

**ANALISIS VARIASI *TEMPERATURE* PADA PEMBUATAN *WOOD*
POLYMER COMPOSITE (WPC) MENGGUNAKAN PLASTIK *SHEET***

SKRIPSI

OLEH :

DANIEL CARLOS ORLANDO SIAGIAN

208130080



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 25/5/26

Access From (repositori.uma.ac.id)25/5/26

HALAMAN JUDUL

**ANALISIS VARIASI *TEMPERATURE* PADA PEMBUATAN *WOOD*
POLYMER COMPOSITE (WPC) MENGGUNAKAN PLASTIK *SHEET***

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat memperoleh
Gelar Sarjana di Fakultas Teknik
Universitas Medan Area

Oleh:

DANIEL CARLOS ORLANDO SIAGIAN

208130080

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS MEDAN AREA

MEDAN

2025

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

HALAMAN PENGESAHAN

Judul proposal : Analisis Variasi *Temperature* pada pembuatan
Wood Polymer Composite (WPC) menggunakan
plastik *sheet*

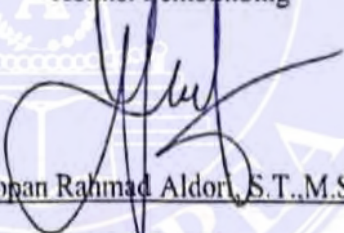
Nama Mahasiswa : Daniel Carlos Orlando Siagian

NIM : 208130080


Fakultas : Teknik Mesin


Disetujui Oleh:

Komisi Pembimbing


Yopan Rahmad Aldori, S.T.,M.Sc.

Pembimbing


Yohan Prianto, S.T.,M.T.
Dekan


Diklandis, S.T.,M.T.
Ka. Prodi

Tanggal Lulus: 29 September 2025

HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun dengan judul:

Analisis Variasi *Temperature* pada pembuatan *Wood Polymer Composite (WPC)* menggunakan plastik *sheet*.

Adalah benar-benar hasil karya sendiri. Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa di dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka, serta tidak ada bagian dari skripsi ini yang merupakan plagiat atau saduran dari skripsi lain yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi mana pun.

Apabila di kemudian hari terbukti pernyataan saya ini tidak benar, maka saya bersedia menerima sanksi akademik yang berlaku, termasuk pencabutan gelar kesarjanaan yang telah saya peroleh.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya.

Medan, 29 September 2025


METERAI TEMPEL
ABAKX208124278
Daniel Carlos Orlando Siagian
208130080

HALAMAN PERYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

TUGAS AKHIR SKRIPSI/TESIS UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sevitak akademik Universitas Medan Area saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Daniel Carlos Orlando Siagian

NPM : 208130080

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tugas Akhir/Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (non-exclusive- free right)** atas karya ilmiah saya yang berjudul: Analisis Variasi *Temperature* Pada Pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) Menggunakan Plastik *Sheet*.

Beserta perangkat yang ada (jika di perlukan). Dengan hak bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik hak cipta. Demikian pernyataan ini buat dengan sebenarnya.

Di buat di Medan

Pada tanggal : 29 September 2025

Yang menyatakan



(Daniel Carlos Orlando Siagian)

208130080

ABSTRAK

Indonesia saat ini masih menjadi salah satu negara penghasil limbah plastik terbesar di dunia, punya potensi besar dalam pengembangan material komposit dengan memanfaatkan limbah plastik. Sebagai salah satu upaya dalam mengurangi penumpukan sampah plastik yang kini menjadi masalah nasional. Penelitian ini mendukung upaya pemanfaatan limbah plastik *sheet* dan serbuk kayu secara lebih efektif dan bernilai tambah, berkontribusi pada pengurangan volume limbah dan penciptaan material berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis variasi temperatur pada pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) menggunakan plastik *sheet* dengan metode *hot press*. Dengan variasi *temperature* 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C. Dengan melakukan analisis ini, diharapkan dapat memberikan wawasan lebih dalam menentukan temperatur yang tepat dalam pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC).

Kata kunci : variasi *temperature*, plastik *sheet*, *Wood Polymer Composite* (WPC), *Heat flux*

ABSTRACT

Indonesia remains one of the world's largest producers of plastic waste and holds significant potential for developing composite materials utilizing plastic waste. This is one effort to reduce the accumulation of plastic waste, which is now a national problem. This research supports efforts to utilize plastic *sheet* and sawdust waste more effectively and with added value, contributing to waste volume reduction and the creation of sustainable materials. This research aims to analyze temperature variations in the manufacture of *Wood Polymer Composite* (WPC) using plastic *sheet* using the hot press method. The temperatures varied from 95°C, 105°C, 115°C, and 125°C. This analysis is expected to provide further insight into determining the appropriate temperature for *Wood Polymer Composite* (WPC) production.

Keywords: *Temperature Variation, Plastic Sheet, Wood Polymer Composite (WPC), Heat Flux*

RIWAYAT HIDUP

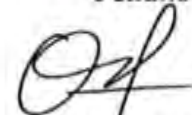
Penulis bernama Daniel Carlos Orlando Siagian dilahirkan pada tanggal 15 desember 2001. Penulis merupakan anak ke 6 dari 7 bersaudara, dari pasangan Manuksuk Siagian dan Happy Sanna Panjaitan. Penulis menyelesaikan pendidikan di Sekolah Dasar Negeri 174556 Sitorang dan Tamat pada tahun 2013. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di sekolah menengah pertama negeri 1 Silaen dan Tamat pada Tahun 2016. Pada tahun yang sama penulis melanjutkan pendidikan di sekolah menengah kejuruan swasta yayasan sopusurung balige dan tamat pada tahun 2019 . setelah tamat dari sekolah menengah kejuruan, penulis melanjutkan pendidikan di Fakultas Teknik Program Studi teknik mesin Universitas medan area pada tahun 2020. Pada tahun 2024 penulis melaksanakan praktek kerja lapangan (PKL) di PT LANGKAT NUSANTARA KEPONG , STABAT.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala karunianya sehingga skripsi ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian ini ialah Analisis Variasi *Temperature* pada pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) menggunakan plastik *sheet*.

Terima kasih penulis sampaikan kepada Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M. Eng.,M.Sc., selaku Rektor Universitas Medan Area. Bapak Dr. Eng.Supriatno,ST,MT., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area. Bapak Dr.Iswandi, ST., MT., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Medan Area. Bapak Tino Hermanto, ST., Msc., selaku Seketaris Program Studi Teknik Mesin Univesitas Medan Area. Bapak Yopan Rahmad Aldori, ST, MSc., selaku Dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktunya untuk membimbing, memotivasi dan memberi saran kepada penulis dalam penulisan skripsi ini. Seluruh dosen pengajar dan pegawai Prodi Teknik Mesin Universitas Medan Area.

Penulis



Daniel Carlos Orlando Siagian
208130080

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	v
ABSTRAK	vi
ABSTRACT	vii
RIWAYAT HIDUP.....	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR NOTASI.....	xv
DAFTAR TABEL.....	ix
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Hipotesis Penelitian	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1. Komposit	5
2.1.1 Komponen Utama Penyusun Komposit	6
2.1.2 Tujuan Dan Keunggulan Penggunaan Komposit	9
2.1.3 Klasifikasi Komposit.....	10
2.3. Plastik	13
2.3.1 Pengertian Plastik	13
2.3.2 Struktur dan Komposisi Plastik.....	13

2.3.3	Klasifikasi Plastik	14
2.3.3	Jenis-Jenis Plastik Yang Umum Digunakan Pada WPC	16
2.3.4	Plastik <i>Sheet</i> Sebagai Matriks Polimer	17
2.4.	Serbuk Kayu Limbah Mebel Sebagai Penguat	19
2.5.	Metode Hot Press	21
2.5.1	Pengertian Metode Hot Press	21
2.5.2	Prinsip Kerja Hot Press.....	22
2.5.3	Keunggulan Dan Kelemahan Metode Hot press	22
2.5.4	Aplikasi Metode Hot press Dalam Penelitian.....	23
2.3.	Pengaruh Temperature Dalam Pembuatan Wpc.....	23
2.6.	Aliran Panas (Head Flux)	24
2.6.1	Mekanisme Perindahan Panas	25
2.6.2	Heat Fluks Pada Proses Hot press	26
2.6.3	Analisis <i>Heat Fluks</i> Menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R127	
2.7.	Penelitian Terdahulu.....	28
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		30
3.1	Tempat Dan Waktu Penelitian	30
3.1.1	Tempat	30
2.3.5	Waktu	30
3.2.	Alat dan Bahan	31
3.2.1	Bahan.....	31
2.3.6	Alat	33
2.4	Metodologi Penelitian	38
3.4.	Variabel Penelitian	40
3.4.1	Variabel Bebas.....	40
3.4.2	Variabel Terikat.....	41
3.4.3	Variabel Kontrol.....	41
3.5.	Populasi dan Sampel.....	42

3.5.1	Populasi Penelitian	42
3.5.2	Sampel Penelitian	42
3.6.	Prosedur Penelitian.....	44
3.6.1	Prosedur Eksperimen Pembuatan WPC.....	44
3.6.2	Prosedur Simulasi ANSYS Mechanical APDL 2020 R1	47
3.7.	Diagram Alir Penelitian.....	53
BAB IV HASIL PENELITIAN.....		54
4.1.	Hasil Pengamatan Visual.....	54
4.1.1	Temperatur 95°C	54
4.1.3	Temperatur 105° C.....	55
4.1.4	Temperatur 115°C	56
4.1.5	Temperatur 125°C	57
4.2	Heat Flux	59
4.3.	Hasil Simulasi Ansys Mechanical Apdl 2020 R1.....	62
4.3.1.	Distribusi Temperature 95°C	64
4.3.2	Distribusi Temperature 105°C.....	65
4.3.3	Distribusi Temperature 115°C.....	66
4.3.4	Distribusi Temperature 125°C.....	67
4.4.	Pembahasan	68
BAB V SIMPULAN DAN SARAN.....		70
5.1.	Simpulan.....	70
5.2.	Saran.....	71
DAFTAR PUSTAKA.....		73
LAMPIRAN		76

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Ilustrasi Struktur Komposit	6
Gambar 2. 2 Engine Block	10
Gambar 2. 3 Bilah Turbin	11
Gambar 2. 4 WPC	11
Gambar 2. 5 Struktur Termoplastik dan Termoset	16
Gambar 2. 6 Plastik Sheet	19
Gambar 2. 7 Limbah Mebel	20
Gambar 2. 8 Logo ANSYS	27
Gambar 3. 1 Serbuk Kayu	32
Gambar 3. 2 Plastik <i>Sheet</i>	32
Gambar 3. 3 Mesin <i>Hot press</i>	34
Gambar 3. 4 Pressure Gauge	34
Gambar 3. 5 Stopwatch	35
Gambar 3. 6 Termometer Inframerah	35
Gambar 3. 7 Mold	36
Gambar 3. 8 <i>Heat Resistant Gloves</i>	36
Gambar 3. 9 Jangka Sorong	37
Gambar 3. 10 Laptop	37
Gambar 3. 11 penimbangan plastik	44
Gambar 3. 12 kontrol suhu	45
Gambar 3. 13 Kontrol Tekanan	46
Gambar 3. 14 Sampel a 95°C , Sampel b 105°C, Sampel c 115°C, Sampel d 125°C	46
Gambar 3. 15 Model Analisa	47
Gambar 3. 16 Element Type	48
Gambar 3. 17 Conductivity Thermal	48
Gambar 3. 18 Density	48
Gambar 3. 19 Create Volumes	49

Gambar 3. 20 Model Cetakan	49
Gambar 3. 21 Ukuran Elemen.....	50
Gambar 3. 22 Meshing	50
Gambar 3. 23 Diagram Alir Penelitian	53
Gambar 4. 1 Sampel 95°C.....	54
Gambar 4. 2 Void (gelembung udara).....	55
Gambar 4. 3 Sampel 105° C.....	55
Gambar 4. 4 Permukaan komposit yang cerah pori-pori tampak mulai tidak terlihat	56
Gambar 4. 5 sampel 115°C	56
Gambar 4. 6 Serbuk kayu dan plastik tampak menyatu secara merata.....	57
Gambar 4. 7 Sampel 125°C.....	57
Gambar 4. 8 overheading	58
Gambar 4. 9 Boundary Conditions.....	62
Gambar 4. 10 Solving process	63
Gambar 4. 11 Countour Plot	64
Gambar 4. 12 Simulation temperature 95°C.....	64
Gambar 4. 13 Simulation temperature 105°C.....	65
Gambar 4. 14 Simulation temperature 115°C.....	66
Gambar 4. 15 Simulation temperature 125°C.....	67

DAFTAR NOTASI

k	=	Konduktivitas Termal Material (W/m·K)
T_{plat}	=	Suhu Permukaan Panas
T_{awal}	=	Suhu Permukaan Dingin
L	=	Ketebalan Material (m)
q	=	Fluks Panas (W/m ²)
Q	=	Laju Perpindahan Panas (Watt)
A	=	Luas Permukaan Aliran Panas (m ²)
k	=	Konduktivitas Termal Bahan (W/m.K)
$\frac{dT}{dx}$	=	Gradien Temperatur (K/m)
h	=	Koefisien Perpindahan Panas Konveksi (W/m ² ·K)
T_s	=	Suhu Permukaan (K)
T_{∞}	=	Suhu Udara Di Sekitar Cetakan (K)
ε	=	Emisitas Permukaan
σ	=	Konstanta Stefan–Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8}$ W/m ² ·K ⁴)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Temperature leleh plastik.....	17
Tabel 1. 2 Jadwal Kegiatan Penelitian Tahun 2025	30
Tabel 1. 3 Hasil pegamatan Visul WPC berdasarkan Variasi Temperatur	58
Tabel 1. 4 Hasil Perhitungan Heat Fluks	60



BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia hingga kini masih menjadi salah satu negara penghasil limbah plastik terbesar di dunia. Kondisi ini menimbulkan permasalahan lingkungan yang cukup serius karena plastik sulit terurai secara alami. Namun di sisi lain, limbah plastik memiliki potensi besar untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan material komposit yang bernilai ekonomi tinggi. Salah satu upaya inovatif dalam mengurangi penumpukan sampah plastik adalah dengan mengolahnya menjadi *Wood Polymer Composite* (WPC), yaitu material komposit berbasis campuran serbuk kayu dan polimer plastik.

