dr. Zulnazri, S.Si., M.T. selaku Dosen Penguji Utama yang meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini;
8. Bapak Muhammad, S.T., M.Eng. selaku Dosen Penguji Pendamping yang meluangkan waktu untuk memberikan saran dan masukan untuk perbaikan skripsi ini;
9. Mamak (Elva Wirda) dan Ayah (Bukhari Yusuf) yang tak henti-hentinya memberikan motivasi serta dukungan secara moril dan materiil dalam pelaksanaan penelitian yang penulis lakukan;
10. Bang Ridha (Muhammad Ridha Ridwan) dan Cek Ati (Nur Hidayati) yang telah membantu penulis dalam menjelaskan hal-hal teknis dalam penyusunan skripsi ini;
11. Ahyal Fata dan Nouval, para adik yang hadir sebagai *support system* ketika penulis sedang kesulitan dan juga membutuhkan dukungan; dan
12. seluruh teman-teman seperjuangan yang tidak mungkin penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis hingga saat ini.

Akhir kata, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah banyak berperan dalam penyusunan skripsi ini, dari awal sampai akhir. Semoga segala upaya dan kerja keras yang telah dilakukan dapat membuahkan hasil yang baik dan bermanfaat bagi penulis sendiri serta pembaca hasil penelitian ini.

Lhokseumawe, 28 Desember 2023

Penulis,

Muhammad Firdaus
NIM. 190190036

ABSTRAK

Serat pelepah pinang (*Areca catechu*) merupakan salah satu serat alami yang potensial untuk digunakan dalam pembuatan komposit. Hal ini dikarenakan serat tersebut memiliki karakteristik yang baik untuk digunakan sebagai penguat. Pada penelitian ini serat pelepah pinang digunakan sebagai penguat atau *filler* dan polipropilena sebagai matriks. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh, persentase, sifat fisis, dan mekanis dari fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena. Metode yang digunakan berjenis kuantitatif dengan variabel bebas berupa fraksi volume komposit dan variabel terikat berupa sifat mekanis komposit. Sampel dalam penelitian ini dibuat dengan perbandingan volume antara serat pelepah pinang dan polipropilena masing-masing 20%:80%, 30%:70%, dan 40%:60%, yang masing-masingnya ditambahkan benzoil peroksida (BPO) sebesar 0,1% dan 0,5%. Berdasarkan hasil uji tarik, nilai kekuatan tarik tertinggi sebesar 12,35 MPa ditunjukkan oleh sampel dengan perbandingan serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% yang ditambahkan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH. Berdasarkan hasil uji dampak, nilai energi dampak tertinggi sebesar 6,87 J ditunjukkan oleh sampel dengan perbandingan serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% yang ditambahkan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH. Berdasarkan hasil pengujian SEM, terdapat perbedaan morfologi pada patahan komposit ikatan antara serat pelepah pinang sebagai *filler* dengan polipropilena sebagai matriks pada masing-masing sampel, yang kemudian menyebabkan perbedaan nilai kekuatan tarik pada uji tarik dan kekuatan dampak pada uji dampak. Berdasarkan hasil uji ANOVA, fraksi volume komposit memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil uji tarik dan uji dampak pada komposit serat pelepah pinang dan polipropilena.

Kata kunci: komposit, serat pelepah pinang, polipropilena, uji tarik, uji dampak.

ABSTRACT

Areca palm fiber (Areca catechu) is one of the natural fibers that has the potential to be used in making composites. This is because the fiber has good characteristics to be used as reinforcement. In this research, areca nut fiber was used as reinforcement or filler and polypropylene as the matrix. The aim of this research is to determine the effect, percentage, physical and mechanical properties of the volume fraction of areca palm fiber and polypropylene composites. The method used is quantitative with the independent variable being the volume fraction of the composite and the dependent variable being the mechanical properties of the composite. The samples in this study were made with a volume ratio of areca palm fiber and polypropylene of 20%:80%, 30%:70%, and 40%:60%, respectively, to which 0.1 benzoyl peroxide (BPO) was added. % and 0.5%. Based on the tensile test results, the highest tensile strength value of 12.35 MPa was shown by a sample with a ratio of areca palm fiber and polypropylene 20%:80% added with 0.1% BPO without NaOH treatment. Based on the impact test results, the highest impact energy value of 6.87 J was shown by a sample with a ratio of areca palm fiber and polypropylene 20%:80% added with 0.5% BPO without NaOH treatment. Based on the SEM test results, there are morphological differences in the fracture of the composite bond between areca palm fiber as filler and polypropylene as the matrix in each sample, which then causes differences in tensile strength values in the tensile test and impact strength in the impact test. Based on the results of the ANOVA test, the volume fraction of the composite has a significant influence on the results of the tensile test and impact test on the areca palm fiber and polypropylene composite.

Keywords: *composite, betel nut leaf plate fiber, polypropylene, tensile test, impact test.*

DAFTAR ISI

SURAT PERNYATAAN ORISINALITAS	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pengertian Komposit.....	6
2.2 Material Penyusun Komposit.....	6
2.2.1 <i>Filler</i>	8
2.2.2 Matriks	11
2.3 Klasifikasi Komposit	12
2.3.1 Klasifikasi Berdasarkan Matriks.....	12
2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan <i>Filler</i>	12
2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Komposit Kombinasi	13
2.3.4 Klasifikasi Berdasarkan Pandangan Umum.....	14
2.4 Faktor yang Memengaruhi Kinerja Komposit	16
2.4.1 Tata Letak dan Arah Serat	16
2.4.2 Faktor Matriks	17
2.5 Pembebanan Bahan Komposit	18
2.6 Tanaman Pinang	19
2.7 Polipropilena.....	22
2.8 Uji Tarik.....	23
2.9 Uji Impak	26
2.10 Uji SEM	28
2.11 Uji ANOVA.....	29
BAB III METODE PENELITIAN	32
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	32

3.2	Alat dan Bahan.....	32
3.2.1	Alat.....	32
3.2.2	Bahan	33
3.3	Variabel Penelitian.....	34
3.3.1	Variabel Bebas	34
3.3.2	Variabel Terikat	35
3.4	Prosedur Kerja	35
3.4.1	Pengolahan Limbah Plastik.....	35
3.4.2	Pengolahan Serat Pelepah Pinang	36
3.4.3	Pembuatan Sampel Komposit	36
3.5	Prosedur Pengujian Komposit	37
3.5.1	Uji Tarik.....	37
3.5.2	Uji Impak	38
3.5.3	Uji SEM	38
3.5.4	Uji ANOVA	39
3.6	Bagan Alur Penelitian	45
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Hasil Penelitian	46
4.1.1	Uji Tarik.....	46
4.1.2	Uji Impak	47
4.2	Pembahasan	47
4.2.1	Uji Tarik.....	47
4.2.2	Uji Impak	52
4.2.3	Uji SEM	54
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		60
5.1	Kesimpulan	60
5.2	Saran	61
DAFTAR PUSTAKA		62
LAMPIRAN.....		65
Lampiran 1. Data Penelitian		66
Lampiran 2. Perhitungan		80
Lampiran 3. Gambar dan Dokumentasi		94
Lampiran 4. Dokumentasi Administrasi		105
Lampiran 5. Biodata Penulis		109

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Karakteristik Polipropilena	23
Tabel 3.1 Alat-Alat yang Dibutuhkan untuk Pembuatan Sampel Komposit	32
Tabel 3.2 Bahan yang Dibutuhkan untuk Pembuatan Sampel Komposit	33
Tabel 3.3 Fraksi Volume Komposit	34
Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik	46
Tabel 4.2 Hasil Uji Impak.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Ilustrasi Komposisi Komposit.....	7
Gambar 2.2 Struktur Penyusun Komposit	7
Gambar 2.3 <i>Fiberglass</i> dalam Bentuk Kain.....	9
Gambar 2.4 Lembaran <i>Carbon Fiber</i>	10
Gambar 2.5 <i>Aramid Fiber</i> yang Berwarna Kuning Keemasan	10
Gambar 2.6 Klasifikasi Komposit Berdasarkan <i>Filler</i>	13
Gambar 2.7 <i>Continuous Fiber Composite</i>	14
Gambar 2.8 <i>Woven Fiber Composite</i>	15
Gambar 2.9 <i>Chopped Fiber Composite</i>	15
Gambar 2.10 <i>Hybrid Composite</i>	16
Gambar 2.11 Orientasi Letak Serat.....	17
Gambar 2.12 Pohon Pinang dan Buah Pinang	20
Gambar 2.13 Pelelah Pinang	20
Gambar 2.14 Detail Ukuran Sampel Uji Tarik ASTM D638 Tipe IV.....	24
Gambar 2.15 Bentuk Sampel Uji Tarik ASTM D638 Tipe IV	25
Gambar 2.16 Detail Ukuran Sampel Uji Impak ASTM D256-03	27
Gambar 2.17 Prinsip Uji Impak Metode Charpy	27
Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian	45
Gambar 4.1 Diagram Perbandingan Kekuatan Tarik dari Hasil Uji Tarik	48
Gambar 4.2 Diagram Perbandingan Regangan dari Hasil Uji Tarik	50
Gambar 4.3 Diagram Perbandingan Modulus Elastisitas dari Hasil Uji Tarik	51
Gambar 4.4 Diagram Perbandingan Energi Impak dari Hasil Uji Impak	52
Gambar 4.5 Diagram Perbandingan Kekuatan Impak dari Hasil Uji Impak	53
Gambar 4.6 Hasil Uji SEM 20%:80% BPO 0,1% dengan Perlakuan NaOH	55
Gambar 4.7 Hasil Uji SEM 40%:60% BPO 0,1% dengan Perlakuan NaOH	55
Gambar 4.8 Hasil Uji SEM 20%:80% BPO 0,5% dengan Perlakuan NaOH	56
Gambar 4.9 Hasil Uji SEM 40%:60% BPO 0,5% dengan Perlakuan NaOH	56
Gambar 4.10 Hasil Uji SEM 20%:80% BPO 0,1% tanpa Perlakuan NaOH.....	57
Gambar 4.11 Hasil Uji SEM 40%:60% BPO 0,1% tanpa Perlakuan NaOH.....	57
Gambar 4.12 Hasil Uji SEM 20%:80% BPO 0,5% tanpa Perlakuan NaOH.....	58
Gambar 4.13 Hasil Uji SEM 40%:60% BPO 0,5% tanpa Perlakuan NaOH.....	58

DAFTAR NOTASI DAN ISTILAH

σ	= Kekuatan Tarik
ε	= Regangan
F	= Gaya
A	= Luas Permukaan
ΔL	= Perubahan Panjang
L_0	= Panjang Awal
E	= Energi Impak
m	= Massa Pendulum
g	= Percepatan Gravitasi Bumi
r	= Jarak Titik Putar ke Titik Pendulum
α	= Besar Sudut Ketika Pendulum Akan Dilepaskan
β	= Besar Sudut Ketika Pendulum Telah Dilepaskan
K	= Kekuatan Impak
PP	= <i>Polypropylene</i>
ASTM	= <i>America Standard Testing and Materials</i>
SEM	= <i>Scanning Electron Microscopy</i>
ANOVA	= <i>Analysis of Variance</i>
BPO	= <i>Benzoil Proxide</i>
MAH	= <i>Maleic Anhydride</i>

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sektor industri otomotif saat ini membutuhkan material dengan sifat kuat dan ringan agar dapat meningkatkan kinerja dan efisiensi kendaraan. Oleh karena itu, material komposit menjadi salah satu solusi yang banyak digunakan dalam pembuatan komponen penguat seperti suku cadang otomotif untuk pembuatan bumper mobil, tameng motor, bodi motor, dan lain sebagainya. Material komposit memiliki densitas yang rendah, sifat mekanis spesifik yang tinggi, serta kinerja yang sebanding dengan logam, sehingga menjadi faktor pendorong utama dalam penggunaannya. Selain itu, material komposit juga tahan terhadap korosi dan mudah untuk disintetis. Menurut Hanifi, dkk. (2019), material komposit terdiri dari dua bahan atau lebih yang tetap terpisah, namun mampu menghasilkan suatu bahan yang memiliki sifat lebih baik dari bahan dasar penyusunnya. Dengan demikian, penggunaan material komposit pada sektor industri otomotif dapat meningkatkan kualitas dan daya tahan komponen, sehingga meningkatkan performa kendaraan dan keamanan pengemudi.

Bumper mobil merupakan salah satu komponen yang penting dalam kendaraan untuk melindungi mobil dari benturan dan dampak yang mungkin terjadi selama berkendara. Bumper pada umumnya terbuat dari logam ringan seperti paduan aluminium atau pelat baja ringan yang tipis. Namun, seiring perkembangan teknologi, bumper mobil kini banyak terbuat dari komposit yang diperkuat serat alami. Material komposit yang digunakan pada bumper mobil memiliki keunggulan berupa densitas yang rendah, sifat mekanik spesifik yang tinggi, serta tahan terhadap korosi dan keausan.

Pengujian mekanik merupakan salah satu langkah penting dalam menentukan karakteristik standar bumper mobil. Beberapa jenis pengujian yang dilakukan, antara lain adalah uji tarik, uji tekuk, dan uji dampak. Misalnya, dalam penelitian Saidah, dkk. (2018), kekuatan tarik standar bumper mobil ditemukan sebesar 8,09 MPa yang mengacu pada standar *Society of Automotive Engineering*

(SAE) J 1717. Hasil pengujian tersebut menjadi acuan dalam menentukan kualitas dan keamanan bumper mobil yang diproduksi dan digunakan di pasar otomotif.

Dengan demikian, perkembangan teknologi material komposit dan pengujian mekanis yang dilakukan menjadi faktor penting dalam pengembangan bumper mobil yang lebih aman dan efektif dalam melindungi kendaraan dan pengemudi selama berkendara.

Material komposit merupakan jenis material yang terdiri dari campuran atau kombinasi dua atau lebih unsur utama yang secara makro berbeda dalam bentuk dan komposisi material. Dibandingkan dengan logam, material komposit memiliki keunggulan yang signifikan, seperti ketahanan terhadap korosi, kemudahan pembentukan, ringan, tetap kuat, dan memiliki kekuatan, serta kekakuan yang lebih baik tergantung jenis komposisinya.

Material komposit tersusun dari dua unsur, yaitu unsur penguat yang disebut juga sebagai *filler* dan unsur pengikat yang disebut juga sebagai matriks. *Filler*, atau bisa juga disebut sebagai bahan pengisi, merupakan unsur utama yang berfungsi sebagai penguat dan menentukan karakteristik suatu bahan komposit. *Filler* bisa dibuat menggunakan bahan alami, seperti serat kayu, serat bambu, atau serat kapas, dan juga bisa dibuat menggunakan bahan buatan, seperti partikel kayu, serbuk logam, atau serbuk plastik. Penggunaan bahan alami umumnya digunakan pada jenis komposit yang diperkuat serat, sedangkan penggunaan bahan buatan umumnya digunakan pada jenis komposit lainnya.

Menurut Olanda, dkk. (2013), pemilihan *filler* yang tepat akan sangat memengaruhi sifat dan karakteristik material komposit yang dihasilkan. Oleh karena itu, pemilihan *filler* yang tepat dan sesuai dengan kebutuhan aplikasi sangat penting dalam pengembangan material komposit yang berkualitas dan efektif. Dalam perkembangan industri, penggunaan material komposit sebagai alternatif pengganti material konvensional semakin berkembang dan memberikan potensi besar dalam memenuhi kebutuhan aplikasi pada berbagai sektor industri.

Serat pelepah pinang (*Areca catechu*) merupakan salah satu serat alami yang potensial untuk digunakan dalam pembuatan komposit. Pinang dapat tumbuh di berbagai daerah dengan ketinggian di bawah 600 mdpl (meter di atas permukaan

laut). Meskipun pemanfaatannya masih perlu dikembangkan, serat pelepah pinang memiliki karakteristik yang baik untuk digunakan sebagai penguat dalam pembuatan komposit. Selain itu, pelepah daun pinang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan komposit, alih-alih hanya dianggap sebagai sampah organik dan sebagai pengganti kayu bakar untuk memasak secara tradisional.

Dalam pembuatan komposit dengan menggunakan serat alam, serat terlebih dahulu melalui proses *treatment* (pengolahan), seperti *scouring* (pencucian) dan *bleaching* (pemutihan) untuk meningkatkan sifat mekanis komposit. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa faktor utama yang memengaruhi peningkatan sifat mekanik komposit serat alam adalah dengan melakukan proses *treatment* (pengolahan) serat dan menentukan fraksi volume serat.

Matriks adalah unsur utama yang berfungsi sebagai pengikat *filler* dalam komposit. Matriks memiliki peran penting dalam menentukan sifat-sifat komposit, seperti kekuatan, modulus elastisitas, dan rasio kekuatan terhadap berat. Matriks juga berperan dalam melindungi *filler* dari kerusakan mekanis dan korosi.

Pada penelitian ini, matriks yang digunakan adalah polipropilena. Polipropilena dipilih karena memiliki sifat yang ulet, dalam artian tidak mudah putus atau tidak getas, serta memiliki titik leleh yang cukup tinggi, yaitu sekitar 160°C. Sifat ulet polipropilena penting untuk menyerap energi saat terjadi benturan, sehingga dapat meningkatkan ketahanan impak komposit. Sedangkan titik leleh tinggi dari polipropilena penting untuk menjaga komposit agar tetap stabil pada suhu tinggi.

Dalam penelitian ini, serat pelepah pinang akan digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan komposit, sedangkan matriks yang digunakan adalah polipropilena. Komposit yang dihasilkan akan diaplikasikan untuk pembuatan bumper mobil. Dengan potensi serat pelepah pinang yang cukup besar sebagai *filler*, penggunaan material komposit diharapkan dapat menjadi inovasi dalam berbagai bidang industri.

1.2 Rumusan Masalah

Terdapat potensi serat pelepah pinang yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuat material komposit. Namun, untuk memanfaatkannya secara optimal, diperlukan penelitian mengenai pengaruh fraksi volume serat pelepah pinang sebagai *filler* dan polipropilena sebagai matriks dalam pembuatan komposit. Oleh karena itu, masalah penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut: Bagaimana pengaruh fraksi volume komposit *filler* serat pelepah pinang dan matriks polipropilena terhadap sifat mekanis komposit yang dihasilkan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

- a) untuk mengetahui pengaruh fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena terhadap sifat fisis dan mekanis komposit; serta
- b) untuk mengetahui persentase fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena agar diperoleh komposit dengan sifat fisis dan mekanis terbaik.
- c) Untuk mengetahui sifat mekanis dan fisis dari fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena.

1.4 Manfaat Penelitian

Bagian ini membahas manfaat dari penelitian yang dilakukan sehingga dapat memberikan gambaran tentang kontribusi dari penelitian.

- a) Manfaat bagi kalangan peneliti adalah agar dapat mengetahui sifat fisis dan sifat mekanis dari serat pelepah pinang, sehingga dapat digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan material komposit.
- b) Manfaat bagi kalangan akademisi adalah agar dapat menjadi referensi bagi mahasiswa Universitas Malikussaleh secara umum dan mahasiswa Program Studi Teknik Material Jurusan Teknik Kimia secara khusus mengenai pembuatan komposit dari serat pelepah pinang dan polipropilena agar dapat melakukan penelitian lebih lanjut serta mencapai hasil yang lebih optimal.

- c) Manfaat bagi kalangan industri adalah agar dapat menjadi referensi dalam pemilihan bahan komposit yang tepat untuk digunakan dalam pembuatan produk.

1.5 Batasan Penelitian

Dalam penelitian ini, permasalahan terkait penggunaan serat pelepah pinang dan polipropilena dalam material komposit sangat kompleks. Oleh karena itu, untuk membatasi permasalahan, penelitian ini hanya fokus pada:

- a) penggunaan tumbuhan pinang (*Areca catechu*) yang diambil dari daerah Aceh Utara karena ketersediaan bahan baku yang melimpah;
- b) pembuatan matriks komposit berupa polipropilena yang diperoleh dari limbah plastik;
- c) perendaman serat dalam larutan natrium hidroksida (NaOH) 10% yang dilakukan selama 4 jam untuk sampel yang mendapatkan perlakuan perendaman NaOH; dan
- d) pengujian komposit yang dilakukan dengan menggunakan uji tarik, uji impak, uji SEM (*scanning electron microscopy*), dan uji ANOVA (*analysis of variance*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian Komposit

Komposit adalah perpaduan dua bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat yang berbeda. Ini bertujuan untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan dengan sifat material dasarnya. Hal ini disebabkan karena adanya ikatan permukaan antara masing-masing material penyusunnya. Dengan kata lain, akan dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanis dan karakteristik yang berbeda dari material asalnya (Gibson, 1994).

Menurut Autar (2006), komposit adalah suatu jenis bahan baru hasil rekayasa yang terdiri dari dua atau lebih bahan, yang mana sifat masing-masing bahan tersebut berbeda antara satu sama lain, baik sifat kimiawi maupun fisiknya, serta tetap terpisah dalam hasil akhir pencampuran.

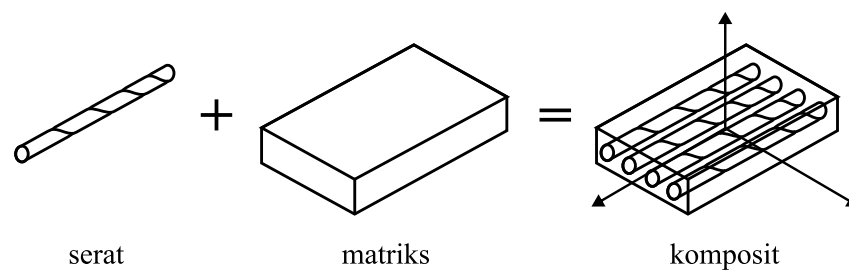
Menurut Mochtar, dkk., (2007) tujuan dibentuknya komposit yaitu untuk memperbaiki sifat mekanis dan/atau sifat spesifik tertentu, mempermudah desain yang sulit pada manufaktur, keleluasaan dalam bentuk desain yang dapat menghemat biaya, dan menjadikan bahan lebih ringan.

Salah satu keuntungan penggunaan komposit adalah sifatnya yang fleksibel, sehingga mudah untuk diarahkan dan kekuatannya dapat diatur hanya pada arah tertentu yang dikehendaki. Selain fleksibel, komposit juga bersifat ringan, kuat, tidak mudah korosi, serta tidak mudah kehilangan karakteristik dan kekuatan mekanisnya (Jones, 1999).

2.2 Material Penyusun Komposit

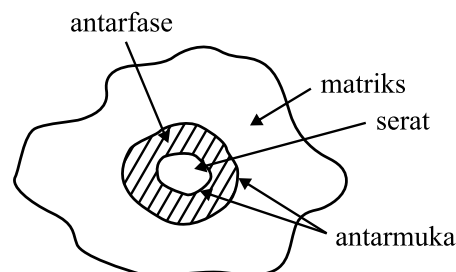
Material penyusun komposit terdiri dari *filler* dan matriks. Penggabungan material ini bertujuan untuk menemukan material baru. *Filler* adalah bahan yang ditambahkan ke dalam suatu bahan lain untuk meningkatkan sifat-sifat tertentu dari bahan tersebut. Matriks adalah bahan yang membentuk struktur dasar suatu material dan menyatukan bahan-bahan lain yang terkandung di dalamnya. *Filler* sangat berperan dalam memberikan kekuatan dan kekakuan komposit, sedangkan matriks

memberikan ketahanan terhadap temperatur tinggi, ketahanan terhadap tegangan geser, dan mampu mendistribusikan beban. *Filler* bisa berupa *fibers* (serat), *particles* (partikel), *layers* (lapisan), atau *flakes fillers* (pengisi serpihan). Sedangkan matriks bisa berasal dari bahan polimer, logam, keramik, atau resin (Schwartz, 1986). Pada penelitian ini, jenis *filler* yang digunakan adalah serat dari pelepah pinang dan matriks yang digunakan berupa polimer berjenis polipropilena. Adapun ilustrasi material penyusun komposit dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Ilustrasi Komposisi Komposit
Sumber: R. Jones, 1999, Digambar Kembali oleh Penulis

Pada dasarnya, struktur penyusun suatu komposit terdiri dari daerah matriks, serat, antarfase, dan antarmuka. Matriks adalah daerah volume terbesar. Serat adalah penahan beban utama yang berfungsi sebagai penguat. Antarfase adalah pelekat antara dua penyusun, sedangkan antarmuka merupakan permukaan fase yang berbatasan dengan fase lain. Struktur penyusun komposit dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur Penyusun Komposit
Sumber: R. Jones, 1999, Digambar Kembali oleh Penulis

2.2.1 *Filler*

Salah satu bagian utama dari penyusun komposit adalah zat penguat yang disebut *filler*, atau dikenal juga dengan istilah *reinforcement*. *Filler* berfungsi sebagai penanggung beban utama, penguat, dan penjaga stabilitas dimensi pada komposit. Contoh *filler* yang umumnya digunakan dalam pembuatan komposit adalah *fiber*. *Fiber* merupakan serat atau serbuk yang berasal, baik dari bahan alami maupun bahan buatan.

Fiber alami berasal dari serat tumbuhan dan hewan. *Fiber* yang berasal dari tumbuhan dihasilkan dari bagian tubuh tumbuhan, seperti akar, batang, daun, buah, dan pelepah. Contoh nama tumbuhan yang bagian tubuhnya digunakan sebagai serat, antara lain kenaf, jute, rami, dan ijuk. *Fiber* yang berasal dari hewan dihasilkan dari bulu hewan dan umumnya digunakan sebagai bahan alternatif pengganti serat sintetis. Sedangkan *fiber* buatan yang umumnya digunakan dalam pembuatan komposit, antara lain serat *e-glass*, boron, dan karbon. Pada penelitian ini, jenis serat yang digunakan adalah serat yang berasal dari pelepah pohon pinang.

Kelebihan dari penggunaan serat alam, antara lain karena harga bahan baku yang murah, ketersediaan melimpah di alam, tingkat kepadatan atau densitas yang rendah, dan bersifat terbarukan. Sedangkan kekurangan dari penggunaan serat alam, antara lain nilai kekuatan tarik dan modulus elastisitas yang masih berada di bawah serat sintetis, dimensi serat yang bervariasi dan tidak beraturan sehingga kualitas serat yang dihasilkan berbeda-beda, serta hasil panen fluktuatif yang bergantung pada iklim dan penyakit tanaman.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Astuti dan Sriwita (2014), ditemukan bahwa komposit serat daun nanas dan poliester dengan orientasi serat acak tidak dapat meningkatkan kekuatan tarik dan tekan pada komposit. Sebaliknya, penambahan serat pada matriks resin poliester dengan orientasi serat searah dapat meningkatkan kekuatan tarik dengan penambahan serat 0,2 g dan dapat meningkatkan kekuatan tekan dengan penambahan serat 1,5 g.

Menurut Tavel, dkk. (2018), jenis *fiber* yang umum digunakan adalah sebagai berikut.

A. *Fiberglass*

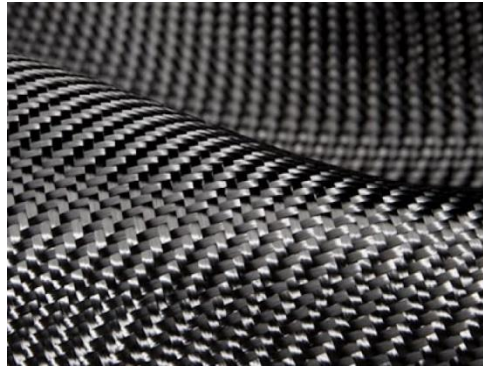
Fiberglass merupakan bahan umum yang digunakan dalam industri untuk pembuatan komposit. Hal ini dikarenakan bahan ini sangat banyak tersedia. Komposisi *fiberglass* mengandung silika yang berguna memberikan kekerasan, fleksibilitas dan kekakuan. Proses pembentukan *fiberglass* melalui proses peleburan (*fusion*) terhadap silika dengan campuran mineral oksida. Pada proses ini diberikan pendinginan yang sangat cepat untuk pembentukan kristalisasi yang sempurna. Proses ini disebut dengan *fiberization*.



