

TUGAS AKHIR
ANALISIS KEKUATAN PIPA KOMPOSIT HDPE DENGAN
PENGUJIAN FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR)

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

Disusun Oleh:

ARMADA SUMITRO.S
2207230168P



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
MEDAN
2025

HALAMAN PENGESAHAN

Laporan penelitian Tugas Akhir ini diajukan oleh:

Nama : Armada Sumitro
NPM : 2207230168p
Program Studi : Teknik Mesin
Judul Tugas Akhir : Analisis kekuatan pipa HDPE dengan pengujian fourier transform infrared (FTIR)
Bidang Ilmu : Konstruksi manufaktur

Telah berhasil dipertahankan dihadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, September 2025

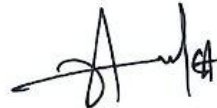
Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



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

Dosen Penguji II



Arya Rudi Nst, S.T., M.T.

Dosen Penguji III



Dr Sudirman Lubis, S.T., M.T.

Program Studi Teknik Mesin
Ketua



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

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama Lengkap : Armada Sumitro
NPM : 2207230168P
Tempat / Tgl Lahir : Medan, 13 Mei 1998
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa proposal tugas akhir saya yang berjudul:

“ANALISIS KEKUATAN PIPA KOMPOSIT HDPE DENGAN PENGUJIAN FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR)”

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis tugas akhir saya secara orisinil dan otentik.

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

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

Medan, September 2025

Penulis



Armada Sumitro

ABSTRAK

High Density Polyethylene (HDPE) merupakan salah satu material termoplastik yang banyak digunakan dalam pembuatan berbagai produk plastik, terutama kemasan, karena memiliki sifat mekanik yang baik, tahan korosi, dan mudah diproses. Namun, untuk meningkatkan kekuatan dan ketangguhannya, HDPE dapat dimodifikasi dengan pencampuran material lain. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sifat mekanik khususnya kekuatan tarik dan impact dari campuran HDPE dengan karet alam yang diperkuat serat abu boiler melalui metode pencetakan menuang (casting). Serat abu boiler digunakan sebagai bahan penguat karena memiliki kandungan mineral yang dapat meningkatkan ikatan antar molekul dalam komposit. Penelitian dilakukan dengan mencampurkan HDPE, karet alam, dan abu boiler dalam beberapa variasi komposisi. Komposisi 90% HDPE, 5% karet alam, dan 5% abu boiler menghasilkan tegangan tarik sebesar 17,519 MPa dengan regangan 0,188 mm. Pada komposisi 80% HDPE, 15% karet alam, dan 5% abu boiler, tegangan tarik yang diperoleh sebesar 14,142 MPa dengan regangan 0,175 mm. Sementara itu, komposisi 70% HDPE, 25% karet alam, dan 5% abu boiler menghasilkan tegangan tarik terendah yaitu 6,506 MPa dengan regangan 0,144 mm. Selain itu, analisis Fourier Transform Infrared (FTIR) digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi, ikatan, dan struktur kimia pada sampel komposit. Hasil perbandingan spektra FTIR menunjukkan adanya perbedaan karakteristik pada sampel HDPE/KA, HDPE/KA/PpgMA/20, dan HDPE/KA/PpgMA/30. Penelitian ini membuktikan bahwa pencampuran HDPE dengan karet alam dan abu boiler dapat memengaruhi sifat mekanik serta struktur kimia material, sehingga dapat menjadi alternatif dalam pengembangan material komposit plastik yang lebih ramah lingkungan dan fungsional.

Kata kunci: High Density Polyethylene, Karet Alam, Abu Boiler, Uji Tarik, Uji Impact, FTIR

ABSTRACT

High Density Polyethylene (HDPE) is one of the most widely used thermoplastic materials in the production of various plastic products, particularly packaging, due to its good mechanical properties, corrosion resistance, and ease of processing. However, to improve its strength and toughness, HDPE can be modified by blending with other materials. This study aims to investigate the mechanical properties, specifically tensile strength and impact resistance, of HDPE blended with natural rubber and reinforced with boiler ash fibers through a casting method. Boiler ash fibers were used as reinforcement material because their mineral content can enhance intermolecular bonding within the composite. The research was carried out by blending HDPE, natural rubber, and boiler ash in several composition variations. The composition of 90% HDPE, 5% natural rubber, and 5% boiler ash produced a tensile stress of 17.519 MPa with a strain of 0.188 mm. At the composition of 80% HDPE, 15% natural rubber, and 5% boiler ash, the tensile stress obtained was 14.142 MPa with a strain of 0.175 mm. Meanwhile, the composition of 70% HDPE, 25% natural rubber, and 5% boiler ash produced the lowest tensile stress of 6.506 MPa with a strain of 0.144 mm. In addition, Fourier Transform Infrared (FTIR) analysis was used to identify functional groups, bonds, and chemical structures in the composite samples. The comparison of FTIR spectra showed differences in characteristics among HDPE/NR, HDPE/NR/PpgMA/20, and HDPE/NR/PpgMA/30 samples. This study demonstrates that blending HDPE with natural rubber and boiler ash can significantly affect the mechanical properties and chemical structure of the material, making it a potential alternative for the development of more environmentally friendly and functional plastic composite materials.

Keywords: High Density Polyethylene, Natural Rubber, Boiler Ash, Tensile Test, Impact Test, FTIR

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Dengan menyebut nama Allah yang Maha Pengasih Maha Penyayang. Tidak ada kata yang lebih indah selain puji dan syukur kepada Allah SWT, yang telah menetapkan segala sesuatu, sehingga tiada sehelai daun pun yang jatuh tanpa izinNya. Alhamdulillah atas izin-Nya, penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi ini yang berjudul **“Analisis Kekuatan Pipa Komposit HDPE Dengan pengujian Fourier Transform Infrared (FITR) ”** sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

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

1. Bapak Dr Sudirman Lubis, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Arya Rudi Nst, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
3. Bapak Chandra A. Siregar, ST, MT selaku Ketua Prodi Teknik Mesin dan Dosen Pembimbing II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak Munawar Alfansury Siregar, ST, MT selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
5. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu keteknik mesinan kepada penulis.
6. Armen Simanihuruk dan Masda Tambunan, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
7. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

8. Seluruh teman-teman Jurusan Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Semua Pihak Yang Tidak Bisa saya sebutkan Satu persatu, yang telah memberikan bantuan pelaksanaan penelitian dan penyusunan laporan ini, semoga menjadi pahala yang bernilai di sisi Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa karya tulis ini masih jauh dari sempurna, maka saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan. Akhirnya semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi pembaca dan dapat memberikan sumbangan pada perkembangan ilmu pengetahuan.

Wasalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Medan, September 2025

Penulis



Armada Sumitro

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR NOTASI	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Ruang Lingkup	2
1.4. Tujuan Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Bahan Komposit	4
2.2 Klasifikasi Komposit	15
2.2.1 Bahan Komposit	15
2.2.2 Faktor yang mempengaruhi kinerja komposit	18
2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit	19
2.3 Serat	20
2.3.1 Macam-macam Serat	20
2.3.2 Serat Sintetis dan Serat Alam	21
2.4. Karet Alam	21
2.5. Serat Alam	22
2.5.1 Kelapa Sawit	22
2.6 High Density Polyethylene	23

BAB 3 METODOLOGI	24
3.1. Tempat Dan Waktu	24
3.1.1. Tempat penelitian	24
3.1.2. Waktu	24
3.2. Bahan dan Alat	24
3.2.1. Alat yang digunakan	24
3.2.2. Bahan Yang Digunakan	27
3.3. Bagan Alir Penelitian Pengujian Tarik	29
3.4. Bagan Alir Alir Penelitian Pengujian Impact	30
3.5. Alir Penelitian Pengujian Uji Ftir	31
3.6. Spesimen Uji	32
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1. Hasil Pembuatan Spesimen	33
4.2. Prosedur Pembuatan	34
4.3. Prosedur Pengujian	35
4.4. Hasil Pengujian Uji Tarik	38
4.5. Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik	40
4.6. Hasil Pengujian <i>Impact</i>	45
4.7. Grafik energi patah dan <i>strength</i> pengujian impact	47
4.8. Hasil Pengujian Ftir	48
4.9. Cara Pembacaan Grafik ftir	50
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	52
5.1. Kesimpulan	52
5.2. Saran	53
DAFTAR PUSKATA	54
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan material komposit	19
Tabel 3. 1 Kegiatan Penelitian	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Continousfiber composite</i>	9
Gambar 2. 2 <i>Continousfiber composite</i>	11
Gambar 2.3 <i>Chopped fiber composite</i>	12
Gambar 2.4 <i>Sandwich Structure Composite</i>	14
Gambar 2.5 Komposit Serat	15
Gambar 2. 6 Komposit Laminat	16
Gambar 2. 7 Komposit Partikel	18
Gambar 2. 8 Klasifikasi serat tumbuhan	21
Gambar 2.9 Mesin Uji Tarik	11
Gambar 2.10 Mesin uji impact	12
Gambar 3.1 Mesin ftir	24
Gambar 3. 2 Cetakan Spesimen Uji Tarik	25
Gambar 3. 3 Pengaduk	25
Gambar 3.4 <i>Mirror glaze</i>	25
Gambar 3. 5 <i>Mirror glaze</i>	26
Gambar 3. 6 Timbangan Digital	26
Gambar 3.7 Abu boiler	27
Gambar 3.8 Bahan plastik hdpe	27
Gambar 3.9 Bahan karet alam	28
Gambar 3. 10 Bagan alir penelitian	28
Gambar 3. 12 Bagan alir penelitian	30
Gambar 4. 1 Spesimen uji tarik	31
Gambar 4. 2 Spesimen uji impact	31
Gambar 4. 3 Alat uji tarik	33
Gambar 4. 4 Alat uji impact	34
Gambar 4. 5 Cekam	35
Gambar 4. 6 Cetakan Spesimen	37
Gambar 4. 7 Pengujian tarik	37

Gambar 4. 8 Pengujian impact	38
Gambar 4. 9 Bentuk spesimen uji tarik	40
Gambar 4. 10 Spesimen uji tarik	41
Gambar 4. 11 Grafik uji tarik specimen uji tarik 1	42
Gambar 4. 12 Grafik uji tarik specimen uji tarik 2	42
Gambar 4. 13 Grafik uji tarik specimen uji tarik	43
Gambar 4. 14 Grafik hasil uji tarik campuran 3 spesimen	44
Gambar 4. 15 Hasil spesimen impact	46
Gambar 4. 16 Grafik uji impact	47
Gambar 4. 17 Hasil patahan spesimen <i>impact</i> 1	48
Gambar 4. 18 Grafik uji impact	48
Gambar 4. 19 Hasil patahan spesimen <i>impact</i> 2	49
Gambar 4. 20 uji impact	50
Gambar 4. 21 Hasil patahan spesimen <i>impact</i> 3	50
Gambar 4.23 Spectra FTIR	51

DAFTAR NOTASI

Simbol	Besaran	Satuan
F	Beban	N
Σ	Tegangan	N/mm ²
A	Luas Penampang	mm ²
ϵ	Tegangan Regangan	%
L	Panjang Daerah Ukur	Mm
L ₀	Panjang Mula-Mula	Mm
E	Modulus Elastisitas	N/mm ²

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

HDPE atau High Density Polyethylene merupakan salah satu bahan material plastik yang banyak digunakan untuk pembuatan kemasan berbahan plastik. Dikutip dari laman internasional Kompas bahwa berdasarkan data dari Sciencemag, jumlah produksi sampah plastik global sejak 1950 hingga 2015 cenderung selalu menunjukkan peningkatan. Pada tahun 1950, produksi sampah dunia ada di angka 2 juta ton per tahun. Kemudian pada 2015 produksi sampah sudah ada di angka 381 juta ton. Maka dari itu perlu adanya penanganan untuk mengurangi limbah tersebut salah satunya adalah dengan mengaplikasikan limbah plastik menjadi salah satu material pipa (Gunari & Tri, 2022)

Pipa air adalah produk yang digunakan untuk menyalurkan air dari sumber ke tujuan, keberadaannya sangat penting, terutama untuk mendukung infrastruktur air skala besar seperti proyek instalasi air untuk suatu daerah atau untuk bangunan seperti mall, perumahan, hotel dan lainnya. Karena penggunaan luas dan penting, kualitas produk pipa adalah hal yang paling penting sebagai referensi untuk menentukan produk pipa yang memenuhi persyaratan dan standar kualitas yang telah ditetapkan menurut standar SNI atau ISO

Pada saat ini, dalam kehidupan sehari-hari hampir tidak ada yang tidak bersinggungan dengan pipa air yang berfungsi untuk mengalirkan atau memindahkan fluida cair baik di rumah tinggal, perkantoran, rumah sakit, pabrik, dan lain-lain. Pada umumnya, pipa air yang ditemukan dan dipergunakan oleh masyarakat ialah yang terbuat dari bahan plastik (polimer) dan logam (besi, tembaga, aluminium). Sejalan dengan perkembangan Industri, bahan baku pipa air mulai mengalami berbagai kendala seperti isu lingkungan hidup, keterbatasan bahan mentah, proses produksi yang mahal, dll. Oleh karena itu, diperlukan suatu kegiatan inovasi untuk menemukan bahan alternatif yang lebih murah dan ramah lingkungan (Zulfikar et al., 2022)

Dalam dunia industri, bahan komposit berarti penggabungan atau pencampuran antara dua atau lebih bahan yang berbeda fasa yang kemudian digabung menjadi satu bahan baru, tetapi karakteristik mekaniknya masih tetap

didominasi oleh bahan-bahan penyusunnya. Bahan ini terdiri dari dua fase yaitu fase cair (matriks) dan fasa padat (serat/penguat). Matriks berfungsi sebagai pengikat serat/penguat, sedangkan serat adalah tulang punggung kekuatan dari bahan komposit. Dalam studi ini, resin thermoset epoksi dipergunakan sebagai matrik dan serbuk boiler sebagai penguatnya. Pemilihan resin ini disebabkan bahan ini mampu menahan kebocoran pada pipa yang disebabkan tekanan air.

