

SKRIPSI

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TOREFAKSI
TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT
SERAT SABUT KELAPA DAN PLASTIK LDPE**

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. AFRISAL ARMA

D021 19 1126



**PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS HASANUDDIN**

GOWA

2024



SKRIPSI
PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TOREFAKSI
TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT
SERAT SABUT KELAPA DAN PLASTIK LDPE

Disusun dan diajukan oleh:

MUH. AFRISAL ARMA
D021 19 1126

Merupakan Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin

PROGRAM STUDI SARJANA TEKNIK
FAKULTAS TEKNIK DEPARTEMEN TEKNIK MESIN
UNIVERSITAS HASANUDDIN

GOWA

2024



LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TOREFAKSI
TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT
SERAT SABUT KELAPA DAN PLASTIK LDPE**

Disusun dan diajukan oleh

MUH. AFRISAL ARMA

NIM D021 19 1126

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka
Penyelesaian Studi Program Sarjana Program Studi Teknik Mesin
Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin
Pada tanggal:
dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

Menyetujui,

Pembimbing Utama



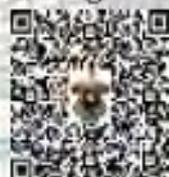
Ir. Baharuddin Mire, M.T
NIP. 19550914 198702 1 001

Pembimbing Pendamping



Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, S.T., M.T
NIP. 19711221 199802 1 001

Ketua Program Studi,



Prof. Dr. Eng. Ir. Jalaluddin, S.T., M.T
NIP. 19720825 200003 1 001



PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MUH. AFRISAL ARMA

NIM : D021191126

Program Studi : Teknik Mesin

Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulis saya berjudul

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TOREFAKSI TERHADAP
KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA DAN
PLASTIK LDPE**

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan bukan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Hasanuddin.

Gowa, 6 Februari 2024

Yang membuat pernyataan,



MUH. AFRISAL ARMA



ABSTRAK

MUH. AFRISAL ARMA. *Pengaruh Variasi Temperatur Torefaksi Terhadap Karakteristik Mekanik Komposit Serat Sabut Kelapa dan Plastik LDPE.* (dibimbing oleh Ir. Baharuddin Mire, MT dan Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, S.T., MT.)

Permasalahan limbah terutama sampah plastik menjadi persoalan serius bagi setiap negara di dunia ini tak terkecuali Indonesia. Sampah plastik bisa dikurangi dengan cara mendaur ulang atau memanfaatkan kembali sampah menjadi suatu hal yang bermanfaat. Begitupun dengan limbah sabut kelapa yang banyak dimiliki di negara Indonesia namun kurangnya pemanfaatannya. Padahal serat sabut kelapa masih dapat digunakan sebagai salah satu serat alami alternatif untuk bahan komposit. Tujuan penelitian ini adalah Untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap karakteristik mekanik material pada komposit serat sabut kelapa dan plastik LDPE terhadap kekuatan tarik, kekuatan impak, dan penyerapan air. Penelitian ini menggunakan bahan berupa plastik LDPE sebagai matriks dan serat sabut kelapa sebagai filler serta metode torefaksi untuk menyatukannya. Adapun untuk variasi komposisinya yaitu plastik LDPE : serat sabut kelapa (90% : 10%). Spesimen dimasukkan dalam cetakan kemudian spesimen di panaskan pada tabung torefaksi dengan variasi temperatur 150, 200, dan 250°C. Setelah di panaskan maka spesimen dibentuk dengan ukuran yang mengacu pada ASTM D638 untuk uji tarik, ASTM D5942-96 untuk uji impak, dan ASTM D570 untuk penyerapan air. Dari hasil penelitian diperoleh hasil pengujian tarik untuk masing-masing variasi temperatur pada based material plastik temperatur 150, 200, dan 250°C menghasilkan kekuatan tarik masing-masing sebesar 9,14 MPa, 9,24 MPa, dan 9,34 MPa. Dan pada komposit serat sabut kelapa temperatur 150, 200, dan 250°C masing-masing sebesar 15,04 MPa, 14,04 MPa dan 10,54 MPa. Untuk nilai uji impak pada based material plastik temperatur 150, 200, dan 250°C menghasilkan kekuatan impak sebesar 15,82 joule, 19,56 joule, dan 26,56 joule. Dan pada komposit serat sabut kelapa temperatur 150, 200, dan 250°C masing-masing sebesar 31,95 joule, 17,37 joule, dan 14,06 joule. Untuk nilai uji penyerapan air pada based material plastik temperatur 150, 200, dan 250°C menghasilkan daya serap sebesar 0,001 %, 0,002 %, dan 0,005 %. Dan pada komposit serat sabut kelapa temperatur 150, 200, dan 250°C masing-masing sebesar 0,022 %, 0,025 %, dan 0,031 %.

Kata kunci : Serat Sabut Kelapa, Plastik LDPE, Torefaksi, Variasi Temperatur, Uji Tarik, Uji Impak, Uji Penyerapan Air.



ABSTRACT

MUH. AFRISAL ARMA. *Effect of Torrefaction Temperature Variations on the Mechanical Characteristics of Coconut Fiber Composite and LDPE Plastic.* (supervised by Ir. Baharuddin Mire, MT and Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, S.T., MT.)

The problem of waste, especially plastic waste, is a serious problem for every country in the world, including Indonesia. Plastic waste can be reduced by recycling or reusing waste into something useful. Likewise with coconut fiber waste which is widely available in Indonesia but lacks utilization. Even though coconut fiber can still be used as an alternative natural fiber for composite materials. The aim of this research is to analyze the effect of variations in torrefaction temperature on the mechanical characteristics of materials in coconut fiber and LDPE plastic composites on tensile strength, impact strength and water absorption. This research uses materials in the form of LDPE plastic as a matrix and coconut fiber as a filler and a torrefaction method to unite them. As for variations in composition, namely LDPE plastic: coconut fiber (90%: 10%). The specimen is inserted into the mold and then the specimen is heated in the torrefaction tube to varying temperatures of 150, 200, and 250°C. After heating, the specimen is formed with dimensions referring to ASTM D638 for tensile tests, ASTM D5942-96 for impact tests, and ASTM D570 for water absorption. From the research results, tensile test results were obtained for each temperature variation on plastic based materials at temperatures of 150, 200, and 250°C producing tensile strengths of 9.14 MPa, 9.24 MPa, and 9.34 MPa, respectively. And for the coconut fiber composite, the temperatures of 150, 200, and 250°C are 15.04 MPa, 14.04 MPa and 10.54 MPa respectively. For impact test values on plastic-based materials, temperatures of 150, 200, and 250°C produce impact strengths of 15.82 joules, 19.56 joules, and 26.56 joules. And for coconut fiber composite temperatures of 150, 200, and 250°C are 31.95 joules, 17.37 joules, and 14.06 joules respectively. For water absorption test values on plastic-based materials, temperatures of 150, 200, and 250°C produce absorption capacities of 0.001%, 0.002%, and 0.005%. And for coconut fiber composite temperatures of 150, 200, and 250°C are 0.022%, 0.025%, and 0.031% respectively.