Gambar 2.3 *Fiberglass* dalam Bentuk Kain
Sumber: www.ategroup.com

B. *Carbon Fiber*

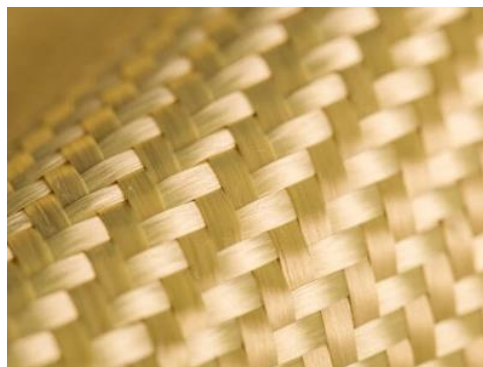
Carbon fiber memiliki keunggulan terhadap ketahanan fatik (*fatigue resistance*), tidak rentan terhadap beban perpatahan, dan mempunyai *elastic recovery* yang baik. Perkembangan penggunaan *carbon fiber* tergolong sangat tepat untuk aplikasi penerbangan, produk olahraga, dan berbagai kebutuhan industri. Sebagai bahan anorganik, *carbon fiber* tidak terpengaruh oleh kelembaban, atmosfer, pelarutan basa, dan asam lemah (*weak acid*) pada suhu ruangan. Namun pada suhu yang tinggi, *carbon fiber* dapat tercampur bahan-bahan asing yang tidak diinginkan yang dapat memengaruhi sifat-sifat material sehingga menghambat proses oksidasi yang menyebabkan kemurnian *carbon fiber* tidak tercapai, atau dikenal dengan istilah *impurities*.



Gambar 2.4 Lembaran *Carbon Fiber*
Sumber: protechcomposites.com

C. *Aramid Fiber*

Aramid fiber memiliki kekuatan yang sangat tinggi dibandingkan dengan rasio berat yang dimilikinya. Pada awalnya, *aramid fiber* diproduksi oleh E.I. duPont de Nemours & Company, Inc. dengan merek Kevlar yang dipakai sebagai *fiber* penguat dalam produksi ban dan plastik. *Aramid fiber* relatif fleksibel dan tidak rapuh (*non-brittle*), sehingga *aramid fiber* dapat diproses dengan berbagai metode, seperti pemintalan (*twisting*), penenunan (*weaving*), perajutan (*knitting*), penyisiran (*carding*), dan penyamakan (*felting*). Metode-metode tersebut dapat digunakan untuk membuat berbagai produk, seperti kain, pakaian, aksesoris, dan komponen mesin. *Aramid fiber* memiliki warna alami yang kuning keemasan. Warna ini disebabkan oleh struktur molekul *aramid fiber* yang memiliki ikatan hidrogen yang kuat. Ikatan hidrogen ini menyebabkan serat *aramid fiber* menyerap cahaya biru dan memantulkan cahaya kuning.



Gambar 2.5 *Aramid Fiber* yang Berwarna Kuning Keemasan
Sumber: www.textilejourney.com

2.2.2 Matriks

Matriks memiliki peranan penting dalam pengikatan material penyusun komposit dan mendistribusikan beban, serta memberikan perlindungan dari pengaruh lingkungan. Matriks penyusun komposit dapat berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matriks memiliki bagian atau fraksi volume terbesar dalam penyusun komposit (Gibson, 1994).

Matriks dari bahan poliester, polipropilena, dan vinil ester umumnya paling banyak digunakan dalam pembentukan komposit. Bahan-bahan tersebut biasanya digunakan dalam penyusun komposit dari produk komersial, industri, dan transportasi. Selain bahan tersebut, matriks juga bisa berasal dari bahan-bahan alami yang dikenal dengan sebutan resin atau epoksi.

Epoksi digunakan ketika produk yang dibutuhkan memiliki kekuatan yang lebih tinggi. Epoksi memiliki sifat sensitif terhadap kelembaban, namun tetap masih lebih baik dibandingkan dengan poliester, serta tahan terhadap penyusutan. Dalam aplikasinya, epoksi memiliki keterbatasan terhadap temperatur. Dalam jangka panjang, epoksi hanya mampu bertahan dalam temperatur tertinggi 120°C. Bahkan pada kondisi tertentu, batas temperatur tertinggi hanya berkisar antara 80°C sampai 105°C. Oleh sebab itu, untuk temperatur yang lebih tinggi dari 120°C atau sekitar 177°C sampai 230°C, perlu digunakan alternatif dari epoksi, seperti resin bismaleimida (BMI), resin fenolik (PF), resin silikon, atau resin poliimida (PI).

Menurut Gibson (1994), beberapa fungsi matriks, antara lain:

- a) memindahkan dan mendistribusikan tegangan ke serat;
- b) membentuk ikatan koheren, permukaan matriks, atau serat;
- c) melindungi serat dari kerusakan akibat kondisi lingkungan;
- d) mengikat serat menjadi satu kesatuan struktur;
- e) menyumbang beberapa sifat, seperti kekakuan, ketangguhan, dan ketahanan listrik; dan
- f) mempertahankan kestabilan setelah proses manufaktur.

2.3 Klasifikasi Komposit

2.3.1 Klasifikasi Berdasarkan Matriks

A. *Metal Matrix Composite*

Metal matrix composite (MMC) atau komposit matriks berbahan logam adalah salah satu jenis komposit yang menggunakan matriks logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996 dengan menggunakan filler berupa serat logam kontinu (*continuous filament*). MMC banyak digunakan dalam proses pembuatan komposit untuk bahan industri penerbangan.

B. *Ceramic Matrix Composite*

Ceramic matrix composite (CMC) atau komposit matriks berbahan keramik merupakan material yang terdiri dari dua fase, dengan satu fase berfungsi sebagai penguat dan satu fase sebagai matriks. Fase matriks terbuat dari keramik, sedangkan fase *filler*/penguat yang umum digunakan pada CMC antara lain oksida, karbida, dan nitrit. Proses pembuatan dari CMC salah satunya adalah melalui proses DIMOX (*directed metal oxidation* ‘oksidasi logam terarah’). Proses ini dilakukan dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk membentuk matriks keramik di sekitar *filler*-nya.

C. *Polymer Matrix Composite*

Polymer matrix composite (PMC) atau komposit matriks berbahan polimer adalah material komposit yang menggunakan polimer sebagai matriks. PMC memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan daripada komposit jenis lain. Matriks polimer terbagi menjadi dua jenis, yaitu polimer termoset dan termoplastik. Polimer termoset tidak dapat didaur ulang, sedangkan polimer termoplastik dapat didaur ulang. Jenis-jenis polimer termoplastik yang biasa digunakan, antara lain polipropilena (PP), polistirena (PS), dan polietilena (PE).

2.3.2 Klasifikasi Berdasarkan *Filler*

A. *Fibrous Composite*

Fibrous composite atau komposit serat adalah komposit yang terdiri dari satu lapisan dan memiliki penguat berupa serat. Kayu adalah komposit alam yang terdiri

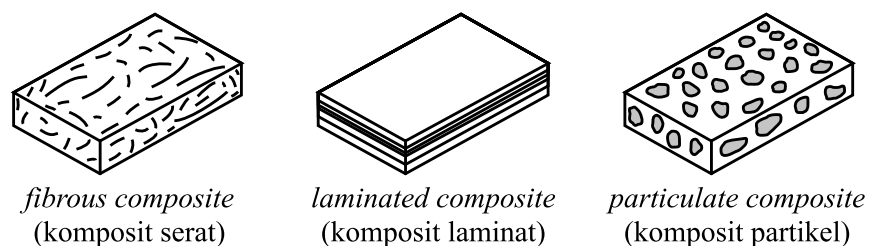
dari serat hemiselulosa dalam matriks lignin. Serat yang digunakan untuk menguatkan matriks dapat berjenis pendek, panjang, atau kontinu.

B. *Laminated Composite*

Laminated composite atau komposit laminat adalah komposit yang terdiri dari dua atau lebih lamina (lapisan). Setiap lamina memiliki sifat dan arah serat yang berbeda-beda. *Plywood* atau kayu lapis adalah salah satu jenis komposit laminat yang terdiri dari lapisan kayu yang ditumpuk dan disatukan dengan lem. Lapisan kayu tersebut disusun secara berselang-seling, sehingga memiliki arah serat yang tegak lurus satu sama lain.

C. *Particulated Composite*

Particulated composite atau komposit partikel, yaitu komposit dengan penguat berupa partikel/serbuk yang tersebar secara merata pada semua luasan dan segala arah dari komposit. Penyebaran partikel yang merata dapat meningkatkan sifat komposit, seperti kekuatan, kekakuan, dan tahan abrasi. Partikel yang digunakan dalam komposit partikel dapat bervariasi, baik dari segi ukuran, bentuk, maupun materialnya. Ukuran partikel yang umum digunakan adalah antara 0,1 hingga 100 mikrometer. Bentuk partikel yang umum digunakan adalah bola, silinder, dan kubus. Material partikel yang umum digunakan adalah keramik, logam, polimer, dan serat.



Gambar 2.6 Klasifikasi Komposit Berdasarkan *Filler*
 Sumber: www.erepo.unud.ac.id, Digambar Kembali oleh Penulis

2.3.3 Klasifikasi Berdasarkan Komposit Kombinasi

Komposit kombinasi (*combinations of composite materials*) adalah komposit dari gabungan matriks dan *filler* yang memiliki beberapa karakteristik gabungan, seperti serat, lapisan, dan partikel penyusunnya. Contoh komposit kombinasi adalah

beton yang bahan material penyusunannya terdiri dari kerikil, semen, pasir, dan penguat yang disebut besi baja.

2.3.4 Klasifikasi Berdasarkan Pandangan Umum

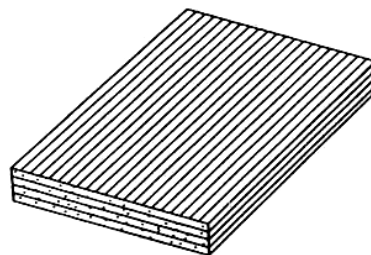
Secara umum komposit terbagi menjadi dua jenis, yaitu komposit partikel (*particulate composite*) dan komposit serat (*fibrous composite*). Komposit partikel terdiri dari partikel-partikel yang diikat oleh matriks dan pada umumnya lebih lemah dibandingkan dengan komposit serat, namun memiliki keunggulan seperti ketahanan terhadap aus, tidak mudah retak, dan mempunyai daya pengikat dengan matriks yang baik.

Komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matriks yang saling berhubungan. Komposit serat ini terbagi menjadi dua jenis, yaitu serat panjang (*continuous fiber*) dan serat pendek (*short fiber* atau *whisker*). Penggunaan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Oleh karena itu, komposit ini sangat kuat dan kaku jika dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah jika dibebani dalam arah tegak lurus serat.

Berdasarkan penempatannya, menurut Gibson (1994), terdapat beberapa tipe serat pada komposit, yaitu:

A. *Continuous Fiber Composite*

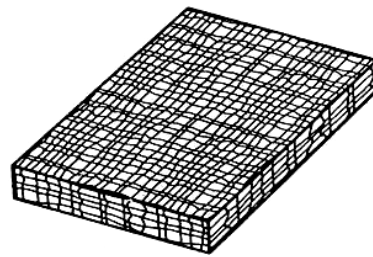
Komposit ini diperkuat dengan serat yang disusun secara berurutan (*continuous*). Komposit ini memiliki susunan serat panjang dan lurus yang membentuk lapisan di antara matriksnya. Kekurangan dari komposit ini adalah memiliki kekuatan antarlapisan yang tidak terlalu kuat.



Gambar 2.7 *Continuous Fiber Composite*
Sumber: Gibson, 1994

B. *Woven Fiber Composite*

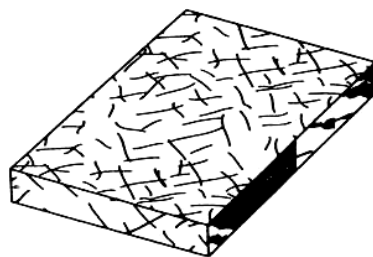
Komposit ini diperkuat dengan serat berbentuk anyaman. Komposit ini tidak dipengaruhi oleh lapisan pemisahannya, akan tetapi susunan serat yang tidak begitu lurus mengakibatkan serat menjadi kaku dibandingkan tipe komposit *continuous fiber*.



Gambar 2.8 *Woven Fiber Composite*
Sumber: Gibson, 1994

C. *Chopped Fiber Composite*

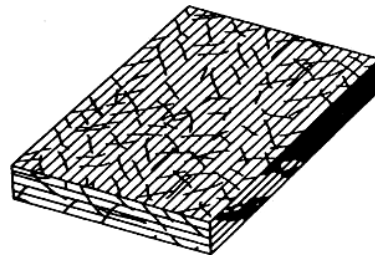
Komposit ini diperkuat dengan bentuk serat yang dipotong pendek dan disusun secara acak tersebar dalam matriks. Komposit serat cincang (*chopped*) ini digunakan secara ekstensif dalam aplikasi volume tinggi karena biaya produksi yang rendah, tetapi sifat mekanisnya jauh lebih rendah dibandingkan dengan tipe komposit *continuous fiber*.



Gambar 2.9 *Chopped Fiber Composite*
Sumber: Gibson, 1994

D. *Hybrid Composite*

Komposit ini diperkuat dengan beberapa gabungan serat, yaitu serat beraturan (*continuous*) dengan serat cincang (*chopped*). Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk meminimalisir kekurangan sifat dari kedua tipe komposit.



Gambar 2.10 *Hybrid Composite*
Sumber: Gibson, 1994

2.4 Faktor yang Memengaruhi Kinerja Komposit

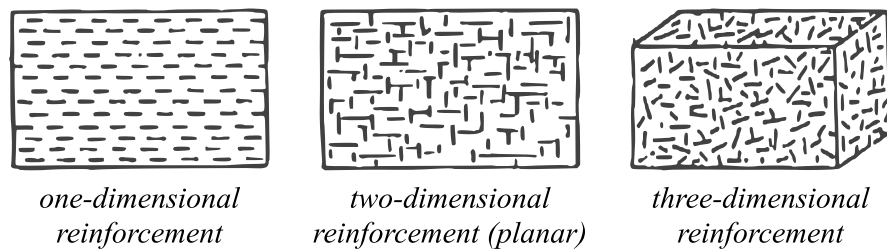
Kinerja komposit dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik dari karakteristik bahan penyusunnya maupun dari proses pembuatannya. Adapun beberapa faktor yang memengaruhi kinerja komposit, antara lain sebagai berikut.

2.4.1 Tata Letak dan Arah Serat

Dalam pembuatan komposit, tata letak dan arah serat dalam matriks akan menentukan kekuatan sifat mekanis komposit. Hal ini dapat memengaruhi kinerja komposit. Ketika dicampurkan dengan matriks, arah serat mempunyai beberapa keunggulan. Jika orientasi serat semakin acak maka sifat mekanis pada satu arahnya melemah. Bila arah serat menyebar maka kekuatannya akan ikut menyebar sehingga semakin kekuatan mekaniknya semakin kuat.

Berdasarkan tata letak dan arah serat, maka komposit dapat diklasifikasikan menjadi 3 bagian, yaitu:

1. *one-dimensional reinforcement*, mempunyai kekuatan dan modulus maksimum pada arah horizontal serat;
2. *two-dimensional reinforcement (planar)*, mempunyai kekuatan pada dua arah atau masing-masing arah orientasi serat; dan
3. *three-dimensional reinforcement*, mempunyai sifat isotropik kekuatannya lebih tinggi dibanding dengan dua tipe sebelumnya.



Gambar 2.11 Orientasi Letak Serat
Sumber: Schwarz, 1994

Selain letak dan arah, panjang serat juga memiliki pengaruh dalam pembuatan komposit yaitu terhadap kekuatan. Serat panjang memiliki daya lebih kuat dibandingkan dengan serat pendek. Serat alami mempunyai panjang yang tidak seragam pada setiap jenisnya sedangkan serat buatan panjang seratnya sudah ditentukan. Oleh karena itu, untuk mengatasi kelemahan dari serat pelepah pinang, maka panjang serat ini akan ditentukan secara konvensional, yaitu dengan cara diukur dengan menggunakan alat ukur.

Panjang serat juga memengaruhi kemampuan proses dari komposit. Pada umumnya, serat panjang lebih mudah penanganannya jika dibandingkan dengan serat pendek. Ditinjau dari teorinya, serat panjang dapat mengalirkan beban maupun tegangan dari titik tegangan ke arah serat yang lain (Schwartz, 1984).

Komposit berbahan serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat dan ringan. Komposit serat yang baik umumnya mampu menyerap matriks. Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, hal ini dikarenakan serat dan matriks akan berinteraksi sehingga terjadinya pendistribusian tegangan.

2.4.2 Faktor Matriks

Matriks dalam komposit berfungsi sebagai bahan pengikat serat, melindungi dari kerusakan eksternal, dan meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan dirinya, sehingga matriks dan serat saling berhubungan. Pembuatan komposit serat membutuhkan matriks dengan ikatan permukaan yang kuat. Selain itu, perlu adanya kecocokan secara kimia untuk

mencegah terjadinya reaksi yang tidak diinginkan. Matriks yang dipilih harus diperhatikan sifat-sifatnya, antara lain seperti tahan terhadap panas, tahan cuaca yang buruk, dan tahan terhadap guncangan.

Hal yang memengaruhi ikatan antara serat dan matriks dikenal dengan istilah *void*. *Void* adalah celah yang ada pada serat akibat pembentukan serat yang kurang sempurna yang dapat menyebabkan matriks tidak akan mampu mengisi ruang kosong pada cetakan. Bila komposit tersebut menerima beban, maka daerah tegangan akan berpindah ke daerah *void* sehingga akan mengurangi kekuatan komposit tersebut (Schwartz, 1984).

2.5 Pembebanan Bahan Komposit

Komposit dibentuk pada saat yang sama ketika struktur komposit tersebut dibuat. Hal ini berarti bahwa orang yang membuat komposit juga membentuk sifat dan struktur dari komposit yang dihasilkan. Proses manufaktur yang digunakan biasanya menentukan kinerja struktur dari komposit yang akan dihasilkan. Dalam proses manufaktur, terdapat empat gaya yang harus diperhatikan, yaitu tarik, tekan, geser/lintang dan lentur. Setiap bahan dalam penyusun komposit harus mampu menahannya agar komposit yang dihasilkan memiliki kinerja yang baik.

A. Tarik

Reaksi komposit terhadap beban tarik sangat tergantung pada sifat kekakuan dan daya tahan dari serat *filler*. Semakin kaku dan kuat serat penguat, maka komposit akan semakin mampu menahan beban tarik.

B. Tekan

Sifat daya rekat dan kekakuan dari matriks sangat penting dalam menahan beban tekanan. Matriks berfungsi sebagai pengikat serat-serat penguat dan mencegahnya dari tekukan (*buckling*) saat adanya tekanan.

C. Geser/Lintang

Beban geser mencoba untuk meluncurkan setiap lapisan serat. Di bawah beban geser, matriks memainkan peranan utama dalam memindahkan tegangan secara melintang pada komposit. Untuk membuat komposit tahan terhadap beban

geser, unsur matriks diharuskan tidak hanya mempunyai sifat-sifat mekanis yang baik, tetapi juga memiliki daya rekat yang tinggi terhadap serat *filler*.

D. Lentur

Beban lentur merupakan kombinasi dari beban tarik, tekan, dan geser. Ketika beban lentur diberikan, bagian atas komposit akan mendapatkan daya tekan, sedangkan bagian bawah mendapatkan daya tarik dan bagian tengah lapisan mengalami pergeseran.

2.6 Tanaman Pinang

Pinang merupakan tanaman yang sekeluarga dengan kelapa (*palmae*). Salah satu jenis tumbuhan monokotil ini tergolong palem-paleman. Secara rinci, sistematika pinang diuraikan oleh Sihombing (2000) sebagai berikut.

Divisi : Plantae

Kelas : Monokotil

Ordo : Arecales

Famili : Arecaceae atau Palmae

Genus : *Areca*

Spesies : *Areca catechu* L.

Pinang memiliki tinggi yang dapat mencapai 15 – 20 m dengan batang tegak lurus dan bergaris tengah 15 cm. Buahnya berkecambah setelah 1,5 – 4 bulan. Mempunyai jambul berupa daun-daun kecil yang belum terbuka. Pembentukan batang baru terjadi setelah 2 tahun dan berbuah pada umur 5 – 8 tahun namun hal ini tergantung keadaan tanahnya. Tanaman ini berbunga pada awal dan akhir musim hujan dan memiliki masa hidup 25 – 30 tahun. Biji buah berwarna kecokelatan sampai coklat merah, agak berlekuk-lekuk dengan warna yang lebih muda.



Gambar 2.12 Pohon Pinang dan Buah Pinang
Sumber: upload.wikimedia.org

Pohon pinang dikenal sebagai tanaman serbaguna yang memiliki banyak manfaat di bidang kesehatan, transportasi, bangunan, kerajinan, pangan, budaya, serta industri, baik industri kecil maupun besar. Namun, pengelolaan bagian pinang seperti pangkal pelepah daun dan batang masih sebatas sebagai sampah organik dan juga pengganti minyak tanah untuk kebutuhan memasak. Penggunaan serat alam juga dipicu oleh pemanfaatan limbah tanaman umur panjang seperti pinang, lontar, gebang, kelapa, dan aren tanpa memotong pohonnya sehingga dapat mengurangi efek pemanasan global (*global warming*).

Pada penelitian ini, bagian tubuh pinang yang digunakan sebagai *filler* dalam pembuatan komposit adalah serat dari pelepah pinang. Namun, hemiselulosa yang bersifat hidrofilik (mudah menyerap air) dapat bersifat merugikan apabila dijadikan sebagai bahan pembuatan komposit.



Gambar 2.13 Pelepah Pinang
Sumber: Annisa Reswara, 2020

Serat pelepah pinang terdiri dari 32% selulosa, 34% hemilulosa, 17% lignin, dan 17% zat lainnya, yaitu zat ekstraktif, silika, dan abu (non-organik).

Kadar hemiselulosa dan lignin yang tinggi dapat menyebabkan serat pelepah pinang memiliki sifat mekanis yang kurang baik. Hal ini disebabkan karena hemiselulosa dan lignin dapat menyerap air dan membentuk celah (*void*) pada ikatan antarmuka serat dan matriks. Celah ini akan mengurangi interaksi adhesi antara serat dan matriks, sehingga dapat memengaruhi sifat mekanis komposit.

Untuk menghasilkan serat pelepah pinang dengan sifat mekanis yang baik, perlu dilakukan penghilangan hemiselulosa dan lignin. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menghilangkan hemiselulosa dan lignin adalah alkalisasi. Alkalisasi dilakukan dengan menggunakan larutan alkali untuk melarutkan hemiselulosa dan lignin. Metode ini berpotensi untuk memperbaiki sifat-sifat mekanik serat pelepah pinang secara umum (Putera, 2012).

Pada penelitian ini, digunakan larutan NaOH untuk memisahkan kandungan hemiselulosa dan lignin dari serat pelepah pinang. Agar proses pemisahan dapat berjalan dengan lancar, pelepah pinang terlebih dahulu direndam dengan air biasa selama 15 hari. Perendaman ini dilakukan untuk melunakkan kulit pembungkus pelepah pinang sehingga serat pelepah dapat dipisahkan dengan mudah.

Setelah kulit pembungkus pelepah pinang terlepas, serat dikeringkan untuk menghilangkan sisa-sisa air. Kemudian, serat direndam kembali dengan larutan NaOH selama 4 jam. Proses perendaman ini bertujuan untuk membersihkan serat pelepah pinang dari kotoran-kotoran dan lapisan lilin yang terdapat pada serat pelepah pinang.

Perendaman dilakukan setelah serat pelepah dipotong sepanjang 20 cm. Hal ini dilakukan untuk mempermudah proses pembersihan serat. Setelah perendaman, serat dikeringkan dalam suhu ruangan. Proses pengeringan ini dilakukan untuk menghilangkan sisa-sisa larutan NaOH.

Setelah kering, serat dipotong sepanjang 1 cm. Potongan serat ini siap untuk dicetak menjadi komposit (Pratiwi, dkk., 2020).

2.7 Polipropilena

Polipropilena (PP) adalah polimer termoplastik yang diproduksi di bidang industri kimia. Polipropilena digunakan dalam berbagai bidang dan keperluan, di antaranya tekstil, alat tulis, perlengkapan laboratorium, pengeras suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer.

Polipropilena merupakan jenis plastik yang dapat didaur ulang. Hal ini menjadikan polipropilena memiliki potensi sebagai matriks dalam pembuatan komposit.

Polipropilena memiliki sifat fisis yang tidak mudah terurai secara biologis. Sifat ini dapat menyebabkan dampak buruk bagi lingkungan. Oleh karena itu, polipropilena perlu didaur ulang untuk mengurangi dampak negatifnya terhadap lingkungan. Daur ulang polipropilena dapat dilakukan dengan berbagai cara. Salah satu cara yang paling umum adalah dengan melelehkan polipropilena dan kemudian dicetak menjadi produk baru.

Pemanfaatan polipropilena sebagai matriks komposit dapat menjadi salah satu cara untuk mendaur ulang polipropilena. Komposit adalah material yang terdiri dari dua atau lebih material yang berbeda. Dalam komposit dengan polipropilena sebagai matriks, polipropilena akan menjadi material yang mengisi ruang di antara serat penguat.

Secara umum, terdapat empat syarat agar suatu limbah plastik dapat diproses oleh suatu industri, yaitu a) limbah harus dalam bentuk homogen tertentu sesuai kebutuhan (biji, *pellet*, serbuk, atau pecahan); b) limbah harus homogen; c) tidak terkontaminasi; dan d) diupayakan tidak teroksidasi. Untuk mengatasi masalah ini, limbah plastik harus diproses melalui tahapan sederhana, yaitu pemisahan, pencucian, pemotongan, dan penghilangan zat-zat seperti besi dan sebagainya sebelum digunakan.