Alasan penulis membuat penelitian guna menganalisis suatu bahan untuk pipa HDPE (High Density Polythene) yang di blending dengan komposit serat alam abu boiler sebagai penguat maupun pelapis pipa di dalam air. Bahan tersebut di upayakan dapat menahan tekanan dan tarikan di dalam air. Maka dari itu penulis mengangkat hal tersebut ke dalam skripsi dengan judul **“ANALISIS KEKUATAN PIPA KOMPOSIT HDPE DENGAN PENGUJIAN FOURIER TRANSFORM INFRARED (FTIR).”**

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas dan agar tujuan penelitian dapat tercapai dengan maksimal maka dapat dirumuskan permasalahannya yaitu :

- a. Bagaimana mengetahui uji kekuatan tarik pada pipa HDPE (*High Density Polyethylene*)?
- b. Bagaimana mengetahui uji impact pada pipa HDPE (*High Density Polyethylene*) ?
- c. Bagaimana mengetahui hasil dari pengujian yang layak untuk digunakan?

1.3. Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitian ini meliputi :

- a. Menggunakan bahan plastic hdpe
- b. Menggunakan bahan karet alam dan serat alam abu boiler untuk penguat daripada plastic HDPE (*High Density Polyethylene*) dengan komposisi spesimen 1, hdpe 90%, karet alam 5%, abu boiler 5%. Komposisi 2, hdpe 80%, karet alam 15%, abu boiler 5%. Komposisi 3, hdpe 70%, karet alam 25%, abu boiler 5%.

1.4. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan yang ingin dicapai adalah :

- a. Untuk memperoleh data kekuatan tarik dan impact material komposit HDPE yang diperkuat dengan serat alam dan pengisi abu boiler
- b. Untuk menganalisis hasil pengujian tarik dan impact material komposit HDPE (*High Density Polyethylene*) yang di *blending* dengan karet alam dan pengisi abu boiler
- c. Untuk menganalisa struktur, ikatan, dan identifikasi gugus fungsi yang terdapat pada suatu senyawa berdasarkan serapan dari frekuensi panjang gelombang vibrasi ikatan kimianya

1.5. Manfaat Penelitian

Dengan hal ini penelitian dapat digunakan sebagai pembelajaran bagi yang akan membuat bahan pipa hdpe dengan serat alam abu boiler, sehingga dengan adanya penelitian ini dapat dipergunakan sebagai pembanding dengan penelitian sebelumnya ataupun yang akan datang dengan inovasi yang lebih baik. Bahan ini nantinya dapat bermanfaat bagi :

- a. Masyarakat
Manfaat dari pembuatan bahan ini agar dapat membuat suatu bahan pipa hdpe yang lebih baik dari produk yang sudah ada sebelumnya.
- b. Universitas
Sebagai sarana dan prasarana mahasiswa dalam mempelajari pengujian bahan hdpe yang di blending dengan karet alam dengan penguat abu boiler guna meningkatkan wawasan mahasiswa
- c. Mahasiswa
Manfaat bahan pipa hdpe dengan serat alam abu boiler sebagai acuan penerapan energi baru dan terbarukan dan dapat diinovasikan untuk kedepannya agar menjadi lebih baik lagi.

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Bahan Komposit

Komposit adalah suatu jenis bahan baru yang terdiri dari dua atau lebih bahan dimana sifat masing-masing bahan berbeda dan tetap terpisah dalam hasil akhir bahan tersebut. Sedangkan menurut material komposit di definisikan sebagai perpaduan dari bahan yang dipilih berdasarkan kombinasi sifat fisik masing-masing material penyusun untuk menghasilkan material baru dengan sifat yang unik dibandingkan sifat material dasar sebelum dicampur dan terjadi ikatan permukaan antara masing-masing material penyusun.

Serat alam sebagai filler sebagai komposit polimer mulai banyak digunakan sebagai pengganti filler sintetis dalam kehidupan sehari-hari mengingat serat alam ini mempunyai banyak kelebihan dibanding serat buatan. Kelebihan-kelebihan utama menggunakan serat alam sebagai filler yaitu densitas rendah, tidak mudah patah, variasi banyak, hemat energy dan murah. Penguat serat dalam bahan komposit berperan sebagai bagian utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan penguat pembentuknya (Zulfikar et al., 2022).

Komposit dalam lingkup ilmu material adalah gabungan dua buah material atau lebih yang digabung pada skala makroskopis untuk membentuk material baru yang lebih bermanfaat, ini berbeda dengan alloy/ paduan yang digabung secara mikroskopis. Pada material komposit sifat unsur pendukungnya masih terlihat dengan jelas, sedangkan pada alloy/ paduan sudah tidak kelihatan lagi unsur-unsur pendukungnya (Gunari & Tri, 2022).

Bahan komposit adalah suatu material rekayasa yang terbentuk dari kombinasi dua atau lebih material yang berbeda sifat fisik maupun kimianya, tetapi tetap mempertahankan identitas masing-masing pada skala makroskopis. Penggabungan ini menghasilkan material baru dengan karakteristik yang lebih unggul dibandingkan material penyusunnya secara terpisah. Sederhananya, komposit bukan sekadar campuran biasa, melainkan hasil rekayasa yang memanfaatkan keunggulan setiap komponennya untuk menciptakan sifat yang lebih baik.

Dalam struktur komposit, secara umum terdapat dua komponen utama, yaitu fase matriks dan fase penguat (reinforcement). Matriks berfungsi sebagai pengikat dan pelindung, sementara penguat bertugas meningkatkan sifat mekanik maupun fungsional dari material. Matriks dapat berupa polimer, logam, maupun keramik, sedangkan penguat bisa berupa serat, partikel, atau bahkan whisker dengan ukuran mikron hingga nano.

Fungsi dan Peran Masing-Masing Komponen

1. Matriks

- Menjadi media yang menyatukan material penguat.
- Melindungi penguat dari kerusakan mekanis atau kimia.
- Mendistribusikan beban yang diterima komposit ke seluruh bagian penguat.

2. Penguat (Reinforcement)

- Memberikan kekuatan, kekakuan, serta ketahanan tambahan pada material.
- Umumnya memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan matriks.
- Bentuknya bisa berupa serat panjang, serat pendek, partikel, atau bahkan lembaran.

Jenis-Jenis Bahan Komposit

1. Komposit Serat

- Menggunakan serat sebagai penguat, misalnya serat kaca, serat karbon, atau serat alam.
- Contoh: fiberglass, carbon fiber reinforced polymer (CFRP).

2. Komposit Partikel

- Penguat berbentuk partikel keras atau mineral, misalnya abu boiler, silika, alumina.
- Biasanya meningkatkan kekerasan, ketahanan aus, atau stabilitas termal.

3. Komposit Lapis (Laminate)

- Dibuat dari beberapa lapisan material berbeda yang disusun secara bergantian.

- Contoh: papan kayu lapis (plywood), material sandwich untuk konstruksi ringan.

Keunggulan Bahan Komposit

- Ringan tetapi kuat → banyak digunakan di pesawat terbang, mobil balap, hingga kapal.
- Tahan korosi → lebih awet dibandingkan logam murni.
- Dapat disesuaikan sifatnya → peneliti bisa mengatur komposisi matriks dan penguat sesuai kebutuhan.
- Ramah lingkungan → dengan menggunakan serat alam atau limbah industri sebagai penguat, dapat mengurangi ketergantungan pada bahan sintetis.

Aplikasi Bahan Komposit

1. Industri Otomotif dan Dirgantara
 - Digunakan pada bodi mobil balap, pesawat, dan satelit karena ringan namun kuat.
2. Industri Konstruksi
 - Papan bangunan, beton komposit, dan material sandwich untuk jembatan atau gedung.
3. Industri Kelautan
 - Lambung kapal, perahu nelayan, serta pelapis anti-karat.
4. Industri Plastik Rekayasa
 - Komposit polimer seperti HDPE yang diperkuat dengan karet alam atau abu boiler, sebagaimana banyak digunakan dalam penelitian, bertujuan untuk meningkatkan ketangguhan, ketahanan panas, dan kekuatan tarik.

Contoh Kasus: HDPE + Karet Alam + Abu Boiler

Dalam penelitian terbaru, High Density Polyethylene (HDPE) dapat dipadukan dengan karet alam serta abu boiler untuk menciptakan komposit baru. HDPE sebagai matriks memiliki sifat tahan korosi, mudah diproses, dan relatif kuat. Namun, HDPE cenderung rapuh terhadap benturan sehingga perlu diperkuat. Penambahan karet alam meningkatkan elastisitas dan ketangguhan, sementara abu boiler yang kaya mineral dapat memperbaiki ikatan antarmolekul dan

meningkatkan kekakuan. Hasilnya adalah material komposit yang lebih tangguh, fungsional, dan berpotensi ramah lingkungan.

Bahan komposit adalah inovasi penting dalam dunia material, karena mampu menggabungkan dua atau lebih material berbeda untuk menghasilkan sifat baru yang lebih unggul. Dengan perkembangan ilmu material, jenis komposit semakin bervariasi dan aplikasinya semakin luas, mulai dari bidang transportasi, konstruksi, hingga industri ramah lingkungan. Kehadiran komposit modern seperti HDPE dengan karet alam dan abu boiler membuka peluang besar untuk menciptakan material masa depan yang tidak hanya kuat dan fungsional, tetapi juga berkelanjutan.

Komposit Serat dapat dibedakan menjadi 4 jenis sebagai berikut:

1. *Continuous fiber composite*

Continuous fiber composite adalah jenis material komposit yang menggunakan serat panjang (continuous fiber) sebagai penguat utama di dalam matriks (polimer, logam, atau keramik).

Berbeda dengan chopped fiber composite (serat pendek yang terpotong acak), continuous fiber composite menggunakan serat yang panjang dan menerus, biasanya tersusun dalam bentuk unidirectional (satu arah) atau woven (anyaman).

Komponen Utama

1. Matriks → biasanya polimer termoset (epoxy, polyester, vinyl ester) atau termoplastik (PEEK, PP). Fungsinya melindungi serat, menyatukan struktur, dan menyalurkan beban.
2. Serat kontinu (continuous fiber) → dapat berupa:
 - Serat karbon (carbon fiber) → sangat kuat dan ringan.
 - Serat kaca (glass fiber) → murah, tahan korosi.
 - Serat aramid (Kevlar) → tahan benturan, banyak dipakai di rompi antipeluru.
 - Serat alam (flax, hemp) → alternatif ramah lingkungan.

Karakteristik Continuous Fiber Composite:

- Kekuatan dan kekakuan sangat tinggi dibandingkan komposit serat pendek.
- Orientasi serat dapat dikontrol → unidirectional untuk kekuatan maksimal pada satu arah, atau woven untuk kekuatan multidirectional.

- Rasio kekuatan terhadap berat (strength-to-weight ratio) sangat baik → lebih ringan dibanding logam tetapi bisa lebih kuat.
- Lebih tahan terhadap retak dan kelelahan (fatigue resistance).

Kelebihan

- Kekuatan mekanik jauh lebih tinggi daripada chopped fiber composite.
- Sifat bisa didesain sesuai kebutuhan dengan mengatur orientasi serat.
- Cocok untuk aplikasi struktural dengan beban tinggi.

Kekurangan

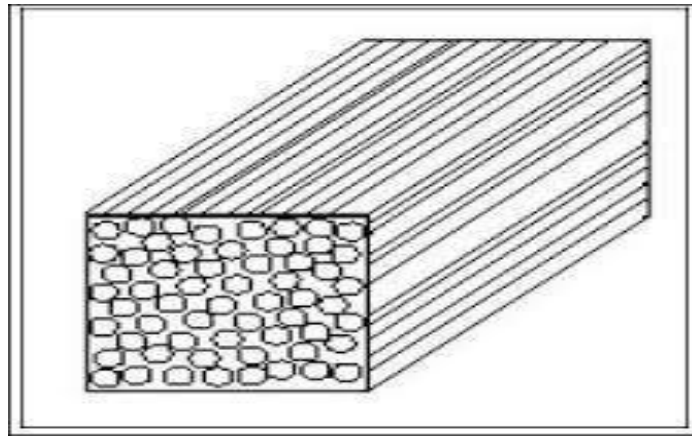
- Biaya lebih mahal (serat karbon & Kevlar sangat mahal).
- Proses manufaktur lebih rumit (perlu cetakan, vacuum bagging, autoclave, dll.).
- Jika serat rusak/putus, kekuatan komposit bisa berkurang drastis.

Aplikasi Continuous Fiber Composite

1. Aerospace → sayap, badan pesawat, komponen roket, satelit.
2. Otomotif → mobil balap (F1, supercar), panel bodi, drive shaft.
3. Industri kelautan → lambung kapal cepat, yacht, kapal selam ringan.
4. Olahraga → raket tenis, sepeda balap, papan selancar, stik golf.
5. Pertahanan → rompi antipeluru (Kevlar), perisai, komponen militer.

Singkatnya, Continuous Fiber Composite adalah komposit yang menggunakan serat panjang dan menerus sebagai penguat, sehingga menghasilkan material dengan kekuatan, kekakuan, dan ketahanan sangat tinggi serta banyak digunakan pada industri berteknologi tinggi.

Continuous fiber composite memiliki komposisi serat lurus dan panjang, membentuk lamina diantara matriks dan mempunyai kekurangan pemisahan antar lapisan



Gambar 2. 1 *Continuous fiber composite*

2. *Woven fiber composite*

Woven fiber Woven Fiber Composite adalah material komposit yang menggunakan serat kontinu dalam bentuk anyaman (woven fabric) sebagai penguat di dalam matriks polimer, logam, atau keramik.

Jadi, bedanya dengan continuous unidirectional fiber composite adalah:

- Unidirectional → semua serat lurus satu arah.
- Woven → serat disusun silang (warp & weft) sehingga berbentuk kain anyaman.

Struktur Anyaman Serat

Dalam woven fiber, serat disusun dalam dua arah utama:

1. Warp → serat yang membujur (arah memanjang).
2. Weft → serat yang melintang (arah menyilang).

Kombinasi warp & weft membentuk pola kain, misalnya:

- Plain weave (pola sederhana, serat saling silang 1:1).
- Twill weave (pola diagonal, lebih fleksibel).
- Satin weave (pola halus, permukaan lebih licin).

Karakteristik Woven Fiber Composite

- Kekuatan dua arah (biaxial strength) → lebih baik daripada serat unidirectional.
- Distribusi beban lebih merata karena serat menyilang.
- Fleksibilitas tinggi → mudah dibentuk mengikuti geometri cetakan.