Pemanfaatan plastik *sheet* (lembaran plastik) baik yang berasal dari limbah kemasan maupun industri sebagai bahan matriks pada pembuatan WPC, merupakan langkah strategis untuk mengurangi penggunaan plastik sekali pakai. Selain ramah lingkungan, penggunaan bahan daur ulang ini juga dapat menekan biaya produksi. Pembuatan WPC dengan metode *hot press* memungkinkan terciptanya material yang kuat, tahan terhadap kelembapan, serta memiliki karakteristik fisik yang stabil. Metode ini bekerja dengan cara memanaskan campuran serbuk kayu dan plastik pada suhu tertentu sambil diberi tekanan agar material menyatu sempurna (Apsari, 2018). Salah satu faktor utama yang memengaruhi kualitas WPC adalah temperatur proses *hot press*. Suhu yang terlalu rendah menyebabkan plastik tidak meleleh sempurna sehingga ikatan antarpartikel lemah, sedangkan suhu yang terlalu tinggi dapat merusak serbuk kayu akibat degradasi termal. Oleh karena itu,

penentuan suhu optimal sangat penting agar diperoleh komposit dengan sifat mekanik dan tampilan visual terbaik (Fernandes, 2022).

Dalam penelitian ini digunakan variasi temperatur 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil WPC yang dibuat menggunakan plastik *sheet*. Selain itu, dilakukan juga simulasi numerik menggunakan perangkat lunak ANSYS Mechanical APDL 2020 R1 guna menganalisis distribusi panas dan aliran panas (*Heat flux*) pada cetakan *hot press*. Hasil simulasi ini dibandingkan dengan hasil eksperimen untuk memahami keterkaitan antara kondisi termal cetakan dengan kualitas akhir produk komposit. Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap hasil pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) serta memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai proses perpindahan panas selama *hot press* berlangsung.

Berdasarkan uraian di atas, penelitian ini penting dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi temperatur terhadap hasil pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) serta memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai proses perpindahan panas selama proses *hot press* berlangsung.

1.2. Rumusan Masalah

Dari latar belakang diatas dapat diperoleh indentifikasi dan rumusan masalah, maka rumusan masalah sebagai berikut :

1. Bagaimana pengaruh variasi temperatur terhadap hasil pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) menggunakan plastik *sheet*.

2. Bagaimana variasi *temperature* dalam proses *hot press* mempengaruhi bentuk fisik dan permukaan WPC.
3. Bagaimana analisis aliran panas (*Heat flux*) dengan variasi temperatur pada cetakan menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1, dan bagaimana pengaruhnya terhadap hasil proses *hot press*.

1.3. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk :

1. Membuat komposit dari campuran serbuk kayu dan plastik *sheet* dengan variasi *temperature* 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C menggunakan metode *hot press*.
2. Menilai pengaruh variasi *temperature* terhadap karakteristik fisik dan visual *Wood Polymer Composite* (WPC).
3. Melakukan simulasi dan analisis aliran panas (*Heat flux*) dengan variasi temperatur pada cetakan menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1, serta mengevaluasi keterkaitannya dengan hasil eksperimen.

1.4. Hipotesis Penelitian

Berdasarkan kajian teori dan tujuan penelitian, hipotesis yang di ajukan adalah sebagai berikut:

1. Variasi temperatur pada proses *hot press* berpengaruh signifikan terhadap kualitas fisik dan struktur *Wood Polymer Composite* (WPC) yang dihasilkan.

2. Peningkatan temperatur akan meningkatkan laju aliran panas (*Heat flux*) sehingga proses pelelehan plastik lebih merata dan menghasilkan ikatan antarpartikel yang lebih kuat.
3. Distribusi temperatur yang merata pada cetakan akan menghasilkan WPC dengan permukaan homogen dan mengurangi cacat visual seperti gelembung udara atau pori-pori terbuka.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Secara teknis, penelitian ini dapat membantu menentukan temperatur optimal dalam proses pembuatan WPC agar diperoleh hasil dengan kualitas terbaik, efisiensi tinggi, dan minim cacat.,
2. Secara lingkungan, penelitian ini mendukung pemanfaatan limbah plastik *sheet* dan serbuk kayu menjadi produk bernilai guna tinggi sehingga dapat mengurangi volume limbah.
3. Secara akademik, penelitian ini memberikan kontribusi berupa permodelan numerik menggunakan ANSYS Mechanical APDL R1 sebagai pendekatan untuk memahami distribusi panas dan aliran panas pada cetakan, serta menjadi referensi bagi penelitian selanjutnya dibidang rekayasa material komposit berbasis limbah.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Komposit

Material komposit adalah material hasil penggabungan dua atau lebih bahan yang memiliki sifat berbeda, sehingga menghasilkan material baru dengan sifat mekanik, fisik, dan termal yang lebih baik dibanding bahan penyusunnya secara terpisah. Tujuan utama dari pembentukan komposit adalah untuk memperoleh kombinasi sifat unggul, seperti kekuatan tinggi, ketahanan korosi, kekakuan, dan berat yang ringan (Falah, 2018).

Menurut Kurnia (2018), material komposit terdiri dari dua fase utama, yaitu:

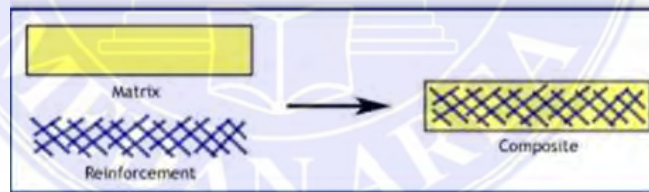
1. Matriks (*Matrix*) berfungsi sebagai bahan pengikat dan pelindung bahan penguat. Matriks menyalurkan beban yang diterima ke seluruh bagian komposit.
2. Penguat (*Reinforcement*) merupakan bahan yang ditambahkan untuk memperbaiki sifat mekanik komposit seperti kekuatan, kekakuan, dan ketahanan aus.

Material komposit banyak digunakan pada bidang teknik seperti otomotif, kedirgantaraan, perkapalan, serta industri konstruksi karena sifatnya yang ringan namun memiliki kekuatan tinggi. Dalam penelitian ini, jenis komposit yang dikaji adalah *Wood Polymer Composite* (WPC) material berbasis campuran serbuk kayu sebagai penguat dan plastik *sheet* termoplastik sebagai matriks. Komposit jenis ini

termasuk ke dalam kategori *polymer matrix composite* (PMC) karena fase matriksnya berupa bahan polimer.

2.1.1 Komponen Utama Penyusun Komposit

Material komposit pada dasarnya tersusun atas dua komponen utama, yaitu matriks (*matrix*) dan penguat (*reinforcement*). Kedua komponen ini memiliki peranan penting dalam menentukan sifat mekanik, termal, serta karakteristik akhir dari material komposit yang dihasilkan. Selain dua komponen tersebut, terdapat juga antarmuka (*interface*) yang menjadi penghubung antara matriks dan penguat agar mampu bekerja secara sinergis membentuk satu kesatuan material yang kuat. Gambar 2.1 menjelaskan bagaimana *matrix* dan *reinforcement* bergabung membentuk material baru. Ketiga komponen ini saling berinteraksi untuk menghasilkan material komposit yang memiliki kombinasi kekuatan, kekakuan, dan ketahanan lingkungan yang baik (Syaputra, 2016).



Gambar 2. 1 Ilustrasi Struktur Komposit

a. Matriks (*Matrix*)

Matriks merupakan fase dasar dari material komposit yang berfungsi sebagai pengikat bahan penguat dan pelindung terhadap pengaruh lingkungan luar seperti kelembapan, korosi, dan tekanan mekanis.

Selain itu, matriks juga berperan dalam mendistribusikan beban yang diterima komposit keseluruhan bagian bahan penguat, sehingga gaya yang bekerja dapat tersebar merata (Pramudiana, 2020).

Matriks dapat terbuat dari bahan logam, keramik, maupun polimer. Pada penelitian ini digunakan plastik *sheet* termoplastik sebagai matriks karena memiliki beberapa keunggulan, antara lain:

- Mudah mencair saat dipanaskan dan dapat dibentuk 7lastic.
- Tahan terhadap air dan kelembapan.
- Memiliki daya rekat yang baik terhadap bahan alami seperti serbuk kayu.
- Ramah lingkungan karena bisa didaur ulang.

Jenis Plastik yang umum digunakan dalam pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) antara lain *High Density Polyethylene* (HDPE) dan *Polypropylene* (PP). Kedua jenis termoplastik tersebut memiliki titik leleh pada rentang suhu 160–200°C, yang sesuai untuk proses *hot press*.

Menurut Rahmawati (2024), sifat fleksibel dan ketahanan termal pada plastik jenis HDPE dan PP menjadikannya bahan matriks yang ideal dalam pembuatan komposit berbasis serbuk kayu.

b. Penguat (*Reinforcement*)

Bahan penguat berfungsi untuk meningkatkan kekuatan mekanik, kekakuan, dan stabilitas dimensi dari material komposit. Bahan penguat dapat berbentuk serat Panjang, serbuk, atau partikel halus, tergantung pada aplikasi dan metode pembuatannya. Dalam penelitian ini digunakan serbuk kayu limbah mebel sebagai bahan penguat. Serbuk kayu merupakan bahan alami yang terdiri dari selulosa,

hemiselulosa, dan lignin yang memberikan kekuatan serta kemampuan berikatan dengan plastik pada suhu tinggi.

Keunggulan penggunaan serbuk kayu sebagai penguat antara lain:

- Ramah lingkungan dan mudah diperoleh.
- Dapat mengurangi limbah industri kayu .
- Meningkatkan kekakuan dan kekuatan komposit.
- Memberikan tampilan estetika alami pada produk akhir.

Namun, bahan kayu juga memiliki kekurangan yaitu mudah menyerap air (*higroskopis*) dan mudah terdegradasi pada suhu tinggi di atas 130°C, sehingga pengaturan suhu proses *hot press* menjadi faktor penting dalam menjaga kualitas hasil komposit (Harahap, 2023).

c. Antarmuka (*Interface*)

Antarmuka merupakan zona kontak antara matriks dan bahan penguat di dalam komposit. Kualitas antarmuka menentukan sejauh mana beban yang diterima dapat disalurkan secara merata antara matriks dan penguat. Jika antarmuka lemah, maka akan terjadi delaminasi atau retak mikro yang menyebabkan penurunan kekuatan komposit (Nugroho, 2022).

Pada *Wood Polymer Composite* (WPC), antarmuka terbentuk melalui dua mekanisme utama:

1. Ikatan Mekanik, di mana plastik cair masuk ke dalam pori-pori serbuk kayu selama proses pemanasan dan tekanan berlangsung.

2. Ikatan Kimia, yang terbentuk dari reaksi antara gugus fungsional hidroksil (-OH) pada kayu dengan rantai molekul polimer pada plastik.

2.1.2 Tujuan Dan Keunggulan Penggunaan Komposit

Penggunaan material komposit semakin luas karena dapat menggantikan material konvensional seperti logam dan kayu dengan beberapa keunggulan.