Key Words : *Coconut Fiber, LDPE Plastic, Torrefaction, Temperature Variations, Tensile Test, Impact Test, Water Absorption Test.*



DAFTAR ISI

SAMPUL	i
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL.....	x
DAFTAR SIMBOL.....	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xii
KATA PENGANTAR	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Komposit	5
2.2 Matriks	7
2.3 <i>Filler/Reinforcement</i>	10
2.4 Serat Sabut Kelapa	16
2.5 Plastik	17
2.6 Torefaksi.....	19
2.7 Uji Tarik	20
2.8 Uji Impak.....	21
2.9 Uji Penyerapan Air	23
BAB III METODE PENELITIAN.....	24
3.1 Lokasi dan Tempat Penelitian	24
3.2 Bahan	24
3.3 Metode Penelitian.....	29
3.4 Prosedur Penelitian.....	30



3.5 Diagram Alir Penelitian	32
3.6 Rencana dan Jadwal Penelitian	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Uji Tarik.....	34
4.2 Uji Impak	40
4.3 Uji Penyerapan Air.....	44
BAB V PENUTUP.....	46
5.1 Kesimpulan.....	46
5.2 Saran.....	47
DAFTAR PUSTAKA	48
LAMPIRAN	50



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1 (a) Silinder blok dari MMC dengan matriks aluminum memiliki keunggulan dapat menaikan efisiensi mesin dan beratnya lebih ringan 1/3 dari berat material asli (dari besi cor). (b) Drum brake dari material komposit dengan matriks aluminum.....	7
Gambar 2 (a) Shaft sleeves untuk bantalan geser keramik pompa dengan matriks keramik dan penguat SiC (b) Ventilator untuk gas panas dengan matriks keramik dan penguat serat alumina (Al ₂ O ₃)	8
Gambar 3 (a) Kayaks/kano dengan matriks polimer (PE) dan penguat fiber glass. (b) Box speaker dari papan partikel komposit dengan matriks resin polyester, katalis, dan limbah media tanam jamur. (c) Wood Polymer Composite	9
Gambar 4 Klasifikasi Komposit berdasarkan Reinforcement.....	10
Gambar 5 Skema pengisi partikel yang menunjang material komposit lebih memiliki kekuatan tarik, tekan dan tegangan yang lebih tinggi	10
Gambar 6 Skema penguat partikel dispersi	10
Gambar 7 Geometri penguat partikel	11
Gambar 8 Material komposit dengan penguat fiber	14
Gambar 9 Skema komposit berlapis.....	15
Gambar 10 Skema bentuk penguat sandwich panels	16
Gambar 11 Alat uji tarik	21
Gambar 12 Alat uji impak.....	22
Gambar 14 Reaktor torefaksi	24
Gambar 15 Kontrol Heater	24
Gambar 16 Cetakan.....	25
Gambar 17 Jangka Sorong	25
Gambar 18 Timbangan digital skala 1 kg.....	25
Gambar 19 Timbangan digital 10 kg.....	26
Gambar 20 Amplas	26
Gambar 21 Gergaji besi	26
Gambar 22 Stopwatch.....	27
Gambar 23 alat uji tarik.....	27
Gambar 24 alat uji impak.....	27
Gambar 25 serat sabuk kelapa.....	28
Gambar 26 plastik low density polyethylene (LDPE)	28
Gambar 27 Air	28
Gambar 28 Skema Penelitian	29
Gambar 29 Spesimen uji tarik	34
Gambar 30 perbandingan tegangan tarik based material plastik dan komposit serat sabut kelapa	38
Gambar 31 Spesimen uji impact	40
Gambar 32 perbandingan kekuatan impak based material plastik dan komposit serat sabut kelapa.....	43
3 perbandingan penyerapan air based material dan komposit serat sabuk kelapa	45



DAFTAR TABEL

Tabel 1 Keunggulan dan kelemahan empat penguat fiber sintesis	14
Tabel 2 Rencana dan Jadwal Penelitian	33
Tabel 3 hasil perhitungan luas penampang based material plastik	35
Tabel 4 hasil perhitungan luas penampang komposit serat sabut kelapa	35
Tabel 5 hasil perhitungan tegangan tarik based material	36
Tabel 6 hasil perhitungan tegangan tarik komposit serat sabut kelapa	37
Tabel 7 Hasil Perhitungan Uji Impak Based material	41
Tabel 8 Hasil Perhitungan Uji Impak Komposit	42
Tabel 9 Hasil Perhitungan Uji Penyerapan Air Based Material.....	44
Tabel 10 Hasil Perhitungan Uji Penyerapan Air Komposit.....	44



DAFTAR SIMBOL

Simbol	Satuan
g	gram
mm	milimeter
cm	centimeter
m	meter
MPa	Megapascal
GPa	Gigapascal
°C	Temperatur
%	Presentase
\bar{l}	rata-rata lebar
\bar{t}	rata-rata tebal
A	Luas penampang
σ	tegangan
P	Gaya penarikan
Δl	pertambahan panjang
l	panjang awal



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Gambar proses penelitian.....	50
Lampiran 2 Data hasil penelitian.....	59



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kita panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas tuntunan dan penyertaan-Nya dalam penyusunan tugas akhir ini sehingga Penulis dapat menyelesaikan dengan baik. Tugas akhir ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Meskipun banyak hambatan dan tantangan yang Penulis alami selama penyusunan tugas akhir ini, namun berkat bantuan dan kerja sama berbagai pihak, akhirnya Penulis dapat mengatasi hambatan dan tantangan tersebut. Untuk semua itu, pada kesempatan ini Penulis dengan tulus mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Kepada kedua orang tua dan kakak atas segala bantuan, bimbingan dan motivasi serta doa restu yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
2. Bapak Ir. Baharuddin Mire, MT. dan Bapak Prof. Dr. Eng. Andi Erwin Eka Putra, ST., MT. sebagai Pembimbing I dan Pembimbing II yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, petunjuk dan saran selama Penulis menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Bapak Ir. Andi Mangkau, M.T. dan Dr. Hairul Arsyad, ST., MT selaku dosen penguji yang telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, petunjuk dan saran sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Bapak Prof. Dr. Eng. Jalaluddin, ST., MT sebagai Ketua Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin beserta Staff Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala bantuan dan kemudahan yang diberikan.
5. Bapak dan Ibu Dosen pengajar Departemen Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin atas segala ilmu yang telah diberikan.
6. Kepada Kanda Surachman S.Pd., MT. yang telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan berbagai kesulitan yang dialami oleh penulis dalam alankan tugas akhir ini.

ak Edi Iskandar ST. selaku laboran lab metalurgi fisik yang senantiasa bantu penulis dalam pengujian di lab metalurgi fisik.



8. Kepada teman-teman di laboratorium *Internal Combustion and Plasma* yang tak bisa penulis sebutkan satu persatu namanya yang telah menemani penulis, dalam mengerjakan tugas akhir ini.
9. Saudara seperjuangan BRUZHLEZZ 19 yang telah banyak membantu penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini.

Akhir Kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tida langsung. Penulis berharap, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua dan menjadi bahan masukan dalam dunia Pendidikan

Gowa, 6 Februari 2024

Yang membuat pernyataan

Penulis



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Permasalahan limbah terutama sampah plastik menjadi persoalan serius bagi setiap negara di dunia ini tak terkecuali Indonesia. Seiring berjalannya waktu volume sampah cenderung mengalami peningkatan. Sampah plastik sulit terurai secara alami dan butuh waktu bertahun-tahun. Penumpukkan sampah plastik jika dibiarkan berlarut akan menimbulkan banyak masalah, seperti penyakit dan pencemaran lingkungan. Sampah plastik bisa dikurangi dengan cara mendaur ulang atau memanfaatkan kembali sampah menjadi suatu hal yang bermanfaat.

Kelapa merupakan tanaman perkebunan dengan area terluas, lebih luas di bandingkan dengan tanaman karet dan kelapa sawit dan menempati urutan teratas untuk tanaman budidaya setelah padi. Tanaman kelapa merupakan tanaman yang banyak dijumpai di seluruh pelosok Nusantara, sehingga hasil alam berupa kelapa di Indonesia sangat melimpah. Sampai saat ini pemanfaatan limbah berupa sabut kelapa masih terbatas pada industri-industri mebel dan kerajinan rumah tangga dan belum diolah menjadi produk teknologi. Mawardi, I., dkk (2017).

Dari segi material komposit sebagian besar yang di pakai saat ini menggunakan bahan kayu atau logam yang harganya relatif mahal dan bobotnya relatif lebih berat sehingga kurang praktis. Oleh karena itu penelitian ini bermaksud menggunakan serat alam berupa serat sabut kelapa yang mana serat sabut kelapa memiliki potensi sebagai serat penguat dalam pembuatan komposit karena sifat seratnya tidak kaku, sangat lentur, dan paling ulet. Struktur permukaan seratnya berongga menyerupai busa/*sponge*. Keunggulan lainnya adalah kuat, ringan, tahan panas, tahan air garam, tahan cuaca, murah, dan mudah didapat.