- Ketahanan terhadap retak lebih baik, karena serat silang bisa menghentikan propagasi retakan.

Kelebihan

- Lebih tahan benturan dibanding unidirectional fiber.
- Mudah diproses karena berbentuk lembaran kain.
- Cocok untuk komponen dengan bentuk kompleks.
- Kuat pada dua arah (longitudinal & transversal).

Kekurangan

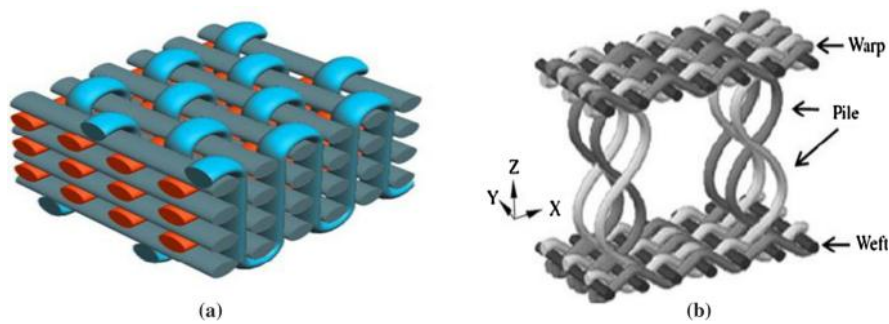
- Kekuatan spesifik (strength-to-weight) sedikit lebih rendah dibanding unidirectional fiber.
- Ada kemungkinan *fiber crimp* (serat bergelombang di titik persilangan) → menurunkan kekakuan.
- Lebih berat jika dibandingkan serat satu arah dengan jumlah yang sama.

Aplikasi Woven Fiber Composite

- Industri otomotif → bodi mobil sport, kap mesin, panel interior.
- Aerospace → panel pesawat, fairing, komponen UAV.
- Kelautan → perahu, yacht, papan selancar.
- Olahraga → helm balap, papan ski, raket, perlengkapan bersepeda.
- Pertahanan → perisai, rompi anti peluru berbasis Kevlar woven.

Singkatnya, Woven Fiber Composite adalah komposit berbasis serat panjang yang dianyam seperti kain, sehingga lebih fleksibel, kuat di dua arah, dan lebih tahan benturan dibanding unidirectional fiber composite.

composite sulit dipengaruhi pemisahan antar lapisan karena komposisi seratnya mengikat antar lapisan. Komposisi serat yang memanjang naik turun mengakibatkan kekakuan dan kekuatan melemah. (komposit yang dirangkai dengan serat anyaman)



Gambar 2. 2 *Continuous fiber composite*

3. Chopped fibecomposite

Chopped fiber composite komposit ini disusun oleh serat pendek dan serat acak. Chopped Fiber Composite adalah salah satu jenis material komposit yang menggunakan serat pendek (chopped fiber) sebagai bahan penguat (reinforcement) dalam matriks polimer, logam, atau keramik.

Berbeda dengan continuous fiber composite (serat panjang/utuh), pada chopped fiber composite serat-serat dipotong dalam ukuran tertentu (misalnya beberapa milimeter) lalu dicampurkan ke dalam matriks.

Ciri-ciri Chopped Fiber Composite

1. Penguat berupa serat pendek → biasanya serat kaca (glass fiber), serat karbon, atau serat alam yang sudah dipotong.
2. Matriks bisa polimer, logam, atau keramik → paling umum polimer termoplastik (HDPE, PP, epoxy, dll.).
3. Distribusi serat acak (random) atau terorientasi → sifat mekanik bisa isotropis (sama ke segala arah) bila acak, atau lebih kuat pada arah tertentu jika orientasi diatur.
4. Proses pembuatan sederhana → misalnya dengan metode injection molding, compression molding, atau extrusion.

Kelebihan

- Mudah diproses dalam skala besar (industri plastik).
- Biaya produksi lebih murah dibanding serat panjang.
- Meningkatkan kekakuan, ketahanan panas, dan ketahanan aus polimer.
- Serat pendek mudah tercampur merata di dalam matriks.

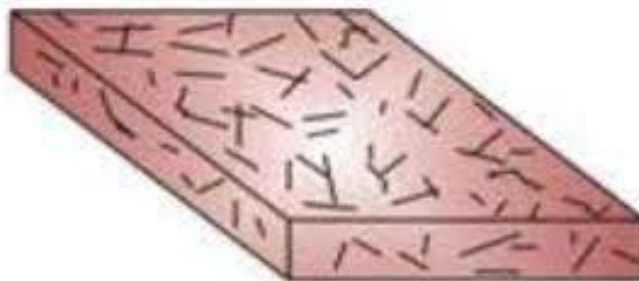
Kekurangan

- Kekuatan mekanik lebih rendah dibanding komposit serat panjang.
- Orientasi serat sulit dikontrol sehingga sifat mekanik tidak maksimal.
- Mudah mengalami debonding (lepasnya serat dari matriks) jika ikatan antarmuka lemah.

Contoh Aplikasi

- Otomotif → bumper mobil, dashboard, panel interior (biasanya PP + glass fiber chopped).
- Elektronik → casing laptop, komponen peralatan listrik.
- Konstruksi → material pengganti kayu atau campuran beton polimer.

Jadi, chopped fiber composite adalah komposit yang menggunakan serat pendek terdispersi dalam matriks untuk meningkatkan sifat mekanik, dengan keunggulan biaya lebih murah dan proses lebih mudah, walaupun kekuatannya lebih rendah dibanding komposit serat panjang.



Gambar 2.3 *Chopped fiber composite*

5. Sandwich Structure Composite

Sandwich Structure Composite adalah jenis material komposit berlapis (laminated composite) yang terdiri dari tiga lapisan utama:

1. Dua lapisan kulit (face sheet/skin layer) → biasanya material yang kuat, kaku, dan tipis (misalnya aluminium, baja tipis, serat karbon, serat kaca dengan matriks resin).

2. Lapisan inti (core layer) → material ringan tetapi tebal, seperti busa polimer (foam), honeycomb (sarang lebah), kayu balsa, atau core berbentuk gelombang.

Struktur ini disebut "sandwich" karena bentuknya mirip roti lapis: dua lapisan keras di luar dan lapisan ringan di tengah.

Fungsi Setiap Lapisan

- Skin layer (lapisan kulit) → menahan beban tarik dan tekan, memberikan kekuatan utama pada struktur.
- Core layer (lapisan inti) → memberikan ketebalan, menjaga jarak antar kulit, menahan geser, serta membuat struktur lebih kaku tanpa menambah banyak berat.

Karakteristik Sandwich Structure Composite

1. Kekuatan tinggi terhadap beratnya (high strength-to-weight ratio).
2. Kekakuan tinggi (stiffness) dengan massa yang relatif ringan.
3. Tahan terhadap tekuk (buckling resistance) karena adanya lapisan inti.
4. Dapat didesain sesuai kebutuhan dengan variasi bahan inti dan kulit.

Kelebihan

- Sangat ringan tetapi kuat → cocok untuk transportasi dan aerospace.
- Ketahanan bending (lentur) jauh lebih tinggi dibanding material homogen.
- Material inti dapat menyerap energi sehingga bisa meningkatkan tahan benturan (impact resistance).

Kekurangan

- Proses manufakturnya lebih rumit.
- Jika ada kerusakan pada kulit atau inti, sulit diperbaiki.
- Rentan terhadap delaminasi (lapisan terlepas).

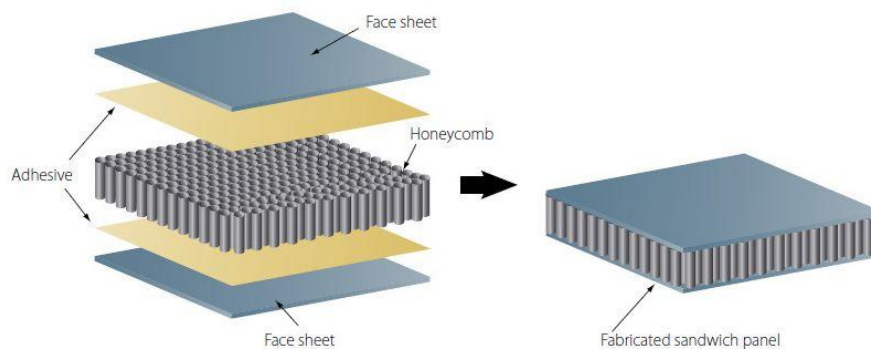
Aplikasi Sandwich Composite

- Industri pesawat terbang & aerospace → sayap pesawat, panel badan pesawat, roket.
- Industri otomotif → bodi mobil balap, panel pintu, kap mesin.
- Industri kapal → lambung kapal ringan, dek kapal.
- Bangunan & konstruksi → panel dinding, lantai, dan atap ringan.
- Produk olahraga → papan selancar, papan ski, sepeda balap.

Contoh Struktur Sandwich

- Aluminium skin + honeycomb core → banyak dipakai di aerospace.
- Carbon fiber skin + foam core → dipakai pada mobil sport dan papan surfing.
- Glass fiber skin + kayu balsa core → konstruksi kapal.

Singkatnya, Sandwich Structure Composite adalah material berlapis yang menggabungkan lapisan kulit tipis & kuat dengan lapisan inti ringan, sehingga menghasilkan material sangat kaku, ringan, dan kuat untuk berbagai aplikasi teknik. *Sandwich Structure Composite* konfigurasi komposit lain yang umum ada;ah sadnwich structuremdari kekuatan tinggi, lembaran komposit terikat pada busa ringan atau inti. *Sandwich structure* memiliki kelenturan yang sangat tinggi, rasio kekakuan yang juga tinggi dan secara luas digunakan dalam struktur *aerospace* seperti gambar 2.4



Gambar 2.4 *Sandwich Structure Composite*

2.2 Klasifikasi Komposit

2.2.1 Bahan Komposit

Secara umum bahan komposit terdiri dari tiga macam, yaitu bahan komposit serat, bahan komposit laminat dan bahan komposit partikel (Alwie et al., 2020). Berikut penjelasannya mengenai bahan komposit:

1. Komposit serat

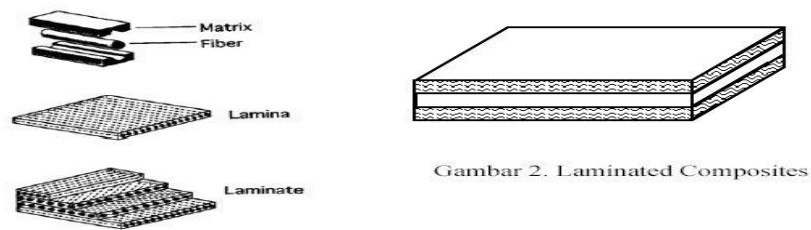
Komposit serat merupakan jenis komposit yang menggunakan serat sebagai penguat komposit. Serat yang digunakan biasanya berupa serat gelas, serat karbon, serat aramid dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman



Gambar 2.5 Komposit Serat

2. Komposit Laminat

Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabungkan menjadi satu dan setiap lapisannya memiliki karakteristik khusus. Komposit laminat ini terdiri dari empat jenis yaitu komposit serat kontinyu, komposit serat anyam, komposit serat acak dan komposit serat hibrid.



Gambar 2. 6 Komposit Laminat

3. Komposit Partikel

Komposit partikel adalah jenis material komposit yang menggunakan partikel padat sebagai bahan penguat (reinforcement) yang tersebar di dalam matriks (polimer, logam, atau keramik). Tidak seperti komposit serat, partikel ini tidak berbentuk memanjang, melainkan berupa butiran kecil, bubuk, atau filler.

Karakteristik Utama

- Penguat berupa partikel: bisa bulat, tak beraturan, pipih, atau bersudut.
- Distribusi penguat bisa homogen (merata) atau heterogen (tidak rata).
- Ikatan matriks–partikel sangat menentukan sifat mekanik komposit.
- Tidak memberi arah kekuatan spesifik → sifat mekanik cenderung isotropis (sama ke segala arah).

Jenis-Jenis Komposit Partikel

1. Partikel besar (large particle composite)
 - Partikel berukuran mikrometer hingga milimeter.
 - Contoh: beton (semen sebagai matriks, kerikil/pasir sebagai partikel).
2. Partikel kecil (dispersion-strengthened composite)
 - Partikel sangat halus (nano hingga mikrometer kecil).
 - Meningkatkan kekuatan dan ketahanan aus.
 - Contoh: polimer dengan penguat nano-silika.
3. Komposit matriks polimer dengan filler mineral/abu
 - Misalnya: HDPE + abu boiler, karet alam + silika, epoxy + CaCO_3 .

Kelebihan Komposit Partikel

- Murah → partikel (filler) biasanya berasal dari mineral alam, abu industri, atau limbah.
- Meningkatkan sifat mekanik tertentu → kekerasan, ketahanan aus, dan stabilitas termal.
- Lebih mudah diproses dibanding serat panjang.
- Ramah lingkungan bila menggunakan limbah sebagai filler (contoh: abu boiler, abu sekam padi, fly ash).

Kekurangan

- Tidak sekuat komposit serat (khususnya dalam menahan tarik).
- Kadang terjadi agglomerasi (penggumpalan partikel) → distribusi tidak merata.
- Ikatan matriks–partikel sering lemah, sehingga mudah terlepas saat diberi beban.

Contoh Aplikasi

1. Konstruksi → beton, bata ringan, panel bangunan.
2. Industri otomotif → kampas rem (resin + serbuk logam), komponen mesin.
3. Industri plastik → HDPE dengan filler abu boiler untuk meningkatkan kekakuan.
4. Industri keramik & logam → alumina diperkuat partikel zirkonia, paduan logam dengan SiC.

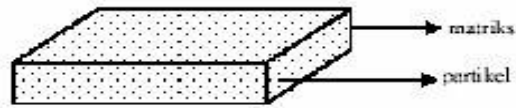
Contoh Kasus: HDPE + Abu Boiler

Dalam penelitian polimer, High Density Polyethylene (HDPE) dapat dicampur dengan abu boiler sebagai partikel penguat.

- HDPE → matriks, memberi sifat ringan, tahan korosi.
- Abu boiler → filler partikel, kaya mineral (SiO_2 , CaO , Al_2O_3) yang menambah kekakuan dan kekuatan.
- Hasilnya: komposit partikel yang lebih kuat, kaku, dan ramah lingkungan.