Tujuan utama pembuatan komposit antara lain:

1. Meningkatkan kekuatan dan kekakuan,
2. Menurunkan berat jenis material,
3. Meningkatkan ketahanan terhadap korosi dan kelembapan,
4. Menghemat biaya produksi melalui pemanfaatan bahan lokal atau limbah plastik,
5. Meningkatkan efisiensi energi dalam proses manufaktur.

Menurut Surdia (2020), beberapa keunggulan komposit dibanding material konvensional adalah:

- Rasio kekuatan terhadap berat lebih tinggi,
- Tahan terhadap lingkungan lembap atau korosif,
- Mudah dibentuk menjadi berbagai desain,
- Dapat menggunakan bahan daur ulang,
- Kombinasi sifat dapat diatur sesuai kebutuhan

Namun, komposit juga memiliki kelemahan, seperti:

- Sulit diproses ulang setelah rusak,
- Memerlukan proses pencampuran dan pengendalian suhu yang presisi,

- Sifat termal dan mekanik sangat bergantung pada kualitas ikatan antara matriks dan penguat.

2.1.3 Klasifikasi Komposit

Material komposit dapat diklasifikasikan berdasarkan jenis matriks yang digunakan dan bentuk bahan penguatnya. Klasifikasi ini penting karena menentukan sifat mekanik, termal, serta aplikasi akhir dari material komposit tersebut. Menurut Pramudiana (2020), pengelompokan komposit secara umum terbagi menjadi tiga jenis utama berdasarkan jenis matriksnya, yaitu:

a. *Metal Matriks Composite* (MMC)

Jenis komposit ini menggunakan logam seperti aluminium, magnesium, atau titanium sebagai bahan matriksnya. Bahan penguat yang digunakan biasanya berupa serat keramik (seperti SiC Al₂O₃) atau partikel karbon. MMC memiliki kekuatan dan ketahanan panas yang tinggi, serta mampu digunakan pada suhu hingga 500–700°C. Namun, kekurangannya adalah proses pembuatannya sulit serta mahal. Gambar 2.2 contoh aplikasi MMC banyak ditemukan pada komponen pesawat terbang, sistem rem, dan piston kendaraan bermotor.



Gambar 2. 2 *Engine Block*

x

b. *Ceramic Matriks Composite (CMC)*

Pada komposit jenis ini, matriksnya terbuat dari bahan keramik seperti alumina (Al_2O_3), silikon karbida (SiC), atau zirkonia (ZrO_2). Pada komposit jenis ini, matriksnya terbuat dari bahan keramik seperti alumina (Al_2O_3). Kelemahannya adalah mudah retak dan kurang tahan terhadap benturan karena sifat rapuh dari keramik itu sendiri. Gambar 2.3 contoh aplikasi CMC banyak digunakan pada turbin gas, sistem isolasi panas, dan komponen plastik nuklir.



Gambar 2. 3 Bilah Turbin

c. *Polymer Matriks Composite (PMC)*

Komposit jenis ini menggunakan polimer sebagai bahan matriksnya, baik dari jenis termoplastik maupun termoset. PMC memiliki berat ringan, tahan korosi, mudah dibentuk, serta dapat menggunakan bahan penguat alami seperti serat atau serbuk kayu. Jenis komposit ini paling banyak digunakan karena proses pembuatannya sederhana dan ekonomis. Gambar 2.4 adalah contoh PMC.



Gambar 2. 4 WPC

Beberapa jenis polimer yang sering digunakan antara lain:

- *Polypropylene (PP)*
- *High Density Polyethylene (HDPE)*
- *Polyvinyl Chloride (PVC)*
- *Epoxy Resin*

Wood Polymer Composite (WPC) yang digunakan dalam penelitian ini termasuk dalam kategori *Polymer Matrix Composite (PMC)* dengan penguat partikel (*particulate reinforced composite*). Matriksnya berupa Plastik *sheet*, sedangkan bahan penguatnya adalah serbuk kayu limbah mebel.

Selain diklasifikasikan berdasarkan jenis matriks, material komposit juga dapat dibedakan berdasarkan bentuk bahan penguatnya (Gibson, 2016), yaitu:

1. *Fiber Reinforced Composite (FRC)*

Menggunakan serat sebagai penguat, seperti serat kaca, karbon, atau kevlar. Kelebihannya: memiliki kekuatan tarik sangat tinggi, namun biayanya mahal. Contoh aplikasinya adalah badan pesawat, kapal, dan komponen otomotif ringan.

2. *Particulate reinforced composite*

Menggunakan partikel atau serbuk sebagai bahan penguat. Jenis ini lebih murah dan mudah dibuat, namun kekuatannya bergantung pada distribusi partikel. Contoh aplikasinya Adalah *Wood Polymer Composite (WPC)*, rem cakram, dan bahan isolator.

3. *Laminate Composite*

Dibentuk dari lapisan-lapisan material berbeda yang disusun berlapis untuk menghasilkan kombinasi sifat yang optimal. Contoh aplikasinya adalah *fiberglass board*, *plywood*, dan *sandwich composite panel*.

2.3. Plastik

2.3.1 Pengertian Plastik

Plastik adalah bahan polimer sintesis yang dapat dibentuk menjadi berbagai bentuk melalui proses panas dan tekanan. Secara kimiawi, plastik tersusun atas rantai panjang molekul polimer yang terdiri dari atom karbon dan hydrogen, serta unsur tambahan seperti oksigen, nitrogen, atau klorin. Rantai polimer inilah yang memberi plastik sifat fleksibel, ringan, kuat, dan tahan terhadap korosi maupun kelembapan (Putri, 2019).

Dalam rekayasa material, plastik banyak digunakan sebagai bahan matriks pada komposit karena memiliki kemampuan untuk melekat dan melapisi bahan penguat (*reinforcement*) dengan baik. Selain itu, plastik juga dapat mencair saat dipanaskan dan mengeras kembali saat didinginkan, sehingga mudah dibentuk berulang kali.

Pada penelitian ini, plastic berfungsi sebagai bahan matriks utama pada *Wood Polymer Composite* (WPC), di mana plastik akan mencair akibat pemanasan dan menyelimuti partikel serbuk kayu untuk membentuk struktur komposit yang padat dan homogen.

2.3.2 Struktur dan Komposisi Plastik

Plastik memiliki struktur molekul yang terdiri atas monomer yang berulang membentuk rantai polimer. Proses penggabungan monomer menjadi polimer

disebut polimerisasi, dan dapat terjadi melalui dua mekanisme (Ariantono, 2020), yaitu:

1. Polimerisasi Adisi (*Addition Polymerization*)

Terjadi tanpa menghasilkan produk samping. Contohnya: pembentukan *polietilena* (PE) dari *etilena* (C_2H_4).

2. Polimerisasi Kondensasi (*Condensation Polymerization*)

Terjadi dengan menghasilkan produk samping seperti air atau metanol. Contohnya: pembentukan nilon, *poliester*, dan *fenol formaldehida*.

Struktur molekul ini dapat berupa:

- *Linear* → polimer lurus dan mudah dilelehkan (misalnya PE, PP).
- *Branched* (bercabang) → memiliki cabang, fleksibel namun lemah.
- *Cross-linked* (terikat silang) → ikatan kuat dan keras, tidak bisa dilelehkan ulang.

2.3.3 Klasifikasi Plastik

Berdasarkan perilakunya terhadap panas, plastik dibagi menjadi dua jenis utama:

a. Termoplastik (*Thermoplastic*)

Termoplastik akan melebur ketika dipanaskan dan mengeras saat didinginkan, tanpa mengalami perubahan kimia. Sifat ini membuatnya dapat dibentuk berulang kali menggunakan proses seperti injeksi, ekstrusi, atau *hot press*. Contohnya: PE (*Polyethylene*), PP (*Polypropylene*), PVC (*Polyvinyl Chloride*), dan PS (*Polystyrene*) (Nasution, 2023).

Kelebihan:

xiv

- Mudah dibentuk dan didaur ulang.
- Ringan dan tahan korosi.
- Cocok untuk pembuatan WPC.

Kekurangan:

- Tidak tahan terhadap suhu tinggi.
- Sifat mekanik menurun saat suhu meningkat.

b. Termoset (*Thermosetting Plastic*)

Plastik jenis ini akan mengeras permanen saat dipanaskan dan tidak dapat dilelehkan kembali. Hal ini karena struktur molekulnya saling terikat silang (*cross-linked*) yang kuat. Contohnya: *epoxy*, melamin, bakelit, dan *polyester resin*.

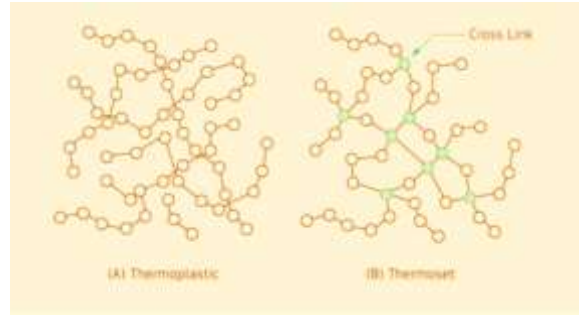
Kelebihan:

- Tahan panas dan tekanan tinggi.
- Stabil terhadap deformasi.

Kekurangan:

- Tidak dapat didaur ulang.
- Proses pembentukan sulit dikontrol.

Gambar 2.5 menunjukkan perbedaan struktur termoplastik memiliki rantai linear, sedangkan termoset memiliki ikatan silang permanen.



Gambar 2. 5 Struktur Termoplastik dan Termoset

2.3.3 Jenis-Jenis Plastik Yang Umum Digunakan Pada WPC

Dalam pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC), jenis plastik yang digunakan umumnya adalah termoplastik karena mudah mencair dan mengeras berulang kali.

Beberapa jenis plastik yang sering dipakai yaitu:

a. *High Density Polyethylene* (HDPE)

HDPE adalah jenis polietilena berdensitas tinggi dengan sifat:

- Tahan air dan bahan kimia,
- Titik leleh 130–137°C,
- Fleksibel, ringan, dan mudah dicetak.

HDPE sangat cocok sebagai matriks WPC karena mampu mencair secara merata dan membentuk ikatan kuat dengan serbuk kayu. Selain itu, HDPE memiliki koefisien muai panas rendah, sehingga stabil terhadap perubahan suhu (Winarno, 2018).

b. *Polypropylene* (PP)

PP memiliki kekuatan tarik lebih tinggi dibanding HDPE dan titik leleh sekitar 160–170°C. Sifat mekaniknya baik, namun agak kaku. Biasanya digunakan

untuk produk yang memerlukan kekuatan lentur tinggi, seperti papan komposit dan panel interior kendaraan (Muhammad, 2024).

c. *Polyvinyl Chloride (PVC)*

PVC memiliki kekakuan tinggi dan tahan terhadap cuaca ekstrem, dengan titik leleh 80–105°C. Namun, karena mudah retak saat suhu tinggi, penggunaannya dalam WPC biasanya dikombinasikan dengan pelunak (*plasticizer*).

Berikut adalah table titik leleh plastik bisa kita lihat pada Tabel 1.1 berikut:

Tabel 1. 1 *Temperature* leleh plastik

Material	<i>Processing Temperature Rate</i>	
	°C	°F
PET	240-260	464-500
HDPE	200-280	392-536
PVC	160-180	320-365
LDPE	160-240	320-464
PP	200-300	392-572
PS	180-260	356-500

2.3.4 Plastik *Sheet* Sebagai Matriks Polimer

Dalam struktur komposit *Wood Polymer Composite (WPC)*, matriks polimer memiliki peran krusial sebagai medium pengikat antara partikel penguat (dalam hal ini serbuk kayu) dan sebagai pendistribusi beban saat material digunakan. Salah satu bentuk matriks yang umum digunakan adalah plastik dalam bentuk *sheet* (lembaran tipis), karena mudah diolah dan memiliki sifat termoplastik yang

mendukung proses pencetakan atau penekanan panas (*hot press*). Plastik *sheet* yang digunakan dalam WPC biasanya berasal dari jenis plastik termoplastik seperti *polyethylene* (PE), *polypropylene* (PP), dan dalam beberapa kasus *polystyrene* (PS). Masing-masing jenis plastik memiliki karakteristik fisik dan termal yang berbeda (Ramdhani, 2023).

Penggunaan plastik *sheet* sebagai matriks dalam WPC memberikan sejumlah keuntungan, yaitu:

- Kemudahan pengolahan karena bentuk lembaran memudahkan pencampuran dengan serbuk kayu dan distribusi merata saat proses *hot press*.
- Ketahanan terhadap air dan kelembaban karena plastik bersifat hidrofobik sehingga meningkatkan daya tahan produk terhadap cuaca dan jamur.
- Pengurangan biaya produksi terutama bila menggunakan plastik *sheet* hasil daur ulang.
- Stabilitas dimensi karena plastik mempertahankan bentuk komposit terhadap deformasi termal.