Sabut kelapa merupakan bahan yang mengandung lignoselulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai salah satu alternatif bahan baku Sabut kelapa, kulit kelapa yang terdiri dari serat yang terdapat diantara kulit dalam yang keras (batok), kira-kira 35 % dari berat total buah kelapa yang dewasa. Untuk varitas yang berbeda tentunya presentase di atas akan berbeda pula. Secara umum dikatakan bahwa fungsi serat adalah sebagai penguat bahan untuk



memperkuat komposit sehingga sifat mekaniknya lebih kaku, tangguh dan lebih kokoh dibandingkan dengan tanpa serat penguat.

Material yang memiliki rantai karbon panjang, mudah dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran, meleleh pada temperatur tertentu adalah plastik. Plastik dibuat dengan cara menyusun dan membentuk secara sambung-menyambung bahan-bahan dasar plastik atau disebut polimer atau makromolekul, bahan dasar plastik atau molekul sederhana disebut monomer (Untoro BS,2013). Plastik memiliki sifat yang tidak dimiliki bahan lain, yaitu bersifat thermal. Sifat thermal dari plastik memungkinkan plastik dapat dibentuk menjadi bentuk lain dengan bantuan panas. Plastik dipengaruhi oleh temperatur untuk pembentukannya baik dibawah maupun diatas titik leleh. Sifat thermal dari plastik yang menjadi sifat khas nya adalah memiliki titik lebur (T_m), di setiap jenis plastik titik leburnya berbeda beda. Plastik memiliki temperatur transisi (T_g), sehingga bisa dibentuk. Pada titik temperatur transisi akan mengalami peregangan, yang awalnya kaku menjadi fleksibel dan lentur, plastik secara tidak langsung akan membesar volumenya sehingga molekul monomernya akan bergerak bebas. Semakin tinggi temperaturnya, semakin lentur, dan apabila temperaturnya berada di atas titik leleh, akan meleleh atau melebur, apapun jenis plastiknya. (Nugroho 2020)

Melihat keadaan tersebut diperlukan suatu metode yang tepat untuk dapat mengelola sampah dan memanfaatkan sampah menjadi berguna. Salah satu metode yang akan digunakan untuk menyatukan plastik dengan serat sabut kelapa yaitu metode torefaksi. Torefaksi adalah proses perlakuan panas pada tekanan atmosfer tanpa adanya oksigen pada prosesnya.(Amrul dkk, 2019).

Maka latar belakang inilah yang mendasari penulis melakukan penelitian dengan judul “PENGARUH VARIASI TEMPERATUR TOREFAKSI TERHADAP KARAKTERISTIK MEKANIK KOMPOSIT SERAT SABUT KELAPA DAN PLASTIK LDPE ”



1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap karakteristik mekanik material pada komposit serat sabut kelapa dan plastik ldpe terhadap kekuatan tarik?
2. Bagaimana pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap karakteristik mekanik material pada komposit serat sabut kelapa dan plastik ldpe terhadap kekuatan impak?
3. Bagaimana pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap kemampuan material dalam menyerap air pada pencampuran biomassa dan plastik ldpe?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap karakteristik mekanik material pada komposit serat sabut kelapa dan plastik ldpe terhadap kekuatan tarik.
2. Untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap karakteristik mekanik material pada komposit serat sabut kelapa dan plastik ldpe terhadap kekuatan impak.
3. Untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur torefaksi terhadap kemampuan material dalam menyerap air pada komposit serat sabut kelapa dan plastik ldpe.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Bahan yang digunakan ialah serat sabut kelapa dan plastik dengan jenis LDPE.
2. Cetakan yang digunakan ialah plat tipis dengan ukuran 13 cm x 5 cm x 5 cm.
3. Variasi temperatur yang digunakan ialah 150°C, 200°C, dan 250°C.
4. ASTM yang digunakan pada uji tarik ialah ASTM D638.
5. ASTM yang digunakan pada uji impak ialah ASTM D5942-96.
6. ASTM yang digunakan pada uji penyerapan air ialah ASTM D570.



1.5 Manfaat Penelitian

1. Penelitian ini diharapkan menjadi bahan informasi untuk penelitian selanjutnya yang kemudian bisa dikembangkan untuk penelitian lebih lanjut.
2. Penelitian ini diharapkan sebagai wadah pengaplikasian pengetahuan yang dimiliki, khususnya dalam bidang material.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komposit

Didalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu. Menurut Kaw (1997) komposit adalah struktur material yang terdiri dari 2 kombinasi bahan atau lebih, yang dibentuk pada skala makroskopik dan menyatu secara fisika. Kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti terdiri dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur secara makroskopik. Sedangkan menurut Triyono dan Diharjo (1999) mengemukakan bahwa kata komposit (*composite*) merupakan kata sifat yang berarti susunan atau gabungan. *Composite* berasal dari kata kerja “*to compose*“ yang berarti menyusun atau menggabung. Jadi secara sederhana bahan komposit berarti bahan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berlainan. (Suroso 2019)

Bahan komposit pada umumnya terdiri dari dua unsur, yaitu serat (fiber) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Didalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi. Penggunaan serat sendiri yang diutamakan untuk menentukan karakteristik bahan komposit, seperti: kekakuan, kekuatan serta sifat-sifat mekanik yang lainnya. Sebagai bahan pengisi serat digunakan untuk menahan sebagian besar gaya yang bekerja pada bahan komposit, matrik sendiri mempunyai fungsi melindungi dan mengikat serat agar dapat bekerja dengan baik terhadap gaya-gaya yang terjadi. Oleh karena itu, untuk bahan serat digunakan bahan yang kuat, kaku dan getas, sedangkan bahan matrik dipilih bahan-bahan yang liat, lunak dan tahan terhadap perlakuan kimia. (Suroso 2019)

Secara umum pengelompokan komposit dapat dibedakan menjadi dua, berdasarkan matrik dan penguatnya. Berdasarkan matriknya komposit dapat digolongkan menjadi tiga (Courtney, 1983) yaitu:



1. Komposit matrik logam (KML), yaitu logam sebagai matrik.
2. Komposit matrik polimer (KMP), yaitu polimer sebagai matrik.
3. Komposit matrik keramik (KMK), yaitu keramik sebagai matrik.

Sedangkan berdasarkan unsur penguatnya, menurut Courtney (1983) dapat dibedakan menjadi tiga:

1. *Fiber composites* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matrik.
2. *Flake composites* adalah gabungan serpih rata dengan matrik.
3. *Particulate composites* adalah gabungan partikel dengan matrik.

Dalam menentukan perbandingan antara komponen matriks dengan serat (pengisi) material komposit ini biasanya dilakukan dengan menggunakan dua metode, yaitu:

1. Metode Fraksi Massa, Metode ini digunakan jika massa komponen matriks dan pengisi material komposit tidak jauh berbeda atau serat yang dipakai cukup berat.
2. Metode Fraksi Volume, Metode ini digunakan apabila berat antara komponen matriks dan penguat (serat) material komposit jauh berbeda.

Komposit yang berbahan serat adalah jenis bahan komposit yang banyak dikenal masyarakat umum, paling banyak dipakai dan dibicarakan, karena itu pengertian bahan komposit dalam tulisan ini berarti bahan komposit berpenguat serat. Bahan komposit serat dapat diklasifikasikan kedalam berbagai jenis bergantung pada geometri dan jenis seratnya. Keunggulan bahan komposit bila dibandingkan dengan bahan logam lainnya (Robert, J. M., 1975).

- a. Komposit dapat dirancang dengan kekuatan dan kekakuan tinggi, dapat memberikan kekuatan dan kekakuan spesifik yang melebihi atau bahkan beberapa kali lipat dibandingkan dengan baja dan aluminium.

Komposit dapat dirancang terhindar dari korosi, hal ini sangat menguntungkan pada pemakaian sebagai elemen-elemen tertentu pada kendaraan bermotor.