Kesimpulan:

Komposit partikel adalah komposit yang menggunakan butiran partikel sebagai penguat dalam matriks. Material ini banyak digunakan karena murah, mudah diproduksi, dan dapat meningkatkan sifat mekanik tertentu, meski tidak sekuat komposit serat.



Gambar 3. Particulate Composite

Gambar 2. 7 Komposit Partikel

2.2.2 Faktor yang mempengaruhi kinerja komposit

Faktor yang mempengaruhi kinerja komposit berdasarkan factor penguat penyusun maupun matrik nya, antara lain:

1. Faktor Serat

Faktor serat adalah suatu bahan pengisi matrik yang digunakan dalam memperbaiki sifat dan struktur matrik yang tidak dimilikinya, serat juga diharapkan mampu menjadi bahan penguat matrik pada komposit untuk menahan gaya yang terjadi.

2. Letak Serat

Penentu kekuatan mekanik komposit terletak pada letak dan arah serat dalam matrik yang akan mempengaruhi kinerja suatu komposit.

3. Panjang Serat

Serat pada pembuatan komposit serat matrik sangat berpengaruh terhadap kekuatan komposit tersebut. Penggunaan serat dalam campuran komposit, terdiri dari dua jenis yaitu serat pendek dan serat panjang. Serat yang panjang lebih kuat dibandingkan serat yang pendek. Serat alam jika dibandingkan serat sintetis mempunyai panjang dan diameter yang tidak seragam pada setiap jenisnya. Oleh karena itu, panjang dan diameter serat sangat berpengaruh pada kekuatan maupun modulus komposit. Panjang serat berbanding diameter serat sering disebut dengan istilah aspect ratio. Serat panjang (*continuous fiber*) lebih efisien dalam peletakkannya daripada serat pendek. Akan tetapi, serat pendek lebih mudah peletakkannya dibandingkan serat panjang. Panjang serat mempengaruhi kemampuan proses dari komposisi serat.

4. Faktor Dinamis

Fungsi matrik dalam komposit adalah pengikat serat menjadi sebuah unit struktur, melindungi dari kerusakan eksternal, meneruskan atau memindahkan beban eksternal pada bidang geser antara serat dan matrik sehingga matrik dan serat saling berhubungan.

5. Katalis

Katalis digunakan untuk membantu proses pengeringan (curing) pada bahan matrik suatu komposit. Penggunaan katalis yang berlebihan akan semakin mempercepat proses laju pengeringan tetapi akan menyebabkan bahan komposit yang dihasilkan getas.

2.2.3 Kelebihan dan Kekurangan Bahan Komposit

Bandingkan dengan komponen material logam dan lainnya, material komposit memiliki kelebihan dan kekurangan yang

Tabel 2. 1 Kelebihan dan Kekurangan material komposit

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Lebih tahan korosi	Biaya bertambah untuk bahan baku dan fabrikasi
2	Rasio antara kekuatan atau rasio kekakuan dengan berat tinggi	Kekerasan rendah
3	Berat berkurang	Sifat-sifat bidang melintang
4	Sifat-sifat yang mampu beradaptasi, kekuatan atau kekakuan dapat beradaptasi terhadap pengaturan beban	Matrik dapat menimbulkan degradasi lingkungan
5	Kehilangan sebagian sifat dasar material	Sulit dalam mengikat
6	Ongkos manufaktur rendah	Analisa sifat-sifat fisik dan mekanik untuk efisiensi damping tidak mencapai consensus
7	Konduktivitas termal atau konduktivitas listrik meningkat atau menurun	

2.3 Serat

Serat berfungsi sebagai penguat dalam komposit, serat dicirikan oleh modulus dan kekuatannya yang sangat tinggi, elongasi (daya rentang) yang baik, stabilitas panas yang baik, spinabilitas (kemampuan untuk diubah menjadi filament-filament) dan sejumlah sifat-sifat lain yang bergantung pada pemakaian dalam tekstil, kawat, tali, kabel dan lain lain (Steve Malcolm P, 2001).

Serat yang digunakan sangat mempengaruhi tinggi rendahnya kekuatan komposit, karena tegangan yang diterima oleh komposit mulanya diterima dahulu oleh matriks dan akan didistribusikan pada serat, sehingga serat akan menahan beban sampai beban maksimum. Oleh sebab itu serat harus memiliki modulus elastisitas dan tegangan tarik yang lebih tinggi dari pada matriks penyusun kompositnya (Arif Rachman, Tahar, 2018)

Serat pada material komposit bekerja sebagai bahan utama yang menahan beban, sehingga besar kecilnya kekuatan bahan komposit sangat tergantung dari kekuatan serat pembentuknya. Semakin kecil bahan atau diameter serat yang mendekati kristal, maka semakin kuat bahan tersebut karena minimnya cacat pada material. Fiber (serat) merupakan suatu macam bahan berupa potongan” komponen yang akan membentuk rangkaian memanjang yang utuh (Gunari & Tri, 2022)

2.3.1 Macam-macam Serat

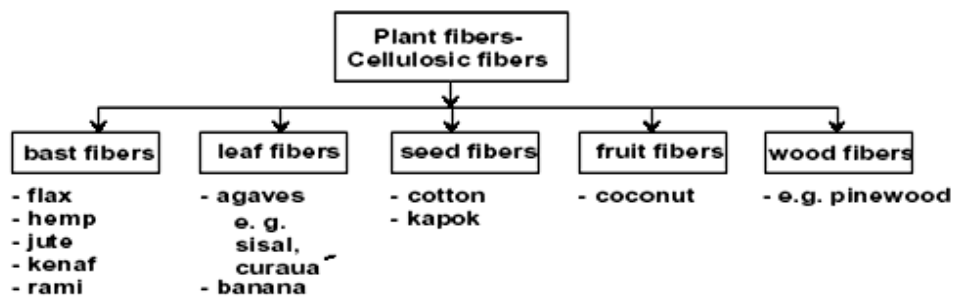
Fiber (serat) merupakan suatu macam bahan berupa potongan” komponen yang akan membentuk rangkaian memanjang yang utuh. Berdasarkan jenisnya, serat penguat untuk komposit dapat dibedakan menjadi 2, yaitu:

- a. Natural fiber (Serat alami), merupakan serat penguat untuk material komposit yang merupakan serat alami dari hasil alam. Serat alam dapat berasal dari hewan walaupun pada umumnya kebanyakan berasal dari tumbuh”. Contoh: bulu domba (hewan), serat rami dan serat kelapa sawit (tumbuhan) dan masih banyak lagi.
- b. Sintetic fiber (Serat buatan), merupakan serat penguat untuk material komposit yang dibuat dari bahan” kimia. Contohnya: fiber glass (serat gelas), fiber optic (serat optik), polyester fiber (serat poliester) dan lain”.

2.3.2 Serat Sintetis dan Serat Alam

Serat sintetis dan serat alam banyak klasifikasinya. Serat alam yang sering digunakan dalam komposit adalah serat pisang, serat kapas, serat wol , serat nanas, serat kelapa sawit, serat rami dan serat sabut kelapa. Sedangkan serat sintetis seperti Serat nilon, serat gelas, serat akril dan serat rayon. Serat alam adalah serat yang banyak diperoleh dari alam, yang berasal dari tumbuh-tumbuhan seperti serat pisang, serat kelapa, serat bamboo, serat nanas dan lain-lain (Wijono et al., 2011).

Saat ini serat alam mulai banyak digunakan para ahli material komposit, karena serat alam memiliki kekuatan spesifik yang tinggi, karena serat alami memiliki massa jenis ang rendah dan juga serat alam mudah diperoleh dan serat alam merupakan sumber daya alam yang dapat di olah kembali harga relative murah dan tidak beracun. Serat alam sabut kelapa, serat nanas, serat jerami merupakan hasil alam yang tumbuh di Indonesia (Gunari & Tri, 2022)



Gambar 2. 8 Klasifikasi serat tumbuhan

2.4. Karet Alam

Hasil utam dari pohon karet adalah lateks yang dapat dijual/diperdagangkan oleh masyarakat berupa lateks segar, slab/koagulasi ataupun sit asap atau sit angin. Selanjutnya produk tersebut sebagai bahan baku pabrik *crumb rubber*/karet remah yang menghasilkan bahan baku untuk berbagai industry hilir seperti ban,sepatu karet,sarung tangan dan lainsebagainya. Hasil sampingan dari pohon kayu karet adalah kayu karet yang berasal dari kegiatan rehabilitasi kebun atau peremajaan kebun karet yang tua yang dikaitkan dengan penanaman karet baru lagi. (Harahap & Segoro, 2018)

2.5. Serat Alam

Pemanfaatan serat alam baik dari segi teknis maupun sebagai produk pertanian non-pangan telah lama dikembangkan. Meskipun pemanfaatan serat alam sebagai penguat sempat mengalami penurunan setelah dikembangkannya serat sintetis, namun kembali memainkan peranan utama dalam pengembangan serat dengan adanya perubahan ke arah penggunaan bahan alam yang berbasis ekonomi sebagai konsekuensi dari Kyoto Protocol terhadap perubahan iklim global (Wijono et al., 2011).

Terdapat beberapa alasan menggunakan serat alam sebagai penguat komposit, menurut (Chandrabakty, 2011), sebagai berikut:

- a. Lebih Ramah Lingkungan dan biodegradable, dibandingkan serat sintetis. Berat Jenis Serat alam lebih kecil.
- b. Pada beberapa jenis serat alam mempunyai rasio berat-modulus lebih baik serat E-glass.
- c. Komposit serat alam mempunyai daya redam akustik lebih tinggi dibanding komposit serat glass dan serat karbon dan,
- d. Serat alam lebih ekonomis dibanding serat glass dan serat karbon.

2.5.1 Kelapa Sawit

Kelapa sawit merupakan produk pertanian yang strategis sebagai sumber minyak nabati, dengan produksi 4,09 ton perhektar pertahun. Produktivitas yang tinggi menjadikan kelapa sawit kompetitif sebagai alternatif minyak yang dapat digunakan oleh industri makanan, kosmetik, produk kesehatan, biofuel dan biodiesel. Potensi kelapa sawit mendorong Indonesia memperluas area perkebunan kelapa sawit. Sejak 1980, industri kelapa sawit di Indonesia tumbuh sekitar 10% pertahun. Kelapa sawit adalah penghasil minyak nabati yang paling efisien dan banyak tumbuh di daerah tropis (Maryani, 2012)

Kelapa sawit termasuk tanaman yang mempunyai perakaran yang dangkal (akar serabut), sehingga mudah mengalami cekaman kekeringan. Adapun penyebab tanaman mengalami kekeringan diantaranya transpirasi tinggi dan diikuti dengan ketersediaan air tanah yang terbatas pada saat musim kemarau. Untuk mengatasi masalah kekeringan adalah menggunakan bahan tanaman yang toleran dan mampu beradaptasi terhadap cekaman kekeringan. Namun demikian, pemuliaan untuk

mendapatkan bahan tanaman yang toleran membutuhkan waktu 10-20 tahun dengan biaya yang tidak sedikit serta lahan dan investasi lainnya. Masalah lain adalah sukar sekali melaksanakan penelitian lapangan untuk cekaman kekeringan karena interaksi berbagai faktor lingkungan yang sangat kompleks. (Stephanie et al., 2018)

2.6 High Density Polyethylene

HDPE atau High Density Polyethylene merupakan salah satu bahan material plastik yang banyak digunakan untuk pembuatan kemasan berbahan plastik. Dikutip dari laman internasional Kompas bahwa berdasarkan data dari ScienceMag, jumlah produksi sampah plastik global sejak 1950 hingga 2015 cenderung selalu menunjukkan peningkatan. Pada tahun 1950, produksi sampah dunia ada di angka 2 juta ton per tahun. Kemudian pada 2015 produksi sampah sudah ada di angka 381 juta ton.

High-density polyethylene (HDPE) adalah polietilena termoplastik yang terbuat dari minyak bumi. Kadang-kadang disebut "alkathene" atau "polythene" bila digunakan untuk pipa. Dengan rasio kekuatan-ke-kerapatan tinggi, HDPE digunakan dalam produksi botol plastik, pipa tahan korosi, geomembran, dan kayu plastik (Supriyanto et al., 2019)

BAB 3

METODOLOGI

3.1. Tempat Dan Waktu

3.1.1. Tempat penelitian

Tempat pembuatan dan pengujian bahan pipa komposit hdpe yang diblendingdengan karet alam dengan pengisi abu boiler dengan dilaksanakan di Laboratorium Teknik Mesin UMSU Jl. Muchtar Basri, Kota Medan. Sumatera Utara.

3.1.2. Waktu

Waktu pelaksanaan pengujian tersebut dalam penelitian ini dimulai Ketika bahan pengujian ini telah disetujui oleh dosen pembimbing dan sampai dinyatakan selesai.