Meskipun memiliki banyak keunggulan, penggunaan plastik *sheet* sebagai matriks juga memiliki sejumlah tantangan:

- Ketergantungan pada suhu proses → jika suhu terlalu tinggi ($>200^{\circ}\text{C}$), maka plastik dapat terdegradasi dan menimbulkan bau terbakar serta menurunnya kekuatan tarik.
- Pencampuran homogen → lembaran plastik harus dipotong kecil atau dicampur secara merata agar menyelimuti serbuk kayu dengan sempurna.

- Limbah mikroplastik → jika tidak dirancang untuk bisa terurai atau didaur ulang kembali, WPC berbasis plastik dapat menimbulkan dampak lingkungan jangka panjang.

Berikut adalah contoh plastik *sheet* bisa dilihat pada gambar 2.6 di bawah:



Gambar 2. 6 Plastik *Sheet*

2.4. Serbuk Kayu Limbah Mebel Sebagai Penguat

Penggunaan serbuk kayu dari limbah mebel sebagai bahan penguat dalam pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) merupakan salah satu strategi penting dalam mendukung prinsip ekonomi sirkular, di mana limbah hasil industri dimanfaatkan kembali menjadi produk yang bernilai tambah. Serbuk kayu berfungsi sebagai fase penguat (*reinforcement*), sedangkan plastik bertindak sebagai matriks yang menyelimuti dan mengikat serbuk tersebut dalam struktur komposit (Annisa, 2023).

Serbuk kayu jati memiliki modulus elastisitas dan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan serbuk kayu lunak lainnya. Serat-serat kayu keras ini juga lebih tahan terhadap deformasi saat dipanaskan dalam proses *hot press*. Hal tersebut mendukung pembentukan ikatan antar-partikel kayu dan matriks plastik yang lebih baik, menghasilkan struktur komposit yang kompak dan kuat (Milania, 2023)

Selain itu, penggunaan limbah kayu sebagai bahan baku juga memberikan manfaat dari sisi lingkungan dan ekonomi. Dengan memanfaatkan sisa produksi

industri furnitur, penggunaan bahan mentah baru dapat dikurangi, serta membantu mengurangi jumlah limbah yang dibuang ke lingkungan (Rusmini, 2024). Implementasi bahan penguat dari limbah kayu dalam WPC dapat menurunkan biaya produksi hingga 15–20% tanpa mengorbankan kualitas produk akhir (Syarif, 2024)

Struktur selulosa dan lignin pada kayu keras berkontribusi terhadap kestabilan dimensi dan daya tahan komposit terhadap kelembapan., bahwa kadar selulosa tinggi dalam kayu jati menyebabkan WPC yang dihasilkan memiliki sifat mekanik (*tensile* dan *flexural strength*) yang meningkat sebesar 12–18% dibandingkan WPC dari kayu lunak. Limbah mebel dapat dilihat pada gambar 2.7 berikut :



Gambar 2. 7 Limbah Mebel

Menurut Van Vlack serbuk kayu adalah material yang bersifat *anisotropic* dan *higroskopis* yang sangat penting dalam ilmu material dengan struktur makro berbentuk serat. Kayu memiliki beberapa sifat yang tidak dapat ditiru oleh bahan lainnya. Kayu terdiri dari dari 40-50% selulosa, 20-30% *hemiselulosa* dan 20-30% dan 20-30% *lignin*. (Fernandes, 2022).

Dengan mempertimbangkan sifat-sifat tersebut, serbuk kayu limbah mebel tidak hanya berfungsi sebagai bahan penguat, tetapi juga sebagai komponen fungsional dalam pencapaian performa optimal pada produk WPC, terutama pada suhu pemrosesan variatif seperti 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C. Pemilihan jenis

kayu yang tepat dan pengolahan serbuk kayu yang optimal (pengeringan, ukuran partikel) sangat menentukan kualitas akhir dari produk WPC yang dihasilkan.

2.5. Metode *Hot Press*

2.5.1 Pengertian Metode *Hot Press*

Hot press adalah salah satu metode pembuatan komposit termoplastik dengan cara memberikan panas dan tekanan secara bersamaan pada campuran bahan di dalam cetakan (*mold*). Tujuan utama metode ini adalah agar plastik sebagai matriks meleleh dan menyebar merata ke seluruh permukaan bahan penguat (serbuk kayu), sehingga terbentuk ikatan yang kuat dan homogen setelah proses pendinginan (Purba, 2024).

Menurut Surdia (2020), proses *hot press* sangat efektif digunakan untuk material berbasis serbuk (*powder composite*) dan lembaran Plastik (*sheet*) karena memungkinkan kontrol suhu dan tekanan yang akurat.

Secara prinsip, proses ini bekerja dengan cara:

1. Memanaskan bahan hingga plastik mencapai titik lelehnya.
2. Memberikan tekanan untuk menggabungkan partikel kayu dan plastik.
3. Mendinginkan hasil cetakan agar material mengeras dan mempertahankan bentuknya

2.5.2 Prinsip Kerja *Hot Press*

Proses *hot press* terdiri atas tiga tahapan utama, yaitu:

1. Pemanasan (*Heating*)

Pada tahap ini, cetakan dan bahan di dalamnya dipanaskan menggunakan pelat pemanas listrik (*Heater plate*). Tujuannya adalah agar plastik mencapai suhu leleh (sekitar 95°C–125°C) dan dapat melunakkan permukaannya untuk mengisi rongga di antara partikel kayu (Firdaus, 2023).

2. Penekanan (*Pressing*)

Setelah plastik mulai melunak, tekanan diberikan secara bertahap menggunakan tuas atau sistem hidrolik. Tekanan ini membuat bahan menyatu secara merata dan mengeluarkan udara dari dalam cetakan. Umumnya tekanan berada pada kisaran 5–10 bar selama 5–10 menit, tergantung pada jenis bahan dan ketebalan komposit (Alfayuton, 2024).

3. Pendinginan (*Cooling*)

Setelah proses penekanan selesai, cetakan didinginkan perlahan agar komposit mengeras dengan stabil dan tidak terjadi retak akibat perbedaan suhu mendadak. Tahap pendinginan juga membantu menjaga dimensi dan bentuk produk tetap sesuai dengan cetakan (Dantes, 2021).

2.5.3 Keunggulan Dan Kelemahan Metode *Hot press*

Keunggulan metode *hot press*:

1. Prosesnya sederhana dan ekonomis.
2. Hasil permukaan produk halus dan padat

3. Mampu menghasilkan distribusi panas yang merata.
4. Cocok untuk penelitian skala laboratorium maupun industri kecil.

Kelemahan metode *hot press*:

1. Membutuhkan waktu pendinginan yang cukup lama.
2. Tidak cocok untuk produk dengan bentuk geometri rumit.
3. Distribusi tekanan bisa tidak merata jika cetakan kurang presisi.

2.5.4 Aplikasi Metode *Hot press* Dalam Penelitian

Dalam penelitian ini, metode *hot press* digunakan untuk membuat *Wood Polymer Composite* (WPC) dari campuran serbuk kayu dan plastik *sheet*. Proses dilakukan dengan memvariasikan temperatur cetakan (95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C) untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap kualitas visual dan kekuatan hasil komposit. Cetakan yang digunakan berbahan besi tuang karena memiliki konduktivitas termal 52 W/m·K, sehingga dapat menghantarkan panas secara merata dari pelat pemanas ke seluruh permukaan bahan.

2.3. Pengaruh *Temperature* Dalam Pembuatan Wpc

Temperatur sangat mempengaruhi sifat akhir dari WPC. Temperatur yang optimal akan membantu polimer mencair dan melapisi serbuk kayu dengan baik, sehingga meningkatkan kekuatan ikatan antara keduanya. Namun, temperatur yang terlalu tinggi dapat menyebabkan degradasi pada serbuk kayu dan menurunkan kualitas komposit (Astuti, 2020).

Suhu optimal pada proses *hot press* berkisar antara 160°C–190°C tergantung jenis plastik yang digunakan. Di bawah suhu tersebut, polimer tidak mencair sempurna dan ikatan antar partikel menjadi lemah. Di atas suhu 200°C, serbuk kayu

akan mulai mengalami karbonisasi (Akmaja, 2019). Beberapa pengaruh variasi temperatur :

- 160°C: Polimer mencair sebagian, hasil permukaan kurang halus.
- 180°C: Polimer mencair sempurna, ikatan antar partikel optimal.
- 200°C: Terjadi degradasi termal, warna produk menghitam, kekuatan menurun

2.6. Aliran Panas (*Heat Flux*)

Heat flux atau fluks panas adalah besaran yang menunjukkan jumlah energi panas yang mengalir melalui suatu permukaan per satuan waktu dan per satuan luas akibat adanya perbedaan temperatur antara dua titik. Arah perpindahan panas selalu dari daerah bersuhu tinggi ke daerah bersuhu rendah hingga tercapai kesetimbangan termal (Mulyana, 2023).

Secara matematis, *Heat flux* dilambangkan dengan simbol q dan dapat dinyatakan dengan persamaan:

$$q = \frac{Q}{A} \dots \dots \dots (1.1)$$

Keterangan :

- q = fluks panas (W/m²)
- Q = laju perpindahan panas (Watt)
- A = luas permukaan aliran panas (m²)

Menurut Rahman et al. (2021) dalam Jurnal Energi dan Termodinamika Indonesia, *Heat flux* sangat berperan penting dalam proses pembuatan komposit termoplastik, karena menentukan seberapa cepat panas dapat ditransfer ke seluruh

bahan, yang pada akhirnya berpengaruh pada pelelehan plastik dan kekompakan struktur komposit.

2.6.1 Mekanisme Perindahan Panas

Proses perpindahan panas dapat terjadi melalui tiga mekanisme utama:

a. Konduksi (*Conduction*)

Konduksi adalah proses perpindahan panas melalui bahan padat tanpa disertai perpindahan partikel secara langsung. Panas berpindah karena getaran molekul atau elektron pada bagian bersuhu tinggi yang menular ke bagian bersuhu rendah.

Hukum yang menjelaskan konduksi panas adalah Hukum Fourier:

$$q = -k \frac{dT}{dx} \dots \dots \dots (1.2)$$

Keterangan :

- q = fluks panas (W/m^2)
- k = konduktivitas termal bahan ($W/m.K$)
- $\frac{dT}{dx}$ = gradien temperatur (K/m)

Pada penelitian ini, konduksi adalah mekanisme utama perpindahan panas yang terjadi antara pelat pemanas, cetakan logam, dan bahan WPC.

b. Konveksi (*Convection*)

Konveksi terjadi pada fluida (cair atau gas) karena adanya perpindahan massa fluida akibat perbedaan temperatur. Pada proses *hot press*, konveksi terjadi di permukaan luar cetakan logam yang bersentuhan dengan udara lingkungan.

Persamaannya dinyatakan dengan Hukum Newton tentang Pendinginan:

$$Q = hA(T_s - T_\infty) \dots \dots \dots (1.3)$$

Keterangan:

- h = koefisien perpindahan panas konveksi ($\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$)
- T_s = suhu permukaan (K)
- T_∞ = suhu udara di sekitar cetakan (K)

c. Radiasi (*Radiation*)

Radiasi adalah pemancaran energi panas dalam bentuk gelombang elektromagnetik, tanpa memerlukan medium perantara. Walau pengaruhnya kecil pada skala laboratorium, radiasi tetap terjadi di permukaan pelat pemanas.

Hukum yang digunakan adalah Hukum Stefan–Boltzmann:

$$Q = \varepsilon\sigma A(T_s^4 - T_{sur}^4) \dots \dots \dots (1.4)$$

Keterangan:

- ε = emisivitas permukaan
- σ = konstanta Stefan–Boltzmann ($5,67 \times 10^{-8} \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}^4$)

2.6.2 *Heat Fluks* Pada Proses *Hot press*

Selama proses pembuatan WPC dengan metode *Hot press*, panas yang dialirkan pelat pemanas ke cetakan logam, lalu di teruskan ke lapisan *plastic sheet* dan serbuk kayu.

Distribusi panas yang tidak merata dapat menyebabkan :

- Pelelehan plastik tidak sempurna,
- Terbentuknya rongga udara (*Void*),
- Perubahan warna akibat degradasi kayu,
- Penurunan kekuatan mekanik komposit

Untuk menghindari hal tersebut, parameter seperti temperatur ,tekanan,dan waktu pemanasan harus dikontrol agar *Heat flux* tersebar merata di seluruh cetakan (Sidabutar, 2024).