Polipropilena memiliki titik lebur 170°C atau 320°F. Indikator berat molekul polipropilena ditunjukkan oleh laju arus leleh (*melt flow rate*, MFR) dan indeks arus leleh (*melt flow index*, MFI). MFR dan MFI menunjukkan seberapa mudahnya bahan mentah polipropilena yang meleleh mengalir saat pengolahan berlangsung. MFR diukur dalam gram per 10 menit, sedangkan MFI diukur dalam gram per

menit. Semakin tinggi MFR, semakin rendah berat molekul polipropilena. Hal ini disebabkan karena polipropilena dengan berat molekul yang lebih rendah memiliki struktur yang lebih fleksibel dan mudah mengalir. MFR polipropilena yang lebih tinggi akan mengisi cetakan plastik dengan lebih mudah selama berlangsungnya proses produksi pencetakan suntik maupun tiup. Namun, ketika arus leleh (*melt flow*) meningkat, maka beberapa sifat fisis, seperti kuat dampak, akan menurun. Karakteristik pada polipropilena dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Karakteristik Polipropilena

Deskripsi	Nilai	Satuan
Densitas pada suhu 20°C	0,9	g/cm ³
Suhu melunak	149	°C
Titik lebur	170	°C
Kristalinitas	60 – 70	%
Indeks fluiditas	0,2 – 2,5	-
Modulus elastisitas	11.000 – 13.000	MPa
Tahanan volumetrik	10 ¹⁷	Ω/cm ³
Konstanta dielektrik	2,3	1.000 <i>cycles</i>
Permeabilitas gas	-	-
Nitrogen	4,4	-
Oksigen	23	-
Gas karbon	92	-
Uap air	600	-

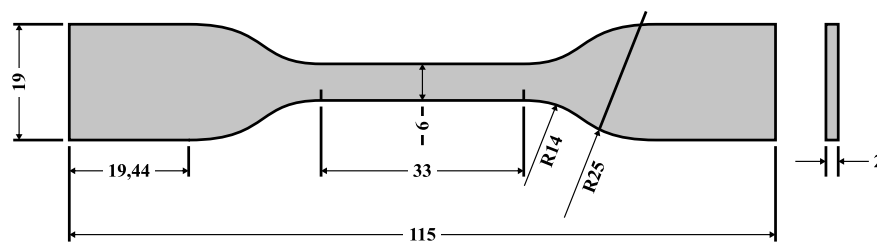
Sumber: Hasni, 2008

2.8 Uji Tarik

Salah satu sifat mekanis yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik (*tensile strength*) suatu material didapat dari hasil uji tarik (*tensile test*) yang dilakukan berdasarkan standar pengujian yang baku. Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat suatu material, salah satunya komposit. Uji ini dapat menentukan bagaimana suatu komposit dapat bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material tersebut bertambah panjang.

Tiga nilai yang berkaitan dengan uji tarik adalah kekuatan/tegangan tarik (*tensile strength*), regangan (*elongation*), dan modulus elastisitas (*modulus of elasticity*, MoE). Kekuatan/tegangan tarik merupakan tegangan maksimum yang bisa ditahan oleh sebuah material ketika diregangkan atau ditarik. Sedangkan regangan merupakan perbandingan antara pertambahan panjang (deformasi) dengan panjang awal. Hubungan antara tegangan dan regangan yang sebanding dapat menimbulkan defleksi yang masih bersifat elastis. Sifat elastis ini dikenal dengan modulus elastisitas (Sears, 2002).

Lebih lanjut, pada penelitian ini sampel dibuat berdasarkan standar ASTM D638 tipe IV. Adapun detail ukuran sampelnya dapat dilihat pada Gambar 2.14 dan bentuk sampelnya dapat dilihat pada Gambar 2.15.



Gambar 2.14 Detail Ukuran Sampel Uji Tarik ASTM D638 Tipe IV
Sumber: Zulnazri, 2014, Digambar Kembali oleh Penulis

Keterangan ukuran yang digunakan sebagai sampel uji tarik adalah sebagai berikut :

Panjang	: 115 mm
Lebar	: 19 mm
Tebal	: 2 mm
Lebar dalam	: 6 mm
Panjang dalam	: 33 mm



Gambar 2.15 Bentuk Sampel Uji Tarik ASTM D638 Tipe IV
Sumber: Zulnazri, 2014

Hasil pengujian tarik sampel dengan tipe ASTM D638 tipe IV dapat dihitung dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

A. Persamaan Kekuatan Tarik

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan:

- σ : kekuatan tarik (MPa)
- F : gaya (N)
- A : luas permukaan (mm²)

B. Persamaan Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

- ε : regangan (%)
- ΔL : perubahan panjang (mm)
- L_0 : panjang awal (mm)

C. Persamaan Modulus Elastisitas

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \dots\dots\dots (2.3)$$

Keterangan:

E : modulus elastisitas (MPa)

σ : kekuatan tarik (MPa)

ε : regangan (%)

Pada uji tarik, kedua ujung sampel uji dijepit. Salah satu ujung dihubungkan dengan perangkat penegang. Regangan diterapkan melalui kepala silang yang digerakkan motor. Benda uji mengalami elongasi, yaitu perpanjangan relatif terhadap panjang awalnya.

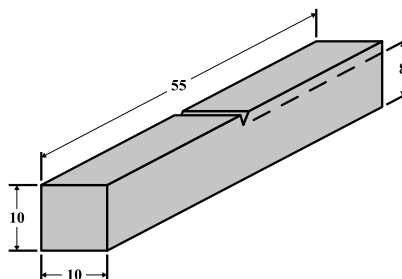
Hal-hal yang memengaruhi kekuatan tarik pada komposit adalah temperatur, kelembaban, dan laju tegangan.

Temperatur yang tinggi akan menyebabkan kekuatan tarik komposit menurun. Hal ini karena pada suhu tinggi, ikatan antar molekul dalam komposit menjadi lebih lemah. Kelembaban yang rendah akan mengakibatkan bertambahnya penyerapan air oleh komposit. Penyerapan air ini akan menyebabkan kekuatan tarik komposit menurun. Namun, regangan patah komposit akan meningkat. Laju tegangan adalah kecepatan regangan yang diterapkan pada sampel uji. Laju tegangan yang kecil akan menyebabkan perpanjangan komposit bertambah. Hal ini menyebabkan kurva tegangan-regangan menjadi landai dan modulus elastisitas komposit menjadi rendah. Sebaliknya, laju tegangan yang tinggi akan menyebabkan beban patah dan modulus elastisitas komposit meningkat. Namun, regangan komposit akan mengecil.

2.9 Uji Impak

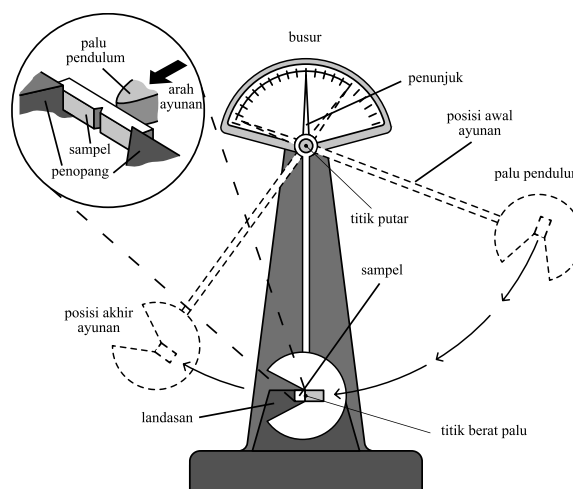
Uji impak merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengetahui dari kekuatan kekerasan, dan keuletan dari suatu material. Pengujian ini memerlukan tenaga untuk mematahkan benda uji atau sampel dalam sekali hantaman. Ada dua metode uji impak yaitu uji impak Charpy dan uji impak Izod. Alat yang digunakan berupa palu dengan berat tertentu kemudian, dijatuhkan dari sudut 150° (α) sebelum menghantam benda uji sesuai standar ASTM D256-03 berbentuk persegi panjang dengan ukuran sampel dengan panjang 55 mm, lebar 10

mm, dan tebal 10 mm (Gambar 2.16). Benda uji diberi takik di tengah dengan kedalaman 2 mm yang memiliki sudut 45° .



Gambar 2.16 Detail Ukuran Sampel Uji Impak ASTM D256-03
Sumber: Lukas, 2007, Digambar Kembali oleh Penulis

Prinsip dasar pengujian impak adalah ayunan beban yang dihantamkan pada sampel yang akan di uji. Energi yang dibutuhkan untuk mematahkan sampel dihitung langsung dari perbedaan energi potensial pendulum pada awal dijatuhkan dan di akhir setelah menabrak benda uji. Untuk memastikan benda uji yang patah, perlu dibuat takikan pada benda uji. Semakin besar energi yang diserap oleh sampel, maka semakin rendah kecepatan ayunan bandul karena membentur sampel. Hasil uji impak suatu bahan dinyatakan sebagai energi yang diserap per satuan luas penampang sampel. Pengujian pada penelitian ini menggunakan metode impak Charpy. Adapun ilustrasi dari alat yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 2.17.



Gambar 2.17 Prinsip Uji Impak Metode Charpy
Sumber: Lukas, 2007, Digambar Kembali oleh Penulis

Nilai energi impact dan kekuatan impact didapatkan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

A. Persamaan Energi Impact

$$E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (2.4)$$

Keterangan:

- E : energi impact (J)
- m : massa palu (kg)
- g : percepatan gravitasi Bumi (9,8 m/s²)
- r : jarak dari titik putar ke titik berat palu (m)
- α : besar sudut ketika palu akan dilepaskan (°)
- β : besar sudut ketika palu telah dilepaskan (°)

B. Persamaan Kekuatan Impact

$$K = \frac{E}{A} \dots\dots\dots (2.5)$$

Keterangan:

- K : kekuatan impact (J/mm²)
- E : energi impact (J)
- A : luas penampang sampel uji (mm²)

2.10 Uji SEM

Pengujian mikroskopi pemindai elektron (*scanning electron microscopy*, SEM) dilakukan dengan menggunakan mikroskop pemindai elektron (*scanning electron microscope*) untuk mengetahui struktur permukaan patahan material. Patahan yang diuji merupakan hasil dari uji tarik dan uji impact yang dilakukan sebelumnya. Uji SEM bertujuan untuk melakukan observasi terhadap karakterisasi dari material organik dan non-organik, pada material yang berukuran nanometer (nm) hingga mikrometer (µm) yang bersifat heterogen. Uji SEM menjadi populer karena kemampuannya yang dapat menghasilkan gambar tiga dimensi dari

permukaan sebuah material dengan variasi yang beragam. SEM digunakan untuk berbagai macam media, dari jurnal sains hingga majalah populer, atau bahkan digunakan untuk keperluan film.

Dalam uji SEM, area yang diteliti atau mikrovolum yang dianalisis dipapar dengan *beam* elektron yang difokuskan dengan baik, yang memungkinkan menyapu permukaan sampel untuk membentuk suatu gambar, yang memungkinkan untuk diteliti dalam suatu posisi statis. Beberapa jenis sinyal yang dihasilkan dari interaksi gelombang elektron, yaitu elektron lepasan (*secondary electron*, SE), elektron pantulan (*backscattered electron*, BSE), sinar X karakteristik (*characteristic X-rays*, CXR), dan beberapa foto dengan energi yang bervariasi. Sinyal ini dapat digunakan untuk menyelidiki berbagai macam karakteristik dari sampel yang diuji berupa topografi permukaan, kristalografi, dan komposisi (Masta, 2020).

Cara kerja uji SEM dengan menggunakan mikroskop pemindai elektron adalah sebagai berikut:

- a) elektron dilepaskan oleh ujung elektron *beam*;
- b) lensa elektromagnetik menyearahkan dan memfokuskan berkas elektron;
- c) kumparan atau *coil* pemindai mengarahkan berkas elektron yang berfokus pada sampel yang diuji; dan
- d) detektor menangkap sinyal dari elektron.

2.11 Uji ANOVA

Analisis variansi (*analysis of variance*, ANOVA) merupakan metode untuk menguji perbedaan rata-rata antarkelompok data. Berbeda dengan uji-t, ANOVA memiliki kemampuan dalam menguji perbedaan rata-rata pada beberapa perlakuan, di mana terdapat lebih dari dua jumlah perlakuan. Sedangkan uji-t hanya menguji rata-rata dalam dua perlakuan saja. Tujuan dilakukannya ANOVA adalah untuk menguji hipotesis. ANOVA dalam penelitian ini, digunakan untuk ada tidaknya pengaruh fraksi volume komposit terhadap hasil uji tarik dan uji impak.

Pada penelitian ini dilakukan uji tarik dan uji impact, yang menghasilkan dua macam hipotesis. Adapun perumusan hipotesis di dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

A. Hipotesis untuk Uji Tarik

H_0 = Fraksi volume komposit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji tarik, yaitu terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

H_1 = Fraksi volume komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji tarik yaitu terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

B. Hipotesis untuk Uji Impact

H_0 = Fraksi volume komposit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji impact, yaitu terhadap energi impact dan kekuatan impact.

H_1 = Fraksi volume komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji impact, yaitu terhadap energi impact dan kekuatan impact.

Berdasarkan jumlah variabel faktor (*independent variable* atau variabel bebas) dan jumlah variabel respons (*dependent variable* atau variabel terikat), pembagian jenis uji ANOVA adalah sebagai berikut.

A. Univariat

- 1) ANOVA univariat satu arah (*one-way univariate ANOVA*), untuk satu variabel bebas dan satu variabel terikat.
- 2) ANOVA univariat dua arah (*two-way univariate ANOVA*), untuk dua variabel bebas dan satu variabel terikat.
- 3) ANOVA univariat multiarah (*multi-way univariate ANOVA*), untuk lebih dari dua variabel bebas dan satu variabel terikat.

B. Multivariat

- 1) ANOVA multivariat satu arah (*one-way multivariate ANOVA*), untuk satu variabel bebas dan lebih dari satu variabel terikat.
- 2) ANOVA multivariat dua arah (*two-way multivariate ANOVA*), untuk dua variabel bebas dan lebih dari satu variabel terikat.

- 3) ANOVA multivariat multiarah (*multi-way multivariate ANOVA*), untuk lebih dari dua variabel bebas dan lebih dari satu variabel terikat.

Jenis lain yang menggunakan prinsip ini adalah:

- A. *Repeated measure analysis of variance* (RMANOVA)
- B. *Analysis of covariance* (ANCOVA)
- C. *Multivariate analysis of covariance* (MANCOVA)

Penelitian ini memiliki satu variabel bebas dan dua variabel terikat. Namun, salah satu variabel terikat tidak dapat diolah menggunakan perhitungan matematis karena hanya berupa pengamatan struktur komposit. Jenis uji ANOVA yang digunakan pada penelitian ini adalah ANOVA univariat satu arah (*one-way univariate ANOVA*) karena variabel yang diuji merupakan satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah fraksi volume komposit. Sedangkan variabel terikatnya adalah sifat mekanis dari komposit, yaitu hasil dari uji tarik (berupa kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas) serta hasil dari uji impak (berupa energi impak dan kekuatan impak).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama dua bulan, yaitu dari bulan Agustus hingga September 2023. Penelitian ini dilaksanakan di dua tempat: a) Lhokseumawe, di Laboratorium Teknik Material, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh; dan b) Banda Aceh, di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala.

Sebagian besar proses penelitian dilakukan di Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe, mulai dari pengolahan plastik polipropilena, pengolahan serat pelepah pinang sebagai *filler*, pembuatan komposit, uji impak, dan uji ANOVA. Sedangkan proses penelitian yang dilakukan di Universitas Syiah Kuala, Banda Aceh meliputi uji tarik dan uji SEM dikarenakan adanya kendala teknis pada peralatan yang ada di laboratorium di Universitas Malikussaleh, Lhokseumawe.

3.2 Alat dan Bahan

Proses pembuatan sampel komposit pada penelitian ini menggunakan alat dan bahan sebagai berikut.

3.2.1 Alat

Alat-alat yang digunakan untuk pembuatan sampel komposit dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Alat-Alat yang Dibutuhkan untuk Pembuatan Sampel Komposit

No.	Nama Alat	Fungsi
1	Timbangan digital	Mengukur massa bahan komposit.
2	<i>Aluminium foil</i>	Melapisi cetakan sampel komposit untuk mencegah melekatnya komposit.
3	Gerinda mini	Memotong sampel komposit dan menghaluskan permukaannya.
4	Gelas ukur	Mengukur volume bahan komposit.

No.	Nama Alat	Fungsi
5	Palu karet	Memukul serat pelepah pinang untuk menghilangkan gumpalan
6	Kuas	Mengoleskan pelumas cetakan (<i>wax mold release</i>) pada cetakan sampel komposit.
7	Gunting	Memotong serat komposit.
8	Mesin uji tarik ASTM D638 tipe IV	Mengukur kekuatan tarik dari sampel komposit.
9	Mesin uji impak ASTM D256-03	Mengukur energi impak dari sampel komposit.
10	Mikroskop pemindai elektron	Menganalisis morfologi permukaan komposit dalam uji SEM.
11	Mesin <i>hot press</i> hidrolik	Mengompresi komposit untuk membentuk sampel.
12	Mesin ekstrusi	Membentuk bahan menjadi batangan dengan ukuran dan bentuk yang sesuai standar.
13	Cetakan sampel tarik	Membentuk sampel komposit untuk uji tarik.
14	Cetakan sampel impak	Membentuk sampel komposit untuk uji impak.

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan yang dibutuhkan untuk pembuatan sampel komposit dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bahan-Bahan yang Dibutuhkan untuk Pembuatan Sampel Komposit

No.	Nama Bahan	Fungsi
1	Polipropilena	Membentuk matriks utama, menjamin keuletan, keringanan, dan ketahanan korosi.
2	Pelumas cetakan	Melumuri cetakan, mencegah lengketnya sampel komposit. Disebut juga dengan <i>wax mold release</i> .
3	Akuades	Melarutkan larutan NaOH.
4	NaOH (natrium hidroksida) 10%	Mengurai lignin dan hemiselulosa pada serat pelepah pinang dengan cara direndam.
5	BPO (benzoil peroksida)	Mempercepat ikatan kimia antara polipropilena dan serat pelepah pinang.

No.	Nama Bahan	Fungsi
6	MAH (maleat anhidrida)	Menstabilkan polipropilena dan mengikat serat pelepah pinang pada komposit.
7	Xilena	Melarutkan BPO untuk memudahkan penggunaannya.
8	Heksana	Melarutkan MAH untuk memudahkan penggunaannya.
9	Serat pelepah pinang	Menjadi <i>filler</i> utama dari komposit, melengkapi keuletan dan keringanan.

3.3 Variabel Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental, yaitu penelitian yang dilakukan dengan cara eksperimen berupa pengujian terhadap sampel penelitian. Pada penelitian ini, variabel yang digunakan adalah variabel bebas dan variabel terikat.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah fraksi volume komposit. Fraksi volume komposit adalah perbandingan antara volume serat pelepah pinang dengan volume total komposit. Jenis fraksi volume komposit yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Fraksi Volume Komposit

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena		
1	20%	80%	0,1%	Ya
2	20%	80%	0,5%	Ya
3	30%	70%	0,1%	Ya
4	30%	70%	0,5%	Ya
5	40%	60%	0,1%	Ya
6	40%	60%	0,5%	Ya
7	20%	80%	0,1%	Tidak
8	20%	80%	0,5%	Tidak
9	30%	70%	0,1%	Tidak

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena		
10	30%	70%	0,5%	Tidak
11	40%	60%	0,1%	Tidak
12	40%	60%	0,5%	Tidak

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah sifat mekanis dan fisis dari komposit yang terbuat dari serat pelepah pinang dan polipropilena. Sifat mekanis terdiri dari kekuatan tarik, regangan, modulus elastisitas, energi impact, dan kekuatan impact. Sifat mekanis komposit ditunjukkan dari hasil uji tarik dan hasil uji impact. Sedangkan sifat fisis komposit adalah ditunjukkan dari hasil uji SEM yang memperlihatkan struktur permukaan dari komposit.

3.4 Prosedur Kerja

Prosedur kerja dalam penelitian ini terdiri dari empat tahap, yaitu:

1. pengolahan limbah plastik;
2. pengolahan serat pelepah pinang;
3. pembuatan sampel komposit uji tarik; dan
4. pembuatan sampel komposit uji impact.

3.4.1 Pengolahan Limbah Plastik

Prosedur kerja untuk persiapan bahan baku matriks pada penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Dikumpulkan sampah plastik kemudian disortir, sampah yang akan dijadikan bahan dasar matrik PP adalah yang mengandung *polypropylene* (PP)
2. Dicuci sampai bersih, lalu dikeringkan sampai kering
3. Dipotong-potong hingga berukuran 0,5-1 cm
4. Ditimbang sesuai dengan ketentuan spesimen yang telah dijelaskan sebelumnya.

3.4.2 Pengolahan Serat Pelepah Pinang

Prosedur kerja persiapan untuk bahan baku serat pelepah pinang adalah sebagai berikut;

1. Mengumpulkan pelepah daun pinang di perkebunan sekitar
2. Selanjutnya dibersihkan dengan dipisahkan pelepah dari tangkai daunnya.
3. Direndam selama 15 hari, kemudian dikeringkan.
4. Setelah 15 hari, pelepah dibelah menjadi dua secara vertikal, kemudian dipotong memanjang dengan ukuran 4 cm.
5. Pelepah yang sudah dipotong tersebut kemudian dibagi ke dalam dua kelompok. Salah satu kelompok pelepah pinang tersebut direndam kembali dengan menggunakan larutan NaOH selama 4 jam di dalam temperature ruangan.
6. Selanjutnya dikeringkan sampai kering. Tujuannya agar kadar air dalam serat dapat dikurangi sehingga lebih tahan terhadap pengaruh lingkungan dan beratnya menjadi ringan.
7. Setelah kering dilakukan pemotongan kembali dengan ukuran 0,5-1 cm.
8. Kemudian serat siap untuk digunakan.

3.4.3 Pembuatan Sampel Komposit

Prosedur kerja untuk pembuatan komposit adalah sebagai berikut.

1. Siapkan bahan dan alat yang dibutuhkan.
2. Dicampurkan 0,1% dan 0,5% BPO masing-masing di dalam 100 ml xylene, kemudian diambil sebanyak 20 ml dan dicampurkan dengan matriks sesuai variabel bebas yang telah ditentukan. BPO digunakan sebagai inisiator yaitu senyawa yang mengawali suatu reaksi radikalasi yang merupakan proses yang menyebabkan terjadinya ikatan kimia secara cepat.
3. 2,5% MAH dicampur 100 ml hexane, kemudian diambil sebanyak 20 ml dan dicampurkan dengan filler sesuai dengan variabel. MAH digunakan sebagai compatibilizer yaitu zat yang digunakan untuk menggabungkan polimer yang tidak kompatibel agar menjadi campuran yang stabil.

4. Campuran tersebut diekstruder dalam *single screw extruder*. Dalam proses ini perlu dilakukannya pengoptimalan pada suhu, putaran *screw*, serta rasio matrik dengan filler.
5. Setelah proses reaksi selesai diperoleh produk campuran polimer berbentuk pellet. Setelah proses reaksi selesai diperoleh produk campuran polimer berbentuk pellet.
6. Campuran dari biji pellet dan serat pelepah pinang yang sudah homogen dimasukkan kedalam cetakan spesimen yang berukuran sesuai dengan standar ASTM.
7. Selanjutnya cetakan dimasukkan kedalam *hot press* pada suhu 145°C-180°C selama 5 menit tanpa tekanan, dan penambahan 10 menit dengan tekanan 10 kg/m², sehingga diperoleh spesimen komposit untuk kemudian dilakukan pengujian.
8. Prosedur ini diulangi kembali untuk perbandingan komposisi yang lain dengan jenis matriks dan filler yang lain juga.

3.5 Prosedur Pengujian Komposit

3.5.1 Uji Tarik

Untuk melakukan uji tarik pada sampel komposit, prosedur yang harus dijalani adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan sampel yang sesuai dengan ukuran standar ASTM D-638 tipe IV agar dapat digunakan pada mesin uji tarik yang mendukung standar yang sama.
2. Menempatkan sampel pada tempat yang telah disediakan pada alat uji tarik.
3. Mengendalikan alat agar sampel yang telah ditempatkan tercengkeram dengan sempurna pada alat uji tarik.
4. Mengamati dan mencatat hasil yang keluar pada monitor. Data hasil uji tersebut nantinya akan diolah dengan perhitungan persamaan-persamaan yang ada pada Subbab 0.

3.5.2 Uji Impak

Untuk melakukan uji impak pada sampel komposit, prosedur yang harus dijalani adalah sebagai berikut.

1. Menyiapkan sampel yang sesuai dengan ukuran standar ASTM D256-03 tipe IV agar dapat digunakan pada mesin uji tarik yang mendukung standar yang sama.
2. Mengukur dimensi dari lapisan permukaan terluar, lebar, dan panjangnya, kemudian memberikan nomor spesimen pada permukaan yang akan diuji.
3. Memutar palu pendulum agar membentuk sudut awal (α) sebesar 160° yang dapat dilihat dengan mengamati jarum pada busur alat uji impak.
4. Meletakkan sampel yang telah sesuai dengan ASTM D256-03 pada landasan/tumpuan.
5. Melepaskan palu pendulum dengan cara menekan tombol. Palu pendulum akan jatuh menghantam sampel yang diuji.
6. Catat besar sudut yang dibentuk setelah palu pendulum diayunkan dan menghantam sampel dengan mengamati jarum pada busur alat uji impak (β).
7. Nilai energi impak dan kekuatan impak dapat dihitung menggunakan persamaan-persamaan yang ada pada Subbab 2.4.

3.5.3 Uji SEM

Uji mikroskopi pemindai elektron (*scanning electron microscopy*, SEM) dilakukan untuk mengamati struktur pori dari ikatan antara serat dan matriks pada suatu komposit melalui citra/*image* mikroskopis. Untuk melakukan uji SEM pada sampel komposit, prosedur yang dijalani adalah sebagai berikut.

1. Meletakkan sampel yang telah disiapkan pada mesin uji SEM (mikroskop pemindai elektron) pada tempat yang ditentukan.
2. Memancarkan elektron menggunakan tembak elektron (*electron gun*) yang kemudian dapat ditarik oleh katoda menuju anoda. *Electron gun* berfungsi sebagai katoda yang mengakibatkan terjadinya pemanasan, kemudian katoda akan membentuk gaya yang dapat menarik elektron melaju menuju ke anoda.

3. Mengatur lensa magnetik agar memfokuskan elektron menuju suatu titik pada permukaan sampel. Sinar elektron yang terfokus kemudian diarahkan oleh kumparan/*coil* pemindai untuk memindai (*scan*) keseluruhan sampel. Elektron yang mengenai sampel akan mengalami hamburan berupa elektron lepasan (*secondary electron*, SE) atau elektron pantulan (*backscattered electron*, BSE) dari permukaan sampel. Elektron yang terhambur itu kemudian akan dideteksi oleh detektor dan dimunculkan dalam bentuk citra/gambar pada monitor CRT (*cathode ray tube* ‘tabung sinar katoda’). Citra yang dihasilkan inilah yang menjadi hasil dari uji SEM.

3.5.4 Uji ANOVA

Uji analisis variansi (*analysis of variance*, ANOVA) dilakukan untuk melihat ada tidaknya pengaruh signifikan fraksi volume komposit terhadap hasil uji tarik dan uji impak pada sampel komposit. Jenis uji ANOVA yang digunakan pada penelitian ini adalah ANOVA univariat satu arah (*one-way univariate ANOVA*) karena variabel yang diuji merupakan satu variabel bebas dan satu variabel terikat. Untuk melakukan uji ANOVA dari hasil uji tarik dan uji impak, prosedur yang dijalani adalah sebagai berikut.

A. Menentukan Hipotesis

Hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut.

1) Hipotesis untuk Uji Tarik

H_0 = Fraksi volume komposit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji tarik, yaitu terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

H_1 = Fraksi volume komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji tarik yaitu terhadap kekuatan tarik dan modulus elastisitas.

2) Hipotesis untuk Uji Impak

H_0 = Fraksi volume komposit tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji impak, yaitu terhadap energi impak dan kekuatan impak.

H_1 = Fraksi volume komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji impact, yaitu terhadap energi impact dan kekuatan impact.

B. Menentukan Taraf Signifikansi

Signifikansi dalam statistik berarti kemungkinan atau berpeluang betul-betul benar. Taraf signifikansi atau sering juga disebut dengan tingkat kesalahan erat kaitannya dengan pengambilan keputusan dalam pengujian hipotesis.