Tabel 3. 1 Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur						
2	Pembuatan Spesimen untuk pengujian Fourier Transform Infra Red dan						
3	Pembimbingan						
4	Pengambilan Data dan Analisis						
5	Hasil dan Pembahasan						

3.2. Bahan dan Alat

3.2.1. Alat yang digunakan

1.Mesin Fourier Transform Infra Red



Gambar 3. 1 Mesin Fourier Transform Infra Red

2. Cetakan Spesimen Uji Tarik

Alat ini digunakan untuk membuat spesimen pengujian tarik, cetakan ini memiliki ukuran sesuai dengan ASTM E8/E8M – 13a seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3. 2 Cetakan Spesimen Uji Tarik

3. Pengaduk

Alat ini digunakan sebagai pengaduk untuk meratakan campuran antara resin, katalis dan serat tandan kosong kelapa sawit yang digunakan sebagai bahan pada penelitian seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.3 Pengaduk

4. *Mirror Glaze*

Wax ini sepiantas mirip mentega / keju ketika masih di dalam wadahnya. Berfungsi sebagai pelicin pada tahap pencetakan agar resin tidak menempel pada cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.6



Gambar 3. 4 *Mirror glaze*

5. Kuas

Kuas ini digunakan sebagai alat untuk menempelkan wax atau anti lengket pada permukaan cetakan seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3. 5 Kuas

8. Timbangan Digital

Alat ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur berat serat dan resin yang akan digunakan sebagai bahan pada penelitian ini seperti yang terlihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.6 Timbangan Digital

3.2.2 Bahan Yang Digunakan

8. Abu Boiler

Serat ini digunakan sebagai penguat pada matrik komposisi terlihat pada gambar 3.9



Gambar 3.7 Abu boiler

9. Plastik Hdpe

Bahan ini digunakan sebagai bahan utama pada komposisi untuk pengujian specimen tarik dan impact terlihat pada gambar 3.10



Gambar 3.8 Bahan plastik hdpe

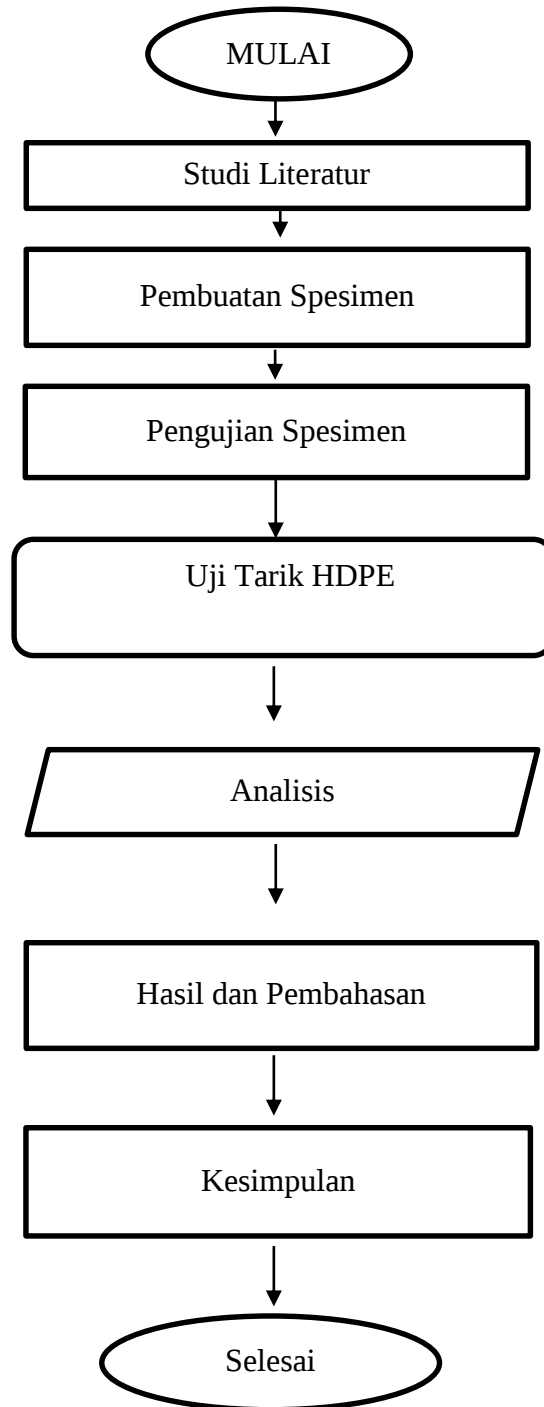
10. Karet Alam

Bahan ini digunakan sebagai campuran bahan plastic hdpe untuk pengujian specimen dengan pengujian tarik dan impact terlihat pada gambar 3.10



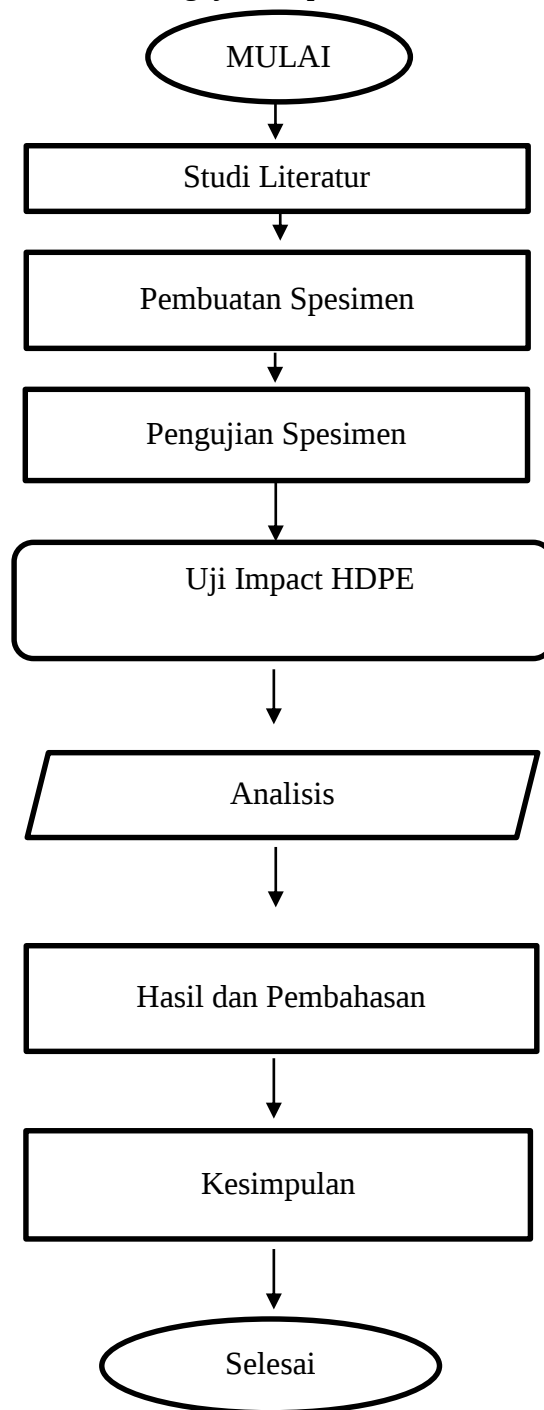
Gambar 3. 9 Bahan karet alam

3.3 Bagan Alir Penelitian Pengujian Tarik



Gambar 3. 10 Bagan alir penelitian

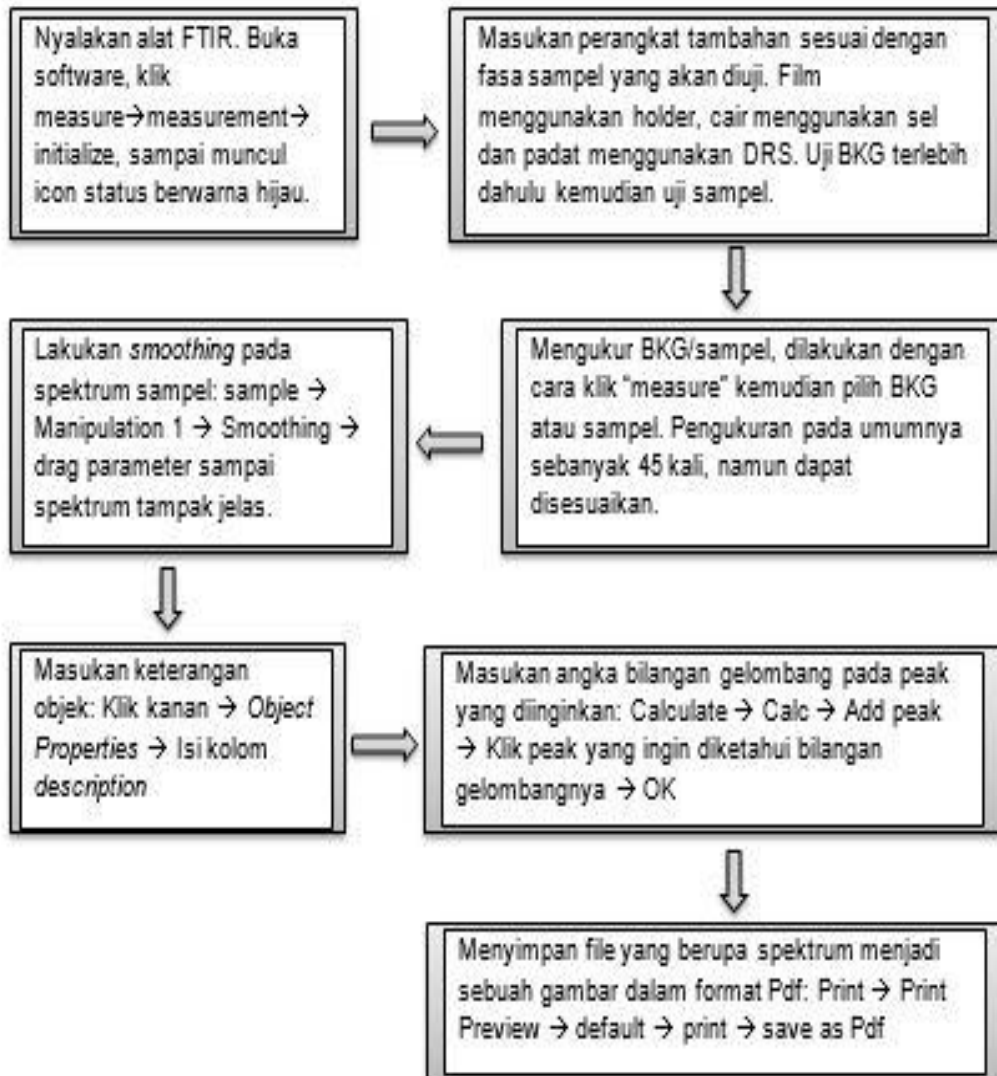
3.4 Bagan Alir Alir Penelitian Pengujian Impact



Gambar 3. 11 Bagan alir penelitian

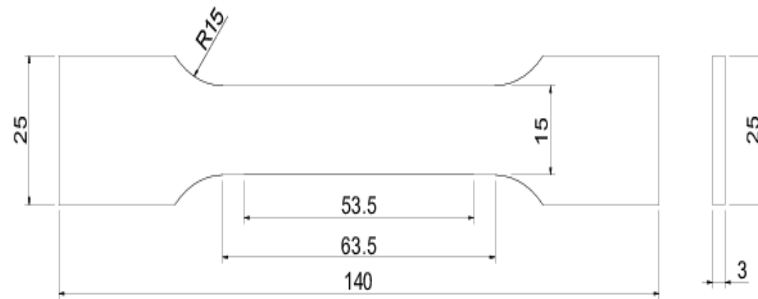
3.5 Alir Penelitian Pengujian Uji Ftir

DIAGRAM ALIR



Gambar 3. 12 Bagan alir penelitian

3.6 Spesimen Uji



Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1 Mempersiapkan bahan yang akan digunakan untuk membuat specimen pengujian berbahan komposit seperti hdpe, karet alam dan abu boiler, timbangan digital, dan lain-lain
- 2 Menimbang berat hdpe , karet alam dan abu boiler untuk mendapatkan perbandingan yang diinginkan
- 3 Mencampur hdpe , karet alam dicampur dan kemudia dipanaskan serta ditambahkan abu boiler
- 4 Melapisi seluruh permukaan cetakan yang akan dibuat sebagai cetakan dengan bahan yang telah dibuat menggunakan kuas
1. Membuat sampel pertama bahan specimen sebagai bahan pengujian tarik dan impact dengan perbandingan hdpe 90%, karet alam 7%, dan abu boiler 3%
2. Membuat sampel kedua bahan specimen sebagai bahan pengujian tarik dan impact dengan perbandingan hdpe 80%, karet alam 15%, dan abu boiler 5%
3. Membuat sampel ketiga bahan specimen sebagai bahan pengujian tarik dan impact dengan perbandingan hdpe 70%, karet alam 25%, dan abu boiler 5%
4. Selesai

BAB 4

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan spesimen komposit untuk pengujian tarik dengan standar ukuran dan bentuk menurut ASTM D638 dan memiliki ukuran panjang 200 mm, lebar 10 mm, dan tebal 4 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 22 Spesimen uji tarik

2. Mempersiapkan spesimen komposit untuk pengujian *impact* dengan standar ISO 179 Charpy dan memiliki ukuran panjang 200 mm, lebar 10 mm, dan tebal 4 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 23 Spesimen uji impact

4.2 Prosedur Pembuatan

A. Uji Tarik Karet Alam (Elastomer Komposit)

1. Standar Acuan

Uji tarik dilakukan berdasarkan ASTM D638 dan ISO 37: Rubber, Vulcanized or Thermoplastic – Determination of Tensile Stress-Strain Properties.

2. Bentuk Spesimen

Spesimen berbentuk dumbbell (anjing tulang) sesuai standar.

3. Proses Pembuatan Spesimen Uji Tarik

a. Persiapan Material

Komposit karet alam yang telah dibuat dipersiapkan untuk proses pencetakan. Komposisi campuran harus homogen agar spesimen memiliki sifat mekanik yang merata.

b. Pencetakan Spesimen

Campuran material dimasukkan ke dalam cetakan dumbbell sesuai standar ASTM/ISO, kemudian dipanaskan/ditekan sesuai proses vulkanisasi atau metode pencetakan yang digunakan. Setelah proses selesai, spesimen dikeluarkan dari cetakan.

c. Penyimpanan

Spesimen hasil cetakan disimpan pada suhu ruang, terhindar dari sinar matahari langsung dan kelembapan berlebih, hingga siap diuji.

B. Uji Tekan Karet Alam (Elastomer Komposit)

1. Standar Acuan

Uji tekan mengacu pada ASTM D575 – Standard Test Methods for Rubber Properties in Compression.

2. Bentuk Spesimen

Spesimen berbentuk silinder dengan dimensi sesuai ketentuan standar.

3. Proses Pembuatan Spesimen Uji Tekan

a. Persiapan Material

Komposit karet alam dengan komposisi yang telah ditentukan dipersiapkan untuk proses pencetakan.

b. Pencetakan Spesimen

Campuran material dituangkan atau dimasukkan ke dalam cetakan silinder sesuai ukuran standar. Proses pencetakan dilakukan menggunakan tekanan dan suhu 180 – 220 °C tertentu hingga spesimen terbentuk sempurna. Setelah selesai, spesimen dikeluarkan dari cetakan dengan hati-hati.

c. Penyimpanan

Spesimen disimpan di tempat kering dengan suhu ruang yang stabil, jauh dari kelembapan dan sinar matahari langsung, untuk menjaga kondisi material sebelum dilakukan pengujian.