2.6.3 Analisis *Heat Flux* Menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1

ANSYS (*Analysis System*) merupakan perangkat lunak berbasis metode elemen hingga (*Finite Element Method/FEM*) yang digunakan untuk menganalisis berbagai fenomena fisika, termasuk mekanika, termal, fluida, elektromagnetik, hingga *multiphysics*. Salah satu modul utamanya adalah ANSYS Mechanical APDL (*ANSYS Parametric Design Language*), yaitu antarmuka berbasis perintah (*command prompt*) yang memungkinkan pengguna melakukan pemodelan, pembebanan, serta analisis numerik dengan fleksibilitas tinggi (Wiradinata, 2011).



Gambar 2. 8 Logo ANSYS

Dalam konteks penelitian ini, ANSYS Mechanical APDL digunakan untuk melakukan analisis perpindahan panas (*Heat transfer analysis*), khususnya distribusi temperatur dan aliran panas (*Heat flux*) pada cetakan *hot press* yang digunakan untuk pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC). Menurut Logan

(2016), metode elemen hingga yang diterapkan dalam ANSYS sangat efektif dalam menyelesaikan permasalahan rekayasa yang kompleks dengan membagi domain menjadi elemen-elemen kecil yang dapat dihitung secara numerik.

Metode Elemen Hingga (*Finite Element Method*, FEM) adalah suatu metode numerik yang dilakukan untuk memperoleh solusi melalui pendekatan pendekatan dari suatu permasalahan yang ada di dunia rekayasa engineering. Berbagai pengembangan ilmu rekayasa dan metode numerik dilakukan untuk memecahkan permasalahan dengan berbagai kondisi dan batas. Sehingga diharapkan melalui pengembangan metode elemen hingga ini dapat memudahkan seseorang dalam memprediksi fenomena yang akan terjadi pada elemen-elemen (Wiradinata, 2011).

ANSYS merupakan salah satu produk dari CAE (*Computer Aided Engineering*) yang mengembangkan perangkatnya untuk dapat melakukan pemodelan menggunakan metode elemen hingga. Sehingga dapat menganalisis fenomena statis, dinamis, struktur (linier dan nonlinier), perpindahan panas, perpindahan cairan, hingga masalah elektromagnetik yang akan terjadi. Selain itu Ansys juga sangat kompatibel dengan *software-software* CAD yang tersedia di pasaran, seperti AutoCAD dan Autodesk Inventor, sehingga desain pada *software* tersebut dapat langsung dikonversikan ke dalam ANSYS (Rangga, 2024).

2.7. Penelitian Terdahulu

Penelitian mengenai *Wood Polymer Composite* (WPC) telah banyak dilakukan, khususnya dalam hal pengaruh variasi temperatur terhadap sifat mekanik dan fisik produk akhir.

Beberapa studi terdahulu yang relevan dengan topik ini antara lain:

- Yulianto et al. (2020) Dalam penelitiannya yang berjudul “Pengaruh Temperatur Proses terhadap Sifat Mekanik Komposit Kayu-Plastik”, dilakukan variasi temperatur antara 90°C hingga 130°C dengan menggunakan HDPE dan serbuk kayu jati. Hasil menunjukkan bahwa temperatur optimum berada pada kisaran 115°C–120°C, di mana kekuatan tarik dan lentur komposit mencapai nilai tertinggi. Temperatur di bawah 100°C menyebabkan plastik tidak mencair sempurna, sedangkan di atas 125°C terjadi degradasi pada plastik dan serbuk kayu.
- Siregar et al. (2022) Studi ini mengkaji penggunaan limbah plastik rumah tangga sebagai matriks dan serbuk kayu jati sebagai penguat. Temperatur pemrosesan divariasikan pada 100°C, 110°C, dan 120°C. Hasil menunjukkan bahwa pada suhu 110°C, komposit memiliki densitas tertinggi dan *Void* terkecil, yang berbanding lurus dengan peningkatan modulus elastisitas.
- Huda et al. (2019) Menggunakan variasi temperatur 90°C–130°C pada komposit berbasis serbuk kayu campuran dan polietilena daur ulang. Penelitian ini mencatat bahwa *Heat flux* yang optimal terjadi pada suhu 115°C, dengan waktu penekanan 12 menit dan tekanan 4 Mpa. Nilai kuat tarik meningkat 22% dibandingkan pada suhu 95°C.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tempat Dan Waktu Penelitian

3.1.1 Tempat

Penelitian ini dilaksanakan Di CV.Mikro Enterprises, JL.Asam no.02, Desa Bandar Klippa, Kecamatan Percut Sei tuan, Deli Serdang. Kota Medan, Sumatra Utara.

2.3.5 Waktu

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari hingga September sesuai jadwal kegiatan yang tercantum pada Tabel 1.2 berikut:

Tabel 1. 2 Jadwal Kegiatan Penelitian Tahun 2025

Kegiatan	Tahun 2025								
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	agu	sep
Pengajuan judul									
Penulisan proposal									
Seminar proposal									
Proses penelitian									
Penyelesaian laporan									
Seminar hasil									
Evaluasi dan persiapan sidang									
Sidang sarjana									

xxx

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan

Dalam penelitian ini, bahan-bahan yang digunakan merupakan komponen utama dalam pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC). Bahan-bahan tersebut dipilih berdasarkan ketersediaan, sifat mekanik, serta kesesuaiannya dengan proses pencetakan panas (*Hot press*). Berikut ini adalah uraian bahan yang digunakan:

1. Serbuk kayu

Serbuk kayu yang digunakan berasal dari limbah industri mebel. Limbah ini dipilih karena ketersediaannya yang melimpah. Ukuran partikel serbuk kayu di setarakan yang diperoleh melalui proses pengayakan untuk menyaring ukuran yang seragam. Ukuran partikel yang kecil ini bertujuan untuk:

- Meningkatkan ikatan antar material pada saat proses pemanasan dan pengepresan.
- Meminimalkan rongga udara di dalam komposit.
- Memperbaiki homogenitas campuran

Sebelum digunakan, serbuk kayu dikeringkan terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air. Kelembapan yang tinggi dapat menyebabkan gelembung udara dan cacat dalam struktur komposit. Contoh serbuk kayu yang sudah dilakukan penyaringan dan pengeringan bisa dilihat pada gambar 3.1 berikut:

xxx



Gambar 3. 1 Serbuk Kayu

2. Plastik *sheet*

Plastik ini digunakan sebagai polimer dalam pembuatan WPC. Plastik ini berfungsi untuk:

- Melekatkan partikel serbuk kayu
- Memberikan fleksibilitas
- Melindungi dari pengaruh air dan lingkungan,
- Meningkatkan durabilitas dan ketahanan terhadap pembusukan

Keunggulan penggunaan plastik *sheet* dalam bentuk utuh (bukan pellet) antara lain:

- Mudah di peroleh dari limbah rumah tangga atau industri
- Proses pencampuran lebih cepat perlu peleburan awal

Contoh plastik *sheet* yang digunakan dapat dilihat pada gambar 3.2 berikut:



Gambar 3. 2 Plastik *Sheet*

XXX

3. Pelumas cetakan

Pelumas cetakan digunakan untuk mencegah lengketnya bahan komposit pada permukaan cetakan logam saat proses *hot press*. Jenis pelumas yang digunakan adalah minyak silikon atau oli ringan.

Pelumas ini dioleskan secara tipis dan merata pada bagian dalam cetakan sebelum bahan dimasukkan. Fungsinya:

- Mempermudah proses pelepasan produk setelah pengepresan,
- Menjaga kualitas permukaan produk agar tidak rusak saat dilepas,
- Mencegah permukaan cetakan cepat aus

2.3.6 Alat

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini berfungsi untuk menunjang proses pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) menggunakan metode *hot press*, serta mendukung kegiatan pengukuran dan simulasi numerik. Adapun alat yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Hot press*

Mesin *hot press* berfungsi untuk menggabungkan bahan plastik *sheet* dan serbuk kayu melalui pemberian panas dan tekanan secara bersamaan. Alat ini memiliki dua pelat pemanas yang dapat diatur suhunya serta sistem hidrolis untuk menghasilkan tekanan merata. Prinsip kerja alat ini adalah memanaskan bahan hingga Plastik mencapai titik leleh, kemudian menekannya agar partikel kayu dan plastik menyatu membentuk komposit yang homogen. Mesin *hot press* digunakan dengan variasi suhu 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C serta tekanan 8–10 Mpa.

xxx

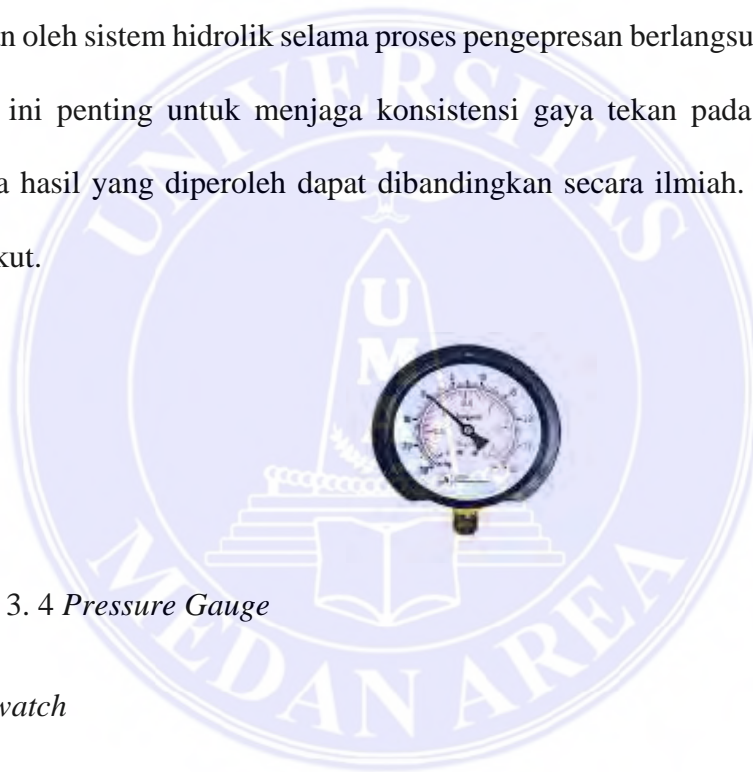
Seperti gambar 3.3 berikut.



Gambar 3. 3 Mesin *Hot press*

2. *Pressure gauge*

Pressure gauge berfungsi untuk mengukur dan memantau tekanan yang diberikan oleh sistem hidrolik selama proses pengepresan berlangsung. Pengukuran tekanan ini penting untuk menjaga konsistensi gaya tekan pada setiap sampel, sehingga hasil yang diperoleh dapat dibandingkan secara ilmiah. Seperti gambar 3.4 berikut.



Gambar 3. 4 *Pressure Gauge*

3. *Stopwatch*

Stopwatch alat yang digunakan untuk mengukur waktu selama proses pemrosesan material. Pengukuran waktu yang akurat sangat penting untuk mencapai kualitas produk yang diinginkan, terutama dalam aplikasi yang melibatkan suhu dan tekanan tinggi. Seperti gambar 3.5 berikut.

XXX



Gambar 3. 5 *Stopwatch*

4. Termometer Inframerah

Termometer inframerah digunakan untuk mengukur suhu permukaan cetakan tanpa kontak langsung. Alat ini memberikan hasil pengukuran cepat dan akurat, sehingga dapat memastikan bahwa suhu pada pelat pemanas sesuai dengan temperatur yang ditetapkan pada masing-masing variasi penelitian.. Termometer Infraret dapat dilihat pada gambar 3.6 berikut.



Gambar 3. 6 Termometer Inframerah

5. Cetakan Logam (*Mold*)

Cetakan logam digunakan sebagai wadah untuk membentuk komposit selama proses pengepresan. Cetakan terbuat dari besi tuang dengan konduktivitas termal sebesar $52 \text{ W/m}\cdot\text{K}$, sehingga mampu menghantarkan panas secara merata ke seluruh permukaan bahan. Dimensi cetakan disesuaikan dengan ukuran spesimen yang direncanakan, yaitu panjang 155 mm, lebar 80 m, dan tinggi 60 mm. Desain

cetakan dapat dilihat pada gambar 3.7 sebagai berikut :

xxx



Gambar 3. 7 *Mold*

6. Sarung Tangan Tahan Panas

Sarung tangan tahan panas digunakan untuk melindungi tangan peneliti saat melakukan proses pemanasan cetakan atau Ketika memegang benda kerja dengan *temperature* tinggi. Alat ini penting untuk menjaga keselamatan kerja selama eksperimen berlangsung. Contoh sarung tangan anti panas dapat dilihat pada gambar 3.8 berikut.