Taraf signifikansi dinyatakan dalam bentuk persen dan dilambangkan dengan α (alfa). Taraf signifikansi yang biasanya digunakan pada penelitian pendidikan adalah 5% atau 0,05, pada penelitian ekonomi adalah 10% atau 0,1, dan pada penelitian kesehatan adalah 1% atau 0,01.

Dalam penelitian ini, taraf signifikansi yang digunakan adalah 5% atau 0,05.

C. Menentukan Jumlah Kelompok Data

Pada penelitian ini jumlah kelompok data (k) untuk uji tarik terdiri dari dua kelompok, yaitu kekuatan tarik dan modulus elastisitas. Sedangkan kelompok data untuk uji impact terdiri dari dua kelompok, yaitu energi impact dan kekuatan impact.

D. Menentukan Jumlah Sampel

Jumlah sampel (s) yang digunakan pada uji ANOVA adalah 12 sampel, sesuai dengan jumlah sampel komposit yang dibuat.

E. Menentukan Jumlah Seluruh Data

Jumlah seluruh data (N) didapat dari jumlah sampel yang dikalikan dengan jumlah kelompok data.

F. Menentukan Derajat Kebebasan 1

Derajat kebebasan 1 (df_1) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$df_1 = k - 1 \dots\dots\dots (3.1)$$

Keterangan:

df_1 : derajat kebebasan 1

k : jumlah kelompok data

G. Menentukan Derajat Kebebasan 2

Derajat kebebasan 2 (df_2) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$df_2 = N - k \dots\dots\dots (3.2)$$

Keterangan:

df_2 : derajat kebebasan 2

N : jumlah seluruh data

k : jumlah kelompok data

H. Menentukan Derajat Kebebasan 3

Derajat kebebasan 3 (df_3) diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$df_3 = N - 1 \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan:

df_1 : derajat kebebasan 1

N : jumlah seluruh data

I. Menentukan Nilai F_{tabel}

Nilai F_{tabel} dapat diperoleh dengan menggabungkan taraf signifikansi, derajat kebebasan 1, dan derajat kebebasan 2 sebagai perbandingan.

$$(\alpha : df_1 : df_2) \dots\dots\dots (3.4)$$

Keterangan:

α : taraf signifikansi

df_1 : derajat kebebasan 1

df_2 : derajat kebebasan 2

J. Menentukan Nilai Rata-Rata Kelompok Data

Nilai rata-rata kelompok data (\bar{x}) adalah jumlah dari nilai rata-rata dari masing-masing hasil uji, yaitu hasil uji tarik berupa kekuatan tarik (\bar{x}_1) dan modulus elastisitas (\bar{x}_2), serta hasil uji impak berupa energi impak (\bar{x}_1) dan kekuatan impak (\bar{x}_2).

K. Menentukan Rata-Rata Keseluruhan Kelompok

Rata-rata keseluruhan kelompok dari rata-rata kelompok data dapat dihitung menggunakan persamaan berikut.

$$\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_n}{k} \dots\dots\dots (3.5)$$

Keterangan:

- \bar{y} : rata-rata keseluruhan kelompok
- \bar{x}_1 : rata-rata kelompok data ke-1
- \bar{x}_n : rata-rata kelompok data ke-n
- k : jumlah kelompok data

L. Menentukan Jumlah Kuadrat Kelompok

Jumlah kuadrat kelompok (JK_K) dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$JK_K = N \times (\bar{x}_1 - \bar{y})^2 + \dots + N \times (\bar{x}_n - \bar{y})^2 \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan:

- JK_K : jumlah kuadrat kelompok
- N : jumlah seluruh data
- \bar{y} : rata-rata keseluruhan kelompok
- \bar{x}_1 : rata-rata kelompok data ke-1
- \bar{x}_n : rata-rata kelompok data ke-n

M. Menentukan Jumlah Kuadrat Galat

Jumlah kuadrat kelompok (JK_G) dapat diperoleh dengan persamaan berikut.

$$JK_G = \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \dots + \sum (x_n - \bar{x}_n)^2 \dots\dots\dots (3.7)$$

Keterangan:

- JK_G : jumlah kuadrat galat
- x_1 : data kelompok ke-1
- \bar{x}_1 : rata-rata kelompok data ke-1
- x_n : data kelompok ke-n
- \bar{x}_n : rata-rata kelompok data ke-n

N. Menentukan Kuadrat Rata-Rata Kelompok dan Galat

Kuadrat rata-rata kelompok dan kuadrat rata-rata galat dapat diperoleh menggunakan persamaan berikut.

$$KR_K = \frac{JK_K}{df_1} \dots\dots\dots (3.8)$$

Keterangan:

- KR_K : kuadrat rata-rata kelompok
- JK_K : jumlah kuadrat kelompok
- df_1 : derajat kebebasan 1

$$KR_G = \frac{JK_G}{df_2} \dots\dots\dots (3.9)$$

Keterangan:

- KR_G : kuadrat rata-rata galat
- JK_G : jumlah kuadrat galat
- df_2 : derajat kebebasan 2

O. Menentukan F_{hitung}

Nilai F_{hitung} dapat diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$F_{hitung} = \frac{KR_K}{KR_G} \dots\dots\dots (3.10)$$

Keterangan:

F_{hitung} : nilai F hasil perhitungan analisis

KR_K : kuadrat rata-rata kelompok

KR_G : kuadrat rata-rata galat

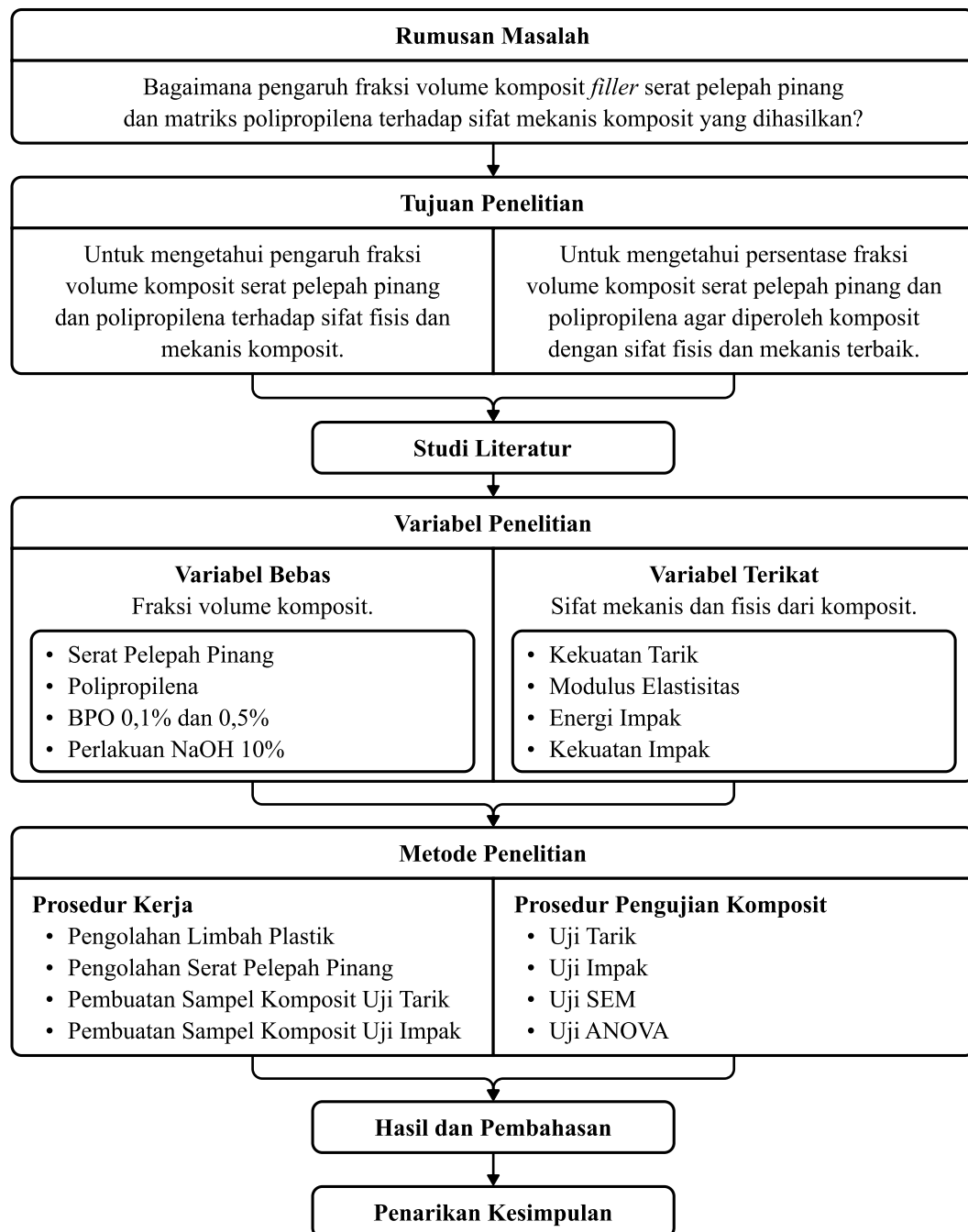
P. Menarik Kesimpulan

Penarikan kesimpulan dilakukan dengan cara membandingkan F_{hitung} dan F_{tabel} berdasarkan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Apabila F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} , maka H_0 ditolak dan H_1 diterima.
- 2) Apabila F_{hitung} lebih kecil daripada F_{tabel} , maka H_0 diterima dan H_1 ditolak.

3.6 Bagan Alur Penelitian

Bagan alur penelitian tentang pembuatan komposit dengan bahan baku serat pelepah pinang dan polipropilena disajikan sebagai berikut.



Gambar 3.1 Bagan Alur Penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian

4.1.1 Uji Tarik

Uji Tarik dilakukan untuk mengetahui sifat mekanis dari komposit, yaitu kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas. Uji tarik dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala dengan ukuran sampel sesuai standar ASTM D638 tipe IV. Sampel penelitian ini dikelompokkan menjadi dua kelompok, yaitu satu kelompok untuk sampel komposit yang mendapatkan perlakuan NaOH serta satu kelompok untuk sampel komposit yang tidak mendapatkan perlakuan NaOH. Hasil uji tarik yang diperoleh dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4.1 Hasil Uji Tarik

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Regangan (%)
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena					
1	20%	80%	0,1%	Ya	5,08	255,43	1,99
2	20%	80%	0,5%	Ya	6,96	523,16	1,33
3	30%	70%	0,1%	Ya	5,1	264,04	1,93
4	30%	70%	0,5%	Ya	6,37	244,06	2,61
5	40%	60%	0,1%	Ya	4,31	221,13	1,95
6	40%	60%	0,5%	Ya	4,41	341,86	1,29
7	20%	80%	0,1%	Tidak	12,35	444,17	2,78
8	20%	80%	0,5%	Tidak	3,82	140,51	2,72
9	30%	70%	0,1%	Tidak	7,94	486,99	1,63
10	30%	70%	0,5%	Tidak	6,66	352,59	1,89
11	40%	60%	0,1%	Tidak	6,96	543,59	1,28
12	40%	60%	0,5%	Tidak	9,8	420,60	2,33

4.1.2 Uji Impak

Uji impak dilakukan untuk mengevaluasi sejauh mana suatu komposit mampu menyerap energi kinetik yang dihasilkan oleh tumbukan atau beban tertentu. Uji impak pada penelitian ini dilakukan di Laboratorium Teknik Material, Fakultas Teknik, Universitas Malikussaleh dengan ukuran sampel sesuai standar ASTM 256-03. Hasil uji impak penelitian ini disajikan pada Tabel 4.2 berikut.

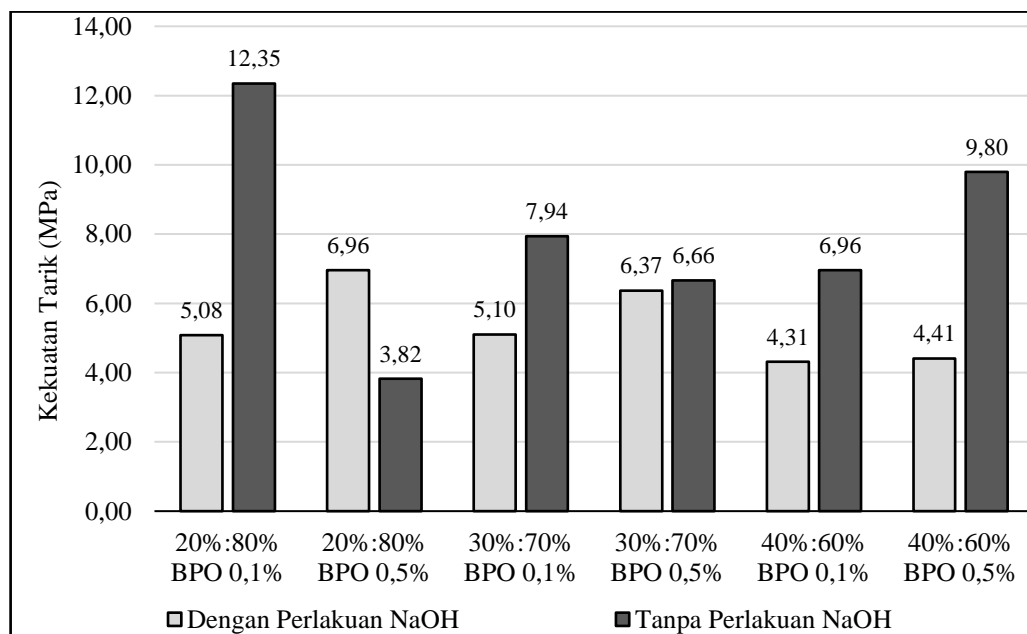
Tabel 4.2 Hasil Uji Impak

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Rata-Rata Energi Impak (J)	Rata-Rata Kekuatan Impak (J/mm ²)
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena				
1	20%	80%	0,1%	Ya	6,33	0,06
2	20%	80%	0,5%	Ya	5,82	0,06
3	30%	70%	0,1%	Ya	6,59	0,07
4	30%	70%	0,5%	Ya	6,32	0,06
5	40%	60%	0,1%	Ya	6,07	0,06
6	40%	60%	0,5%	Ya	5,36	0,05
7	20%	80%	0,1%	Tidak	6,59	0,07
8	20%	80%	0,5%	Tidak	6,87	0,07
9	30%	70%	0,1%	Tidak	4,8	0,05
10	30%	70%	0,5%	Tidak	4,8	0,05
11	40%	60%	0,1%	Tidak	4,8	0,05
12	40%	60%	0,5%	Tidak	5,81	0,06

4.2 Pembahasan

4.2.1 Uji Tarik

Data yang tercantum pada Tabel 4.1 dapat divisualisasikan dalam bentuk diagram batang. Hal ini dilakukan agar perbandingan perbedaan parameter kekuatan tarik, regangan, dan modulus elastisitas dari hasil uji tarik dari 12 sampel penelitian yang diuji dapat diamati dengan mudah. Diagram batang untuk perbandingan kekuatan tarik dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Diagram Batang Perbandingan Kekuatan Tarik dari Hasil Uji Tarik

Gambar 4.1 menunjukkan bahwa sampel dengan perlakuan perendaman NaOH memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan sampel tanpa perlakuan perendaman NaOH. Hal ini disebabkan oleh waktu perendaman yang terlalu lama, sehingga menyebabkan kandungan selulosa yang ada di dalam serat menghilang. Hilangnya kandungan selulosa dapat menyebabkan serat menjadi lebih rapuh, sehingga kemampuan komposit menahan beban menjadi lemah. (Rahmanto, 2019: 36).

Penelitian oleh Maryanti (2011: 126) juga menunjukkan bahwa perlakuan perendaman alkali pada komposit serat kelapa-poliester, khususnya dengan proses alkalisasi 8%, menyebabkan kekuatan tarik menurun dibandingkan dengan perendaman alkali 5%. Hal ini disebabkan oleh hilangnya hemiselulosa, lignin, dan pektin selama perendaman alkali 8%, yang akhirnya berdampak pada penurunan kekuatan serat. Proses ini menyebabkan mikrofibril penyusun serat menjadi terpisah akibat hilangnya lignin dan pektin. Efek ini juga memengaruhi nilai kekuatan tarik dan regangan yang dihasilkan menjadi rendah.

Hasil uji tarik menunjukkan nilai kekuatan tarik tertinggi dimiliki oleh sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH. Adapun nilai kekuatan tariknya sebesar

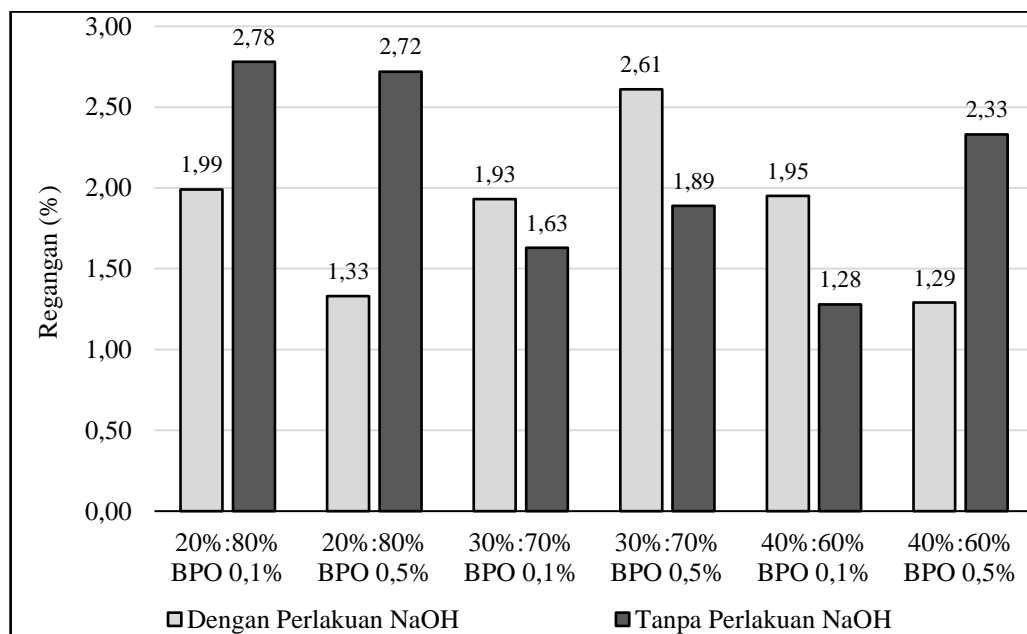
12,35 MPa. Sebaliknya, nilai terendah terdapat pada spesimen dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan perendaman NaOH, yaitu sebesar 3,82 MPa.

Perbedaan nilai ini disebabkan oleh ketidakmerataan serat pelepah pinang ketika sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH menjalani proses ekstrusi. Kondisi ini menyebabkan penumpukan serat pada daerah tertentu, sehingga sampel komposit ini patah lebih cepat ketika dilakukan uji tarik.

Ketidakmerataan serat dapat menyebabkan serat tidak lurus dan terbentuknya celah udara (*void*). Timbulnya celah udara dapat mengakibatkan rendahnya kekuatan tarik yang dihasilkan oleh komposit. Kondisi ini menjadikan komposit lebih rentan terhadap patah selama pengujian uji tarik (Fajir, dkk., 2013: 91).

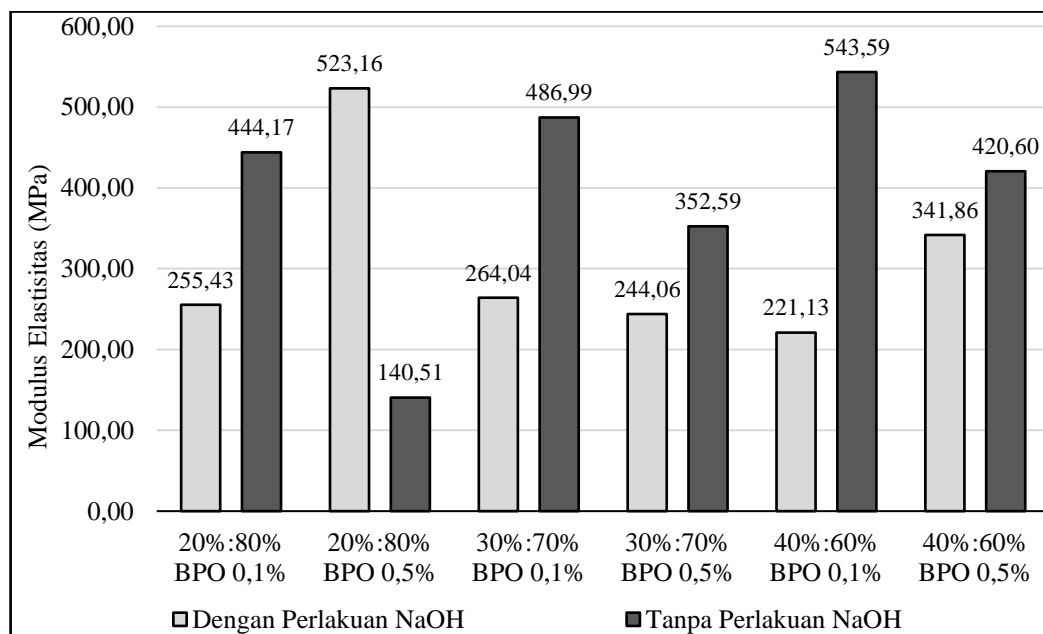
Tidak hanya ketidakmerataan serat, celah yang diisi gelembung udara juga dapat timbul akibat kurangnya matriks pengikat pada serat. Semakin tinggi kadar celah udara dalam suatu komposit, semakin rendah pula kekuatannya. Sejalan dengan penjelasan Rahmawati, dkk. (2021: 153), celah udara dapat muncul selama proses pengadukan resin dan katalis karena udara masuk ke dalam campuran. Gelembung udara terbentuk karena kecepatan dan tekanan yang diberikan pada resin tidak selalu dapat dikendalikan dengan baik, sehingga keberadaan celah udara menjadi suatu kondisi yang tidak dapat dihindari.

Diagram batang untuk regangan dapat dilihat pada Gambar 4.2. Sedangkan untuk modulus elastisitas dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Diagram Batang Perbandingan Regangan dari Hasil Uji Tarik

Pada Gambar 4.2 dapat dilihat nilai regangan tertinggi sebesar 2,78% dimiliki oleh sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH. Sebaliknya, regangan terendah sebesar 1,28% dimiliki oleh sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH. Pada dasarnya, regangan memiliki hubungan berbanding lurus dengan kekuatan tarik. Artinya, semakin tinggi regangan sampel maka semakin tinggi pula kekuatan tariknya. Sebaliknya, semakin rendah regangan spesimen maka semakin rendah pula kekuatan tariknya. Namun, kondisi akan berbeda karena regangan dapat dipengaruhi oleh proses ekstrusi dan fraksi volume.



Gambar 4.3 Diagram Batang Perbandingan Modulus Elastisitas dari Hasil Uji Tarik

Pada Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai modulus elastisitas yang tinggi dimiliki oleh sampel komposit dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH, yaitu sebesar 543,59 MPa. Sedangkan modulus elastisitas terendah dimiliki oleh sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH, yaitu 140,51 MPa.

Pada dasarnya, modulus elastisitas berbanding lurus dengan kekuatan tarik, namun berbanding terbalik dengan regangan. Semakin tinggi nilai modulus elastisitasnya, semakin tinggi pula kekuatan tariknya dan semakin rendah nilai regangannya. Sebaliknya, semakin rendah modulus elastisitas, semakin rendah pula kekuatan tariknya dan semakin tinggi nilai regangannya. Material dengan nilai modulus elastisitas yang tinggi bersifat kaku dan mudah patah, sedangkan material dengan nilai modulus elastisitas yang rendah bersifat lentur dan tidak mudah patah. Akan tetapi, kondisi dapat berubah disebabkan modulus elastisitas dipengaruhi oleh proses ekstrusi dan fraksi volume.

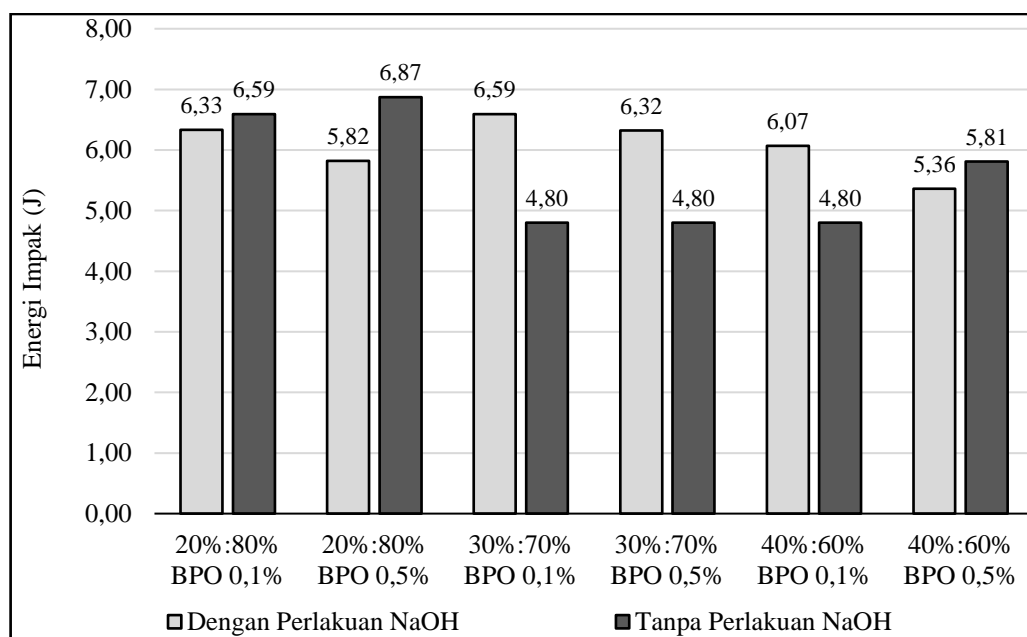
Lebih lanjut, untuk memperkuat data hasil uji tarik dilakukan analisis menggunakan uji ANOVA. Berdasarkan hasil analisis, ditemukan bahwa nilai

$F_{hitung} = 168,49$ yang lebih besar dari pada $F_{tabel} = 4,3$. Dengan demikian, H_0 (hipotesis nol) ditolak dan H_1 (hipotesis alternatif) diterima. Kesimpulannya, variabel fraksi volume komposit memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil uji tarik pada komposit serat pelepah pinang dan polipropilena.

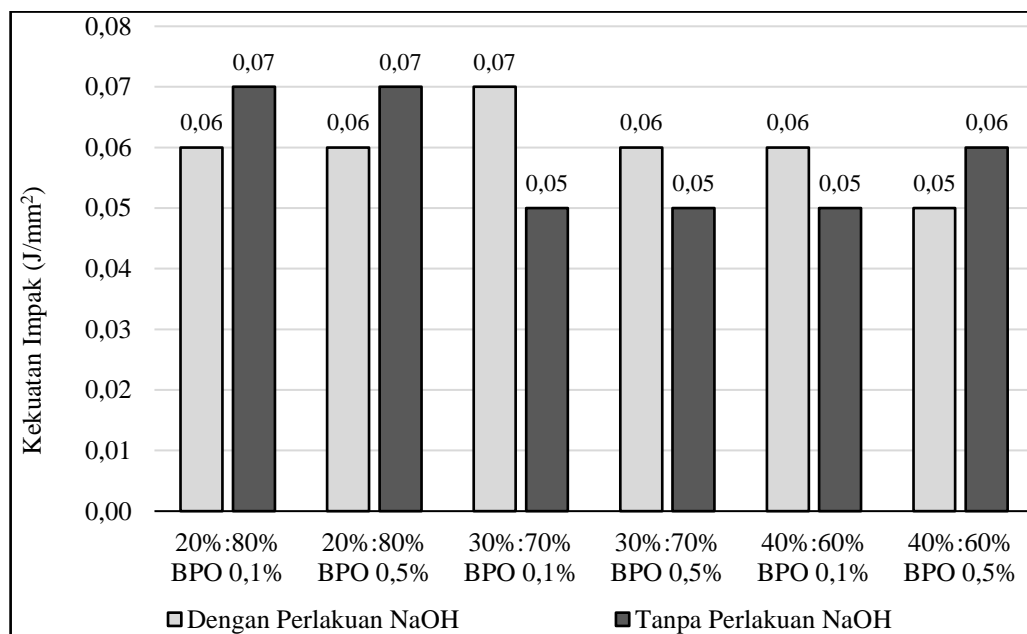
4.2.2 Uji Impak

Ketangguhan suatu komposit dapat diketahui dengan menggunakan uji impak, yaitu dengan cara mengukur ketangguhan atau kemampuan suatu material komposit dalam menyerap energi sebelum patah (*toughness*). Metode uji impak yang digunakan pada penelitian ini adalah metode Charpy dengan bentuk sampel sesuai standar ASTM D256-03.