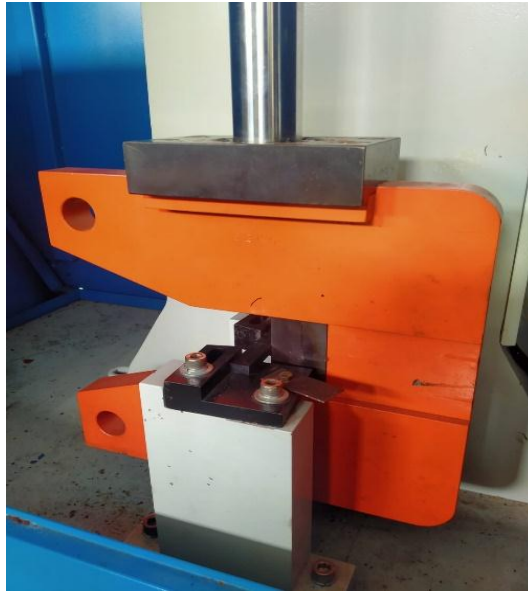
4.3 Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan mesin uji tarik dan perlengkapannya seperti terlihat yang pada gambar 4.3



Gambar 4.24 Alat uji tarik

2. Mempersiapkan mesin uji impact dan perlengkapannya seperti terlihat yang pada gambar 4.4



Gambar 4. 25 Alat uji impact

3. Mempersiapkan cekam (*Jig*) sebagai alat untuk mengikat spesimen seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4. 26 Cekam

4. Mempersiapkan cetakan spesimen sebagai alat untuk mencetak spesimen seperti yang terlihat pada gambar 4.6



Gambar 4. 27 Cetakan Spesimen

5. Melakukan pengujian tarik terhadap spesimen komposit menggunakan mesin uji tarik (*Uniersal Testing Material*) seperti yang terlihat pada gambar 4.7



Gambar 4. 28 Pengujian tarik

6. Melakukan pengujian *impact* terhadap spesimen komposit menggunakan mesin uji impact seperti yang terlihat pada gambar 4.8



Gambar 4. 29 Pengujian impact

4.4 Hasil Pengujian Uji Tarik

Pada bab ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang di peroleh. Data yang akan ditampilkan meliputi data hasil pengujian spesimen yang akan diuji menggunakan mesin uji tarik dan 3 spesimen dengan perbandingan hasil tegangan dan regangan yang berbeda seperti terlihat pada tabel 4.1

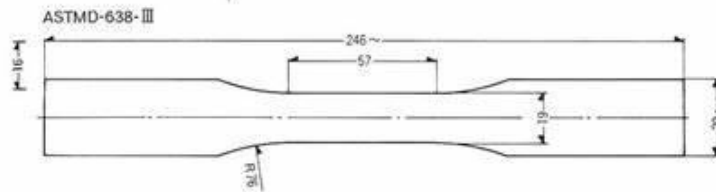
Tabel 4. 1 Hasil pengujian tarik

No	Spesimen	Luas penampang (mm)	Gaya (kgf)	Tebal (cm)	Tegangan (Kgf/mm ²)	Regangan (mm)	Modulus Elastisitas (Mpa)
1	90:10	32	506,6	0.89	17,519	0,188	93,186
2	80:20	32	452,53	0.83	14,142	0,179	79,005
3	70:30	32	208,2	0.87	6,506	0,144	45,180

Sebagai pengujian spesimen untuk mengetahui kekuatan dari uji tarik, spesimen akan diuji menggunakan campuran hdpe , karet alam dan abu boiler. Uji tarik pada plastik menurut ASTM D638 membantu menentukan sifat mekanik penting, termasuk tegangan tarik, regangan, modulus tarik, dan kekuatan tarik saat

putus. Standar ASTM D638 tidak identik dengan mitranya ISO 527-1. Standar ini berbeda dalam banyak aspek, termasuk bentuk dan dimensi spesimen, definisi hasil pengujian, dan prosedur pengujian itu sendiri. gambar dapat dilihat pada gambar 4.9

ASTM D638 Type III



Gambar 4. 30 Bentuk spesimen uji tarik

Berikut adalah spesimen dari pengujian tarik dengan bahan hdpe di campur dengan serat alam dan penguat abu boiler seperti pada gambar 4.10



Gambar 4. 31 Hasil patahan pengujian tarik

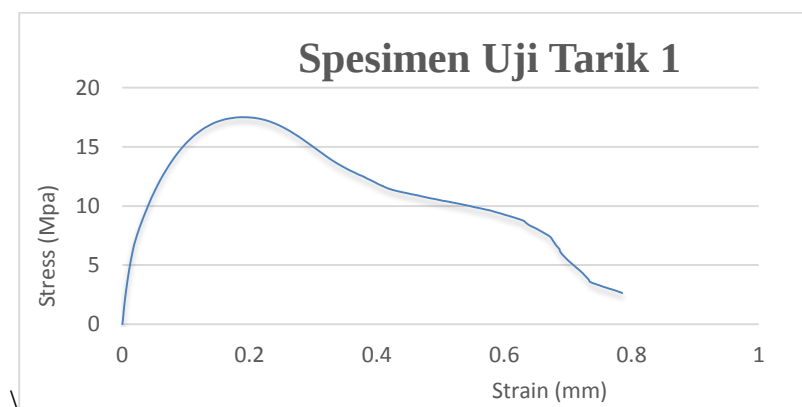
Pengujian tarik menggunakan spesimen komposit campuran hdpe serat alam dan abu boiler ini dilakukan dengan menggunakan tiga jenis variasi campuran yang berbeda. Variasi campuran terdiri dari 90% hdpe dan 7% karet alam, 3% abu boiler kemudian 80% hdpe dan 15% karet alam, 5% abu boiler dan 70% karet alam 25% karet alam, 5% abu boiler. Masing-masing campuran memiliki tiga buah spesimen yang diuji. Hasil pengujian dari spesimen yang telah diuji dapat dilihat pada gambar 4.11



Gambar 4. 32 Spesimen uji tarik

4.5 Grafik Tegangan Regangan Uji Tarik

Setelah pengujian tarik dilakukan berikut adalah hasil grafik dari variasi komposit 90% hdpe : 7% karet alam dan 3% abu boiler, dapat dilihat pada gambar 4.12



Gambar 4. 33 Grafik uji tarik specimen uji tarik 1

Pada perbandingan 90% hdpe, 7% karet alam dan 3% abu boiler spesimen mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan dari spesimen, Terlihat pada spesimen dengan nilai tegangan yang dihasilkan sebesar 17,519 Mpa dengan regangan sebesar 0,188mm

Hasil data yang diketahui campuran 90% hdpe ; 7% karet alam 3% abu boiler

$$L_0 = \text{Panjang ukur awal} = 200 \text{ mm}$$

$$L_I = \text{Panjang ukur sesudah pengujian} = 237,700 \text{ mm}$$

$$P = \text{Tebal} = 4 \text{ mm}$$

$$L = \text{Lebar} = 8 \text{ mm}$$

$$F = \text{Gaya (maximum force)} = 560,6 \text{ Kgf}$$

Hasil data spesimen uji statis berbahan komposit, maka di dapatkan hasil berikut ini:

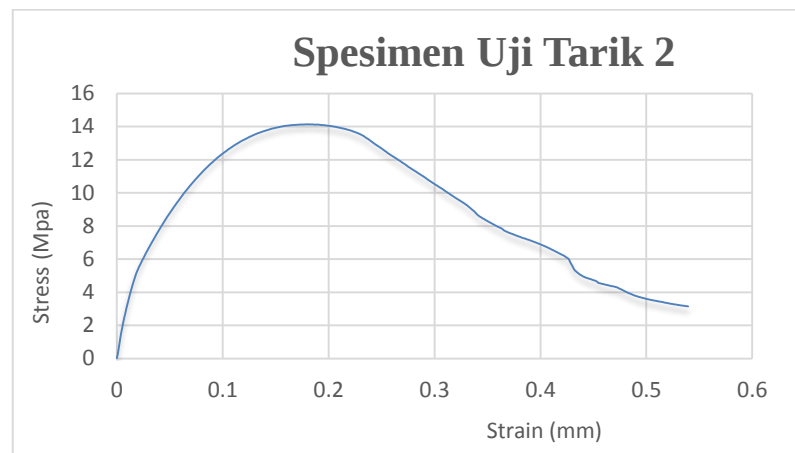
$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang } A &= P.L \\ &= 4 \text{ mm} . 8 \text{ mm} \\ &= 32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan: } \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{560,6 \text{ Kgf}}{32 \text{ mm}} \\ &= 17,519 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Regangan: } \varepsilon &= \frac{L_I - L_O}{L_O} \\ \varepsilon &= \frac{237,700 - 200}{200} \\ &= 0.188 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Modulus elastis: } E &= \frac{\sigma}{\varepsilon} \\ &= \frac{17,519 \text{ Kgf/mm}}{0,188 \text{ mm}} \\ &= 93,186 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

Setelah pengujian tarik dilakukan berikut adalah hasil grafik dari variasi komposit 80% hdpe : 15% karet alam dan 5% abu boiler dapat dilihat pada gambar 4.13



Gambar 4. 34 Grafik uji tarik specimen uji tarik 2

Pada grafik spesimen 1 campuran 80% hdpe dan 15% karet alam, 5% abu boiler spesimen mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan dari spesimen, Terlihat pada spesimen dengan nilai tegangan yang dihasilkan sebesar 14,142 Mpa dengan regangan sebesar 0,179mm.

Hasil data yang diketahui campuran 80% hdpe : 15% karet alam dan 5% abu boiler:

$$L_0 = \text{Panjang ukur awal} = 200 \text{ mm}$$

$$L_I = \text{Panjang ukur sesudah pengujian} = 235,800 \text{ mm}$$

$$P = \text{Tebal} = 4 \text{ mm}$$

$$L = \text{Lebar} = 8 \text{ mm}$$

$$F = \text{Gaya (maximum force)} = 452,53 \text{ Kgf}$$

Hasil data spesimen uji statis berbahan komposit, maka di dapatkan hasil berikut ini:

$$\text{Luas Penampang } A = P \cdot L$$

$$= 4 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm}$$

$$= 32 \text{ mm}^2$$

Tegangan:
$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$= \frac{452,53 \text{ Kgf}}{32 \text{ mm}}$$

$$= 14,142 \text{ Mpa}$$

Regangan:
$$\varepsilon = \frac{L_I - L_O}{L_O}$$

$$\varepsilon = \frac{235,800 - 200}{200}$$

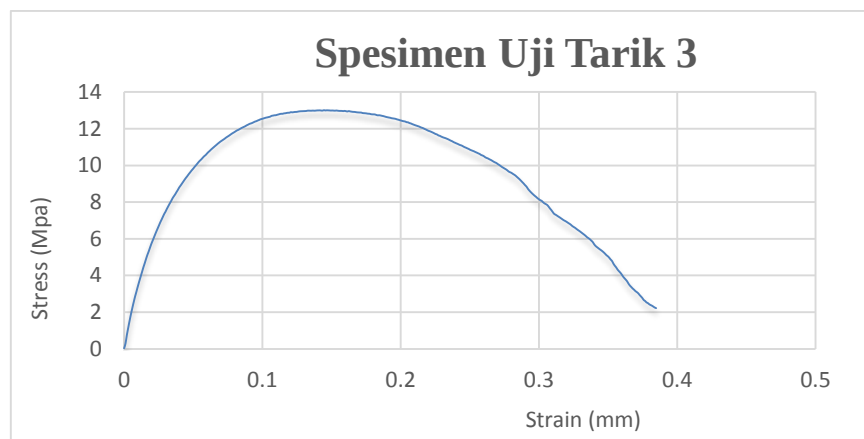
$$= 0.179 \text{ mm}$$

Modulus elastis:
$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$$

$$= \frac{14,142 \text{ Kgf/mm}}{0,179 \text{ mm}}$$

$$= 79,005 \text{ Mpa}$$

Setelah pengujian tarik dilakukan berikut adalah hasil grafik dari variasi komposit 70% hdpe : 25% dan 5% abu boiler dapat dilihat pada gambar 4.14



Gambar 4. 35 Grafik uji tarik specimen uji tarik 3

Pada perbandingan 70% hdpe dan 25% karet alam dan 5% abu boiler spesimen mendapatkan grafik tegangan dan regangan yang dihasilkan dari

spesimen, Terlihat pada spesimen dengan nilai tegangan yang dihasilkan sebesar 6,506 Mpa dengan regangan sebesar 0,144mm

Hasil data yang diketahui campuran 70% hdpe : 25% karet alam dan 5% abu boiler:

$$L_0 = \text{Panjang ukur awal} = 200 \text{ mm}$$

$$L_I = \text{Panjang ukur sesudah pengujian} = 208,200 \text{ mm}$$

$$P = \text{Tebal} = 4 \text{ mm}$$

$$L = \text{Lebar} = 8 \text{ mm}$$

$$F = \text{Gaya (maximum force)} = 208,2 \text{ Kgf}$$

Hasil data spesimen uji statis berbahan komposit, maka di dapatkan hasil berikut ini:

$$\begin{aligned} \text{Luas Penampang } A &= P \cdot L \\ &= 4 \text{ mm} \cdot 8 \text{ mm} \\ &= 32 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Tegangan: } \sigma &= \frac{F}{A} \\ &= \frac{208,2 \text{ Kgf}}{32 \text{ mm}} \\ &= 6,506 \text{ Mpa} \end{aligned}$$

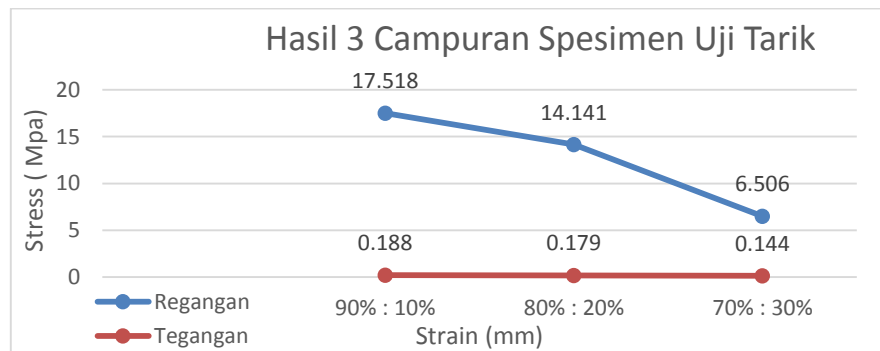
$$\begin{aligned} \text{Regangan: } \varepsilon &= \frac{L_I - L_0}{L_0} \\ \varepsilon &= \frac{208,200 - 200}{200} \\ &= 0.144 \text{ mm} \end{aligned}$$

Modulus elastis: $E = \frac{\sigma}{\varepsilon}$

$$= \frac{6,506 \text{ Kgf/mm}}{0,144 \text{ mm}}$$

$$= 45,180 \text{ Mpa}$$

Setelah pengujian tarik 3 spesimen dilakukan berikut adalah hasil grafik dari campuran 3 variasi seperti 90% hdpe : 7% karet alam dan 5% abu boiler, 80% hdpe : 15% karet alam dan 5% abu boiler, 70% hdpe : 25% karet alam dan 5% abu boiler, dapat dilihat pada gambar 4.15



Gambar 4. 36 Grafik hasil uji tarik campuran 3 spesimen

Grafik menunjukkan perbandingan dari ketiga variasi campuran yang telah dilakukan, nilai terbesar dari pengujian yang telah dilakukan terdapat pada campuran 90% hdpe, 7% karet alam dan 3% abu boiler pada spesimen dengan nilai tegangan 17,519 Mpa dan nilai regangannya 0,188mm.