Gambar 3. 8 *Heat Resistant Gloves*

7. Jangka Sorong

Jangka sorong digunakan untuk mengukur dimensi cetakan dan spesimen hasil cetakan dengan ketelitian hingga 0,01 mm. Pengukuran ini diperlukan untuk memastikan keseragaman ukuran spesimen dan mendukung keakuratan data pengamatan visual. Contohnya dapat dilihat pada gambar 3.9 berikut ini:

XXX



Gambar 3. 9 Jangka Sorong

8. Perangkat keras

Perangkat keras yang digunakan untuk menjalankan perangkat lunak simulasi adalah satu unit laptop dengan spesifikasi yang baik agar simulasi berbasis *finite element method* (FEM) pada ANSYS dapat berjalan dengan baik dan efisien. Seperti gambar 3. 10 berikut.



Gambar 3. 10 Laptop

9. Perangkat Lunak (*Software*)

Perangkat lunak yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- a. ANSYS Mechanical APDL 2020 R1

Perangkat lunak utama yang digunakan untuk melakukan simulasi distribusi temperatur pada cetakan dengan metode analisis elemen hingga (*Finite Element Analysis*).

XXX

b. Microsoft Word 2019

Digunakan untuk Menyusun laporan penelitian, mulai dari pengolahan data hingga pembuatan dokumen akhir.

2.4 Metodologi Penelitian

Metodologi penelitian merupakan rancangan sistematis yang digunakan untuk mencapai tujuan penelitian, yaitu menganalisis pengaruh variasi temperatur terhadap proses pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC) menggunakan plastik *sheet* sebagai matriks dengan metode *hot press*. Pendekatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen laboratorium yang dikombinasikan dengan analisis simulasi numerik menggunakan perangkat lunak ANSYS Mechanical APDL 2020 R1.

Penelitian ini terdiri atas dua tahap utama, yaitu:

1. Tahap Eksperimen (Pembuatan WPC secara langsung)

Tahapan ini dilakukan untuk menghasilkan sampel komposit dengan variasi suhu proses yang berbeda, kemudian dilakukan pengamatan secara visual terhadap hasil permukaan dan homogenitas material. Metode ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh langsung temperatur terhadap struktur fisik WPC.

Tahap Simulasi Numerik (Analisis menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1)

Simulasi dilakukan untuk menganalisis distribusi temperatur dan aliran panas (*Heat flux*) pada cetakan *hot press*. Hasil simulasi digunakan untuk memverifikasi fenomena perpindahan panas yang terjadi selama proses pengepresan dan dibandingkan dengan hasil eksperimen.

xxx

Langkah-langkah pelaksanaan penelitian ini dijelaskan sebagai berikut:

1. Studi Literatur

Dilakukan untuk mengumpulkan teori dan hasil penelitian terdahulu yang berkaitan dengan komposit, plastik *sheet*, serbuk kayu, metode *hot press*, serta perpindahan panas. Studi ini menjadi dasar dalam menentukan parameter dan desain percobaan.

2. Persiapan Alat dan Bahan

Semua peralatan seperti mesin *hot press*, cetakan logam, termometer, dan alat ukur dikalibrasi terlebih dahulu untuk memastikan keakuratannya. Bahan berupa plastik *sheet* dan serbuk kayu dipersiapkan sesuai komposisi perbandingan 80% : 20%.

3. Proses Pembuatan Komposit (Eksperimen *Hot press*)

Campuran plastik *sheet* dan serbuk kayu disusun di dalam cetakan kemudian dipanaskan dengan variasi suhu 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C menggunakan mesin *hot press*. Selama proses, tekanan dijaga konstan pada 8–10 MPa selama 40–60 menit untuk setiap sampel. Setelah proses selesai, cetakan dibiarkan mendingin sebelum spesimen dilepaskan.

4. Simulasi Numerik dengan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1

Simulasi dilakukan untuk memodelkan distribusi panas pada cetakan besi tuang yang digunakan dalam proses *hot press*. Model cetakan dibuat dalam bentuk 3D dan dianalisis menggunakan elemen SOLID70 untuk menghitung nilai temperatur dan *Heat flux* pada kondisi steady-state thermal dengan variasi suhu yang sama seperti pada percobaan.

5. Analisis Data

xxx

Data hasil eksperimen dianalisis secara deskriptif dengan membandingkan karakteristik visual komposit pada tiap variasi suhu. Sementara itu, hasil simulasi numerik digunakan untuk menginterpretasikan pola distribusi panas dan perbedaan *Heat flux* antar kondisi. Analisis ini bertujuan untuk menemukan suhu optimal yang menghasilkan struktur WPC paling homogen dan berkualitas baik.

6. Kesimpulan dan Evaluasi

Berdasarkan hasil eksperimen dan simulasi, dilakukan penarikan kesimpulan untuk menentukan pengaruh variasi temperatur terhadap kualitas WPC serta korelasinya dengan fenomena perpindahan panas pada cetakan.

Dengan metodologi ini, penelitian diharapkan dapat memberikan pemahaman komprehensif mengenai hubungan antara kondisi termal proses *hot press* dengan hasil fisik dan visual *Wood Polymer Composite* (WPC) yang dihasilkan dari bahan limbah plastik dan serbuk kayu.

3.4. Variabel Penelitian

Variable penelitian merupakan faktor-faktor yang memengaruhi jalannya penelitian dan hasil yang diperoleh. Dalam penelitian ini, variable yang digunakan dibedakan menjadi:

3.4.1 Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang nilainya diubah atau divariasikan untuk melihat pengaruhnya terhadap hasil penelitian.

Pada penelitian ini, variabel bebas adalah:

- Variasi temperatur proses pemanasan pada mesin *hot press*, yaitu 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C.

Variasi temperatur tersebut ditetapkan untuk mengetahui suhu optimal yang menghasilkan komposit dengan kualitas fisik dan visual terbaik. Temperatur diatur secara konstan pada setiap proses pengepresan menggunakan pengontrol suhu mesin *hot press*.

3.4.2 Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang diamati untuk mengetahui pengaruh dari perubahan variabel bebas.

Dalam penelitian ini, variabel terikat meliputi:

1. Kualitas visual *Wood Polymer Composite* (WPC), meliputi warna, tekstur permukaan, homogenitas, dan adanya cacat seperti pori atau gelembung udara.
2. Distribusi temperatur dan nilai *Heat flux* pada cetakan *hot press* hasil simulasi numerik menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1.

Hasil pengamatan visual digunakan untuk menilai keterikatan antarpartikel dan keseragaman komposit, sedangkan hasil simulasi digunakan untuk memahami mekanisme perpindahan panas selama proses pengepresan.

3.4.3 Variabel Kontrol

Beberapa variabel kontrol yang dijaga konstan selama penelitian, antara lain:

- komposisi bahan WPC (80% Plastik Sheet : 20% Serbuk Kayu).

- Dimensi cetakan yang digunakan (155mm x 80 mm x 60mm)
- Tekanan yang diberikan pada mesin *hot press* (8-10Mpa)
- Material cetakan yang digunakan adalah besi tuang dengan konduktivitas termal (52 W/m.K)

Dengan pengendalian variabel-variabel tersebut, hasil penelitian diharapkan mampu menggambarkan secara akurat pengaruh variasi temperatur terhadap kualitas *Wood Polymer Composite* (WPC) yang dihasilkan.

3.5. Populasi dan Sampel

3.5.1 Populasi Penelitian

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh produk *Wood Polymer Composite* (WPC) yang dapat dibuat dari campuran serbuk kayu limbah mebel dan plastik *sheet* menggunakan metode *hot press*. Populasi tersebut mencakup seluruh kemungkinan kombinasi parameter proses, seperti variasi temperatur, tekanan, waktu pengepresan, dan komposisi bahan yang dapat memengaruhi karakteristik hasil komposit.

Dengan kata lain, populasi penelitian ini adalah keseluruhan hasil potensial dari proses pembuatan WPC berbasis limbah plastik dan serbuk kayu dengan menggunakan sistem pemanasan dan penekanan.

3.5.2 Sampel Penelitian

Sampel penelitian merupakan bagian dari populasi yang diambil dan diuji secara langsung untuk mewakili keseluruhan karakteristik populasi.

Dalam penelitian ini, sampel yang digunakan adalah spesimen *Wood Polymer Composite* (WPC) yang dibuat dengan variasi temperatur pemanasan pada proses *hot press*, yaitu:

- 95°C
- 105°C
- 115°C
- 125°C

Setiap variasi temperatur menghasilkan dua spesimen uji yang dibuat dengan parameter proses tetap (*konstan*), yaitu:

- Komposisi: 80% plastik *sheet* : 20% serbuk kayu
- Tekanan: 8–10 Mpa
- Waktu pengepresan: 40–60 menit
- Variasi temperatur 95°C, 105°C, 115°C, 125°C
- Material cetakan : Besi tuang (*Cast Iron*)
- Kondisi lingkungan : Suhu ruang $\pm 31^\circ\text{C}$

Pengambilan dua sampel untuk setiap variasi suhu dilakukan untuk memastikan konsistensi hasil dan meningkatkan keandalan data pengamatan.

Setelah proses pengepresan selesai, setiap sampel dianalisis secara visual untuk menilai:

1. Kerapatan dan homogenitas material,
2. Kondisi permukaan (warna, tekstur, cacat visual), dan
3. Keterikatan antarpartikel serbuk kayu dan plastik *sheet*.

Selain itu, hasil pembuatan sampel digunakan sebagai dasar perbandingan dengan hasil simulasi numerik distribusi temperatur dan *Heat flux* yang diperoleh dari perangkat lunak ANSYS Mechanical APDL 2020 R1.

Setiap variasi menghasilkan 2 sampel untuk di amati secara visual

3.6. Prosedur Penelitian

3.6.1 Prosedur Eksperimen Pembuatan WPC

Tahapan eksperimen dilakukan di laboratorium menggunakan mesin *hot press* untuk menghasilkan spesimen WPC dengan empat variasi temperatur. Prosedurnya dijelaskan sebagai berikut:

1. Persiapan bahan

- Serbuk kayu limbah mebel dikeringkan selama $\pm 1-2$ jam di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar air.
- Serbuk kayu diayak dengan ukuran partikel 3–5 mm agar distribusi ukuran seragam.
- Plastik *sheet* dipotong menjadi potongan kecil agar mudah meleleh dan bercampur dengan serbuk kayu saat proses pemanasan.
- Komposisi bahan ditetapkan 80% plastik *sheet* dan 20% serbuk kayu (berat total 70 gram: 56 gram plastik dan 14 gram serbuk kayu).



Gambar 3. 11 penimbangan plastik

2. Persiapan cetakan dan alat
 - Cetakan logam dibersihkan dari kotoran dan sisa material sebelumnya.
 - Permukaan bagian dalam cetakan diolesi pelumas silikon secara tipis agar hasil cetakan tidak lengket.
 - Mesin *hot press* disiapkan dan dikalibrasi untuk memastikan suhu dan tekanan sesuai dengan parameter penelitian
3. Pencampuran dan pencetakan bahan
 - Campuran serbuk kayu dan plastik *sheet* disusun secara berlapis di dalam cetakan (lapisan plastik–serbuk kayu–plastik–serbuk kayu).
 - Meratakan permukaan campuran agar distribusi tekanan merata.
 - Komposisi diatur merata untuk memastikan distribusi bahan homogen
 - Cetakan kemudian dipasang di antara pelat pemanas mesin *hot press*
4. Proses *Hot press*
 - Mesin *hot press* dioperasikan dengan variasi suhu 95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C.
 - Tekanan pengepresan dijaga konstan pada 8–10 MPa.
 - Waktu pemanasan dipertahankan selama 40–60 menit untuk setiap variasi suhu.
 - Selama proses, suhu dan tekanan dipantau menggunakan termometer inframerah dan *pressure gauge*.



Gambar 3. 12 kontrol suhu



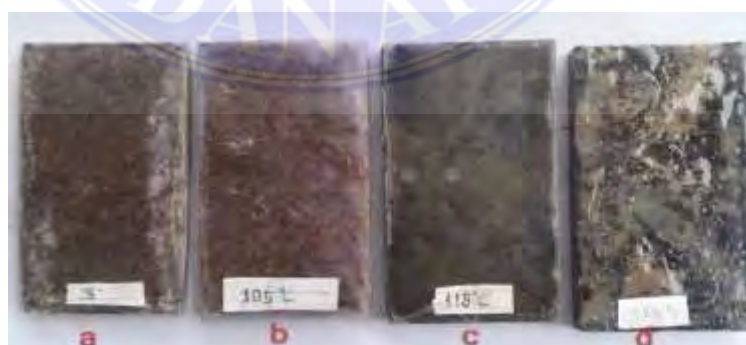
Gambar 3. 13 Kontrol Tekanan

5. Pendinginan Dan Pelepasan Spesimen

- Setelah proses pengepresan selesai, cetakan dibiarkan mendingin secara alami hingga mencapai suhu aman.
- Spesimen WPC dilepaskan perlahan dari cetakan untuk menghindari deformasi atau keretakan.