Visualisasi perbandingan nilai energi impak dari hasil uji impak pada 12 sampel disajikan pada Gambar 4.4, sedangkan perbandingan nilai kekuatan impak dari hasil uji impak disajikan pada Gambar 4.5.



Gambar 4.4 Diagram Batang Perbandingan Energi Impak dari Hasil Uji Impak



Gambar 4.5 Diagram Batang Perbandingan Kekuatan Impak dari Hasil Uji Impak

Gambar 4.4 dan Gambar 4.5 memperlihatkan bahwa nilai energi impact tertinggi sebesar 6,87 J dengan kekuatan impact sebesar 0,07 J/mm² dimiliki oleh sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH.

Energi impact terendah dimiliki oleh tiga sampel dengan fraksi volume sebagai berikut:

- A. fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH, memiliki nilai energi impact sebesar 4,8 J;
- B. fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH, memiliki nilai energi impact sebesar 4,8 J; dan
- C. fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH, memiliki nilai energi impact sebesar 4,8 J.

Sedangkan untuk kekuatan impact terendah dimiliki oleh spesimen dengan fraksi volume sebagai berikut:

- A. fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH, memiliki nilai kekuatan impak sebesar $0,05 \text{ J/mm}^2$;
- B. fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH, memiliki nilai kekuatan impak sebesar $0,05 \text{ J/mm}^2$; dan
- C. fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH, memiliki nilai kekuatan impak sebesar $0,05 \text{ J/mm}^2$.

Pada dasarnya, semakin besar volume *filler* yang digunakan dalam pembuatan komposit, semakin kecil pula volume matriks yang digunakan dalam pembuatan komposit. Hal ini berdampak kepada kekuatan impak komposit yang akan semakin berkurang karena adanya celah udara. Akan tetapi, hal tersebut bisa diatasi dengan memberikan penambahan volume *filler* pada komposit untuk menutupi kekurangan volume matriks dengan syarat ikatan antara *filler* dan matriks juga harus baik, sehingga akan menghasilkan kekuatan impak yang baik pula. (Mulyo, 2018: 6).

Kemudian, untuk memperkuat data hasil uji impak dilakukan analisis ANOVA. Berdasarkan hasil analisis akhir perhitungan F_{hitung} dan F_{tabel} , ditemukan bahwa nilai F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} , yaitu $1.429,78 > 4,3$. Maka dari itu, dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, yang berarti bahwa variabel fraksi volume komposit memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil uji impak dari komposit serat pelepah pinang dan polipropilena.

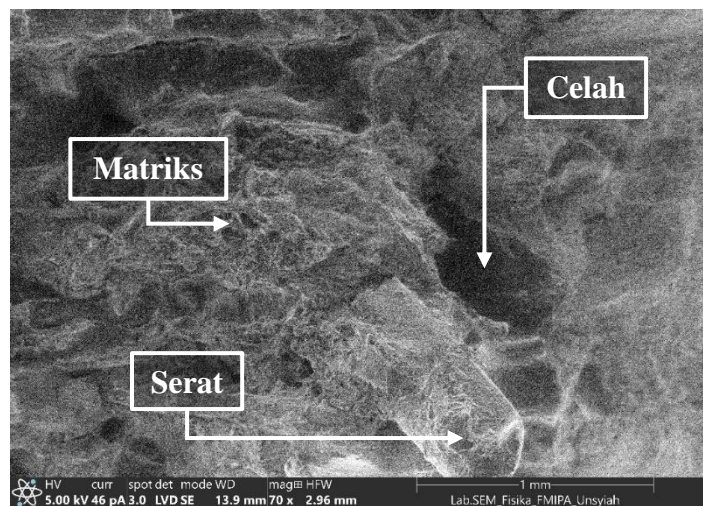
4.2.3 Uji SEM

Uji mikroskopi pemindai elektron (*scanning electron microscopy*, SEM) dilakukan untuk mengamati struktur pori dari ikatan antara serat dan matriks pada suatu komposit melalui citra/*image* mikroskopis. Uji SEM dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Jurusan Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu

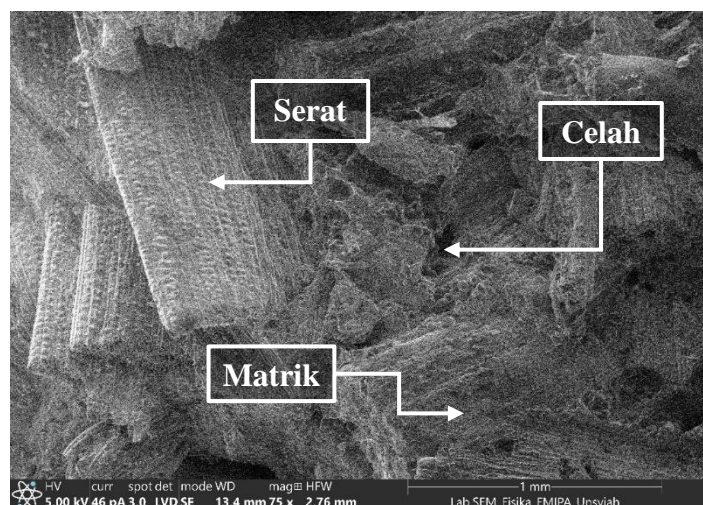
Pengetahuan Alam, Universitas Syiah Kuala menggunakan mikroskop pemindai elektron.

Pada pengujian ini, hal yang diamati adalah sifat fisis dari sampel komposit yang mendapat perlakuan NaOH dan yang tidak mendapatkan perlakuan NaOH.

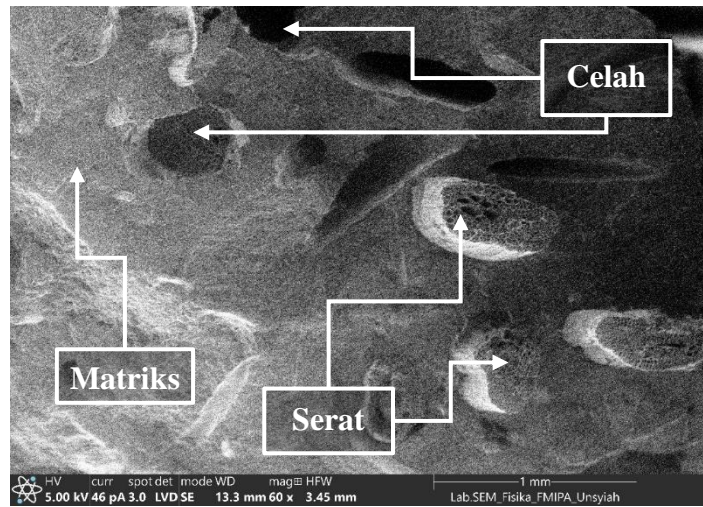
Hasil uji SEM dari sampel yang serat pelepah pinangnya direndam dalam NaOH dapat dilihat pada Gambar 4.6 hingga Gambar 4.9. Sedangkan hasil uji SEM dari sampel komposit yang serat pelepah pinangnya tidak direndam dalam NaOH dapat dilihat pada Gambar 4.10 hingga Gambar 4.13.



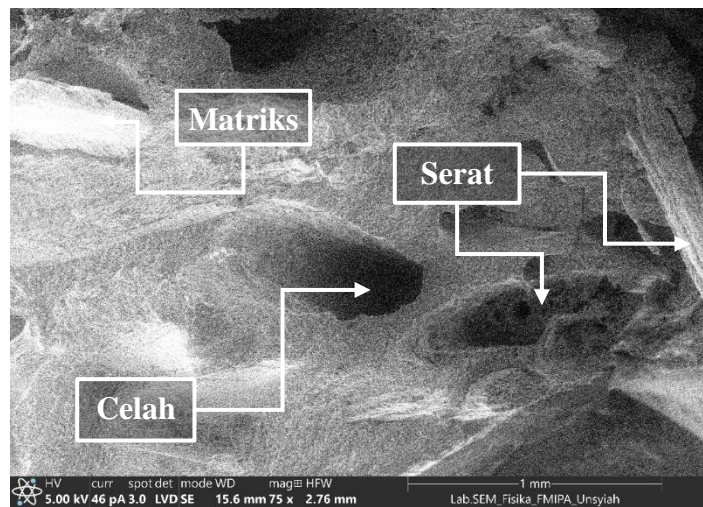
Gambar 4.6 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,1% dengan Perlakuan NaOH (Pembesaran 70 \times)



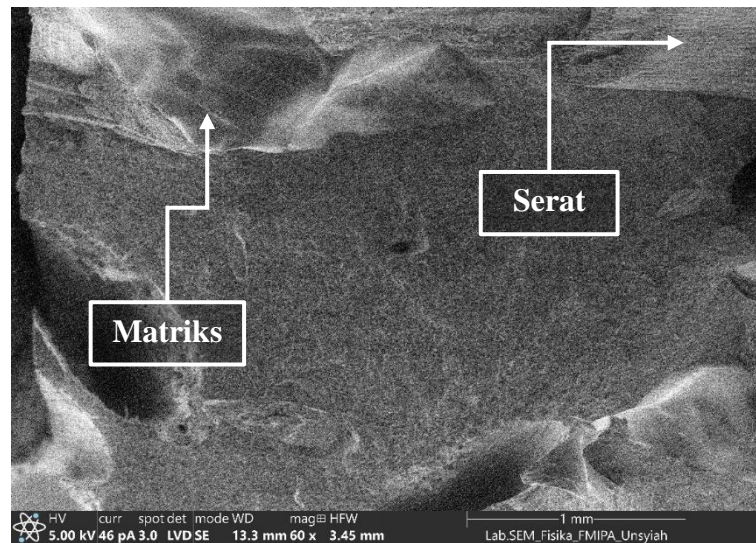
Gambar 4.7 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,1% dengan Perlakuan NaOH (Pembesaran 75 \times)



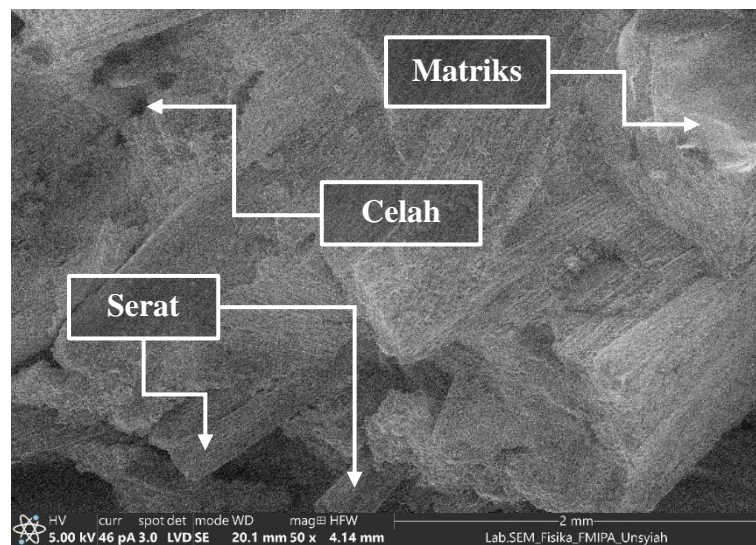
Gambar 4.8 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,5% dengan Perlakuan NaOH (Pembesaran 60×)



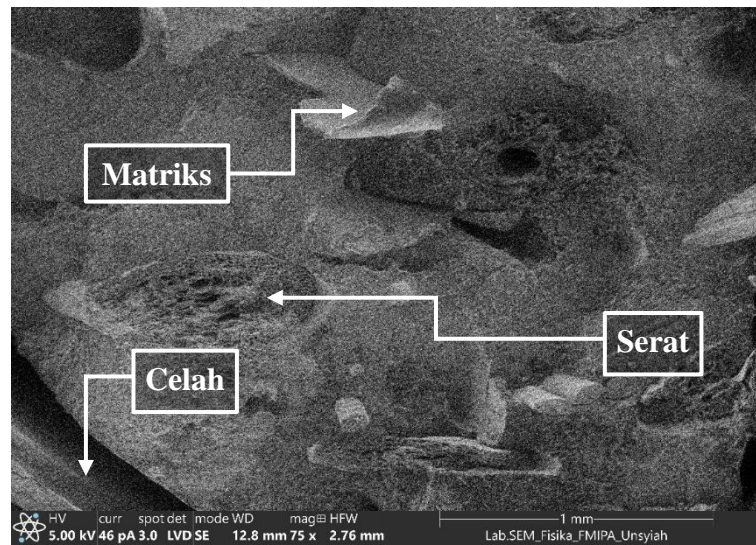
Gambar 4.9 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,5% dengan Perlakuan NaOH (Pembesaran 75×)



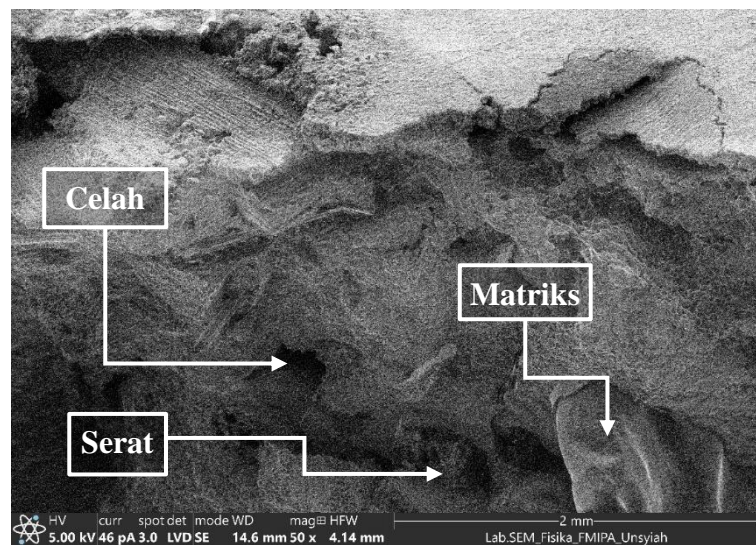
Gambar 4.10 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa Perlakuan NaOH (Pembesaran 60×)



Gambar 4.11 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa Perlakuan NaOH (Pembesaran 50×)



Gambar 4.12 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa Perlakuan NaOH (Pembesaran 75×)



Gambar 4.13 Hasil Uji SEM Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,5% tanpa Perlakuan NaOH (Pembesaran 50×)

Gambar 4.6 hingga Gambar 4.9 menunjukkan bahwa seluruh sampel dengan perlakuan perendaman NaOH memiliki celah udara (*void*). Celah udara paling banyak ditemukan pada sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 40%:60% dengan BPO 0,1% (Gambar 4.7). Sedangkan celah udara paling sedikit ditemukan pada sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,5% (Gambar 4.8).

Gambar 4.10 hingga Gambar 4.13 menunjukkan bahwa terdapat celah udara (*void*) ditemukan pada tiga sampel tanpa perlakuan perendaman NaOH. Namun, jumlah celah udara yang terbentuk tidak sebanyak dan sebesar celah udara pada sampel yang menggunakan serat pelepah pinang dengan perlakuan perendaman NaOH. Ketiga sampel tersebut adalah:

- A. sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 40%:60% dengan BPO 0,1% (Gambar 4.12);
- B. sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,5% (Gambar 4.12); dan
- C. sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 40%:60% dengan BPO 0,5% (Gambar 4.13).

Sampel yang tidak memiliki celah udara dimiliki oleh sampel dengan fraksi volume komposit serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,1% (Gambar 4.10).

Hasil uji SEM pada penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah celah udara (*void*) yang tertinggi sebagian besar ditemukan pada struktur sampel komposit yang menggunakan serat pelepah pinang dengan perlakuan perendaman NaOH. Hal ini termasuk salah satu faktor yang menyebabkan sampel ini memiliki nilai hasil uji tarik yang lebih rendah jika dibandingkan dengan sampel yang menggunakan serat pelepah pinang tanpa perlakuan perendaman NaOH.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis dan perhitungan data yang diperoleh dari hasil uji yang telah dilakukan, maka kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Komposit serat pelepah pinang dan polipropilena tanpa perlakuan perendaman NaOH memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan komposit yang mendapat perlakuan perendaman NaOH. Hal ini disebabkan oleh masih terdapatnya kandungan selulosa di dalam komposit tersebut.
2. Hasil uji tarik yang optimal dihasilkan oleh spesimen dengan fraksi volume serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan perendaman NaOH.
3. Hasil uji impact yang optimal dengan energi impact tertinggi dihasilkan oleh sampel dengan fraksi volume fraksi volume serat pelepah pinang dan polipropilena 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH. Sedangkan untuk kekuatan impact tertingginya dihasilkan oleh fraksi volume:
 - a) 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH;
 - b) 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH; dan
 - c) 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH.
4. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa struktur sampel dengan perlakuan perendaman NaOH memiliki jumlah celah udara lebih banyak dibandingkan dengan sampel tanpa perlakuan perendaman NaOH.
5. Hasil uji ANOVA menunjukkan bahwa fraksi volume komposit memiliki pengaruh yang signifikan terhadap hasil uji tarik dan uji impact.
6. Baik buruknya suatu komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu fraksi volume, proses pembuatan dan ekstrusi, serta waktu perendaman dan konsentrasi alkali.

5.2 Saran

Hal-hal yang perlu diperhatikan saat penelitian adalah sebagai berikut.

1. Penelitian lebih lanjut dapat dilakukan dengan menggunakan material komposit yang berbeda dengan fraksi volume yang berbeda pula.
2. Pengujian SEM dapat dilakukan di laboratorium yang sudah teruji dengan operator berpengalaman.
3. Pembuatan dan pengujian komposit dapat dilakukan dengan peralatan yang lebih mutakhir.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustiar, R. 2022. Perbaikan Sifat Serat Pinang (*Areca catechu*) Menggunakan Perlakuan Kimia terhadap Kekuatan Tarik Bahan Komposit. *Skripsi*. Medan: Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
- Astuti & Sriwita, D. 2014. Pembuatan dan Karakterisasi Sifat Mekanik Bahan Komposit Serat Daun Nanas-*Polyester* Ditinjau dari Fraksi Massa dan Orientasi Serat. *Jurnal Fisika Unand*, Vol. 3(1): 30-36.
- Autar, K. Kaw. 2006. *Mechanics of Composite Materials*. London: Taylor & Francis Group.
- Brouwer, W. D. 2000. *Natural Fibre Composites in Structural Components, Alternative for Sisal, on the Occasion Of The Joint FAO/CFC. Seminar*. Rome. Italy.
- Betan, A. D. 2014. Pengaruh Persentase Alkali pada Serat Pangkal Pelepah Pinang (*Areca catechu*) terhadap Sifat Mekanis Komposit Polimer. *Jurnal Rekayasa Mesin*, Vol. 5(2): 119-126.
- Diharjo. 2006. Pengaruh Perlakuan Alkali terhadap Sifat Tarik Bahan Komposit. *Jurnal Teknik Mesin*, 8(1): 8-13.
- Dr.Ir. Fadjry Djufry, M. 2015. *Teknologi Budidaya dan Pascapanen Pinang*. Bogor: Teknologi Budidaya dan Pasca Panen Pinang.
- Fajri, R. I., et al. 2013. Studi Sifat Mekanik Komposit Serat *Sansevieria cylindrica* dengan Variasi Fraksi Volume Bermatriks *Polyester*. *Jurnal Fema*, 1(2): 85-93.
- Gibson, R. F. 1994. *Principle Of Composite Materials Mechanic*. New York : Mc Graw Hill, Inc.
- Hanifi, R. D. 2019. Analisis Material Komposit Berbasis Serat Pelepah Kelapa Sawit dan Matriks *Polypropylene* sebagai Bahan Pembuatan Bumper Mobil. *Gorontalo Journal of Infrastructure and Science Engineering*, 2(2): 15-23.
- Hasni, R. 2008. Pembuatan Papan Partikel dari Limbah Plastik dan Sekam. *Skripsi*. Bogor: IPB.
- Hull, D. & Clyne, T., 1996. *An Introduction to Composite Materials*. London: Cambridge University Press.
- Jones, R. M., 1999. *Mechanics of Composite Materials*. Philadelphia: Taylor & Francis Group.
- Lukas, P. 2007. Pengaruh Perlakuan Kimia pada Serat Kelapa (*Coir Fiber*) terhadap Sifat Mekanis Komposit Serat dengan Matriks *Polyester*. *Skripsi*. Yogyakarta. Universitas Sanata Dharma.

- Maryanti, B., et al. 2011. Pengaruh Alkalisasi Komposit Serat Kelapa-Poliester Terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 2(2): 123-129.
- Masta, N. 2020. *Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy*. Jakarta: Universitas Kristen Indonesia.
- Munirah, M., et al. 2007. *Jurnal Characterization and Treatments of Pineapple Leaf Fibre Thermoplastic Composite for Construction Application*. Jabatan Kejuruteraan Polimer Fakulti Kejuruteraan Kimia dan Kejuruteraan Su. *Research Gate*.
- Mulyo, B. T. & Yudiono, H. 2018. Analisis Kekuatan Impak pada Komposit Serat Daun Nanas untuk Bahan Dasar Pembuatan Helm SNI. *Jurnal Kompetensi Teknik*, 10(20): 1-8.
- Olanda, et al. 2013. Pengaruh Penambahan Serat Pinang (*Areca catechu* L.) terhadap Sifat Mekanik dan Sifat Fisis Bahan Campuran Semen Gypsum. *Jurnal Fisika Unand*, 2(2): 94-100.
- Putera, Rizky. 2012. Ekstraksi Serat Selulosa dari Tanaman Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Variasi Pelarut. *Skripsi*. Depok: Universitas Indonesia.
- Purkuncoro, A. E & Achmad As'ad Sonief. 2012. Pengaruh Perlakuan Alkali (NaOH) Serat Ijuk (*Arenga pinata*) terhadap Kekuatan Tarik. *Jurnal Teknik Mesin Transmisi*, 13(2): 167-178.
- Pratiwi, P., et al. 2020. Pengaruh Fraksi Volume Komposit Serat Pelepah Pinang dengan Perekat Alami terhadap Koefisien Serapan Bunyi. *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 10, No. 2(10): 103-108.
- Rahmawaty, S. A, et al. 2021. Analisis Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Komposit *Fiberglass-Polyester* Berpenguat Serat Gelas dengan Variasi Fraksi Volume Serat. *Jurnal Teknik Mesin*, 5(3):146-155.
- Rahmanto, M. H. 2019. Kekuatan Tarik dan Impak Komposit Berpenguat Serat Kelapa dan Tebu dengan Perendaman NaOH dan Menggunakan Resin *Polyester*. *JTM*, 7(30): 31-40.
- Reswara, A. 2020. Kreatif Warga Sumsel Ubah Pelepah Pinang Jadi Piring-Kotak Nasi Pengganti Plastik. Diakses pada 20 April 2023 dari <https://admin.mommyasia.id/14141/article/kreatif-warga-sumsel-ubah-pelepah-pinang-jadi-piring-kotak-nasi-pengganti-plastik>
- Sudjana. 1995. *Desain Dan Analisis Eksperimen Edisi IV*. Bandung: PT Tarsito.
- Schwartz, M. 1984. *Composite Materials Handbook*. New York, USA: McGraw-Hill Book Co.
- Sears, Zemansky. 2002. *Fisika Untuk Universitas. Jilid 2*. Erlangga. Jakarta.