4.6 Hasil Pengujian *Impact*

Spesimen uji impact berfungsi sebagai bahan yang akan dilakukan pengujian *impact* untuk dapat mengetahui kekuatan suatu bahan, spesimen komposit ini menggunakan hdpe dan karet alam dan penguat abu boiler terlihat pada tabel 4.2

Tabel 4. 2 Hasil Pengujian *Impact*

No	Spesimen	Panjang (cm)	Lebar (cm)	Tebal (cm)	Luas (cm ³)
1	90:10	9.71	1.57	0.89	13,57
2	80:20	9.49	1.58	0.83	12,45
3	70:30	9,91	1.58	0.87	13,62

Tabel 4. 3 Hasil pengujian impact II

No	Spesimen	Panjang Pendulum (m)	Berat Pendulum (kg)	Energi Patah (kg.m ²)/s ²	Strength (J/cm ²)
1	90:10	0.86	35	66,71	27,71
2	80:20	0.86	35	126,36	50,83
3	70:30	0.86	35	47,74	19,39

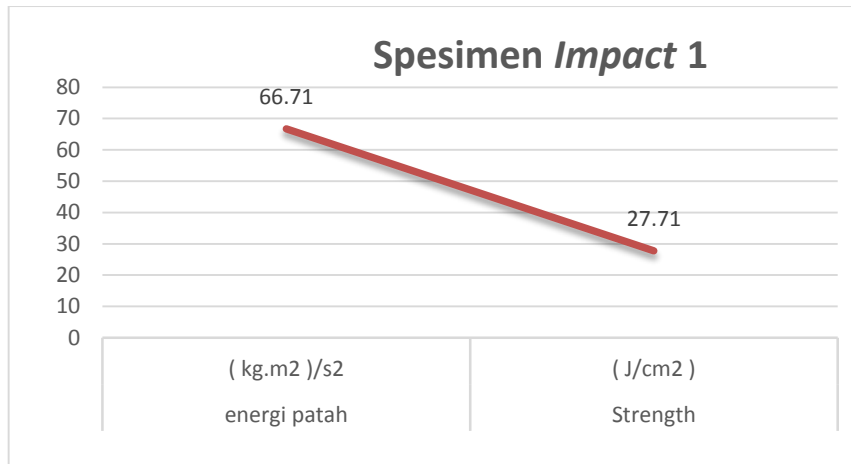
Berikut adalah spesimen dari pengujian *impact* dengan bahan hdpe yang di campur dengan serat alam dan pengisi abu boiler terlihat pada gambar 4.16



Gambar 4. 37 Hasil spesimen impact

4.7 Grafik energi patah dan *strength* pengujian impact

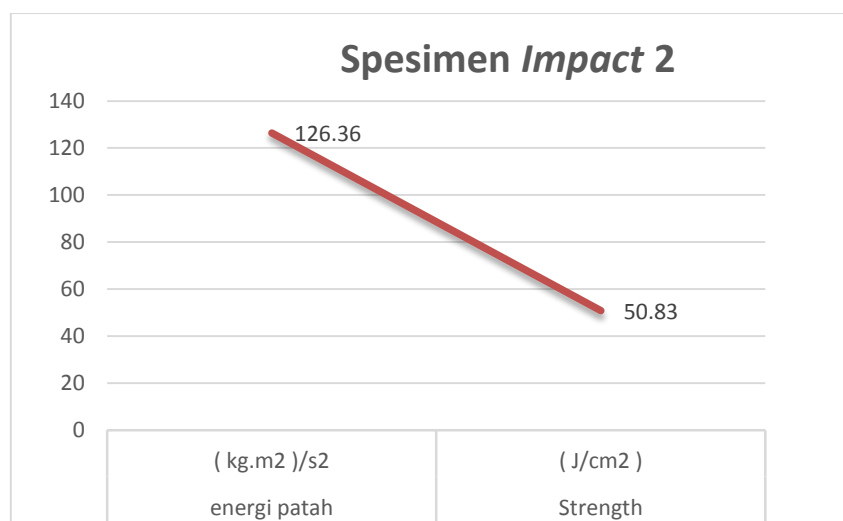
Dibawah ini adalah grafik dari pengujian impact pada bahan komposit terlihat pada gambar 4.17



Gambar 4. 38 Grafik uji impact 90% hdpe :7% karet alam dan 3% abu boiler



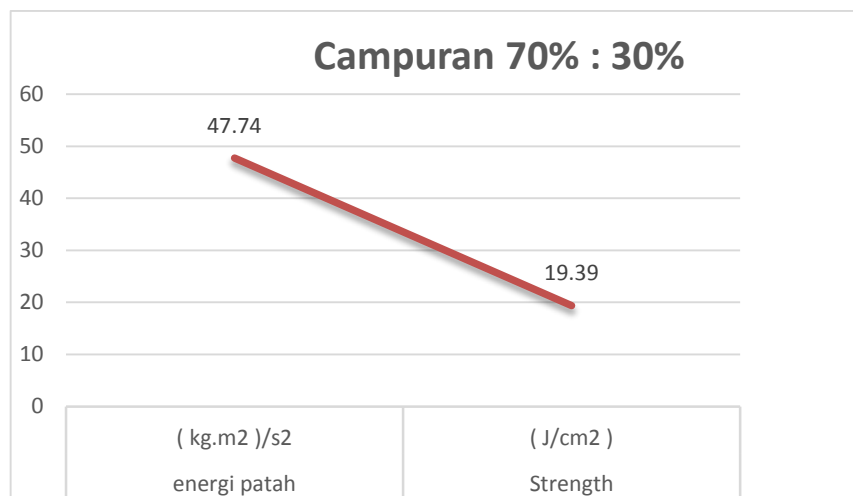
Gambar 4. 39 Hasil patahan spesimen *impact* 1



Gambar 4. 40 Grafik uji impact 80% hdpe : 15% karet alam dan 5% abu boiler



Gambar 4. 41 Hasi patahan spesimen *impact* 2



Gambar 4. 42 uji impact 70% hdpe :25% karet alam dan 5% abu boiler



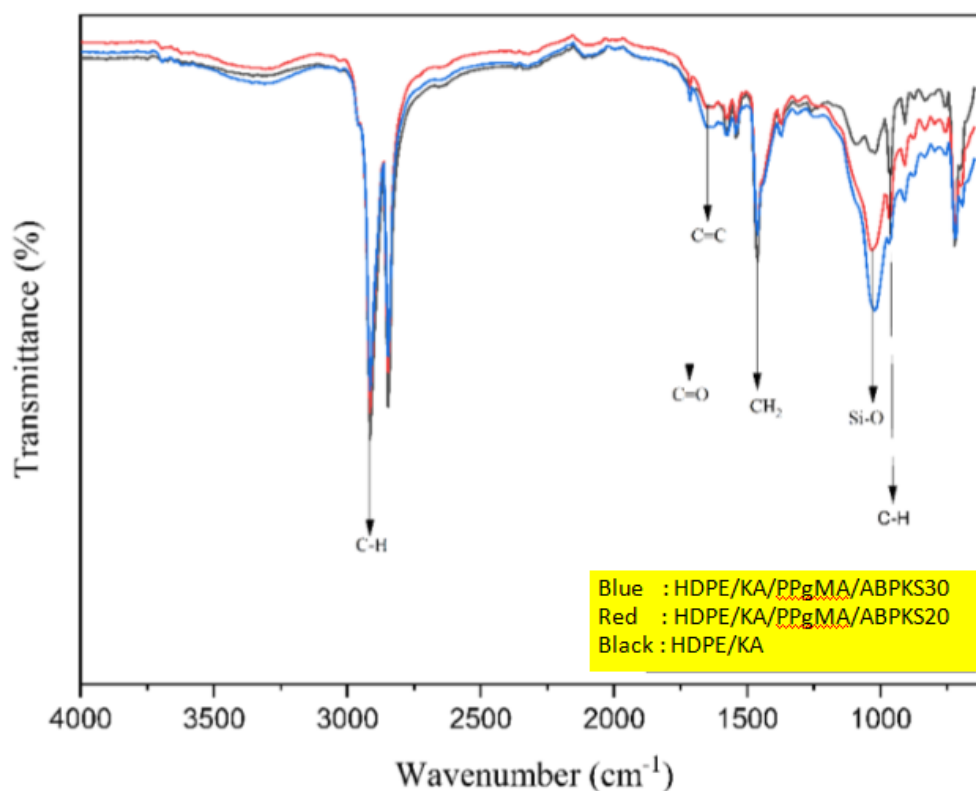
Gambar 4. 43 Hasil patahan spesimen *impact* 3

4.8 Hasil Pengujian Ftir

Hasil Analisa Gugus Fungsi Menggunakan *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR)

Analisa gugus fungsi dengan menggunakan FTIR bertujuan untuk menganalisa struktur, ikatan, dan identifikasi gugus fungsi yang terdapat pada suatu

senyawa berdasarkan serapan dari frekuensi panjang gelombang vibrasi ikatan kimianya. Dalam hal ini dibandingkan spectra FTIR dari sampel HDPE/KA, HDPE/KA/PpgMA/20 dan HDPE/KA/PpgMA/30, Gambar 4.4. Data bilangan gelombang puncak serapan dari FTIR tersebut terlihat pada Table 4.3.



Gambar 4.23 Spectra FTIR dari sampel HDPE/KA (black), HDPE/KA/PpgMA/20 (red) dan HDPE/KA/PpgMA/30 (blue)

Table 4.3 Data bilangan gelombang puncak serapan dari FTIR sampel HDPE/KA, HDPE/KA/PpgMA/20 dan HDPE/KA/PpgMA/30.

Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus fungsi
HDPE/KA	2914	C-H
	1632	C=C
	1461	CH ₂
	969	C-H
HDPE/KA/ PPgMA/ABPKS20	2914	C-H
	1714	C=O
	1640	C=C
	1461	CH ₂
	1036	Si-O
HDPE/KA/ PPgMA/ABPKS30	969	C-H
	2914	C-H
	1714	C=O

1632	C=C
1461	CH ₂
1036	Si-O
969	C-H

Gambar 4.23 dan Tabel 4.3 menunjukkan spektra FTIR puncak serapan pada sampel HDPE/KA, HDPE/KA/PP-g-AM/ABPKS20, dan HDPE/KA/PP-g-AM/ABPKS30 yang memiliki absorpsi karakteristik (cm^{-1}) pada spektrum menunjukkan adanya gugus fungsi C-H *stretch* dengan panjang gelombang 2914 cm^{-1} dan terdapat juga gugus fungsi CH₂ *stretch* dengan panjang gelombang 1461 cm^{-1} , terdapat juga gugus fungsi C=C vibrasi ulur pada panjang gelombang 1632 cm^{-1} dan gugus fungsi *trans* CH *stretch* dengan panjang gelombang 969 cm^{-1} . Terdapat gugus fungsi Si-O *stretch* pada panjang gelombang 1036 cm^{-1} yang tidak ada pada HDPE/KA yang merupakan gugus dari ABPKS, dan gugus fungsi C=O *stretch* pada panjang gelombang 1714 cm^{-1} yang merupakan gugus fungsi karbonil dari anhidrida maleat. Tidak terlihat indikasi reaksi kimia antara gugus maleat dari PPgMA dengan gugus Si-OH dari ABPKS. Mekanisme kompatibilisasi PPgMA terjadi karena interaksi ikatan van der Waals dan ikatan hidrogen gugus maleat pada permukaan filer ABPKS.

4.9 Cara Pembacaan Grafik ftir

1. Lihat sumbu grafik FTIR X-axis (horizontal) $\rightarrow$ Wave number (cm^{-1}) $\rightarrow$ menunjukkan posisi serapan (semakin ke kanan = semakin rendah energi). Y-axis (vertikal) $\rightarrow$ Transmittance (%) $\rightarrow$ makin turun berarti makin banyak cahaya inframerah diserap $\rightarrow$ menandakan adanya ikatan/gugus tertentu.
2. Identifikasi puncak serapan utama Puncak serapan terjadi di titik tertentu (cm^{-1}). Tiap puncak menunjukkan gugus fungsi tertentu: Dari data tabel: 2914 $\text{cm}^{-1} \rightarrow$ C-H *stretch* (umum pada ikatan C-H alifatik / hidrokarbon). 1714 $\text{cm}^{-1} \rightarrow$ C=O *stretch* (menandakan adanya gugus karbonil, misalnya ester, asam, anhidrida). 1632–1640 $\text{cm}^{-1} \rightarrow$ C=C (ikatan rangkap dua). 1461 $\text{cm}^{-1} \rightarrow$ CH₂ *bending* (tekukan). 1036 $\text{cm}^{-1} \rightarrow$ Si-O *stretch* (umumnya dari silika/filler). 969 $\text{cm}^{-1} \rightarrow$ *trans* C-H *stretch* (getaran khas pada polimer tertentu).

3. Bandingkan antar sampel HDPE/KA (hitam): hanya terlihat puncak utama C–H (2914, 1461, 969) dan C=C (1632). HDPE/KA/PPgMA/ABPKS20 (merah): muncul tambahan puncak 1714 cm^{-1} (C=O) dan 1036 cm^{-1} (Si–O) → artinya sudah ada interaksi gugus karbonil dan silika dari filler ABPKS. HDPE/KA/PPgMA/ABPKS30 (biru): pola sama dengan 20%, tapi lebih kuat/tegas serapannya → menunjukkan lebih banyak interaksi dengan gugus maleat dan filler.
4. Interpretasi (arti ilmiahnya) Puncak 1714 cm^{-1} (C=O) → menunjukkan adanya gugus karbonil dari maleat (PPgMA).