6. Pengamatan hasil

- Setiap sampel hasil pengepresan diamati secara visual makroskopik untuk menila warna dan tekstur permukaan, Homogenitas dan kerapatan struktur, Adanya cacat visual seperti pori, retak, atau gelembung udara.
- Hasil pengamatan dicatat dan dibandingkan antarvariasi suhu untuk menentukan kondisi optimum pembuatan WPC. Seperti gambar 3.14 berikut:



Gambar 3. 14 Sampel a 95°C , Sampel b 105°C, Sampel c 115°C, Sampel d 125°C

3.6.2 Prosedur Simulasi ANSYS Mechanical APDL 2020 R1

Simulasi dilakukan untuk menganalisis distribusi temperatur dan aliran panas (*Heat flux*) pada cetakan *hot press*. Tujuannya adalah memahami perilaku termal cetakan dan korelasinya dengan hasil eksperimen.

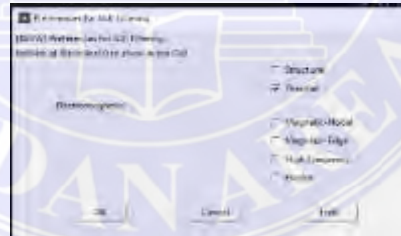
Langkah-langkah simulasi dijelaskan sebagai berikut:

Login pada Mechanical APDL Product Launcher 2020 R1

1. Menentukan Jenis Analisis

Analisis yang digunakan adalah *Steady-State Thermal Analysis*, yaitu analisis kondisi tunak untuk mempelajari distribusi temperatur pada cetakan yang mengalami pemanasan konduktif. Contoh proses dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut:

Preferences → Thermal → OK



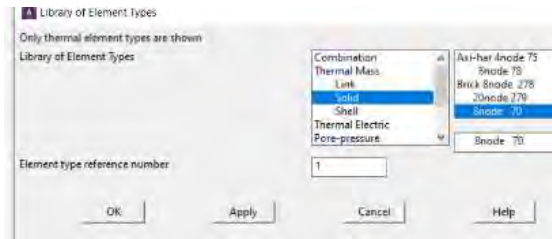
Gambar 3. 15 Model Analisa

2. Menentukan Jenis Elemen

Elemen yang digunakan adalah SOLID70, yaitu elemen tiga dimensi yang khusus digunakan untuk menganalisis konduksi panas dalam material padat.

Contoh proses dapat dilihat pada gambar 3.12 berikut:

Preprocessor → Element Type → Add/Edit/Delete → Add

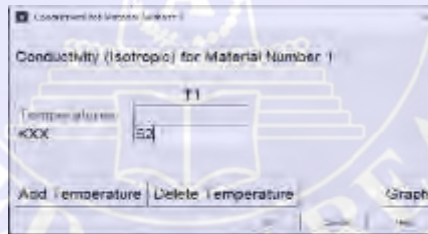


Gambar 3. 16 *Element Type*

3. Pemberian Properti Material

Setelah menentukan elemen type, selanjutnya memasukkan sifat-sifat material yang akan digunakan dalam simulasi. Hal ini penting karena hasil analisis sangat bergantung pada data material yang diberikan. Contohnya menggunakan material besi Tuang (*cast iron*) dengan konduktivitas termal 52 W/m.K dan *density* 7500 kg/m³. Contoh dapat dilihat pada gambar 3.13 dan gambar 3.14 berikut:

Preprocessor → Material Props → Thermal → Conductivity → Isotropic



Gambar 3. 17 *Conductivity Thermal*

Preprocessor → Material Props → Thermal → Density



Gambar 3. 18 *Density*

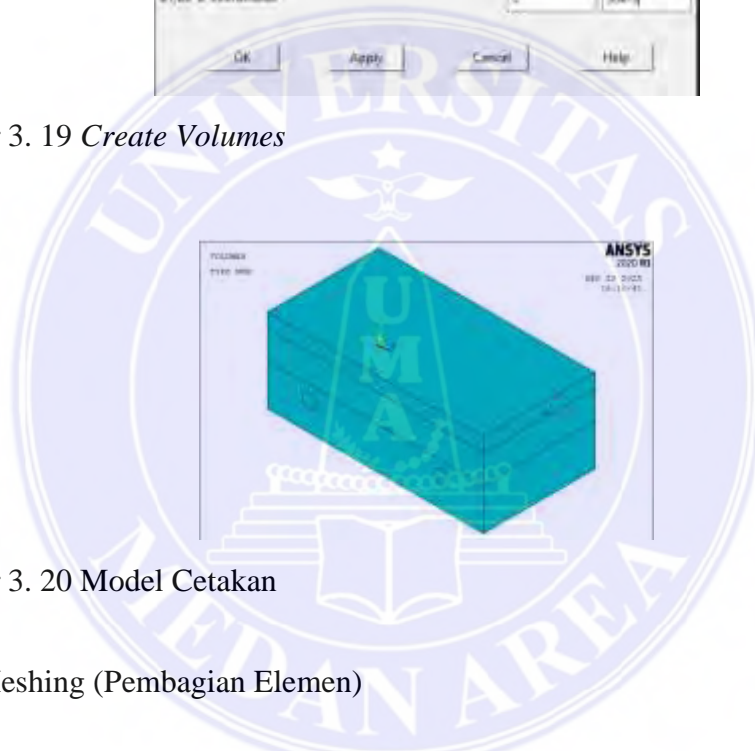
4. Pembuatan Geometri Cetakan

Model geometri dibuat dalam bentuk blok 3D dengan ukuran 155 mm × 80 mm × 60 mm, sesuai dengan cetakan yang digunakan dalam eksperimen. Contohnya dapat dilihat pada gambar 3.15 dan gambar 3.16 berikut:

Preprocessor → Modeling → Create → Volumes → Block → By Dimensions



Gambar 3. 19 *Create Volumes*



Gambar 3. 20 Model Cetakan

5. Meshing (Pembagian Elemen)

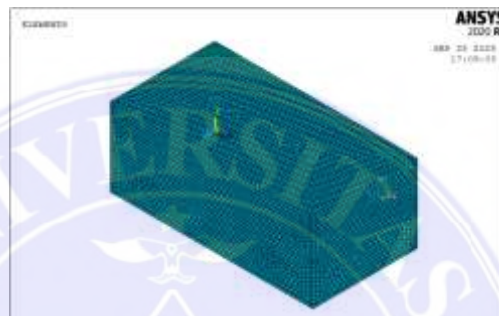
Ukuran elemen ditentukan sebesar 3 mm untuk menghasilkan keseimbangan antara ketelitian dan waktu komputasi.. Seperti gambar 3.17 dan gambar 3.18 berikut:

Preprocessor → Meshing → Size Controls → Manual Size → Global → Size



Gambar 3. 21 Ukuran Elemen

Preprocessor → Meshing → Mesh → Volumes → Pick ALL



Gambar 3. 22 Meshing

Gambar 3.18 di atas menunjukkan hasil proses meshing pada model cetakan yang digunakan dalam simulasi distribusi temperatur. Elemen yang digunakan adalah SOLID70, yaitu elemen tiga dimensi dengan kemampuan analisis konduksi panas. Elemen ini dipilih karena sesuai untuk analisis perpindahan panas (*Heat transfer*) yang terjadi pada cetakan saat proses *hot press* pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC). Proses meshing membagi volume cetakan menjadi ribuan elemen berukuran kecil. Tujuannya adalah untuk memperoleh hasil simulasi yang lebih akurat karena distribusi temperatur dihitung pada setiap node dari elemen-elemen tersebut.

6. Penerapan kondisi batas (*Boundary conditions*)

- Salah satu permukaan cetakan diberi temperatur sesuai variasi penelitian (95°C, 105°C, 115°C, dan 125°C).

- Permukaan lainnya diberi kondisi konveksi dengan temperatur lingkungan 31°C. Tujuannya untuk mensimulasikan kondisi aktual saat proses *hot press*

7. Menjalankan Solusi (*Solution Phase*)

Program menjalankan perhitungan numerik hingga menghasilkan distribusi temperatur di seluruh volume cetakan.

Perintah :

Solution → Solve → Current LS

8. Analisis Hasil (*Post-Processing*)

Hasil simulasi ditampilkan dalam bentuk *Contour Plot* distribusi temperatur. Nilai maksimum dan minimum temperatur serta *Heat flux* dicatat untuk setiap variasi suhu.

Perintah :

General Postproc → Plot Results → Contour Plot → Nodal Solution → DOF

Solution → *Temperature*

9. Interpretasi Hasil Simulasi

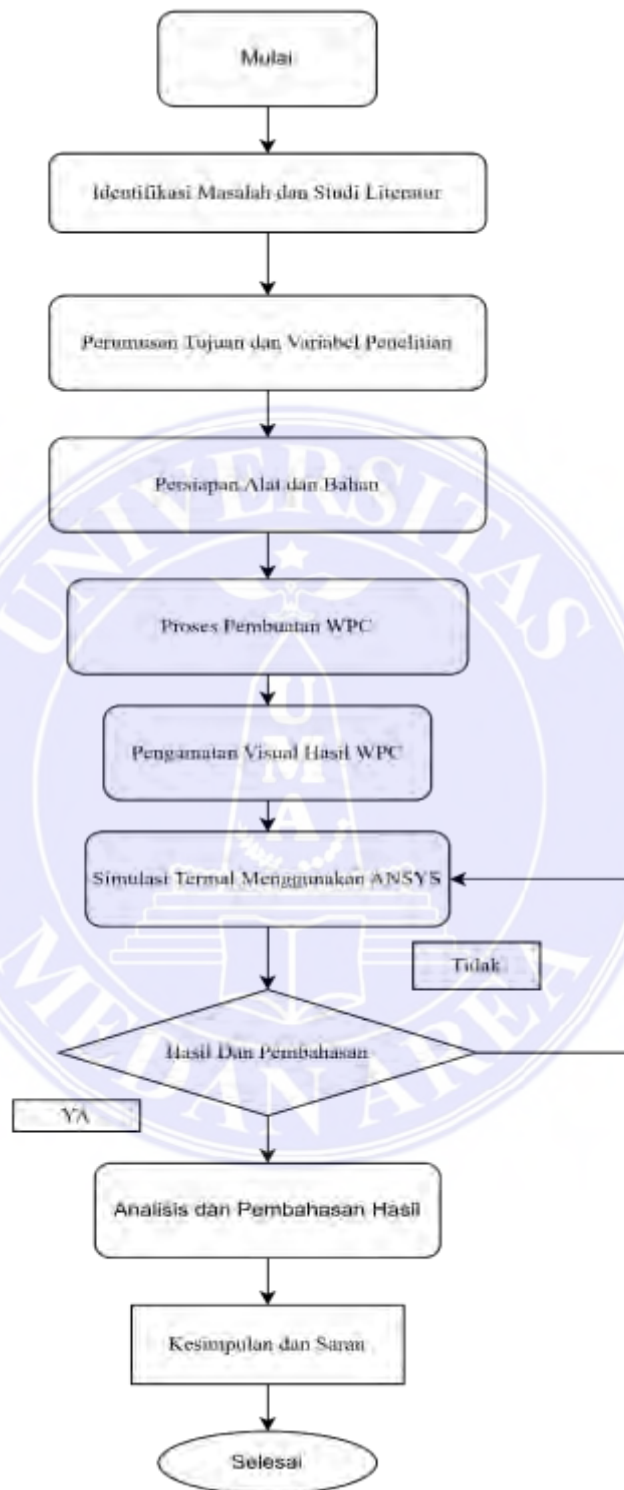
- Distribusi panas dan pola aliran panas dibandingkan dengan hasil eksperimen visual.
- Analisis ini digunakan untuk menjelaskan keterkaitan antara sebaran panas cetakan dengan kualitas homogenitas komposit yang dihasilkan pada tiap variasi suhu.

li

Dengan mengikuti prosedur penelitian ini, diharapkan diperoleh hasil yang akurat dan terukur, baik dari aspek eksperimental maupun simulasi numerik. Kombinasi antara pengujian laboratorium dan analisis termal melalui perangkat lunak ANSYS Mechanical APDL 2020 R1 diharapkan mampu memberikan gambaran menyeluruh mengenai pengaruh variasi temperatur terhadap proses pembentukan serta kualitas akhir *Wood Polymer Composite* (WPC) yang dihasilkan.