- Silalahi, M. 2020. Manfaat dan Toksisitas Pinang (*Areca catechu*) dalam Kesehatan Manusia. *Jurnal Kesehatan*, 11(2): 26-31.
- Sihombing, T. 2000. *Pinang: Budidaya dan Prospek Bisnis*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Saidah, A., et al. 2018. Pengaruh Fraksi Volume dan Orientasi Serat terhadap Kekuatan Tarik Komposit Berbahan Serat Rami *Epoxy* sebagai Bahan Alternatif Komponen Otomotif. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur*, 5(2): 96-101.
- Tavarel, S. D., et al. 2018. Analisis Kekuatan Tarik dan Tekuk pada Sambungan Pipa Baja dengan Menggunakan *Kanpe Clear Suralis 1208 UWE* sebagai Pengganti Las. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 6(1): 277-286.
- Zulnazri, S & Nasrun. 2014. *Fabrikasi Material Komposit Plastik PP dan HDPE dengan Penguat Mikro Filler Tandan Kosong Kelapa Sawit dengan Proses Screw Extruder*. Aceh: Universitas Malikussaleh.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Penelitian

A. Data Penelitian Hasil Uji Tarik

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Luas Penampang (mm ²)	Gaya Maksimum (N)	Kekuatan Luluh (kgf/mm ²)	Kekuatan Tarik (MPa)	Modulus Elastisitas (MPa)	Regangan (%)	Panjang Awal (mm)	Panjang Akhir (mm)	Perubahan Panjang (mm)
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena											
1	20%	80%	0,1%	Ya	22,75	115,64	2,02	5,08	255,43	1,99	115	117,29	2,29
2			0,5%	Ya	22,75	158,76	1,4	6,96	523,16	1,33	115	116,53	1,53
3	30%	70%	0,1%	Ya	22,75	115,64	19,78	5,1	264,04	1,93	115	117,22	2,22
4			0,5%	Ya	22,75	145,04	6,5	6,37	244,06	2,61	115	118	3
5	40%	60%	0,1%	Ya	22,75	98	3,42	4,31	221,13	1,95	115	117,24	2,24
6			0,5%	Ya	22,75	100,94	2,29	4,41	341,86	1,29	115	116,48	1,48
7	20%	80%	0,1%	Tidak	22,75	281,26	2,19	12,35	444,17	2,78	115	118,2	3,2
8			0,5%	Tidak	22,75	86,24	2,69	3,82	140,51	2,72	115	118,13	3,13
9	30%	70%	0,1%	Tidak	22,75	180,32	1,76	7,94	486,99	1,63	115	116,87	1,87
10			0,5%	Tidak	22,75	150,92	3,42	6,66	352,59	1,89	115	117,17	2,17
11	40%	60%	0,1%	Tidak	22,75	159,74	2,26	6,96	543,59	1,28	115	116,47	1,47
12			0,5%	Tidak	22,75	221,48	2,29	9,8	420,60	2,33	115	117,68	2,68

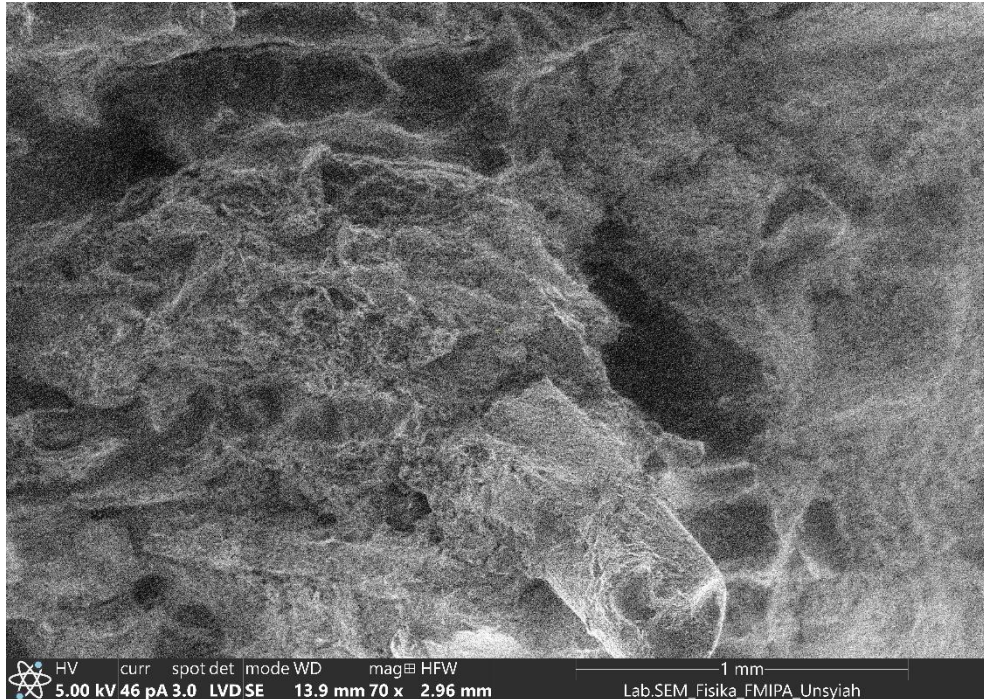
B. Data Penelitian Hasil Uji Impak

No.	Spesi- men	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Luas Penampang (mm ²)	Besarnya Sudut		Jarak Titik Putar ke Titik Berat Palu (m)	Massa Palu (kg)	Energi Impak (J)	Rata-Rata Energi Impak (J)	Kekuatan Impak (J/mm ²)	Rata-Rata Kekuatan Impak (J/mm ²)
		Serat Pelepah Pinang	Polipro- pilena				Sudut Awal α (°)	Sudut Akhir β (°)						
1	1	20%	80%	0,1%	Ya	100	160	152	0,38	25	5,28	6,33	0,05	0,06
	2					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
	3					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
2	1	20%	80%	0,5%	Ya	100	160	153	0,38	25	4,53	5,82	0,05	0,06
	2					100	160	151	0,38	25	6,06		0,06	
	3					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
3	1	30%	70%	0,1%	Ya	100	160	151	0,38	25	6,06	6,59	0,06	0,07
	2					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
	3					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
4	1	30%	70%	0,5%	Ya	100	160	151	0,38	25	6,06	6,32	0,06	0,06
	2					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
	3					100	160	151	0,38	25	6,06		0,06	
5	1	40%	60%	0,1%	Ya	100	160	150	0,38	25	6,86	6,07	0,07	0,06
	2					100	160	151	0,38	25	6,06		0,06	
	3					100	160	152	0,38	25	5,28		0,05	
6	1	40%	60%	0,5%	Ya	100	160	152	0,38	25	5,28	5,36	0,05	0,05
	2					100	160	149	0,38	25	7,68		0,08	
	3					100	160	155	0,38	25	3,11		0,03	

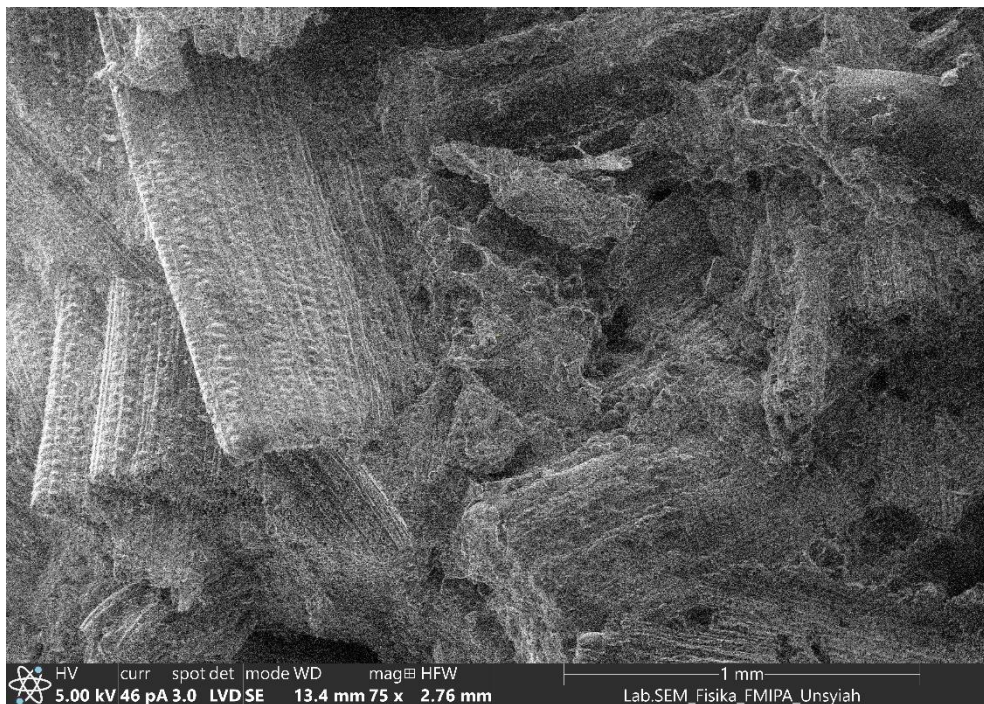
No.	Spesi- men	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Luas Penampang (mm ²)	Besarnya Sudut		Jarak Titik Putar ke Titik Berat Palu (m)	Massa Palu (kg)	Energi Impak (J)	Rata-Rata Energi Impak (J)	Kekuatan Impak (J/mm ²)	Rata-Rata Kekuatan Impak (J/mm ²)
		Serat Pelepah Pinang	Polipro- pilena				Sudut Awal α (°)	Sudut Akhir β (°)						
7	1	20%	80%	0,1%	Tidak	100	160	150	0,38	25	6,86	6,59	0,07	0,07
	2					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
	3					100	160	151	0,38	25	6,06		0,06	
8	1	20%	80%	0,5%	Tidak	100	160	151	0,38	25	6,06	6,87	0,06	0,07
	2					100	160	149	0,38	25	7,68		0,08	
	3					100	160	150	0,38	25	6,86		0,07	
9	1	30%	70%	0,1%	Tidak	100	160	151	0,38	25	6,06	4,80	0,06	0,05
	2					100	160	154	0,38	25	3,81		0,04	
	3					100	160	153	0,38	25	4,53		0,05	
10	1	30%	70%	0,5%	Tidak	100	160	151	0,38	25	6,06	4,80	0,06	0,05
	2					100	160	154	0,38	25	3,81		0,04	
	3					100	160	153	0,38	25	4,53		0,05	
11	1	40%	60%	0,1%	Tidak	100	160	151	0,38	25	6,06	4,80	0,06	0,05
	2					100	160	154	0,38	25	3,81		0,04	
	3					100	160	153	0,38	25	4,53		0,05	
12	1	40%	60%	0,5%	Tidak	100	160	150	0,38	25	6,86	5,81	0,07	0,06
	2					100	160	152	0,38	25	5,28		0,05	
	3					100	160	152	0,38	25	5,28		0,05	

C. Data Penelitian Hasil Uji SEM

1. Hasil Uji SEM Permukaan Komposit dengan Perlakuan NaOH



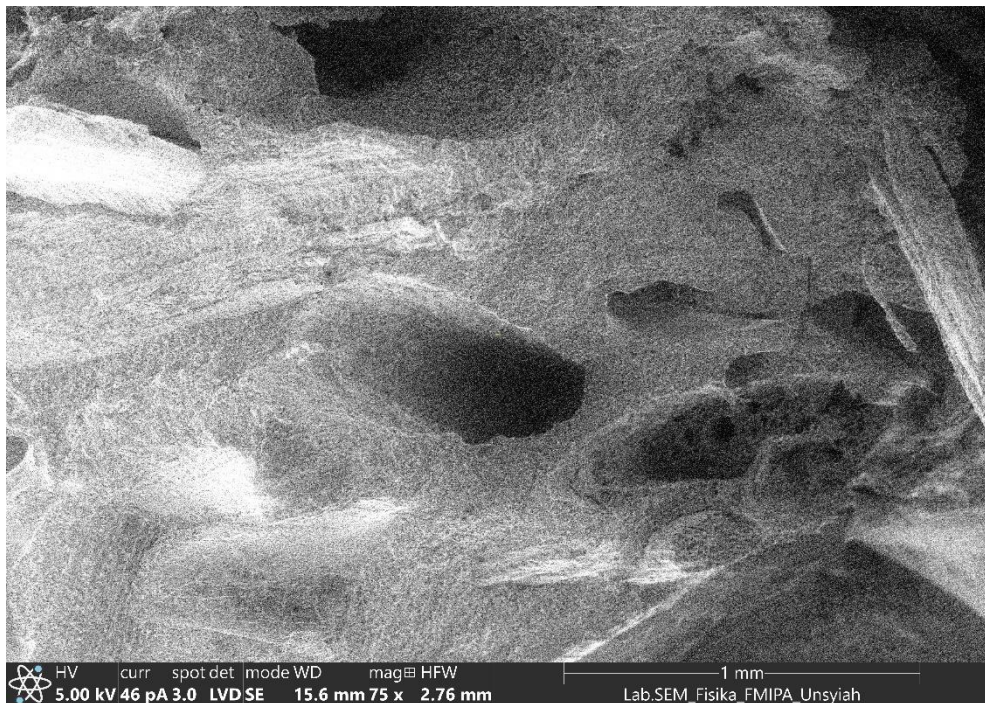
Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,1% (Pembesaran 70×)



Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,1% (Pembesaran 75×)

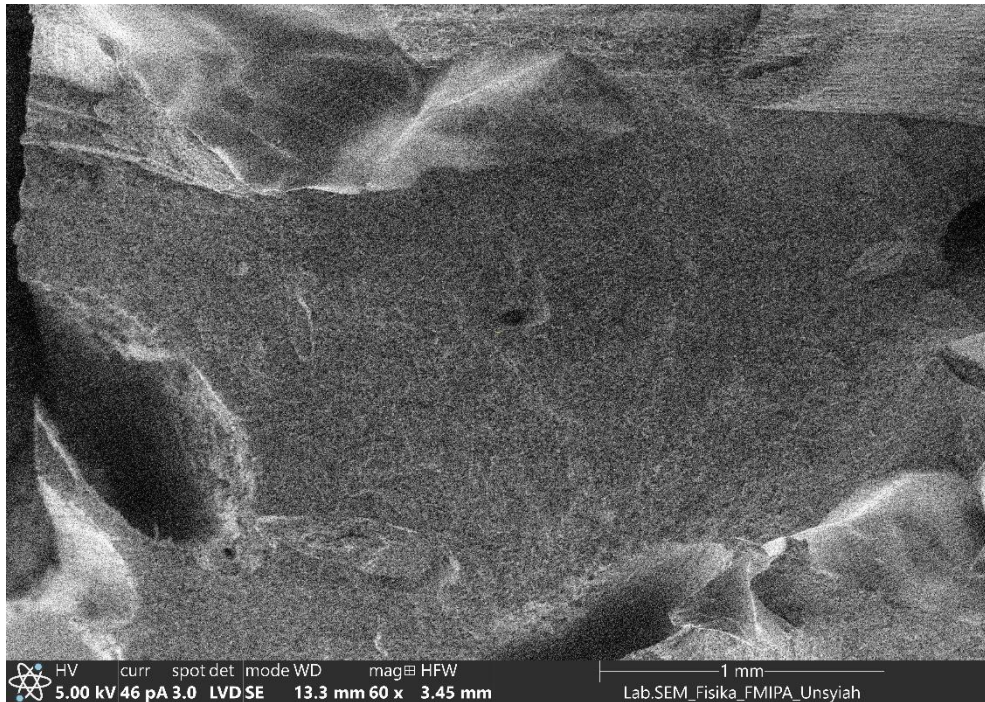


Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,5% (Pembesaran 60×)

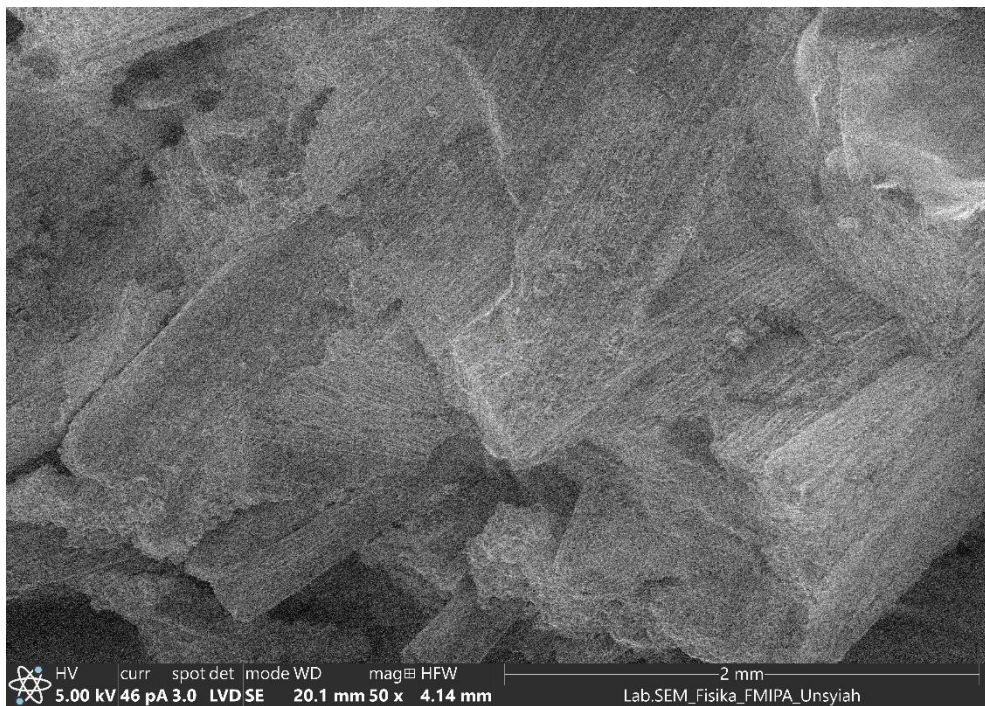


Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,5% (Pembesaran 75×)

2. Hasil Uji SEM Permukaan Komposit tanpa Perlakuan NaOH



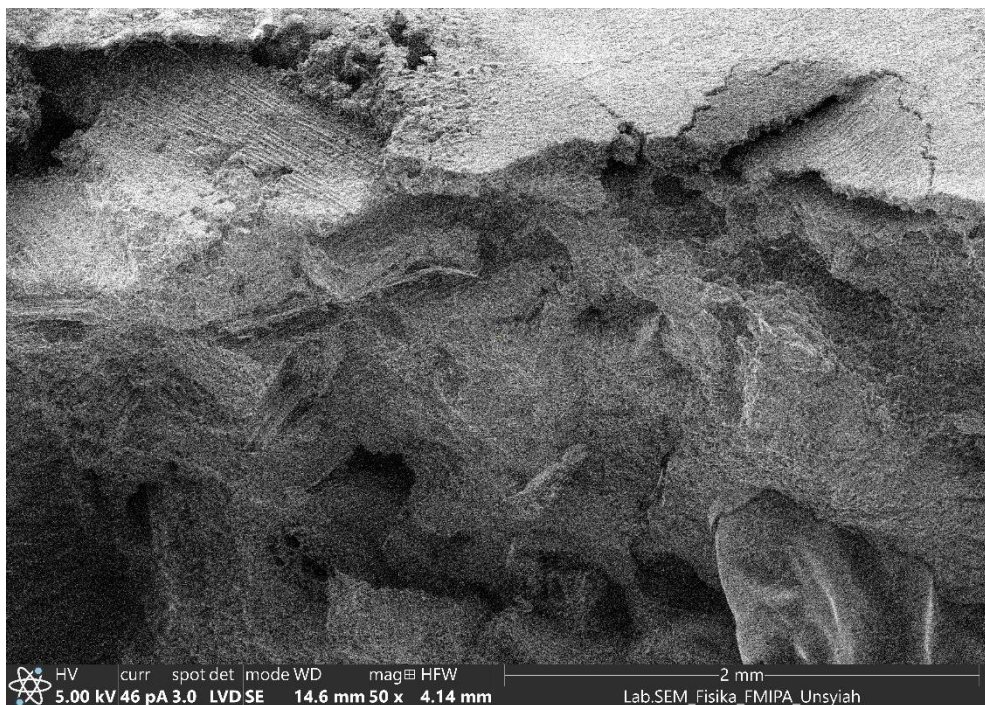
Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,1% (Pembesaran 60×)



Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,1% (Pembesaran 50×)



Permukaan Komposit 20%:80% dengan BPO 0,5% (Pembesaran 75×)



Permukaan Komposit 40%:60% dengan BPO 0,5% (Pembesaran 50×)

D. Analisis Uji ANOVA untuk Hasil Uji Tarik

Tabel Data Uji ANOVA untuk Hasil Uji Tarik

No.	(x_1) Kekuatan Tarik (MPa)	(x_2) Modulus Elastisitas (MPa)
1	5,08	255,43
2	6,96	523,16
3	5,10	264,04
4	6,37	244,06
5	4,31	221,13
6	4,41	341,86
7	12,35	444,17
8	3,82	140,51
9	7,94	486,99
10	6,66	352,59
11	6,96	543,59
12	9,80	420,60
Rata-Rata (\bar{x})	6,65 (\bar{x}_1)	353,18 (\bar{x}_2)

$\alpha = 5\% = 0,05$ taraf signifikansi

$k = 2$ jumlah kelompok data

$s = 12$ jumlah sampel

$N = s \times k = 2 \times 12 = 24$ jumlah seluruh data

$df_1 = k - 1 = 2 - 1 = 1$ derajat kebebasan 1

$df_2 = N - K = 24 - 2 = 22$ derajat kebebasan 2

$df_3 = N - 1 = 24 - 1 = 23$ derajat kebebasan 3

$F_{tabel} = (\alpha : df_1 : df_2) = (0,05 : 1 : 22) = 4,3$ nilai F tabel

$\bar{x}_1 = 6,65$ rata-rata kelompok data ke-1

$\bar{x}_2 = 353,18$ rata-rata kelompok data ke-2

$\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{k} = \frac{6,65 + 353,18}{2} = \frac{359,83}{2} = 179,92$ rata-rata keseluruhan kelompok

Jumlah Kuadrat Kelompok (JK_K):

$$\begin{aligned}
 JK_K &= N \times (\bar{x}_1 - \bar{y})^2 + \dots + N \times (\bar{x}_n - \bar{y})^2 \\
 &= 24 \times (6,65 - 179,92)^2 + 24 \times (353,18 - 179,92)^2 \\
 &= 24 \times (-173,27)^2 + 24 \times (173,26)^2 \\
 &= 24 \times 30022,4929 + 24 \times 30019,0276 \\
 &= 720539,83 + 720456,66 \\
 &= 1.440.996,49
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Jumlah Kuadrat Galat (JK_G)

No.	(x_1) Kekuatan Tarik (MPa)	($x_1 - \bar{x}_1$) ²	(x_2) Modulus Elastisitas (MPa)	($x_2 - \bar{x}_2$) ²
1	5,08	2,46	255,43	9.554,87
2	6,96	0,09	523,16	28.892,48
3	5,10	2,41	264,04	7.945,68
4	6,37	0,08	244,06	11.906,89
5	4,31	5,47	221,13	17.437,68
6	4,41	5,02	341,86	128,13
7	12,35	32,47	444,17	8.279,66
8	3,82	8,00	140,51	45.226,53
9	7,94	1,66	486,99	17.906,15
10	6,66	0,00	352,59	0,35
11	6,96	0,09	543,59	36.257,40
12	9,80	9,92	420,60	4.545,57
	$\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 =$	67,67	$\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 =$	188.081,39

Jumlah Kuadrat Galat (JK_G):

$$\begin{aligned}
 JK_G &= \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \dots + \sum (x_n - \bar{x}_n)^2 \\
 &= \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 \\
 &= 67,67 + 188.081,39 \\
 &= 188.149,06
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{JK_K}{JK_G} \\
 &= \frac{1.440.996,49}{8.552,23} \\
 &= 168,49
 \end{aligned}$$

Tabel Kesimpulan Hasil Analisis Uji ANOVA untuk Hasil Uji Tarik

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Kuadrat Rata-Rata	F_{hitung}
Kelompok (JK_K)	1.440.996,49	1	1.440.996,49	168,49
Galat (JK_G)	188.149,06	22	8.552,23	
Total (JK_T)	1.629.145,55	23		

Berdasarkan hasil analisis akhir perhitungan F_{hitung} dan F_{tabel} , didapat bahwa nilai dari F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} , yaitu: $168,49 > 4,3$. Maka H_0 **ditolak** dan H_1 **diterima**, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel fraksi volume memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil uji tarik pada komposit serat pelepah pinang dan polipropilena.

E. Analisis Uji ANOVA untuk Hasil Uji Impak

Tabel Data Uji ANOVA untuk Hasil Uji Impak

No.	(x_1) Rata-Rata Energi Impak (J)	(x_2) Rata-Rata Kekuatan Impak (J/mm ²)
1	6,33	0,06
2	5,82	0,06
3	6,59	0,07
4	6,32	0,06
5	6,07	0,06
6	5,36	0,05
7	6,59	0,07
8	6,87	0,07
9	4,8	0,05
10	4,8	0,05
11	4,8	0,05
12	5,81	0,06
Rata-Rata (\bar{x})	5,85 (\bar{x}_1)	0,06 (\bar{x}_2)

$\alpha = 5\% = 0,05$ taraf signifikansi

$k = 2$ jumlah kelompok data

$s = 12$ jumlah sampel

$N = s \times k = 2 \times 12 = 24$ jumlah seluruh data

$df_1 = k - 1 = 2 - 1 = 1$ derajat kebebasan 1

$df_2 = N - K = 24 - 2 = 22$ derajat kebebasan 2

$df_3 = N - 1 = 24 - 1 = 23$ derajat kebebasan 3

$F_{tabel} = (\alpha: df_1: df_2) = (0,05 : 1 : 22) = 4,3$ nilai F tabel

$\bar{x}_1 = 5,85$ rata-rata kelompok data ke-1

$\bar{x}_2 = 0,06$ rata-rata kelompok data ke-2

$\bar{y} = \frac{\bar{x}_1 + \bar{x}_2}{k} = \frac{5,85 + 0,06}{2} = \frac{5,91}{2} = 2,96$ rata-rata keseluruhan kelompok

Jumlah Kuadrat Kelompok (JK_K):

$$\begin{aligned}
 JK_K &= N \times (\bar{x}_1 - \bar{y})^2 + \dots + N \times (\bar{x}_n - \bar{y})^2 \\
 &= N \times (\bar{x}_1 - \bar{y})^2 + N \times (\bar{x}_2 - \bar{y})^2 \\
 &= 24 \times (5,85 - 2,96)^2 + 24 \times (0,06 - 2,96)^2 \\
 &= 24 \times (2,89)^2 + 24 \times (-2,9)^2 \\
 &= 24 \times 8,3521 + 24 \times 8,41 \\
 &= 200,4504 + 201,84 \\
 &= 402,29
 \end{aligned}$$

Tabel Analisis Jumlah Kuadrat Galat (JK_G)

No.	(x_1) Energi Impak (J)	($x_1 - \bar{x}_1$) ²	(x_2) Tenaga Impak (J/mm ²)	($x_2 - \bar{x}_2$) ²
1	6,33	0,23	0,06	0,00
2	5,82	0,00	0,06	0,00
3	6,59	0,55	0,07	0,00
4	6,32	0,22	0,06	0,00
5	6,07	0,05	0,06	0,00
6	5,36	0,24	0,05	0,00
7	6,59	0,55	0,07	0,00
8	6,87	1,04	0,07	0,00
9	4,8	1,10	0,05	0,00
10	4,8	1,10	0,05	0,00
11	4,8	1,10	0,05	0,00
12	5,81	0,00	0,06	0,00
	$\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 =$	6,19	$\sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 =$	0,0

Jumlah Kuadrat Galat (JK_G):

$$\begin{aligned}
 JK_G &= \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \dots + \sum (x_n - \bar{x}_n)^2 \\
 &= \sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2 \\
 &= 6,19 + 0 \\
 &= 6,19
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 F_{hitung} &= \frac{JK_K}{JK_G} \\
 &= \frac{402,29}{6,19} \\
 &= 1.429,78
 \end{aligned}$$

Tabel Kesimpulan Hasil Analisis Uji ANOVA untuk Hasil Uji Impak

Sumber Variasi	Jumlah Kuadrat	Derajat Kebebasan	Kuadrat Rata-Rata	F_{hitung}
Kelompok (JK_K)	402,29	1	402,29	1.429,78
Galat (JK_G)	6,19	22	0,28	
Total (JK_T)	408,48	23		

Berdasarkan hasil analisis akhir perhitungan F_{hitung} dan F_{tabel} , didapat bahwa nilai dari F_{hitung} lebih besar daripada F_{tabel} , yaitu: $1.429,78 > 4,3$. Maka H_0 **ditolak** dan H_1 **diterima**, sehingga dapat disimpulkan bahwa variabel fraksi volume memiliki pengaruh signifikan terhadap hasil uji impak pada komposit serat pelepah pinang dan polipropilena.

Referensi Tabel Titik Persentase Distribusi F untuk Taraf Signifikansi 0,05 yang digunakan untuk mendapatkan nilai F_{tabel} , di mana $df_1 = 1$ dan $df_2 = 22$.

df_2	df_1														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	161	199	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	245	246
2	18,51	19,00	19,16	19,25	19,30	19,33	19,35	19,37	19,38	19,40	19,40	19,41	19,42	19,42	19,43
3	10,13	9,55	9,28	9,12	9,01	8,94	8,89	8,85	8,81	8,79	8,76	8,74	8,73	8,71	8,70
4	7,71	6,94	6,59	6,39	6,26	6,16	6,09	6,04	6,00	5,96	5,94	5,91	5,89	5,87	5,86
5	6,61	5,79	5,41	5,19	5,05	4,95	4,88	4,82	4,77	4,74	4,70	4,68	4,66	4,64	4,62
6	5,99	5,14	4,76	4,53	4,39	4,28	4,21	4,15	4,10	4,06	4,03	4,00	3,98	3,96	3,94
7	5,59	4,74	4,35	4,12	3,97	3,87	3,79	3,73	3,68	3,64	3,60	3,57	3,55	3,53	3,51
8	5,32	4,46	4,07	3,84	3,69	3,58	3,50	3,44	3,39	3,35	3,31	3,28	3,26	3,24	3,22
9	5,12	4,26	3,86	3,63	3,48	3,37	3,29	3,23	3,18	3,14	3,10	3,07	3,05	3,03	3,01
10	4,96	4,10	3,71	3,48	3,33	3,22	3,14	3,07	3,02	2,98	2,94	2,91	2,89	2,86	2,85
11	4,84	3,98	3,59	3,36	3,20	3,09	3,01	2,95	2,90	2,85	2,82	2,79	2,76	2,74	2,72
12	4,75	3,89	3,49	3,26	3,11	3,00	2,91	2,85	2,80	2,75	2,72	2,69	2,66	2,64	2,62
13	4,67	3,81	3,41	3,18	3,03	2,92	2,83	2,77	2,71	2,67	2,63	2,60	2,58	2,55	2,53
14	4,60	3,74	3,34	3,11	2,96	2,85	2,76	2,70	2,65	2,60	2,57	2,53	2,51	2,48	2,46
15	4,54	3,68	3,29	3,06	2,90	2,79	2,71	2,64	2,59	2,54	2,51	2,48	2,45	2,42	2,40
16	4,49	3,63	3,24	3,01	2,85	2,74	2,66	2,59	2,54	2,49	2,46	2,42	2,40	2,37	2,35
17	4,45	3,59	3,20	2,96	2,81	2,70	2,61	2,55	2,49	2,45	2,41	2,38	2,35	2,33	2,31
18	4,41	3,55	3,16	2,93	2,77	2,66	2,58	2,51	2,46	2,41	2,37	2,34	2,31	2,29	2,27
19	4,38	3,52	3,13	2,90	2,74	2,63	2,54	2,48	2,42	2,38	2,34	2,31	2,28	2,26	2,23
20	4,35	3,49	3,10	2,87	2,71	2,60	2,51	2,45	2,39	2,35	2,31	2,28	2,25	2,22	2,20
21	4,32	3,47	3,07	2,84	2,68	2,57	2,49	2,42	2,37	2,32	2,28	2,25	2,22	2,20	2,18
22	4,30	3,44	3,05	2,82	2,66	2,55	2,46	2,40	2,34	2,30	2,26	2,23	2,20	2,17	2,15
23	4,28	3,42	3,03	2,80	2,64	2,53	2,44	2,37	2,32	2,27	2,24	2,20	2,18	2,15	2,13
24	4,26	3,40	3,01	2,78	2,62	2,51	2,42	2,36	2,30	2,25	2,22	2,18	2,15	2,13	2,11
25	4,24	3,39	2,99	2,76	2,60	2,49	2,40	2,34	2,28	2,24	2,20	2,16	2,14	2,11	2,09
26	4,23	3,37	2,98	2,74	2,59	2,47	2,39	2,32	2,27	2,22	2,18	2,15	2,12	2,09	2,07
27	4,21	3,35	2,96	2,73	2,57	2,46	2,37	2,31	2,25	2,20	2,17	2,13	2,10	2,08	2,06
28	4,20	3,34	2,95	2,71	2,56	2,45	2,36	2,29	2,24	2,19	2,15	2,12	2,09	2,06	2,04
29	4,18	3,33	2,93	2,70	2,55	2,43	2,35	2,28	2,22	2,18	2,14	2,10	2,08	2,05	2,03
30	4,17	3,32	2,92	2,69	2,53	2,42	2,33	2,27	2,21	2,16	2,13	2,09	2,06	2,04	2,01
31	4,16	3,30	2,91	2,68	2,52	2,41	2,32	2,25	2,20	2,15	2,11	2,08	2,05	2,03	2,00
32	4,15	3,29	2,90	2,67	2,51	2,40	2,31	2,24	2,19	2,14	2,10	2,07	2,04	2,01	1,99
33	4,14	3,28	2,89	2,66	2,50	2,39	2,30	2,23	2,18	2,13	2,09	2,06	2,03	2,00	1,98
34	4,13	3,28	2,88	2,65	2,49	2,38	2,29	2,23	2,17	2,12	2,08	2,05	2,02	1,99	1,97
35	4,12	3,27	2,87	2,64	2,49	2,37	2,29	2,22	2,16	2,11	2,07	2,04	2,01	1,99	1,96
36	4,11	3,26	2,87	2,63	2,48	2,36	2,28	2,21	2,15	2,11	2,07	2,03	2,00	1,98	1,95
37	4,11	3,25	2,86	2,63	2,47	2,36	2,27	2,20	2,14	2,10	2,06	2,02	2,00	1,97	1,95
38	4,10	3,24	2,85	2,62	2,46	2,35	2,26	2,19	2,14	2,09	2,05	2,02	1,99	1,96	1,94
39	4,09	3,24	2,85	2,61	2,46	2,34	2,26	2,19	2,13	2,08	2,04	2,01	1,98	1,95	1,93
40	4,08	3,23	2,84	2,61	2,45	2,34	2,25	2,18	2,12	2,08	2,04	2,00	1,97	1,95	1,92
41	4,08	3,23	2,83	2,60	2,44	2,33	2,24	2,17	2,12	2,07	2,03	2,00	1,97	1,94	1,92
42	4,07	3,22	2,83	2,59	2,44	2,32	2,24	2,17	2,11	2,06	2,03	1,99	1,96	1,94	1,91
43	4,07	3,21	2,82	2,59	2,43	2,32	2,23	2,16	2,11	2,06	2,02	1,99	1,96	1,93	1,91
44	4,06	3,21	2,82	2,58	2,43	2,31	2,23	2,16	2,10	2,05	2,01	1,98	1,95	1,92	1,90
45	4,06	3,20	2,81	2,58	2,42	2,31	2,22	2,15	2,10	2,05	2,01	1,97	1,94	1,92	1,89

Lampiran 2. Perhitungan

A. Perhitungan Data Hasil Uji Tarik

1. Konversi Nilai Kekuatan Tarik

Satuan nilai kekuatan tarik (*tensile strength*) yang diperoleh dari mesin uji tarik adalah kgf/mm^2 . Agar seragam dengan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini, nilai ini perlu diubah ke dalam satuan ke MPa. Jika $1 \text{ kgf}/\text{mm}^2 = 9,8 \text{ MPa}$, maka konversi nilai kekuatan tarik dari kgf/mm^2 ke MPa adalah sebagai berikut.

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Kekuatan Tarik (kgf/mm^2)	Kekuatan Tarik (MPa)
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena				
1	20%	80%	0,1%	Ya	0,52	5,08
2			0,5%	Ya	0,71	6,96
3	30%	70%	0,1%	Ya	0,52	5,1
4			0,5%	Ya	0,65	6,37
5	40%	60%	0,1%	Ya	0,44	4,31
6			0,5%	Ya	0,45	4,41
7	20%	80%	0,1%	Tidak	1,26	12,35
8			0,5%	Tidak	0,39	3,82
9	30%	70%	0,1%	Tidak	0,81	7,94
10			0,5%	Tidak	0,68	6,66
11	40%	60%	0,1%	Tidak	0,71	6,96
12			0,5%	Tidak	1	9,8

2. Konversi Nilai Gaya Maksimum

Satuan nilai gaya maksimum (*maximum force*) yang diperoleh dari mesin uji tarik adalah kgf. Agar seragam dengan persamaan yang digunakan dalam penelitian ini, nilai ini perlu diubah ke dalam satuan ke N. Jika $1 \text{ kgf} = 9,8 \text{ N}$, maka konversi nilai kekuatan tarik dari kgf ke N adalah sebagai berikut.

No.	Fraksi Volume Komposit		BPO	Perlakuan NaOH	Gaya Maksimum (kgf)	Gaya Maksimum (N)
	Serat Pelepah Pinang	Polipropilena				
1	20%	80%	0,1%	Ya	11,8	115,64
2			0,5%	Ya	16,2	158,76
3	30%	70%	0,1%	Ya	11,8	115,64
4			0,5%	Ya	14,8	145,04
5	40%	60%	0,1%	Ya	10	98
6			0,5%	Ya	10,3	100,94
7	20%	80%	0,1%	Tidak	28,7	281,26
8			0,5%	Tidak	8,8	86,24
9	30%	70%	0,1%	Tidak	18,4	180,32
10			0,5%	Tidak	15,4	150,92
11	40%	60%	0,1%	Tidak	16,3	159,74
12			0,5%	Tidak	22,6	221,48

3. Perhitungan Modulus Elastisitas

Untuk menghitung nilai modulus elastisitas, digunakan persamaan berikut.

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

Keterangan: E : modulus elastisitas (MPa)

σ : kekuatan tarik (MPa)

ε : regangan (%)

Agar tidak terjadi salah hitung, sebaiknya nilai regangan yang berupa persentase (%) diubah terlebih dahulu menjadi nilai desimal (1% = 0,01) ketika dimasukkan pada persamaan modulus elastisitas.

Perhitungan nilai modulus elastisitas adalah sebagai berikut.

1) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{5,08}{1,99\%} = \frac{5,08}{0,0199} = 255,43 \text{ MPa}$$

2) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{6,96}{1,33\%} = \frac{6,96}{0,0133} = 523,16 \text{ Mpa}$$

3) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{5,10}{1,93\%} = \frac{5,10}{0,0193} = 264,04 \text{ MPa}$$

4) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{6,37}{2,61\%} = \frac{6,37}{0,0261} = 244,06 \text{ MPa}$$

5) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{4,31}{1,95\%} = \frac{4,31}{0,0195} = 221,13 \text{ MPa}$$

6) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{4,41}{1,29\%} = \frac{4,41}{0,0129} = 341,86 \text{ MPa}$$

7) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{12,35}{2,78\%} = \frac{12,35}{0,0278} = 444,17 \text{ MPa}$$

8) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{3,82}{2,72\%} = \frac{3,82}{0,0272} = 140,51 \text{ MPa}$$

9) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{7,94}{1,63\%} = \frac{7,94}{0,0163} = 486,99 \text{ MPa}$$

10) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{6,66}{1,89\%} = \frac{6,66}{0,0189} = 352,59 \text{ MPa}$$

11) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{6,96}{1,28\%} = \frac{6,96}{0,0128} = 543,59 \text{ MPa}$$

12) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} = \frac{9,80}{2,33\%} = \frac{9,80}{0,0233} = 420,60 \text{ MPa}$$

B. Perhitungan Data Hasil Uji Impak

1. Perhitungan Nilai Energi Impak

Untuk mencari nilai energi impak, digunakan persamaan berikut.

$$E = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$$

Keterangan: E : energi impak (J)

m : massa palu (kg)

g : percepatan gravitasi Bumi ($9,8 \text{ m/s}^2$)

r : jarak dari titik putar ke titik berat palu (m)

α : besar sudut ketika palu akan dilepaskan ($^\circ$)

β : besar sudut ketika palu telah dilepaskan ($^\circ$)

Karena terdapat tiga spesimen untuk setiap sampel, maka nilai energi impak untuk setiap spesimen dihitung terlebih dahulu, kemudian nilai energi impak dari masing-masing spesimen dihitung rata-ratanya. Perhitungan nilai energi impak adalah sebagai berikut.

1) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 152^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,88) - (-0,94)) = 5,28 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{5,28 + 6,86 + 6,86}{3} = 6,33 \text{ J}$$

2) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 153^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,89) - (-0,94)) = 4,53 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{4,53 + 6,06 + 6,86}{3} = 5,82 \text{ J}$$

3) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}
 \end{aligned}$$

Rata-rata:
$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,06 + 6,86 + 6,86}{3} = 6,59 \text{ J}$$

- 4) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

Spesimen 1:
$$\begin{aligned} E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J} \end{aligned}$$

Spesimen 2:
$$\begin{aligned} E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J} \end{aligned}$$

Spesimen 3:
$$\begin{aligned} E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J} \end{aligned}$$

Rata-rata:
$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,06 + 6,86 + 6,06}{3} = 6,32 \text{ J}$$

- 5) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

Spesimen 1:
$$\begin{aligned} E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J} \end{aligned}$$

Spesimen 2:
$$\begin{aligned} E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J} \end{aligned}$$

Spesimen 3:
$$\begin{aligned} E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 152^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,88) - (-0,94)) = 5,28 \text{ J} \end{aligned}$$

Rata-rata:
$$\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,86 + 6,06 + 5,28}{3} = 6,07 \text{ J}$$

- 6) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

Spesimen 1:
$$\begin{aligned} E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 152^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,88) - (-0,94)) = 5,28 \text{ J} \end{aligned}$$

Spesimen 2: $E_2 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 149^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,86) - (-0,94)) = 7,68 \text{ J}$

Spesimen 3: $E_3 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 155^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,91) - (-0,94)) = 3,11 \text{ J}$

Rata-rata: $\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{5,28 + 7,68 + 3,11}{3} = 5,36 \text{ J}$

7) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

Spesimen 1: $E_1 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}$

Spesimen 2: $E_2 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}$

Spesimen 3: $E_3 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J}$

Rata-rata: $\bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,86 + 6,86 + 6,06}{3} = 6,59 \text{ J}$

8) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

Spesimen 1: $E_1 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J}$

Spesimen 2: $E_2 = m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 149^\circ - \cos 160^\circ)$
 $= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,86) - (-0,94)) = 7,68 \text{ J}$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,06 + 7,68 + 6,86}{3} = 6,87 \text{ J}$$

9) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 154^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,90) - (-0,94)) = 3,81 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 153^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,89) - (-0,94)) = 4,53 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,06 + 3,81 + 4,53}{3} = 4,80 \text{ J}$$

10) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 154^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,90) - (-0,94)) = 3,81 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 153^\circ - \cos 160^\circ) \\
 &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,89) - (-0,94)) = 4,53 \text{ J}
 \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,06 + 3,81 + 4,53}{3} = 4,80 \text{ J}$$

11) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 151^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,06 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 154^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,90) - (-0,94)) = 3,81 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 153^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,89) - (-0,94)) = 4,53 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,06 + 3,81 + 4,53}{3} = 4,80 \text{ J}$$

12) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 1: } E_1 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 150^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,87) - (-0,94)) = 6,86 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 2: } E_2 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 152^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,88) - (-0,94)) = 5,28 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Spesimen 3: } E_3 &= m \cdot g \cdot r (\cos \beta - \cos \alpha) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 (\cos 152^\circ - \cos 160^\circ) \\ &= 25 \cdot 9,8 \cdot 0,38 ((-0,88) - (-0,94)) = 5,28 \text{ J} \end{aligned}$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{E} = \frac{E_1 + E_2 + E_3}{3} = \frac{6,86 + 5,28 + 5,28}{3} = 5,81 \text{ J}$$

2. Perhitungan Nilai Kekuatan Impak

Untuk mencari nilai kekuatan impak, digunakan persamaan berikut.

$$K = \frac{E}{A}$$

Keterangan: K : kekuatan impak (J/mm^2)

E : energi impak (J)

A : luas penampang sampel uji (mm^2)

Karena terdapat tiga spesimen untuk setiap sampel, maka nilai kekuatan impak untuk setiap spesimen dihitung terlebih dahulu, kemudian nilai kekuatan impak dari masing-masing spesimen dihitung rata-ratanya. Perhitungan nilai kekuatan impak adalah sebagai berikut.

1) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{5,28}{100} = 0,05 J/mm^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{6,86}{100} = 0,07 J/mm^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{6,86}{100} = 0,07 J/mm^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,05 + 0,07 + 0,07}{3} = 0,06 J/mm^2$$

2) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{4,53}{100} = 0,05 J/mm^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{6,06}{100} = 0,06 J/mm^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{6,86}{100} = 0,07 J/mm^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,05 + 0,06 + 0,07}{3} = 0,06 J/mm^2$$

3) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,06 + 0,07 + 0,07}{3} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

4) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,06 + 0,07 + 0,06}{3} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

5) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,1% dengan Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{5,28}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,07 + 0,06 + 0,05}{3} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

6) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,5% dengan Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{5,28}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{7,68}{100} = 0,08 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{3,11}{100} = 0,03 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,05 + 0,08 + 0,03}{3} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

7) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,07 + 0,07 + 0,06}{3} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

8) Untuk sampel 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{7,68}{100} = 0,08 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,06 + 0,08 + 0,07}{3} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

9) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{3,81}{100} = 0,04 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{4,53}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,06 + 0,04 + 0,05}{3} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

10) Untuk sampel 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{3,81}{100} = 0,04 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{4,53}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,06 + 0,04 + 0,05}{3} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

11) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,06}{100} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{3,81}{100} = 0,04 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{4,53}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,06 + 0,04 + 0,05}{3} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

12) Untuk sampel 40%:60% dengan BPO 0,5% tanpa Perendaman NaOH

$$\text{Spesimen 1: } K_1 = \frac{E_1}{A_1} = \frac{6,86}{100} = 0,07 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 2: } K_2 = \frac{E_2}{A_2} = \frac{5,28}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Spesimen 3: } K_3 = \frac{E_3}{A_3} = \frac{5,28}{100} = 0,05 \text{ J/mm}^2$$

$$\text{Rata-rata: } \bar{K} = \frac{K_1 + K_2 + K_3}{3} = \frac{0,07 + 0,05 + 0,05}{3} = 0,06 \text{ J/mm}^2$$

Lampiran 3. Gambar dan Dokumentasi

A. Alat-Alat Pembuatan Sampel Komposit



Mesin Hot Press Hidrolik



Mesin Uji Impak



Mesin Ekstrusi



Gerinda Mini



Cetakan Impak



Cetakan Tarik



Gunting



Pisau Cutter



Timbangan



Gelas Ukur



Palu Karet



Timbangan Digital

B. Bahan-Bahan Pembuatan Sampel Komposit

Benzoil Peroksida (BPO)



Maleat Anhidrida (MAH)



Heksana



Xilena



Polipropilena dari Limbah Plastik



Pelepah Pinang

C. Proses Awal Serat Pelelah Pinang



Pelelah Pinang Sebelum Diolah



Pelelah Pinang Direndam di dalam Air Selama 15 Hari



Serat Pelelah Pinang yang Telah Dipisah dari Kulit Pembungkusnya



Serat Pelelah Pinang dengan Perlakuan Perendaman NaOH



Serat Pelelah Pinang tanpa Perlakuan Perendaman NaOH



Serat Pelelah Pinang yang Dipotong dengan Ukuran 1 cm

D. Proses Pembuatan Komposit Uji Tarik



Pemotongan Limbah Plastik



Pencampuran Polipropilena dengan Xilena dan BPO



Pencampuran Serat Pelepah Pinang dengan Heksana dan MAH



Kedua Bahan Dicampur



Campuran Bahan Dimasukkan ke dalam Mesin Ekstrusi



Hasil Ekstrusi Dimasukkan ke Cetakan Tarik untuk Di-press



Komposit Serat Pelepah Pinang dan Polipropilena Setelah Di-press



Pemotongan Komposit untuk Diuji



Sampel Komposit Siap Digunakan untuk Uji Tarik

E. Proses Pembuatan Komposit Uji Impak



Pemotongan Limbah Plastik



Pencampuran Polipropilena dengan Xilena dan BPO



Pencampuran Serat Pelelah Pinang dengan Heksana dan MAH



Kedua Bahan Dicampur



Campuran Bahan Dimasukkan ke dalam Mesin Ekstrusi



Hasil Ekstrusi Dimasukkan ke Cetakan Impak untuk Di-press



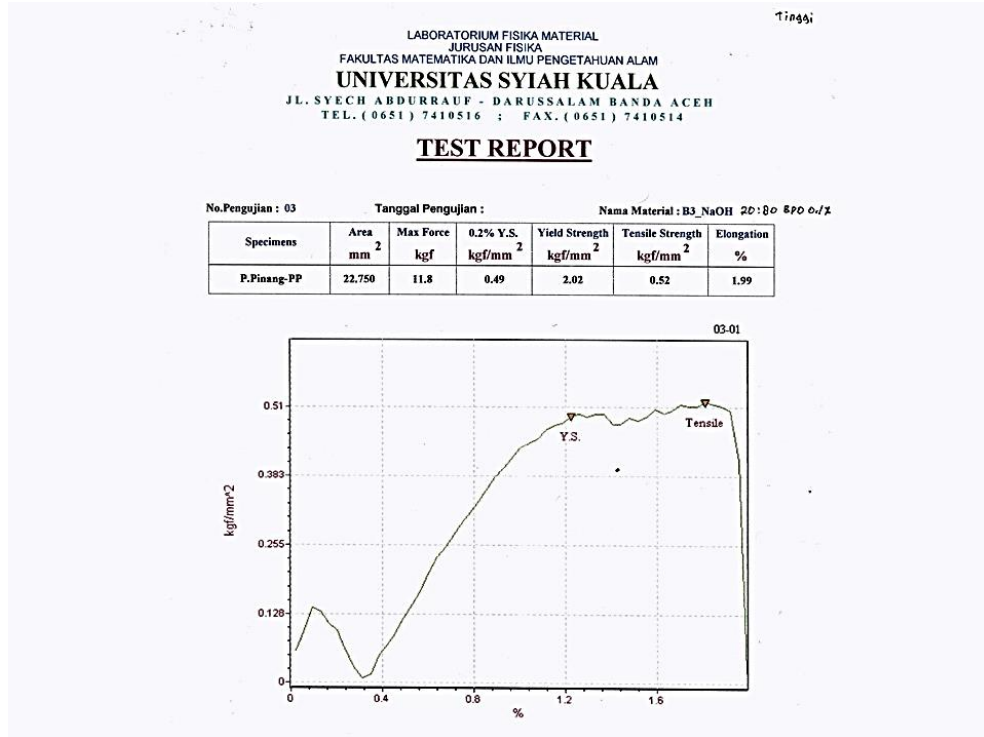
Cetakan Dimasukkan ke Mesin *Hot Press* Hidrolik



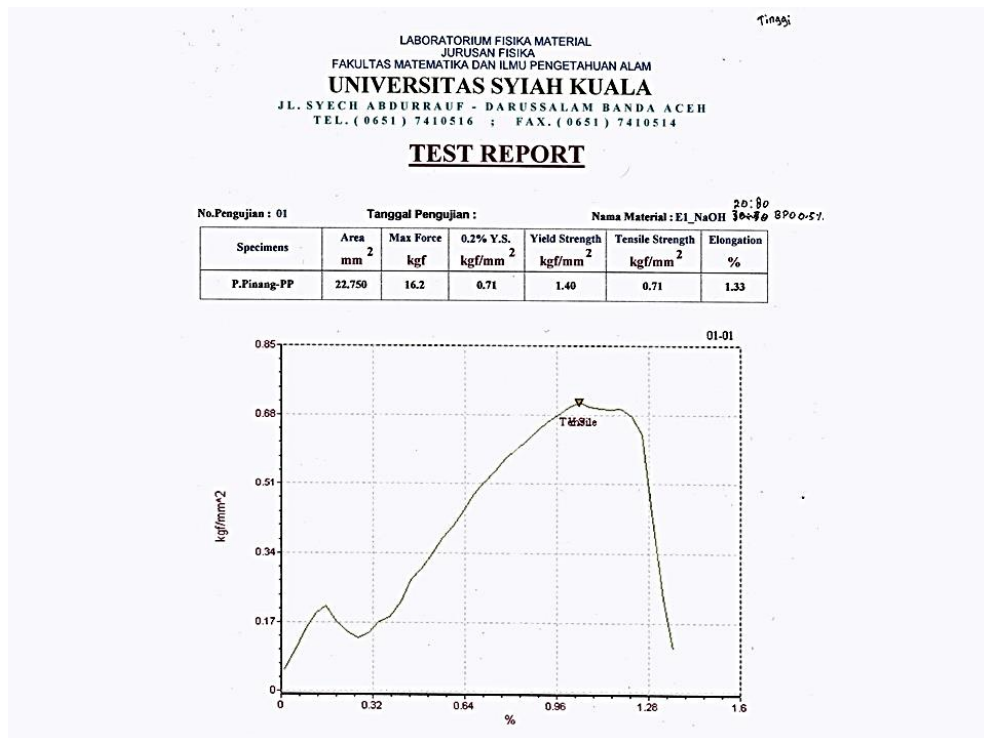
Sampel Komposit Siap Digunakan untuk Uji Impak

F. Dokumen Keluaran Uji Tarik dari Laboratorium

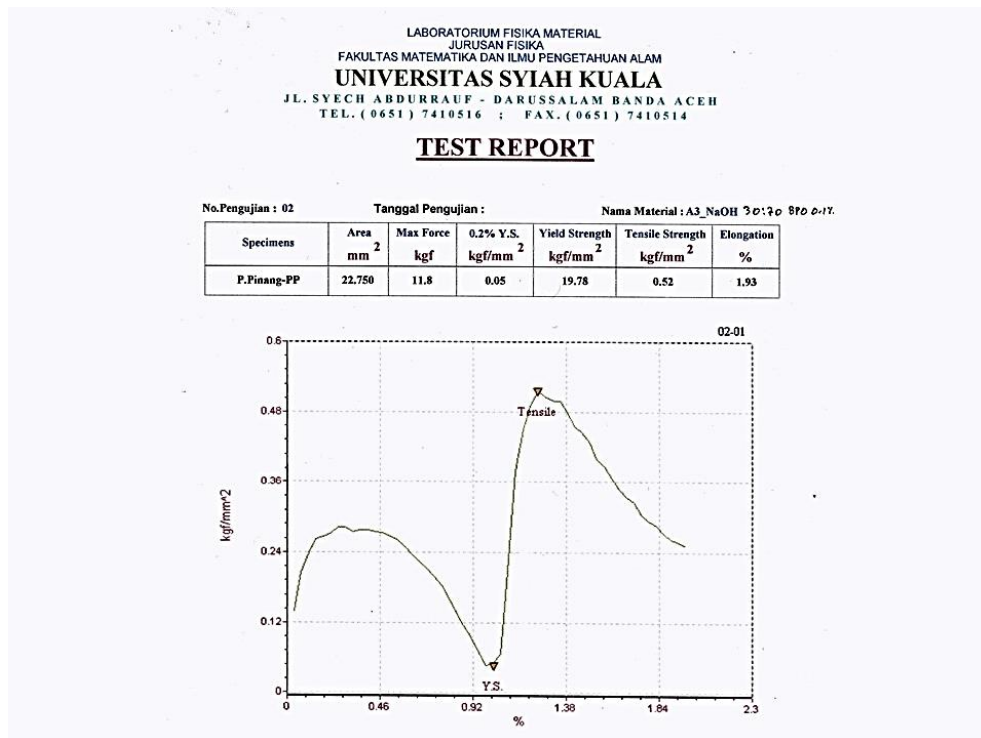
1. Komposit 20%:80% dengan BPO 0,1% dengan perlakuan NaOH



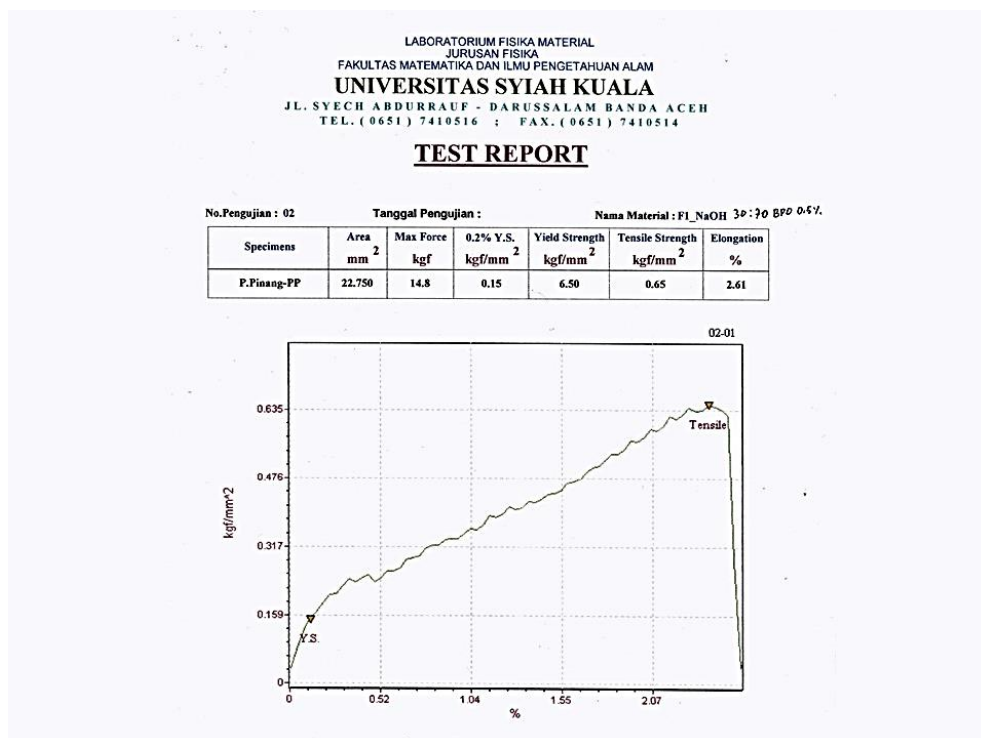
2. Komposit 20%:80% dengan BPO 0,5% dengan perlakuan NaOH