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah:

1. Pengujian menggunakan universal testing machine (UTM) menunjukkan hasil dari pengujian tarik dan tekan dengan perbandingan pada masing-masing pengujian sebagai berikut:

- a. Uji tarik

Dari pengujian yang telah dilakukan, pengujian pada uji tarik dengan nilai paling tinggi didapatkan pada spesimen kedua dari campuran 90% hdpe dan 10% karet alam dengan nilai maximum force 560,6 Kgl. tegangan 17,519 Mpa dan regangan 0,049mm.

- b. Uji impact

Dari pengujian yang telah dilakukan, pengujian pada uji impact dengan rata-rata nilai strength = 27,71 (J/cm²) rata-rata energi patah dari spesimen 90%: 10% = 66,71 (kg.m²)/s²

Dari pengujian yang telah dilakukan, pengujian pada uji impact dengan rata-rata nilai strength = 50,83 (J/cm²) rata-rata energi patah dari spesimen 80%: 10% = 126,36 (kg.m²)/s²

Dari pengujian yang telah dilakukan, pengujian pada uji impact dengan rata-rata nilai strength = 19,39 (Jiem') rata-rata energi patah dari spesimen 70%: 30% = 47,74 (kg.m²)/s² Uji fitr

Secara keseluruhan, FTIR adalah metode analisis yang efektif untuk identifikasi senyawa kimia melalui pola serapan cahaya inframerah, dengan aplikasi luas di

berbagai industri dan kelebihan dalam kecepatan, akurasi, serta sifat non-destruktifnya.

5.2 Saran

Adapun saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Saat sedang melakukan pengujian alat prosedur dan segi penggunaan alat diharapkan diperhatikan dengan sangat baik untuk mengurangi resiko dan kejadian yang tidak diinginkan tidak terjadi.
2. Pada penelitian hdpe di blending dengan karet alam dengan penguat abu boiler dari bahan komposit demi penyempurnaan riset selanjutnya maka perlu melakukan penelitian ini dengan variasi campuran yang berbeda baik dari segi persentase jumlah campurannya atau dari variasi campurannya.

DAFTAR PUSKATA

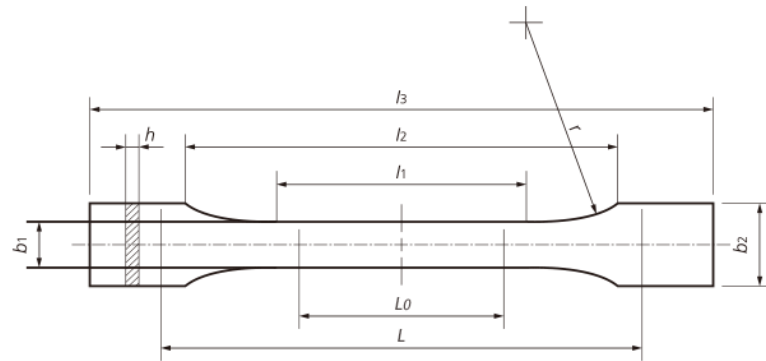
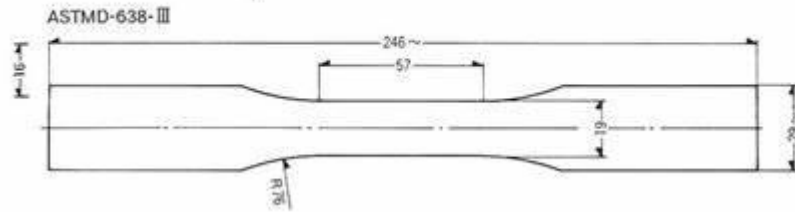
- Abdillah zuhud, teknik mesin, fakultas teknik "*redesign runner turbin pembangkit listrik tenaga pico hydro dengan metode reverse engineering melalui pendekatan teoritis*," 2016
- Adly havendri, teknik mesin "*perancangan dan analisis ekonomi pembangunan pembangkit listrik tenaga piko hidro di desa garabak data kabupaten solok Sumatera barat*." 2017
- Afryantima siregar, teknik elektro, "rancang bangun prototype pitph menggunakan turbin open flume," 2015
- Alwie, rahayu deny danar dan alvi furwanti, Prasetio, A. B., Andespa, R., Lhokseumawe, P. N., & Pengantar, K. (2020). Tugas Akhir Tugas Akhir. *Jurnal Ekonomi Volume 18, Nomor 1 Maret201*, 2(1), 41–49.
- Astianto, A., Ardian, & Khoiri, M. A. (2013). Pemberian Berbagai Dosis Abu Boiler Pada Pembibitan Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Pembibitan Utama (Main Nursery). *Prosiding SEMNAS RTD Bid. Ilm. Kelapa Sawit BKS-PTN, 1*, 67–72.
- Gunari, & Tri, G. (2022). *Analisa komposit polimer Polipropylene High Impact (PPHI) berpenguta serat rami dengan fraksi volume 15% menggunakan metode hand lay-up*.
- Harahap, N. H. P., & Segoro, B. A. (2018). Analisis Daya Saing Komoditas Karet Alam Indonesia ke Pasar Global. *Jurnal Transborders, 1*(2), 130–143.
- Maryani, A. T. (2012). Pengaruh Volume Pemberian Air Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit Di Pembibitan Utama. *Fakultas Pertanian Universitas Jambi, 1*(2), 64–74.
- Material, J. R., & Energi, M. (2023). Analisis Karakteristik Bahan Tembaga Akibat Pengaruh Proses Penempaan Terhadap Kekuatan Impak. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi, 6*(1), 99–105. <https://doi.org/10.30596/rmme.v6i1.13709>
- Otong nurshobah, politeknik negri bandung. "pembuatan dan pengujian simulator pembangkit listrik tenaga pikohidro dengan menggunakan generator dynamo lampu sepeda," 2012
- Pasek Nugraha, I. N. (2011). Pengaruh Perlakuan Kimia Serat Alam Ramie Terhadap Kekuatan Tarik Serat Tunggal. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan, 8*(2), 89–98. <https://doi.org/10.23887/jptk.v8i2.2855>
- Purwanto. (2006). *Studi Sifat Bending dan Impact Komposit Serat Kenaf Acak Polyester*, Semarang: Universitas Negeri Semarang

- Risnandar, 2011, "gis untuk menentukan potensi pembangunan pikohidro, politeknik telkom, bandung," 2011
- Rusmiyatno, F. (2007). *Pengaruh Fraksi Volume Serat Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekutan Bending Komposit Nylon/Epoxy Resin Serat Pendek Random*. Semarang: Universitas Negeri Semarang
- Safrijal, Ali, S., & Susanto, H. (2017). Pengujian Papan Komposit Diperkuat Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit (TKKS) Dengan Menggunakan Alat Uji Impact Charpy. *Jurnal Mekanova*, 3(5), 158–167. <http://www.jurnal.utu.ac.id/jmekanova/article/view/864>
- Salindeho, R. D., Soukota, J., Poeng, R., Teknik, J., Universitas, M., & Ratulangi, S. (n.d.). *Pemodelan pengujian tarik untuk menganalisis sifat mekanik material*. 1–11.
- Stephanie, H., Tinaprilla, N., Rifin, A., Wiralodra, U., Ekonomi, F., & Bogor, I. P. (2018). *EFISIENSI PABRIK KELAPA SAWIT DI INDONESIA*. 6(1), 27–36.
- Supriyanto, Mudjanarko, S. W., Koespiadi, & Limantara, A. D. (2019). Studi penggunaan variasi campuran material plastik jenis high density polyethylene (Hdpe) ada campuran beraspal untuk lapis Aus Ac- Wc (Asphalt Concrete Wearing Course). *Paduraksa*, 8(2), 222–233.
- Wijono, Purnomo, C., & Nurhidayat, A. (2011). Optimasi kekuatan tarik serat nanas (Ananas Comous L. Merr) sebagai alternatif bahan komposit serat alam. *Prosiding Seminar Nasional Sains Dan Teknologi Ke-2 Tahun 2011, 2009*, 153–158.
- Zulfikar, A. J., Siahaan, M. Y. R., Irwan, A., Nasution, F. A. K., & Ritonga, D. A. A. (2022). Analisis Kekuatan Mekanik Pipa Air dari Bahan Komposit Serbuk Kulit Kerang. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur Dan Energi*, 5(2), 83–93.



LAMPIRAN

ASTM D638 Type III





UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK
TEKNIK MESIN
BERITA ACARA BIMBINGAN TUGAS AKHIR (SKRIPSI)

Nama : Armada sumitro

Npm : 2207230168P

Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Mesin

Judul Tugas Akhir : Analisis kekuatan pipa komposit dengan pengujian fourier transform infrared

No	tanggal	Catatan Asistensi	Paraf pembimbing
1	Rabu 16 agustus 2023	Perbaiki Bab I	<i>[Signature]</i>
2	Rabu 23 agustus 2023	lihat panduan	<i>[Signature]</i>
3	Rabu 30 agustus 2023	Rumusan Masalah	<i>[Signature]</i>
4	Rabu 6 September 2023	Perbaiki Bab II	<i>[Signature]</i>
5	Rabu 13 September 2023	Bab III perbaiki	<i>[Signature]</i>
6	Rabu 18 Oktober 2023	ACC Seminar Judul	<i>[Signature]</i>
7	Jumat 12 September 2025	ACC Seminar hasil	<i>[Signature]</i>
8	Senin 15 September 2025	ACC Sidang	<i>[Signature]</i>

Mengetahui Pembimbing I

Dr. Sudirman Lubis, ST., MT



UMSU
Unggul | Cerdas | Terpercaya
Raih Penghargaan Bintang 5 Rasio Kualitas Nasional
Tahun 2019-2020

MAJLIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN PEMIMPIN PUSAT MUHAMMADIYAH
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA
FAKULTAS TEKNIK

UMSU Akreditasi Unggul Berdasarkan Keputusan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi No. 1913/SK/BAN-PT/AS/KP/PT/10/2022
Pusat Administrasi: Jalan Mukhtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - 66224567 Fax. (061) 6625474 - 6631555
<https://fatek.umsu.ac.id> fatek@umsu.ac.id umsu.ac.id umsu.ac.id umsu.ac.id umsu.ac.id

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGUJUKAN
DOSEN PEMBIMBING**

Nomor : 780/11.3AU/UMSU-07/P/2023

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 20 Juli 2023 dengan ini Menetapkan :

Nama : ARMADA SUMITRO
Npm : 2207230168 P
Program Studi : TEKNIK MESIN
Semester : 8 (DELAPAN)
Judul Tugas Akhir : ANALISIS KEKUATAN STRUKTUR PADA TIPE KOMPOSIT HDPE
YANG DIBANDING DENGAN KARET ALAM DENGAN PENGUJIAN
FOURIER TRANSFORM INFRARED (FITR).

Dosen Pembimbing : SUDIRMAN LUBIS ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.
Medan, 02 Muharram 1445 H

2023 M .



Munawar Alfansury Siregar, ST., MT
NIDN: 0101017202



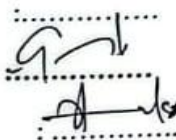
**DAFTAR HADIR SEMINAR
TUGAS AKHIR TEKNIK Mesin
FAKULTAS TEKNIK – UMSU
TAHUN AKADEMIK 2024 – 2025**

Peserta seminar

Nama : Armada Sumitro

NPM : 2207230168 P

Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Pipa Komposit HDPE Dengan Pengujian
Fourier Transform Infrared (FTIR)

DAFTAR HADIR		TANDA TANGAN	
Pembimbing – I	: Dr Sudirman Lubis ST.MT		
Pembanding – I	: Chandra A Siregar ST.MT		
Pembanding – II	: Arya Rudi Nst ST.MT		
No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H
13 September 2025 M

Ketua Prodi. T. Mesin



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Armada Sumitro
NPM : 2207230168 P
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Pipa Komposit HDPE Dengan Pengujian
Fourier Transform Infrared (FTIR)

Dosen Pembanding – I : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembanding – II : Arya Rudi Nst ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Sudirman Lubis ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain : *lihat buku tugas akhir*
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali
Perbaikan :
.....
.....
.....

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H
13 September 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembanding- 1



Chandra A Siregar ST.MT



Chandra A Siregar ST.MT

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

Nama : Armada Sumitro
NPM : 2207230168 P
Judul Tugas Akhir : Analisis Kekuatan Pipa Komposit HDPE Dengan Pengujian
Fourier Transform Infrared (FTIR)

Dosen Pembimbing – I : Chandra A Siregar ST.MT
Dosen Pembimbing – II : Arya Rudi Nst ST.MT
Dosen Pembimbing – I : Dr Sudirman Lubis ST.MT

KEPUTUSAN

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana (collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :
Perbaikan sesuai Catatan.
.....
.....
.....
3. Harus mengikuti seminar kembali

Perbaikan :

.....
.....
.....
.....

Medan 20 Rabiul Awal 1447 H
13 September 2025 M

Diketahui :
Ketua Prodi. T. Mesin

Dosen Pembimbing- II


Chandra A Siregar ST.MT


Arya Rudi Nst ST.MT

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



A.DATA PRIBADI

Nama : Armada Sumitro SiManihuruk
Alamat :Jl. Harmoni ,Marindal 2 ,Patumbak
Jenis Kelamin : Laki-Laki
Umur : 27 Tahun
Agama : Kristen Protestan
Status : Belum Menikah
Tempat, Tgl.Lahir : Perawang,13 mei 1998
Tinggi/Berat Badan: 166 cm / 55 Kg
Kewarganegaraan :Indonesia
No.Hp/wa : 0823-6223-7107
Email : armadasumitros@gmail.com

B. LATAR BELAKANG PENDIDIKAN

- 1 Tahun 2004-2010: SD Marsudirini Tualang
- 2 Tahun 2010-2013: SMP YPPI Tualang
- 3 Tahun 2013-2016: SMA NEGERI 2 Tualang
- 4 Tahun 2018-2021: D3 Politeknik Negeri Medan
- 5 Taun 2022-2025 : Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara