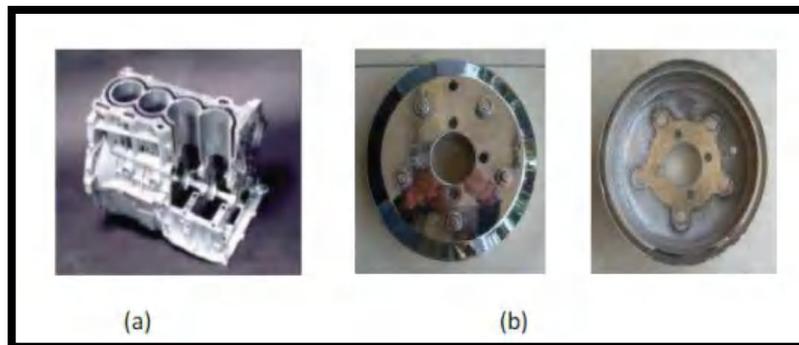
- c. Kemampuan menghantarkan panas dan listrik yang dapat diatur.
- d. Kemampuan redam bunyi yang baik.
- e. Bahan komposit dapat memberikan penampilan (*appearance*) dan kehalusan permukaan lebih baik.

2.2 Matriks

Matriks adalah fasa dalam material komposit yang mempunyai bagian atau fraksi volume terbesar (dominan). Matriks mempunyai fungsi untuk mentransfer tegangan ke serat, membentuk ikatan koheren, permukaan matrik/serat, melindungi serat, memisahkan serat, melepas ikatan, dan tetap stabil setelah proses manufaktur.

Berdasarkan matriks yang digunakan material komposit dapat dikelompokkan menjadi:

1. *Metal Matrix Composite* (MMC atau MMC's)



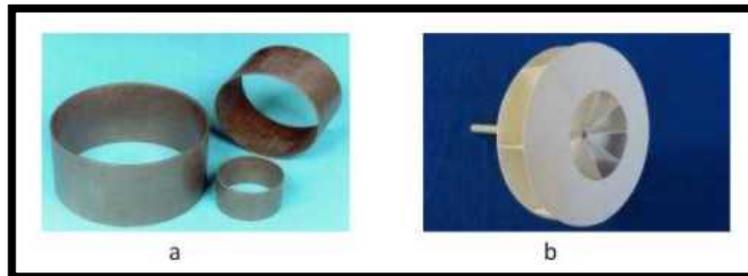
Gambar 1 (a) Silinder blok dari MMC dengan matriks aluminium memiliki keunggulan dapat menaikkan efisiensi mesin dan beratnya lebih ringan 1/3 dari berat material asli (dari besi cor). (b) Drum brake dari material komposit dengan matriks aluminium

Material komposit dengan matriksnya dari logam. MMC mulai dikembangkan sejak tahun 1996. Pada mulanya yang diteliti adalah *Continuous Filamen* MMC yang digunakan dalam industri penerbangan. MMC dengan matriks logam aluminium (Al) disebut dengan *Aluminum Metal Matrix Composite* (AMMC). AMMC yang dibuat dengan cara pengecoran disebut *Aluminum Metal Matrix Composite Cast Composite* (AMMCC). Gambar 1 menunjukkan aplikasi AMMMC diterapkan dalam bidang otomotif.



Kelebihan MMC adalah transfer tegangan dan regangan yang baik, tahan terhadap temperatur tinggi, tidak menyerap kelembaban, tidak mudah terbakar, dan kekuatan tekan dan geser yang baik.

2. *Ceramic Matrix Composite* (CMC atau CMC's)



Gambar 2 (a) *Shaft sleeves* untuk bantalan geser keramik pompa dengan matriks keramik dan penguat SiC (b) Ventilator untuk gas panas dengan matriks keramik dan penguat serat alumina (Al_2O_3)

Material komposit dengan matriksnya dari keramik. CMC merupakan material dua fasa dengan satu fasa berfungsi sebagai penguat dan satu fasa sebagai matriks dimana matriksnya terbuat dari keramik. Penguat yang umum digunakan pada CMC adalah oksida, carbida, nitrida. Salah satu proses pembuatan dari CMC yaitu dengan proses DIMOX yaitu proses pembentukan komposit dengan reaksi oksidasi leburan logam untuk pertumbuhan matriks keramik di sekeliling daerah *filler* Gambar 2 menunjukkan aplikasi CMC.

Keuntungan dari CMC adalah dimensinya stabil bahkan lebih stabil daripada logam, sangat tangguh bahkan hamper sama dengan ketangguhan dari besi cor, mempunyai karakteristik permukaan yang tahan aus, unsur kimianya stabil pada temperatur tinggi, tahan pada temperatur tinggi dan kekuatan serta ketangguhan tinggi, juga tahan terhadap korosi.

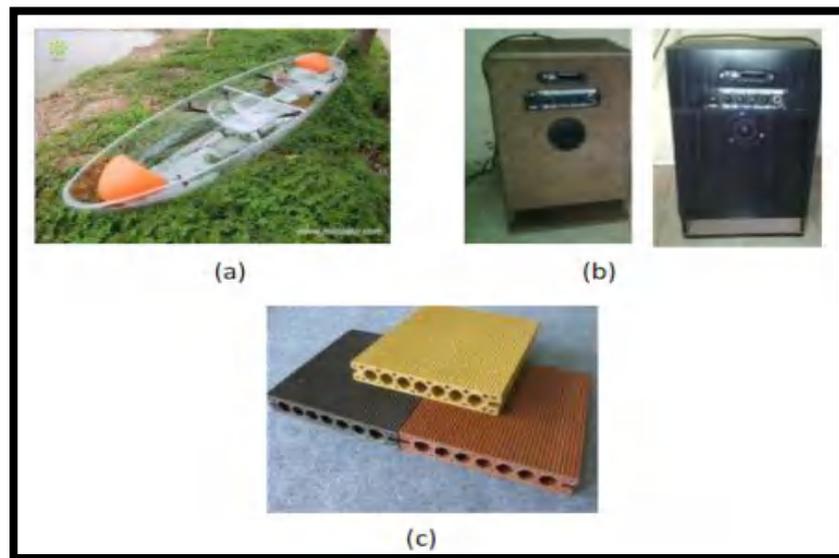
3. *Polymer Matrix Composite* (PMC atau PMC's)

Material komposit dengan matriksnya dari polimer. Polimer merupakan matriks yang paling umum digunakan pada material komposit. Karena memiliki sifat yang lebih tahan terhadap korosi dan lebih ringan. Matriks polimer terbagi 2 yaitu termoset dan termoplastik. Perbedaannya polimer termoset tidak dapat didaur ulang sedangkan



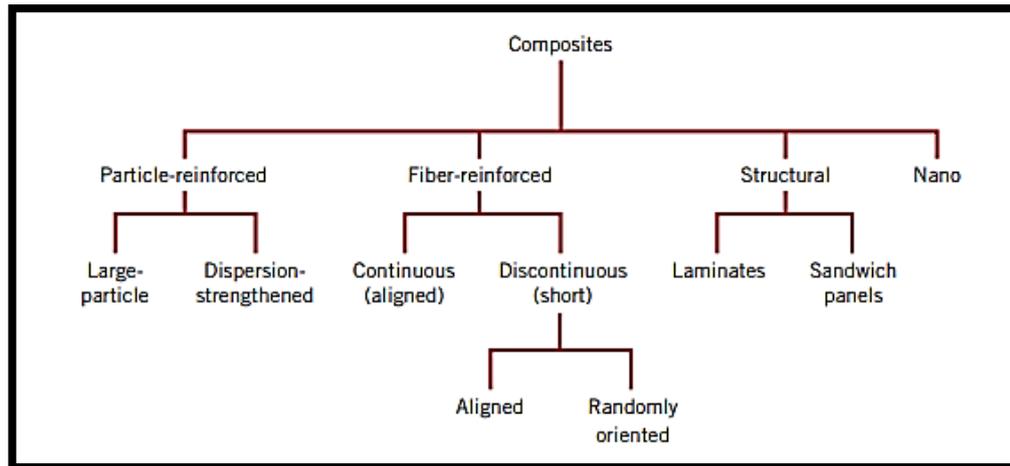
termoplastik dapat didaur ulang sehingga lebih banyak digunakan belakangan ini. Jenis-jenis termoplastik yang biasa digunakan adalah *polypropylene* (PP), *polystyrene* (PS), *polyethylene* (PE), dan lain-lainnya. Gambar 3 menunjukkan aplikasi PMC.

Material komposit PMC memiliki keunggulan antara lain biaya pembuatan lebih rendah, dapat dibuat dengan produksi massal, ketangguhan baik, tahan simpan, siklus pabrikasi dapat dipersingkat, kemampuan mengikuti bentuk, lebih ringan, *specific stiffness* dan *strength* tinggi, dan bersifat anisotropik.



Gambar 3 (a) Kayaks/kano dengan matriks polimer (PE) dan penguat fiber glass. (b) Box speaker dari papan partikel komposit dengan matriks resin polyester, katalis, dan limbah media tanam jamur. (c) *Wood Polymer Composite*

2.3 Filler/Reinforcement

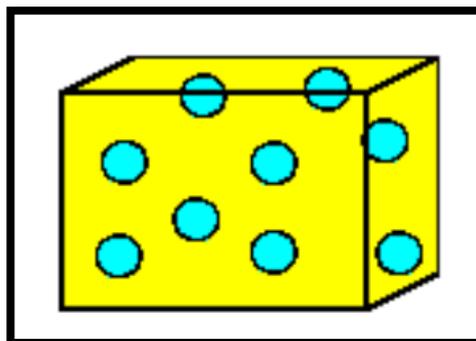


Gambar 4 Klasifikasi Komposit berdasarkan *Reinforcement*

Penguat (reinforcement)/pengisi (*filler*) adalah material yang diisikan kepada matriks dan berfungsi untuk menunjang sifat-sifat matriks dalam membentuk bahan komposit.

Penguat-penguat material komposit dibedakan menjadi:

1. Partikel

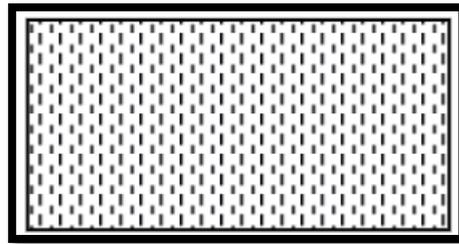


Gambar 5 Skema pengisi partikel yang menunjang material komposit lebih memiliki kekuatan tarik, tekan dan tegangan yang lebih tinggi

Penguat partikel memiliki ukuran partikel $> 1 \mu\text{m}$. Konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai (20–40) % fraksi volume. Pengisi-pengisi partikel antara lain adalah: SiC, B₄C, TiC, TiB, TiB₂, SiO₂, Al₂O₃, dan Fe₂O₃.

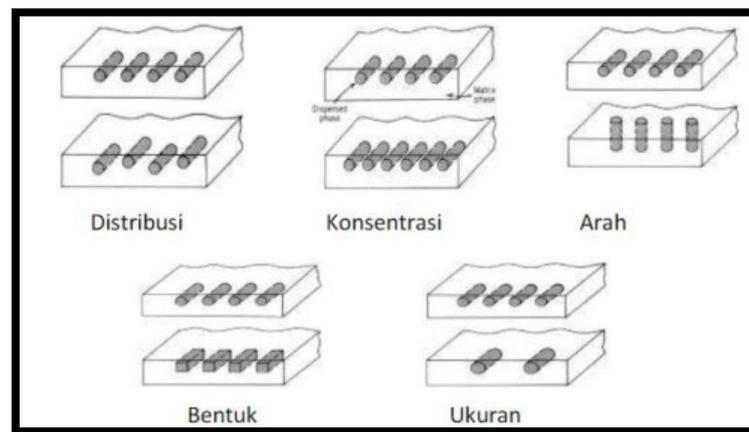
Penguat partikel dibagi menjadi 2 yaitu (a) partikel dengan ukuran besar, dan (b) partikel dispersi yang kuat. Penguat dispersi memiliki ukuran diameter $0,01\mu\text{m} - 0,1 \mu\text{m}$, dengan konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai 15%. skema penguat partikel dispersi ditunjukkan pada gambar 6.





Gambar 6 Skema penguat partikel dispersi

Berdasarkan geometrinya, penguat partikel dibedakan menjadi: geometri arah, geometri distribusi, geometri ukuran, geometri bentuk dan geometri konsentrasi.



Gambar 7 Geometri penguat partikel

Gambar 7 menunjukkan material komposit dengan penguat partikel yang diaplikasikan pada material komposit baja sferodisasi dengan matriks ferit (besi) bersifat ulet dan penguat Fe_3C bersifat getas. Sementara material komposit ban mobil dibuat dari matriks karet dengan penguat karbon sebagai pengaku (*stiffer*). Keunggulan material komposit yang disusun oleh penguat partikel memiliki kekuatan lebih seragam pada berbagai arah, dapat digunakan untuk meningkatkan kekuatan dan meningkatkan kekerasan material serta dengan cara menghalangi pergerakan dislokasi.

a) Faktor Ikatan *Filler* – Matriks.

Dengan adanya partikel berupa *filler*, maka pada beberapa daerah pada resin sebagai matriks akan terisi oleh partikel, sehingga pada saat terjadi *interlamellar stretching*, deformasi yang terjadi pada bagian amorf dapat diminimalisir oleh partikel. Mekanisme



penguatannya adalah bahwa dengan adanya partikel, maka jarak antara bagian polimer yang strukturnya kristalin (berbentuk seperti lempengan/lamelar) akan di perpendek oleh adanya partikel tadi. Dengan semakin meningkatnya jumlah partikel yang ada sampai pada batasan tertentu dimana matriks masih mampu mengikat partikel, maka deformasi yang terjadi juga akan semakin berkurang, karena beban yang sebelumnya diterima oleh matriks akan diteruskan atau ditanggung juga oleh partikel sebagai penguat. Ikatan antara matriks dan *filler* harus kuat. Apabila ikatan yang terjadi cukup kuat, maka mekanisme penguatan dapat terjadi. Tetapi apabila ikatan antar permukaan partikel dan matriks tidak bagus, maka yang terjadi adalah *filler* hanya akan berperan sebagai impurities atau pengotor saja dalam spesimen. Akibatnya *filler* akan terjebak dalam matriks tanpa memiliki ikatan yang kuat dengan matriksnya. Sehingga akan ada udara yang terjebak dalam matrik sehingga dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Akibatnya beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata. Hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan mekanik pada komposit.

Ikatan antar permukaan yang terjadi pada awalnya merupakan gaya adhesi yang ditimbulkan karena kekasaran bentuk permukaan, yang memungkinkan terjadinya *interlocking* antar muka, gaya elektrostatis yaitu gaya tarik menarik antar atom bermuatan ion, ikatan Van der Waals karena adanya dipol antara partikel dengan resin. Permulaan kekristalan (nukleasi) pada polimer bisa terjadi secara acak di seluruh matriks ketika molekul-molekul polimer mulai bersekutu (nukleasi homogen) atau mungkin juga terjadi disekitar permukaan suatu kotoran (impuritis asing), yaitu mungkin suatu nukleator sengaja ditambahkan sehingga terjadi nukleasi heterogen. Jadi partikel yang ditambahkan pada polimer akan berpengaruh terhadap kristalisasi dari polimer itu sendiri.



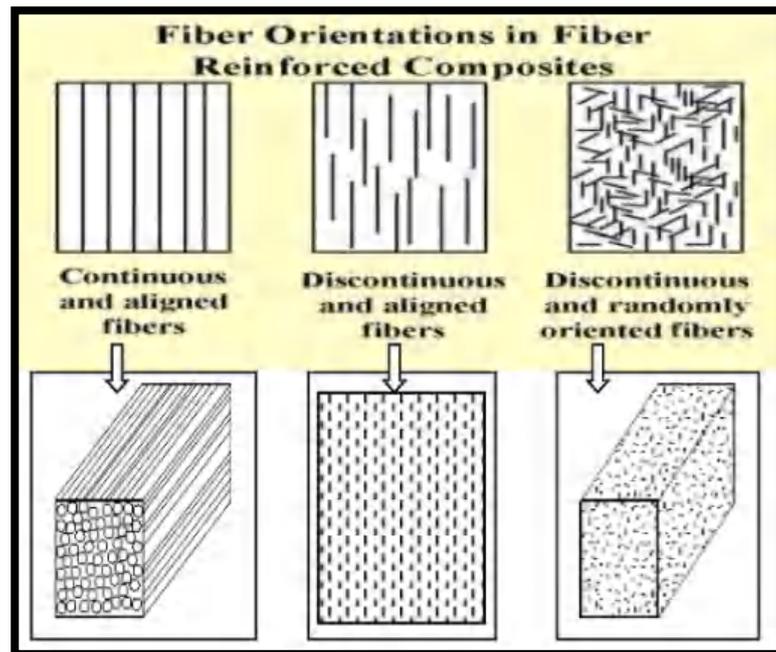
Peningkatan volume *filler* mengurangi *deformability* (khususnya pada permukaan) dari matriks sehingga menurunkan keuletannya. Selanjutnya, komposit akan memiliki kekuatan lentur yang rendah. Namun apabila terjadi ikatan antara matriks dan *filler* kuat sifat mekanik akan meningkat karena distribusi tegangan merata. Pola distribusi dari partikel juga akan mempengaruhi kekuatan mekanik. Pola distribusi partikel dalam matriks dapat dianalisa secara sederhana dengan menghitung densitas dari komposit pada beberapa bagiannya dalam satu variabel. Dari hasil perhitungannya, densitas komposit memiliki nilai-nilai yang berbeda-beda dalam satu variabelnya. Hal ini menunjukkan pola sebaran dari partikel yang kurang homogen.

b) Faktor *Ikatan Fiber* – Matriks

Komposit berpenguat serat banyak diaplikasikan pada alat-alat yang membutuhkan material yang mempunyai perpaduan dua sifat dasar yaitu kuat namun juga ringan. Komposit serat yang baik harus mampu menyerap matriks yang memudahkan terjadi antara dua fase. Selain itu komposit serat juga harus mempunyai kemampuan untuk menahan tegangan yang tinggi, karena serat dan matriks berinteraksi dan pada akhirnya terjadi pendistribusian tegangan. Kemampuan ini harus dimiliki oleh matriks dan serat. Hal yang mempengaruhi ikatan antara serat dan matriks adalah void, yaitu adanya celah pada serat atau bentuk 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.



2. Serat (*Fiber*)



Gambar 8 Material komposit dengan penguat fiber

Penguat serat (*fiber*) memiliki ukuran 0,001 *inch*. Konsentrasi yang dapat dicampurkan dengan matriks mencapai 70% fraksi volume. Penguat serat dibedakan menjadi: (a) serat panjang dan searah (*continuous and aligned fiber*), (b) serat pendek dan searah (*discontinuous and aligned fiber*), dan (c) serat pendek dan random (*discontinuous and randomly oriented fiber*) semuanya ditunjukkan seperti pada gambar 8.

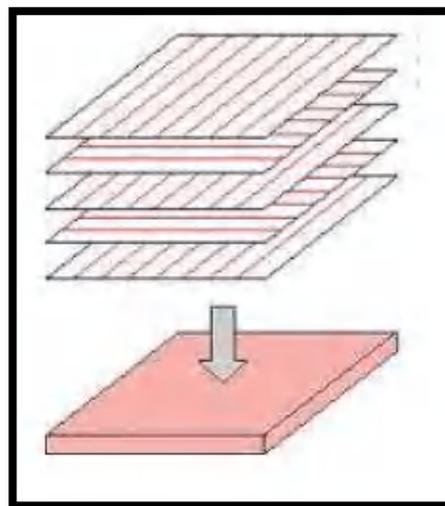
Tabel 1 Keunggulan dan kelemahan empat penguat fiber sintesis

Fiber	Keunggulan	Kelemahan
<i>Fiber Glass</i>	1. Kekuatan Tinggi 2. Relatif Murah	Kurang Elastis
<i>Fiber Carbon</i>	1. Kuat hingga sangat kuat 2. <i>Stiffness</i> (kuat-keras) besar 3. Koefisien Pemuaian Kecil 4. Menahan Getaran	1. Agak getas 2. Nilai peregangan kurang 3. Agak mahal
<i>Fiber Graphite</i>	1. Lebih <i>Stiffness</i> dari <i>Carbon</i> 2. Lebih Ulet	Kurang kuat dibanding <i>Carbon</i>
<i>Fiber Nylon (aramid)</i>	1. Agak <i>stiff</i> (kuat-keras) dan sangat ulet 2. Tahan terhadap benturan 3. Kekuatannya besar (lebih kuat dari baja) 4. Lebih murah dari <i>carbon</i>	1. Kekuatan tekan lebih rendah dari <i>carbon</i> 2. Ketahanan panas lebih rendah dari <i>carbon</i> (hingga 180 C)

Penguat *fiber* untuk material komposit dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu penguat *fiber* natural (alami) dan penguat *fiber* buatan (sintesis). Beberapa jenis penguat *fiber* sintesis yang umumnya dipakai dalam pembuatan material komposit antara lain: *fiber – glass*, *fiber – carbon*, *fiber – nylon*, dan *fiber – Graphite*. Keunggulan dan kelemahan empat penguat *fiber* di atas, ditulis pada tabel 2. Sedangkan penguat natural yang sering dipakai untuk pembuatan material komposit adalah serbuk kayu, eceng gondok, bambu, dan serat pisang.

3. Komposit Berlapis (*Structural Composite*)

Penguat komposit berlapis terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama-sama. Proses pelapisan dilakukan dengan mengkombinasikan aspek terbaik dari masing-masing lapisan untuk memperoleh bahan yang berguna. Dibedakan menjadi 2 jenis yaitu komposit lapisan (*laminar composites*), dan *sandwich panels*. Komposit lapisan adalah lapisan dua dimensi atau panel yang memiliki arah kekuatan yang lebih tinggi. Contoh penguat komposit berlapis natural/alami adalah kayu yang dibuat untuk *plywood* pada gambar 9.

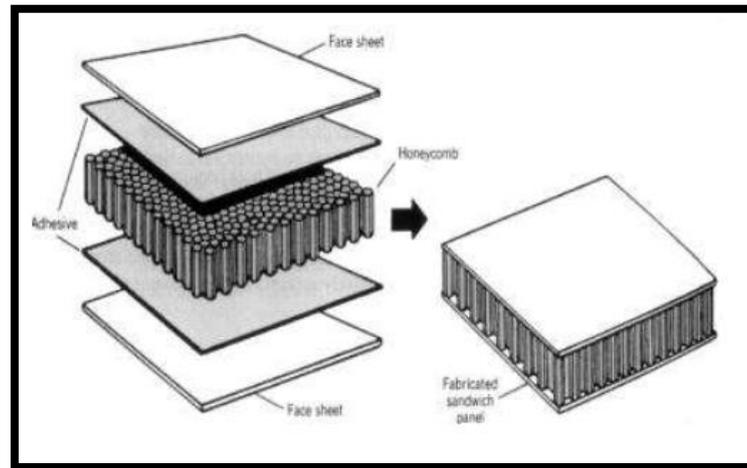


Gambar 9 Skema komposit berlapis

Sementara penguat *sandwich panels* adalah dua lapisan dengan lapisan luar yang kuat biasa disebut lapisan muka (*faces*). Dua lapisan tersebut dipisahkan oleh lapisan material atau inti (*core*) yang kurang padat (memiliki modulus elastisitas dan kekuatan yang lebih rendah). Pemisahan permukaannya tahan terhadap deformasi yang tegak



lurus dengan strukturnya berbentuk *honeycomb*. Biasanya dipakai untuk atap, dinding dan sayap pesawat. Gambar 10 menunjukkan skema bentuk penguat *sandwich panels* (Tjahjanti, Prantasi Harmi.2018).



Gambar 10 Skema bentuk penguat *sandwich panels*

2.4 Serat Sabut Kelapa

Indonesia adalah negara agraris dimana Sebagian besar penduduknya bekerja sebagai petani, dimana dari hasil sampingnya diperoleh diantaranya adalah sabut kelapa. Petani tradisional di bidang perkebunan kelapa masih belum maksimal dalam pengolahan limbah kelapa terutama sabutnya, hanya beberapa penduduk yang menggunakan sabut kelapa sebagai keperluan rumah tangga seperti keset, sapu, dan sebagainya.

Pengolahan hasil buah kelapa terutama produk turunannya masih memiliki peluang yang cukup besar. Saat ini industri pengolahan buah kelapa umumnya masih terfokus kepada pengolahan hasil daging buah sebagai hasil utama, sedangkan industri yang mengolah hasil samping buah (*by-product*) seperti air, sabut, dan tempurung kelapa masih diolah secara tradisional.

Serat sabut kelapa yang dikenal dengan nama latinnya *Cocos nucifera L.(coir)* saat ini sudah dimanfaatkan dan berkembang sebagai bahan baku produk komposit di bidang industri. Sabut kelapa merupakan hasil samping bagian terbesar dari buah kelapa. Sabut kelapa sangat melimpah dan memiliki efek farmakologis yang penting dengan toksisitas rendah. Adapun karakteristik unggulan serat sabut kelapa adalah modulus elastisitasnya cukup



rendah dan daya mulurnya sangat tinggi dibandingkan dengan serat alam yang lain. Sifat seratnya tidak kaku, sangat lentur, dan paling ulet. Struktur permukaan seratnya berongga menyerupai busa/ *sponge*. Keunggulan lainnya adalah kuat, ringan, tahan panas, tahan air garam, tahan cuaca, murah, dan mudah didapat.

Serat alami memiliki beberapa kelebihan jika dipadankan dengan serat sintetis, contohnya seperti serat alam memiliki berat yang lebih ringan, pengolahan bisa dilakukan tanpa bantuan bahan kimia serta tentunya ramah lingkungan. Serat alam merupakan bahan terbarukan dan memiliki kekuatan serta kekakuan yang relatif tinggi juga tidak menyebabkan iritasi pada kulit. Kelebihan lainnya yaitu adalah kualitasnya bisa divariasikan dan memiliki stabilitas panas yang tinggi, oleh karena itu dapat dikembangkan material insulasi termal berbasis serat alam (Dinata 2023).

2.5 Plastik

Plastik yang sebagian orang dianggap sebagai sampah dan barang dengan nilai ekonomi cukup rendah digunakan sebagai pengikatnya. Plastik memiliki sifat fisis kuat, densitas rendah, dan mudah dibentuk. Plastik yang digunakan sebagai pengikat merupakan salah satu jenis *Polyetilen*. Jenis *polyetilen* yang digunakan yaitu *Low Density Polyetilen*. Plastik jenis ini bisa dikatakan sebagai plastik induk karena masih bisa di *resicle* menjadi plastik jenis lain.

Material yang memiliki rantai karbon panjang, mudah dibuat menjadi berbagai bentuk dan ukuran, meleleh pada temperatur tertentu adalah plastik. Plastik dibuat dengan cara menyusun dan membentuk secara sambung-menyambung bahan-bahan dasar plastik atau disebut polimer atau makromolekul, bahan dasar plastik atau molekul sederhana disebut monomer. Plastik memiliki sifat yang tidak dimiliki bahan lain, yaitu bersifat *thermal*. Sifat *thermal* dari plastik memungkinkan plastik dapat dibentuk menjadi bentuk lain dengan bantuan panas. Plastik dipengaruhi oleh temperatur untuk pembentukannya baik dibawah maupun diatas titik leleh. Sifat *thermal* dari

ik yang menjadi sifat khas nya adalah memiliki titik lebur , di setiap jenis ik titik leburnya berbeda beda. Plastik memiliki temperatur transisi, gga bisa dibentuk. Pada titik temperatur transisi akan mengalami



peregangan, yang awalnya kaku menjadi fleksibel dan lentur, plastik secara tidak langsung akan membesar volumenya sehingga molekul monomernya akan bergerak bebas. Semakin tinggi temperaturnya, semakin lentur, dan apabila temperaturnya berada di atas titik leleh, akan meleleh atau melebur, apapun jenis plastiknya.

Plastik yang dipanasi di atas titik leleh lama kelamaan akan melebur dan mencair. Komposisi pembentuk plastik atau monomernya akan mengalami dekomposisi. Proses dekomposisi dipengaruhi oleh kecepatan panas mengalir dan ikatan rantai molekul menjadi pecah. Plastik merupakan salah satu jenis polimer yang bahan dasarnya secara umum adalah *polipropilena* (PP), *polietilena* (PE), *polistirena* (PS), *poli metil metakrilat* (PMMA), *high density polyethylene* (HDPE) dan *polivinilklorida* (PVC).

LDPE mempunyai massa jenis rendah yaitu sekitar 0,742 gr/ml, *viscositas* sebesar 0,78 gram/ml. Titik leleh LDPE adalah 115°C, memiliki ketahanan kimia yang sangat tinggi, namun mudah larut dalam *benzena* dan *tetrachlorocarbon* (CCl₄). Plastik LDPE salah satunya digunakan untuk kantong kresek, tutup plastik, plastik pembungkus daging beku, dan berbagai macam plastik tipis lainnya.

Upaya untuk mengurangi limbah plastik dilakukan dengan menggunakan konsep *reduce* (mengurangi), *reuse* (menggunakan kembali), dan *recycle* (daur ulang), dimana dilakukan upaya untuk mengurangi limbah plastik.

Menurut Kurniawan (2012) dalam penelitiannya menjelaskan masing-masing pengolahan limbah atau sampah plastik memiliki kelemahan. Kelemahan dari reuse adalah kantong yang terbuat dari plastik, kalau dipakai berkali-kali akan tidak layak pakai. Beberapa jenis plastik tidak baik bagi kesehatan tubuh apabila dipakai berkali-kali. Menurut Kurniawan (2012) kelompok plastik ada 2 macam yaitu jenis thermoplastik, yaitu jenis plastik yang ketika dipanaskan pada temperatur di atas titik lelehnya akan mencair kemudian dapat dicetak untuk bentuk yang lain. Jenis berikutnya adalah

thermosetting, plastik yang tidak bisa dicairkan walaupun dipanasi karena uknya padat. Selama ini yang sering digunakan adalah jenis termoplastik, karena limbahnya dapat diolah lagi untuk dibuat benda atau



alat yang terbuat dari plastik walaupun mengalami penurunan kualitas. Beberapa cara yang dicoba tingkat keberhasilannya belum bisa memecahkan permasalahan yang ada. Solusi yang paling tepat saat ini adalah dengan cara membuat komposit dan salah satu metode yang digunakan untuk menyatukan serat sabut kelapa dengan plastik itu dengan metode torefaksi. (Nugroho 2020)

2.6 Torefaksi

Kisaran suhu khas untuk proses ini adalah antara 200°C dan 300°C. Meskipun rentang lain telah disarankan, tidak ada yang melebihi suhu maksimum 300°C. Torefaksi di atas suhu ini akan menghasilkan devolatilisasi dan karbonisasi yang luas polimer yang keduanya tidak diinginkan untuk torefaksi. Juga, hilangnya lignin dalam biomassa sangat tinggi di atas 300°C.

Tumuluru dkk menjelaskan proses torefaksi dengan pertama-tama mempertimbangkan tiga zona suhu: 1) non-reaktif (misalnya, 50-150°C); 2) reaktif (misalnya, 150–200°C); dan 3) destruktif (misalnya, 200-300°C). Berbagai reaksi biomassa pada suhu tersebut rezimnya meliputi: 1) dehidrasi; 2) devolatilisasi dan karbonisasi hemiselulosa; 3) depolimerisasi dan devolatilisasi atau pelunakan lignin; dan 4) depolimerisasi devolatilisasi selulosa. Reaksi-reaksi ini membawa dampak yang signifikan perubahan sifat fisik biomassa, komposisi kimia, dan kandungan energi. Perubahan ini bergantung pada suhu dan waktu tinggal, laju pemanasan, jenis biomassa, dan sifat-sifat seperti kelembaban awal, ukuran partikel, dan bentuk. Pemanasan awal dari biomassa hingga suhu 150°C (misalnya, zona pengeringan non-reaktif) menghilangkan air yang tidak terikat. Selanjutnya meningkatkan suhu menjadi 150–200°C menghilangkan sebagian besar air yang terikat. Suhu >200°C menyebabkan dekomposisi termal, devolatilisasi, dan reaksi karbonisasi. Lignin dalam biomassa melunak pada suhu transisi gelas, tempat molekul lignin menjadi lebih mobile. Sebagian besar biomassa hemiselulosa mengalami reaksi penguraian, mengakibatkan perubahan warna yang signifikan, komposisi kimia, dan sifat fisik. Lebih tinggi suhu >280°C, reaksi

apat menghasilkan gas CO, CO₂, fenol, asam asetat, dan hidrokarbon lain tinggi lainnya. Reaksi-reaksi ini menyebabkan degradasi hemiselulosa,



yang merusak gugus fungsi gugus O-H dan CO, sehingga membuat biomassa hidrofobik dan meningkatkan stabilitas penyimpanan.