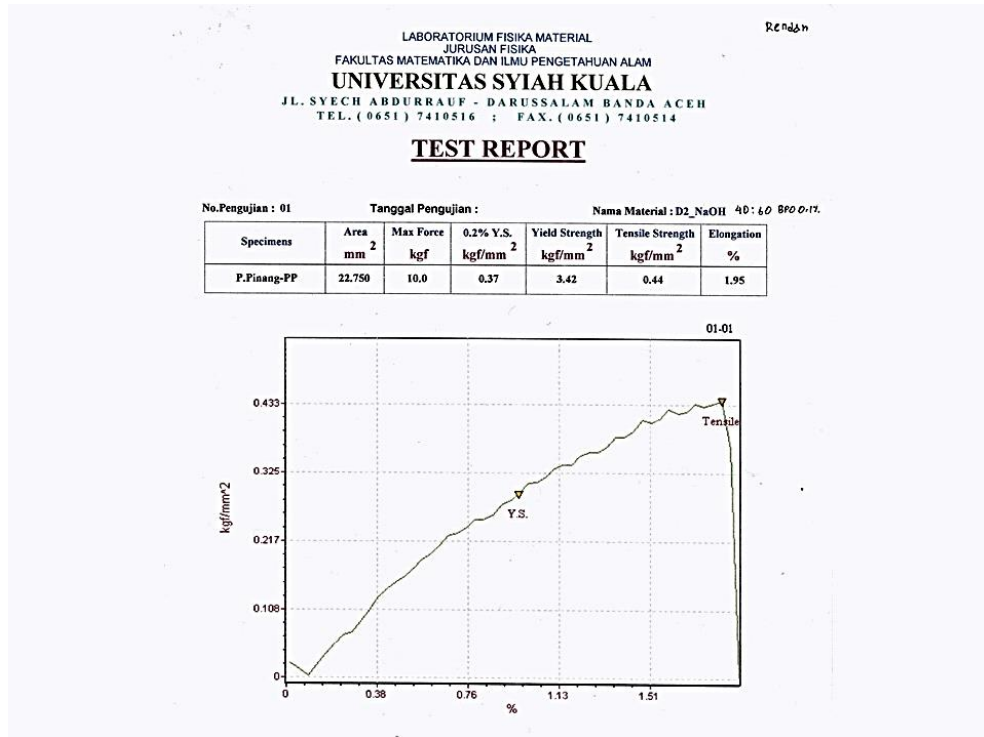
3. Komposit 30%:70% dengan BPO 0,1% dengan perlakuan NaOH



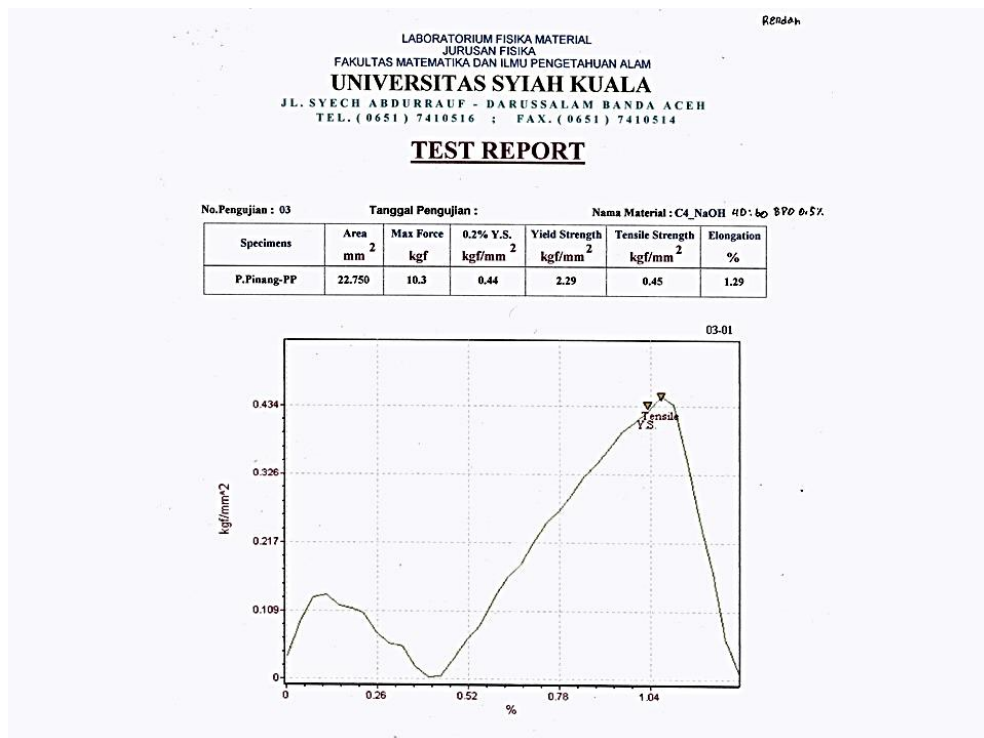
4. Komposit 30%:70% dengan BPO 0,5% dengan perlakuan NaOH



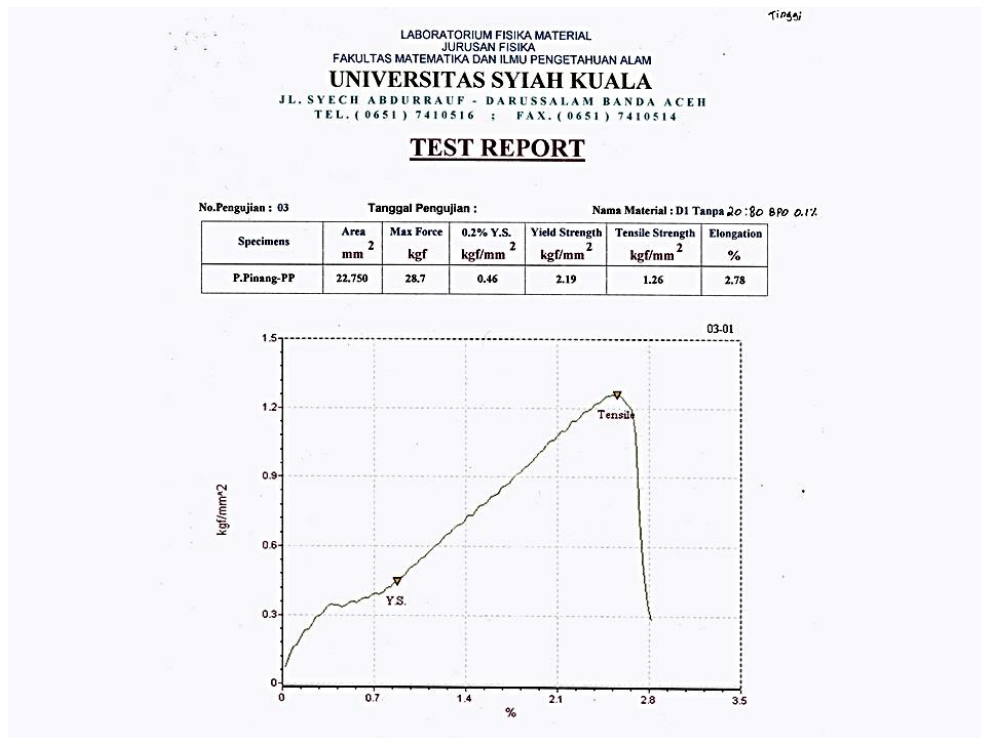
5. Komposit 40%:60% dengan BPO 0,1% dengan perlakuan NaOH



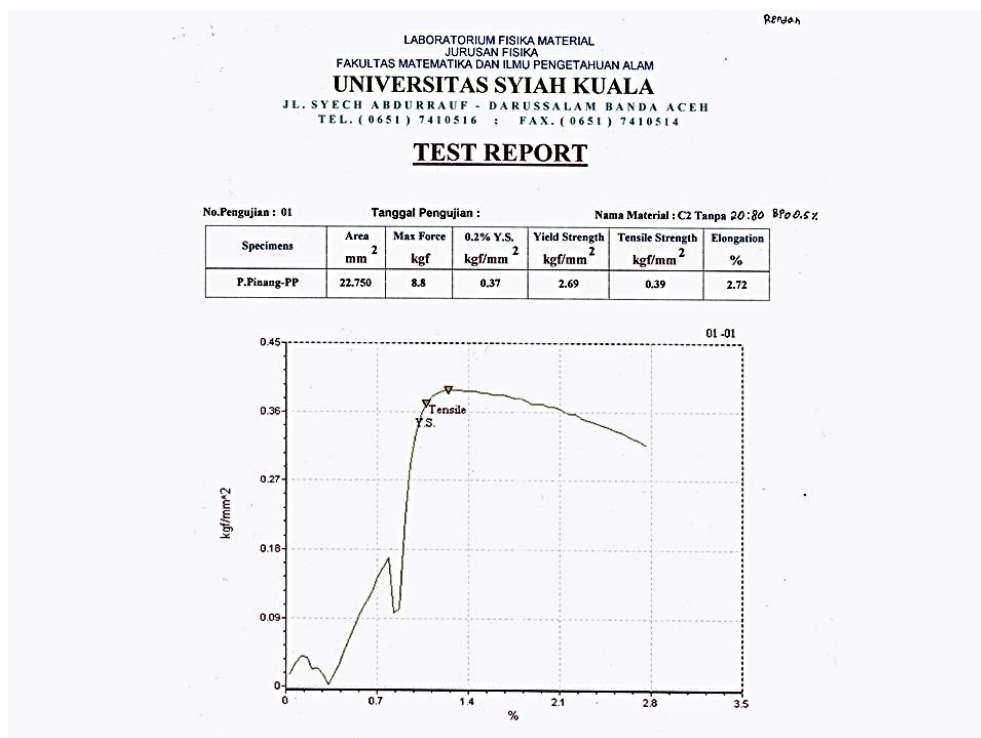
6. Komposit 40%:60% dengan BPO 0,5% dengan perlakuan NaOH



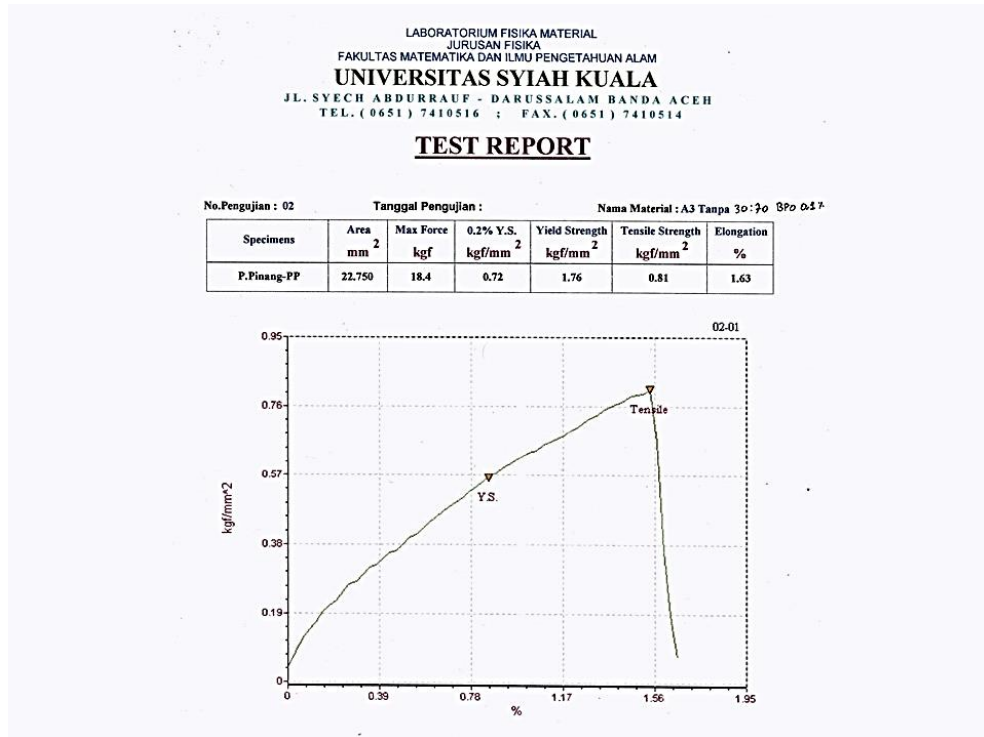
7. Komposit 20%:80% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH



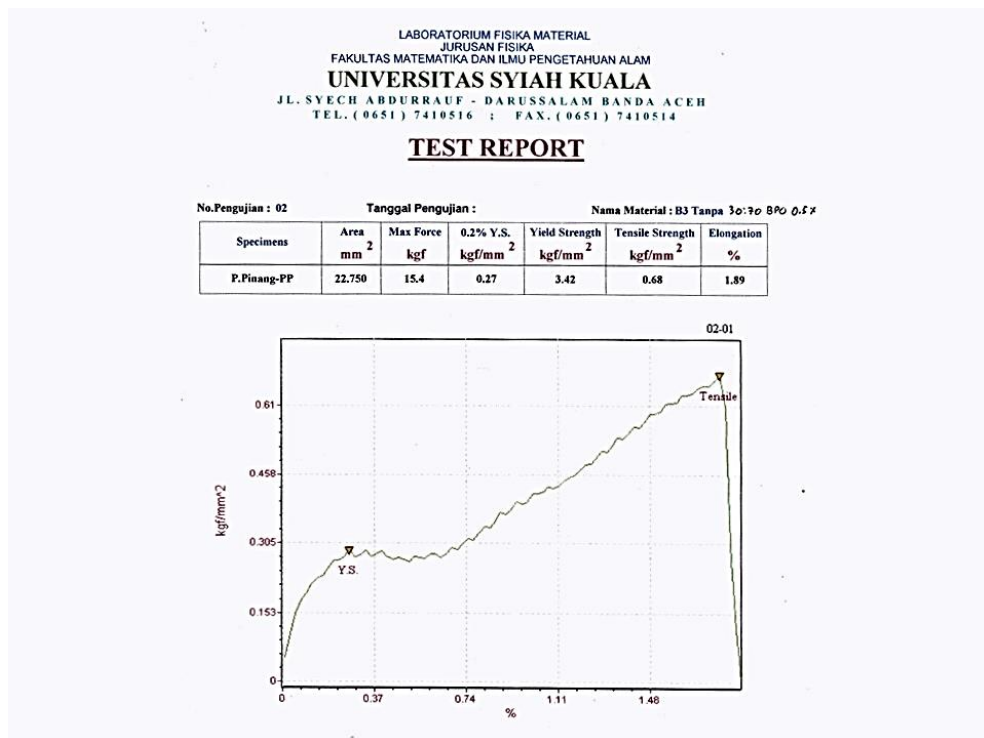
8. Komposit 20%:80% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH



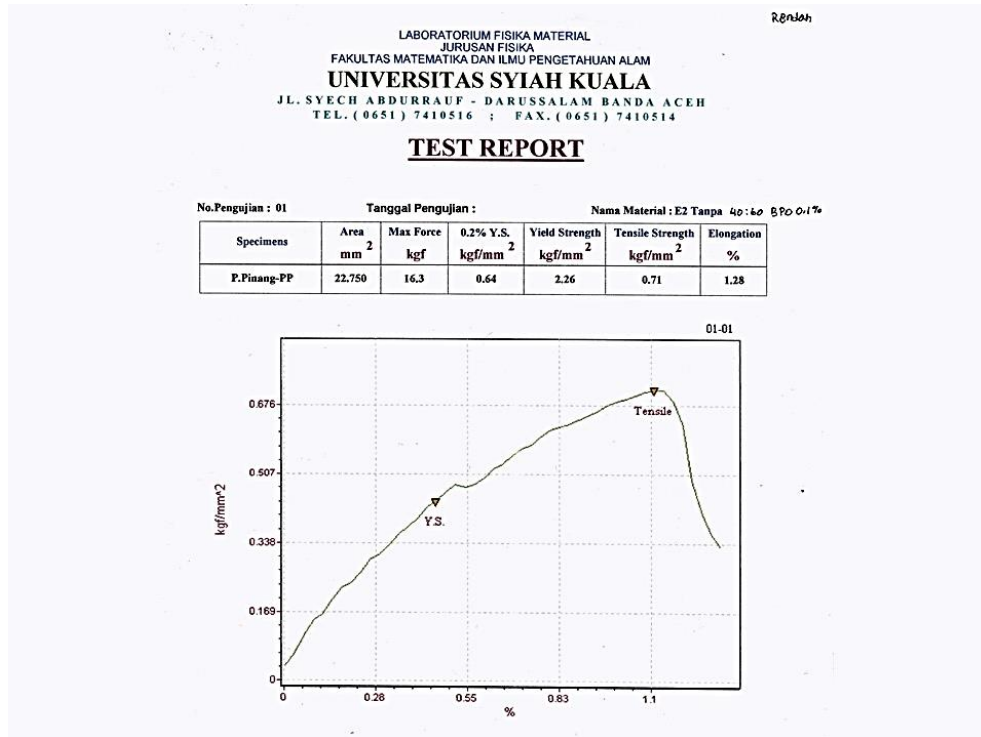
9. Komposit 30%:70% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH



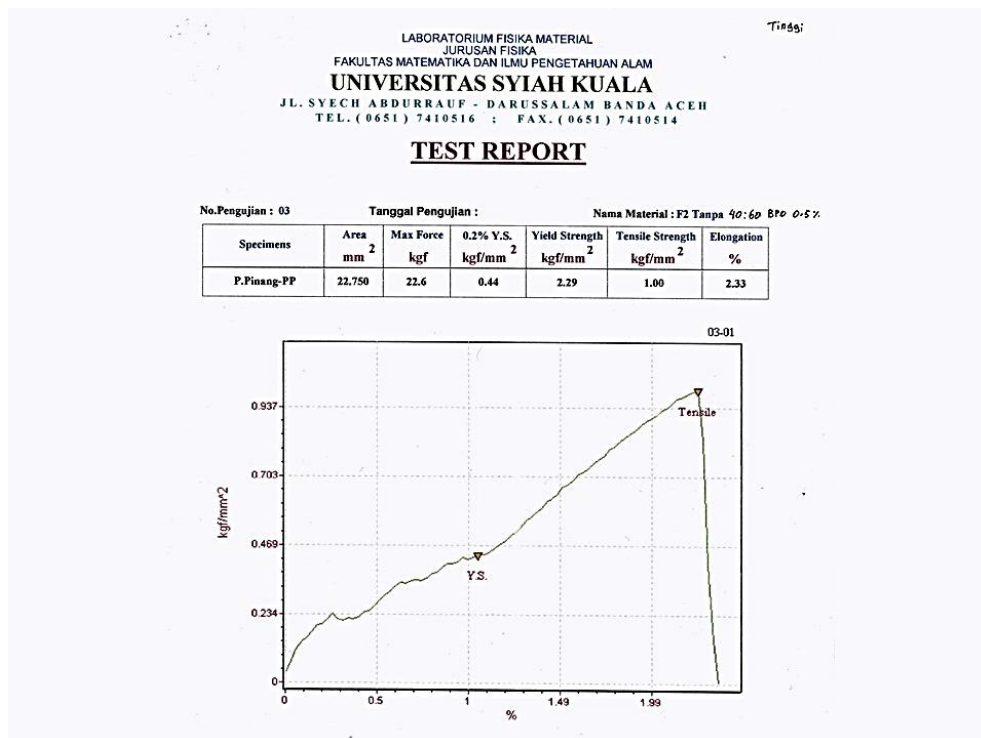
10. Komposit 30%:70% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH



11. Komposit 40%:60% dengan BPO 0,1% tanpa perlakuan NaOH



12. Komposit 40%:60% dengan BPO 0,5% tanpa perlakuan NaOH



Lampiran 4. Dokumentasi Administrasi

A. Surat Izin Menggunakan Laboratorium

Nomor : Istimewa

Bukit Indah, 17 Juli 2023

Lamp. : -

Hal : **Mohon izin Menggunakan Lab**

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Ir. Syamsul Bahri, M. Sc

Nip : 196711142003121001

Benar bahwa daftar nama mahasiswa dibawah ini adalah mahasiswa bimbingan tugas akhir saya sebagai dosen pembimbing I, sedang melaksanakan penelitian tugas akhir dan membutuhkan peralatan di laboratorium teknik material sbb:

No	Nama	Nim	Keperluan Alat Lab	Ket
1.	Muhammad Firdaus	190190036	1. Mesin Hot Pres 2. Mesin Ekstrusi 3. Mesin Impact	

Demikian kami sampaikan, atas perhatian dan bantuannya kami ucapkan terima kasih.

Dosen Pembimbing I,


Ir. Syamsul Bahri, M. Sc
NIP. 196711142003121001

B. Surat Bebas Laboratorium



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
RISET, DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
FAKULTAS TEKNIK

Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)
Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450
Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: ft@unimal.ac.id

SURAT KETERANGAN BEBAS LABORATORIUM

Nomor : 149/UN45.1.1/PT/2024

Kepala Laboratorium Dasar Eksakta dan Laboratorium Proses dan Produksi Teknik Kimia
Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh menyatakan bahwa :

Nama : Muhammad Firdaus
Nim : 190190036
Jurusan : Teknik Material

Benar yang tersebut diatas telah menyelesaikan seluruh kegiatan yang berkaitan dengan
laboratorium dan tidak mempunyai tanggungan pinjaman alat-alat dan bahan pada
laboratorium tersebut, dan yang bersangkutan dinyatakan **Bebas Laboratorium**.

Demikian surat ini diperbuat agar dapat dipergunakan seperlunya.

Lab. Proses dan Produksi
Kepala,

Ir. Ishak, M.T.
NIP 196201082001121001


Bukit Indah, 1 Februari 2024
Laboratorium Dasar Eksakta
Kepala,

Novi Sylvia, S.T., M.T.
NIP 197811252006042008



Tembusan :
Arsip

C. Surat Persetujuan Sidang



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN
 RISET, DAN TEKNOLOGI
 UNIVERSITAS MALIKUSSALEH
 FAKULTAS TEKNIK**
 Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352)
 Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450
 Laman: <http://teknik.unimal.ac.id> Email: ft@unimal.ac.id

SURAT PERSETUJUAN SEMINAR/SIDANG


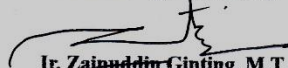
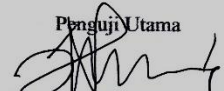

Nama : Muhammad Firdaus
 Nim : 190190036
 Hari/Tanggal : Senin / 29-01-2024
 Pukul :
 Seminar/Sidang :

- Seminar Proposal Tugas Akhir*)
- Seminar Hasil Tugas Akhir*)
- Sidang Tugas Akhir*)

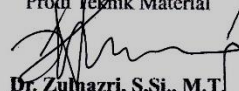
Progam Studi : **Teknik Material**
 Judul : Pembuatan Papan Komposit Berbasis Serat Pelepah Pinang
 (*Filler*) Dan Bahan Plastik Matriks *Polypropylene* (PP)

Dengan ini menyatakan *) menyetujui/tidak menyetujui mahasiswa tersebut diatas untuk mengikuti seminar/sidang

Menyetujui,


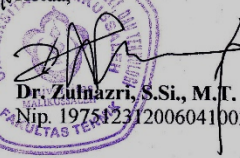
<p style="text-align: center;">Pembimbing Utama</p>  <p style="text-align: center;"><u>Ir. Syamsul Bahri, M.Sc.</u> NIP. 196711142003121001</p>	<p style="text-align: center;">Pembimbing Pendamping</p>  <p style="text-align: center;"><u>Ir. Zainuddin Ginting, M.T.</u> NIP. 196811302002121001</p>
<p style="text-align: center;">Penguji Utama</p>  <p style="text-align: center;"><u>Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.</u> NIP. 197512312006041002</p>	<p style="text-align: center;">Penguji Pendamping</p>  <p style="text-align: center;"><u>Muhammad, S.T., M.Eng.</u> NIP. 197307012005011002</p>

Mengetahui,
Prodi Teknik Material



Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.
NIP. 197512312006041002

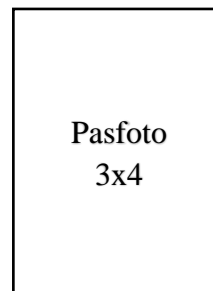
D. Surat Undangan Sidang

	KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN RISET, DAN TEKNOLOGI UNIVERSITAS MALIKUSSALEH FAKULTAS TEKNIK	
	Jalan Batam, Blang Pulo, Muara Satu – Lhokseumawe – Aceh (24352) Telepon. (0645) 41373-40915 Faks. 0645-44450 Laman: http://teknik.unimal.ac.id Email: ft@unimal.ac.id	
	Nomor	23 Januari 2024
	Lampiran	-
Perihal	: Undangan Sidang Kolokium	
<p>Yth,</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pembimbing Utama (Ir. Syamsul Bahri, M.Sc.) 2. Pembimbing Pendamping (Ir. Zainuddin Ginting., M.T.) 3. Penguji Utama (Dr. Zulnazri, S.Si., M.T.) 4. Penguji Pendamping (Muhammad, S.T., M.Eng.) <p>di - Tempat</p>		
<p>Dengan hormat, Sehubungan dengan diadakannya Sidang Kolokium</p> <p>Mahasiswa pada Program Studi Teknik Material Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Malikussaleh yang akan dilaksanakan pada :</p> <p>Hari/Tanggal : Senin / 29 Januari 2024 Pukul : 11.00 Wib s/d Selesai Tempat : Ruang Sidang Teknik Material</p> <p>Atas nama mahasiswa :</p> <p>Nama : Muhammad Firdaus NIM : 190190036 Program Studi : Teknik Material Judul Penelitian : Pembuatan Papan Komposit Berbasis Serat Pelapah Pinang (Filler) dan Bahan Plastik Matriks Polypropylene</p> <p>Demikian kami sampaikan atas bantuan dan kehadiran bapak/ibu kami ucapkan terima kasih.</p>		
<p>Prodi Teknik Material Ketua,</p>  <p>Dr. Zulnazri, S.Si., M.T. Nip. 197512312006041002</p>		

Lampiran 5. Biodata Penulis

BIODATA**1. Personal**

Nama : Muhammad Firdaus
NIM : 190190036
Bidang : Teknik Material
Alamat : Desa Paloh Lada
No. Handphone : 085243336049

**2. Orang Tua**

Nama Ayah : Bukhari Yusuf
Pekerjaan : Petani
Umur : 58 Tahun
Alamat : Desa Paloh Lada
Nama Ibu : Elva Wirda
Pekerjaan : Ibu Rumah Tangga
Umur : 45 Tahun
Alamat : Desa Paloh Lada

3. Pendidikan Formal

Asal SLTA (Tahun) : SMA Negeri 1 Dewantara (2016-2019)
Asal SLTP (Tahun) : SMP Swasta Al-Alaq (2013-2016)
Asal SD (Tahun) : SD Swasta Al-Alaq (2007-2013)

4. Software Komputer yang dikuasai

Jenis Software : Microsoft Office
Tingkat Penguasaan : Intermediate
Jenis Software : Ds. Biovia Material
Tingkat Penguasaan : Basic

Lhokseumawe, 14 Februari 2024
Mahasiswa yang bersangkutan,

Muhammad Firdaus
NIM. 190190036