3.7. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3. 23 Diagram Alir Penelitian

BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian, hasil simulasi distribusi temperatur pada cetakan *hot press* menggunakan ANSYS Mechanical APDL 2020 R1 dan pembahasan yang telah dilakukan mengenai pengaruh variasi temperatur pada proses pembuatan *Wood Polymer Composite (WPC)* menggunakan plastik *sheet* dengan perbandingan 80% plastik : 20% serbuk kayu, maka dapat disimpulkan hal-hal berikut:

1. Variasi temperatur berpengaruh signifikan terhadap kualitas visual dan struktur WPC. Temperatur yang lebih tinggi umumnya meningkatkan homogenitas permukaan, mengurangi pori-pori, dan memperbaiki penampilan fisik komposit. Pada temperatur 95°C, kualitas hasil cetakan buruk, permukaan kurang homogen, banyak pori-pori besar, dan terjadi penggumpalan serbuk kayu karena plastik belum meleleh sempurna. Temperatur 105°C menghasilkan permukaan yang lebih padat dengan cacat yang mulai berkurang, namun masih terdapat pori-pori kecil dan ketidakteraturan pada permukaan. Temperatur 115°C memberikan hasil terbaik dengan permukaan yang halus, homogen, tanpa cacat, dan warna merata. Temperatur ini merupakan titik optimum dalam proses pembuatan WPC berdasarkan pengamatan visual. Pada Temperatur 125°C, aliran panas meningkat signifikan, tetapi muncul indikasi degradasi termal seperti perubahan warna berlebihan dan potensi kerusakan akibat panas berlebih..

2. Aliran panas (*Heat flux*) meningkat seiring dengan bertambahnya temperatur pemanasan, dari 95.085 W/m² pada 95°C hingga 139.657 W/m² pada 125°C. Peningkatan *Heat flux* mempercepat proses pemanasan, namun perlu dikendalikan agar tidak merusak material.
3. Semakin tinggi temperatur yang diberikan maka distribusi panas dalam cetakan semakin homogen. Pada variasi 95°C, sebaran panas masih belum merata dengan selisih temperatur yang cukup besar antara titik minimum dan maksimum. Pada variasi 105°C dan 115°C, distribusi panas menjadi lebih seragam dengan gradien temperatur yang lebih kecil, menandakan efisiensi pemanasan yang semakin baik. Sementara itu, pada variasi 125°C, distribusi panas mencapai kondisi paling stabil dan merata, dengan area panas yang hampir menyebar ke seluruh volume cetakan. Kondisi ini diperkirakan memberikan kualitas terbaik dalam proses pembuatan *Wood Polymer Composite* (WPC), karena pencairan plastik *sheet* lebih optimal dan ikatan antar partikel kayu dan plastik menjadi lebih kuat.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, beberapa saran yang dapat diberikan untuk pengembangan selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi temperatur yang lebih kecil, misalnya selisih 5°C, untuk menentukan batas atas dan bawah temperatur optimal secara lebih presisi.

2. Perlu divariasikan parameter lain, seperti tekanan, waktu pemanasan, komposisi campuran serbuk kayu dan polimer, serta jenis polimer yang digunakan, agar diperoleh data yang lebih komprehensif.
3. Disarankan untuk melakukan pengujian sifat mekanik dan termal lebih lanjut seperti uji impak, uji kekuatan lentur, dan analisis termal (DSC/TGA) guna mengetahui batas ketahanan material terhadap beban dan suhu ekstrem.
4. Untuk mendukung analisis visual, dapat dilakukan pengamatan mikroskopik (misalnya SEM) guna melihat interaksi antar partikel secara mikro dan lebih akurat.
5. Dalam aplikasi industri, kontrol suhu dan waktu pemrosesan sangat penting untuk menjaga konsistensi produk WPC yang dihasilkan.
6. Pada cetakan hotpress yang digunakan pada saat penelitian perlu penambahan pemanas (*Cartridge Heater*) Pada bagian atas cetakan agar distribusi panas merata pada saat proses *hot press*.

DAFTAR PUSTAKA

- Apsari, Amithya. "Pra Rancangan Pabrik Wood Plastic Composite Papan Deck Dengan Kapasitas 25.260 Lembar/Tahun." (2018).
- Astuti, Sri Amini Yuni. "Uji Kekuatan Papan Wood Plastic Composite (Wpc) Limbah Serbuk Kayu Jati Dan Limbah Plastik High Density Polyethylene (Hdpe) Sebagai Persyaratan Struktur." (2020).
- Akmaja, M. Bram. Penggunaan Limbah Kulit Durian Sebagai Filler Dan Platik Daur Ulang (Polypropylene) Sebagai Pengikat Komposit Pada Papan Partikel. Diss. Universitas Islam Riau, 2019.
- Alfayuton, Rudi. Pengembndaur Mesin Hot Prss Sistem Hidrolik Untuk Mendaur Ulang Sampah Plastik. Diss. Universitas Islam Riau, 2024.
- Ariantono, Bagus. Dampak Penyinaran Uv A Terhadap Isolat Bakteri Tempat Pembuangan Akhir (Tpa) Jatibarang Semarang Dalam Penguraian Plastik Low Density Polyethylene (Ldpe). Diss. Unika Soegijapranata Semarang, 2020.
- Dantes, Kadek Rihendra. Composites Manufacturing and Testing-Rajawali Pers. PT. RajaGrafindo Persada, 2021.
- Dinata, Syafril Mayu, Dkk. "Komposit Plastik Sebagai Bahan Alternatif Kapal Penangkap Ikan." *Albacore Jurnal Penelitian Perikanan Laut* 7.2 (2023): 277-290.
- Destyanto, Fendy. "Studi Eksperimental Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Komposit Plastik (Hdpe-Pet) Karet Ban Bekas." (2007).
- Fernandes, Randi. Analisa Variasi Suhu Tekan Panas Terhadap Sifat Fisis Dan Sifat Mekanik Pada Campuran Plastik Hdpe Dengan Serbuk Kayu. Diss. Universitas Islam Riau, 2022.
- Falah, F. M. (2018). Pengaruh Jenis Polimer Dan Wt% Tembaga Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Material Komposit Tembaga/Polimer Sebagai Kandidat Material Peluru Frangible (Doctoral Dissertation, Sepuluh Nopember Institute Of Technology).
- Firdaus, Muhammad. Perancangan Mesin Hot press untuk Daur Ulang Plastik (HDPE). Diss. Universitas Islam Riau, 2022.
- Harahap, Indra Zein. Kekuatan Tarik Dan Modulus Elastisitas Komposit Dengan Partikel Penguat Dari Jamur Kelapa Sawit. Diss. Fakultas Teknik Universitas Islam Sumatera Utara, 2023.
- Indraswati, Denok. "Pengemasan Makanan." *Forum Ilmiah Kesehatan: Jakarta*. 2017.
- Kurniadi, Dedi. "Simulasi Kekuatan Mekanis Material Komposit Tempurung Kelapa Menggunakan Metode Elemen Hingga." (2018).

- Muflikhun, Muhammad Akhsin, And Muhammad Irfan Nuryanta. Komposit Serat Alam Pengenalan: Sifat Mekanis-Proses Manufaktur Dan Perkembangannya. Ugm Press, 2024.
- Mulyana, Aditya. Analisis Heat Loss Terhadap Heat flux Pada Pipa Dengan Metoda Electrical Heat Tracing. Diss. Universitas Nasional, 2023.
- Muhammad, Surya Ananda Pratama Putra. Pengaruh Persentase Serat Bambu Dengan Matriks Polyester Pada Frekuensi Pribadi Poros Komposit. Diss. Universitas Andalas, 2024.
- Nasution, Irfan Fahmi. Analisa Pengaruh Cacat Produksi Terhadap Efisiensi Blow Molding Plant Pt Pacific Medan Industri. Diss. Fakultas Teknik, Universitas Islam Sumatera Utara, 2023.
- Novalia, S. (2019). Analisis Karakteristik Bahan Bakar Cair Hasil Konversi Unit Propotipe Reaktor Pirolisis Sampah Plastik Jenis Polipropilena (Doctoral Dissertation, Politeknik Negeri Sriwijaya).
- Nufus, Hayatun. Karbonisasi Polyvinyl Chloride (Pvc) Menggunakan Metode Kombinasi Hidrotermal-Microwave. Diss. Uin Ar-Raniry Fakultas Sains Dan Teknologi, 2024.
- Nugroho, Adam. Pengaruh Variasi Penguat Pada Komposit Sandwich-Berbasis Aluminium 7075 Dengan Metode Accumulative Roll Bonding. Diss. Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, 2023.
- Pramudiana, I. Analisa Uji Impak Komposit Matriks Epoxy-Karet 30%, 40%, 50% Penguat Serat Karbon, Rami, Dan Kenaf Sebagai Body Armor. Diss. Institut Teknologi Nasional Malang, 2020.
- Purba, Tiochanra. "Studi Unjuk Kerja Mesin Hot Press pada Proses Produksi Plastic Sheet." (2024).
- Putri, Ariska Sapni. Unjuk Kerja Bakar Bahan Cair Hasil Konversi Sampah Kantong Plastik Jenis Low Density Polyethylene (LDPE) Menggunakan Generator Set Tipe ZG1500. Diss. Politeknik Negeri Sriwijaya, 2019.
- Ramdhani, Arfansyah, Ratna Dewi Anjani, And Iman Dirja. "Pengaruh Paduan Serbuk Bambu Dan Matriks Polyethylene Terhadap Sifat Mekanik Wpc: Effect Of Bamboo Powder Alloy And Polyethylene Matrix On The Mechanical Properties Of Wpc." Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha 11.2 (2023): 238-252.
- Rangga, Adi Pangestu. Analisis Aerodinamika Body Mobil Listrik Dengan Metode Computational Fluid Dynamic (Cfd) Pada Variasi Frontal Area Dan Kecepatan Aliran Udara Menggunakan Software Ansys Fluent. Diss. Universitas Malikussaleh, 2024.

- Rusli, Amir. "Pengaruh Konsentrasi Serat Rotan Pada Material Komposit Matriks (Polimer) Terhadap Kekuatan Fatik Puntir." Zona Mesin: Program Studi Teknik Mesin Universitas Batam 10.3 (2021).
- Simamora, Mhd Syopian. Kekuatan Impak Dan Kekerasan Komposit Dengan Partikel Penguat Dari Jamur Kelapa Sawit. Diss. Fakultas, Universitas Islam Sumatera Utara, 2023.
- Sidik, Rohman. "Studi Pengaruh Penambahan Polypropylene Dan Low Density Polyethylene Terhadap Sifat Fisik Dan Mekanik Wood Plastic Composite Untuk Aplikasi Genteng Ramah Lingkungan." Institut Teknologi Sepuluh Nopember (2018).
- Simangunsong, Helfran. Perancangan Mesin Hot press Untuk Pengolahan Limbah Sampah Plastik Menjadi Produk Plastic Sheet . Dis. Universitas Medan Area, 2024.
- Sidabutar, Pebri Imansion. "Studi Eksperimen Plastik Sheet Terhadap Kekuatan Tarik Dan Teknik Menggunakan Metode Hot press." (2024).
- Solahudin , Didin, Et Al. Pemanfaatan Limbah Plastik Hdpe Sebagai Alternatif Material Komposit Menggunakan Laminasi Serat Bambu. Cbjis: Cross-Border Journal Of Islamic Studies, 2025, 7.1: 142-149.
- Sadinda, Arafah. Pemanfaatan Sampah Plastik Pet (Polyethylene Terephthalate) Dan Oli Bekas Sebagai Campuran Pada Paving Block. Diss. Universitas Malikussaleh, 2023.
- Syaputra, Ridho. Sifat-Sifat Mekanis Bahan Komposit dengan Serat Kulit Durian sebagai Bahan Penguat. Diss. 2016.
- Taqwa, Muhammad Zaidit. Analisis Hasil Uji Kekerasan Pada Limbah Plastik Daur Ulang Dengan Metode Rockwell. Diss. Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2017.
- Wiradinata, Muhammad. "Analisis Termal Pada Mesin Las Friksi Menggunakan Metode Elemen Hingga." (2011).
- Winarno, Winarno. Analisa Kekuatan Tarik Sampel Plastik Daur Ulang Jenis High Density Polyethylene (Hdpe) Dan Low Density Polyethylene (Ldpe). Diss. Universitas Muhammadiyah Ponorogo, 2018.
- Zainuddin, Fuad. "Peran Produsen Dalam Mengurangi Sampah Plastik." Jurnal Bahtera Inovasi Vol 7.2 (2023).

LAMPIRAN