2.7 Uji Tarik

Pengujian tarik merupakan salah satu pengujian material yang paling banyak dilakukan di dunia industri. Karena pengujian ini terbilang yang paling mudah dan banyak data yang bisa diambil dari pengujian ini. Diantaranya yang bisa didapat dari pengujian tarik ini adalah Kekuatan tarik (*Ultimate Tensile Strength*), Kekuatan mulur (*Yield Strength or Yield Point*), Elongasi (*Elongation*), Elastisitas (*Elasticity*) dan Pengurangan luas penampang (*Reduction of Area*). Seiring dengan berkembangnya teknologi, maka pada saat ini mesin uji tarik dilengkapi dengan perangkat-perangkat elektronik untuk memudahkan dalam menganalisa data yang diperoleh. *Load Cell* merupakan salah satu perangkat elektronik yang digunakan sebagai perangkat tambahan pada mesin uji tarik. *Load Cell* menggunakan *system* perangkat pengolahan data. (Budiman Haris, 2016)

Uji tarik adalah pemberian gaya atau tegangan tarik kepada material dengan maksud untuk mengetahui atau mendeteksi kekuatan dari suatu material. Tegangan tarik yang digunakan adalah tegangan aktual eksternal atau perpanjangan sumbu benda uji. Uji tarik dilakukan dengan cara penarikan uji dengan gaya tarik secara terus menerus, sehingga bahan (perpajangannya) terus menerus meningkat dan teratur sampai putus, dengan tujuan menentukan nilai tarik. Untuk mengetahui kekuatan tarik suatu bahan dalam pembebanan tarik, garis gaya harus berhimpit dengan garis sumbu bahan sehingga pembebanan terjadi beban tarik lurus. Tetapi jika gaya tarik sudut berhimpit maka yang terjadi adalah gaya lentur. Hasil uji tarik tersebut mencatat fenomena hubungan antara tegangan-regangan yang terjadi selama proses uji tarik dilakukan. Mesin uji tarik sering diperlukan dalam kegiatan *engineering* untuk mengetahui sifat-sifat mekanik suatu material. Mesin uji tarik terdiri dari beberapa bagian pendukung utama, diantaranya: kerangka,

mekan spesimen, sistem penarik, serta sistem pengukur. Uji tarik banyak digunakan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan. Pada uji tarik benda uji



diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontiniu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan mengenai perpanjangan yang dialami benda uji. seperti terlihat pada Gambar 11.



Gambar 11 Alat uji tarik

Pada perpatahan yang terjadi melalui pengujian tarik dikenal dua jenis patah yaitu patah ulet dan patah getas. Patah ulet adalah jenis perpatahan yang menampakkan adanya deformasi yang besar pada ujung patah sedangkan patah getas tidak menunjukkan adanya deformasi yang berarti.

2.8 Uji Impak

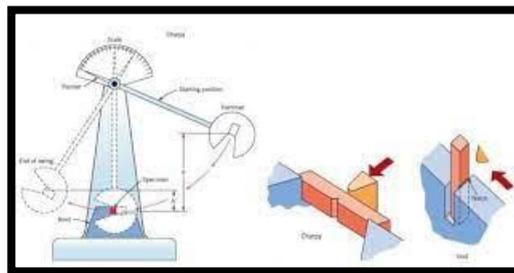
Pengertian impact merupakan suatu pengujian yang mengukur ketangguhan bahan terhadap beban impact. Inilah yang membedakan pengujian impact dengan pengujian tarik dan kekerasan dimana pembebanan dilakukan secara perlahan-lahan. Pengujian impact merupakan uji mekanik yang dapat dipakai untuk menganalisis sifat-sifat mekanik bahan seperti kemampuan bahan menahan beban benturan dan sifat ulet getas bahan terhadap perubahan suhu.

Pengujian impact merupakan suatu upaya untuk mensimulasikan kondisi operasi material yang sering ditemui dalam perlengkapan transportasi atau konstruksi dimana beban tidak selamanya terjadi secara perlahan-lahan

akan datang secara tiba-tiba, contoh deformasi pada bumper mobil pada terjadinya tumbukan kecelakaan. Pada pengujian impact ini dimana akhirnya energi yang diserap oleh bahan untuk terjadinya perpatahan



merupakan ukuran ketahanan impact atau ketangguhan bahan tersebut. Bahan yang ulet akan menunjukkan harga impact yang besar. Dasar pengujian impact ini adalah penyerapan energi potensial dari pendulum beban yang berayun dari suatu ketinggian tertentu menumbuk benda uji sehingga beban uji mengalami deformasi. Dengan demikian, suatu bahan yang akan beroperasi pada temperatur sangat rendah, perlu dilakukan pengujian impact, khususnya mengetahui temperatur transisi antara ulet dan getas. (Safrijal dkk, 2017)



Gambar 12 Alat uji impact

Dalam pengujian impact ini dapat dilakukan dengan dua metode, yaitu:

1. Metode izod

Metode izod ialah mempunyai penampang lintang bujur sangkar atau lingkaran yang bertakik V didekat ujung yang dijepit. Pada cara ini spesimen pada salah satu ujungnya sehingga takik akan berada dekat permukaan penjepitnya.

2. Metode *charpy*

Pengujian impact *charpy* (juga dikenal sebagai tes *Charpy v-notch*) merupakan standar pengujian laju regangan tinggi yang menentukan jumlah energi yang diserap oleh bahan selama terjadi patahan. Energi yang diserap adalah ukuran ketangguhan bahan tertentu dan bertindak sebagai alat untuk belajar bergantung pada suhu transisi ulet getas. Metode ini banyak digunakan pada industri dengan keselamatan yang kritis, karena mudah untuk dipersiapkan dan dilakukan. Kemudian hasil pengujian dapat diperoleh dengan cepat dan murah.

Tes ini dikembangkan pada 1905 oleh ilmuwan Perancis Georges Charpy. Pengujian ini penting dilakukan dalam memahami masalah patahan kapal pada Perang Dunia II. Metode pengujian material ini sekarang digunakan di banyak industri untuk menguji material yang digunakan dalam pembangunan



kapal, jembatan, dan untuk menentukan bagaimana keadaan alam (badai, gempa bumi, dan lain-lain) akan mempengaruhi bahan yang digunakan dalam berbagai macam aplikasi industri. Tujuan uji *impact charpy* adalah untuk mengetahui kegetasan atau keuletan suatu bahan (spesimen) yang akan diuji dengan cara pembebanan secara tiba-tiba terhadap benda yang akan diuji secara statik.

2.9 Uji Penyerapan Air

Uji penyerapan air juga merupakan salah satu metode pengujian yang dapat digunakan untuk mengetahui karakteristik dari sebuah material. Penyerapan pada komposit biasanya merujuk pada kemampuan sebuah bahan komposit untuk menyerap atau menahan air. Ini adalah sifat yang penting dalam banyak aplikasi, seperti konstruksi material, industri otomotif, dan manufaktur berbagai produk. Bahan komposit terdiri dari dua bahan yang berbeda yang digabungkan untuk menciptakan sifat-sifat yang diinginkan. Penyerapan air bisa menjadi parameter penting karena dapat mempengaruhi kekuatan, keawetan dan stabilitas dimensional bahan tersebut. Proses penyerapan air pada komposit terjadi melalui retakan atau pori-pori di material. Pengurangan penyerapan air biasanya dicapai dengan merancang komposisi material dengan cermat, menggunakan lapisan pelindung, atau memodifikasi struktur internal bahan. Pada uji penyerapan air ini menggunakan ASTM D570-98, hal ini dikarenakan ASTM D570-98 merupakan metode uji standar untuk penyerapan air dari plastik. Tujuan dari pengujian ini untuk mengetahui batas kemampuan komposit dalam menyerap air.

