

**OPTIMASI PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP SIFAT
MEKANIS KOMPOSIT BERPENGUAT ANYAMAN STRIP
BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus Asper*)**

*OPTIMIZATION EFFECT OF IMMERSION ON THE COMPOSITE
MECHANICAL PROPERTIES OF REINFORCED PETUNG
BAMBOO STRIP (*Dendrocalamus Asper*)*

ZAINAL SUDIRMAN

(D022171003)



PROGRAM STUDI S2 TEKNIK MESIN

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020



**OPTIMASI PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP SIFAT
MEKANIS KOMPOSIT BERPENGUAT ANYAMAN STRIP
BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus Asper*)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Teknik Mesin / Konstruksi Mesin

Disusun dan diajukan oleh

Zainal Sudirman

Kepada

DEPARTEMEN TEKNIK MESIN FAKULTAS TEKNIK

SEKOLAH PASCASARJANA

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2020



TESIS

OPTIMASI PENGARUH PERENDAMAN TERHADAP SIFAT MEKANIS KOMPOSIT BERPENGUAT ANYAMAN STRIP BAMBU PETUNG (*Dendrocalamus Asper*)

Disusun dan diajukan oleh

ZAINAL SUDIRMAN
Nomor Pokok D022171003

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
pada tanggal 15 Oktober 2020
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,



Dr. Ir. Zulkihi Djafar, MT.

Ketua



Dr. Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST. MT.

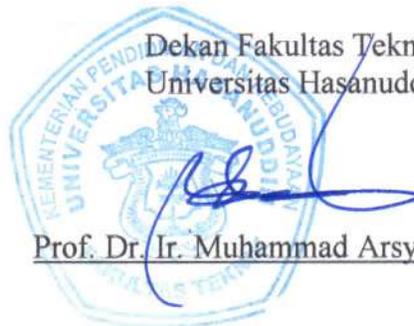
Anggota

Ketua Program Studi Magister
Tesis,



Arsyad, ST., MT

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad, MT.



PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Zainal Sudirman

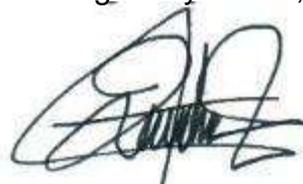
NIM : D022171003

Program Studi : S2 Teknik Mesin / Konsentrasi Konstruksi Mesin

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya sendiri, bukan merupakan pengambialihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan disertasi ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atau perbuatan tersebut.

Gowa, 27 September 2020

Yang menyatakan,



Zainal Sudirman



PRAKATA

Syukur Alhamdulillah penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga Penelitian ini dapat diselesaikan guna memenuhi salah satu syarat dalam menyelesaikan penyusunan Tesis dengan judul **“Optimasi Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanis Komposit Berpenguat Anyaman Strip Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*)”** pada Program Studi S2 Teknik Mesin di Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin. Salam dan shalawat tak lupa pula penulis haturkan kepada junjungan Rasulullah SAW atas semua hadits dan sunnah-sunnahnya yang masih sering penulis ingkari.

Sepenuhnya penulis menyadari bahwa Penelitian ini jauh dari kesempurnaan namun ini adalah hasil maksimal yang dapat penulis persembahkan kepada Almamater tercinta. Keberhasilan penulis dalam menyelesaikan penelitian ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak, baik bantuan moril maupun materi. Pada kesempatan ini, perkenankan penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada yang terhormat:

1. Kepada kedua orang tua tercinta Ayahanda Sudirman Sunusi dan Ibunda

h. Asmiah Mustafa.



2. Ibu Prof. Dr. Dwia Aries Tina Pulubuhu, MA selaku Rektor Universitas Hasanuddin.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Arsyad, MT selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin.
4. Bapak Dr.Eng Jalaluddin, ST, MT. selaku Kepala Departemen Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.
5. Bapak Dr. Hairul Arsyad, ST, MT selaku Kepala Program Studi S2 Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.
6. Bapak Dr. Ir. Zulkifli Djafar, MT. sebagai pembimbing I, atas segala ketulusan hati membimbing dan memberikan motivasi bagi penulis sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan.
7. Bapak Dr.Eng. Lukmanul Hakim Arma, ST, MT. sebagai pembimbing II, atas segala ketulusan hati membimbing dan memberikan motivasi bagi penulis sehingga penulisan tugas akhir ini dapat diselesaikan
8. Seluruh staff dan pegawai program studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin.
9. Kakak dan adik, Rizal Sudirman, Hamdiyah Sudirman, Umiyanti Sudirman dan kepada Ns. Dahliah, S.Kep atas doa dan dorongan serta dukungannya selama ini.

an-rekan S2 Program Studi Teknik Mesin Universitas Hasanuddin
a rekan-rekan di IPMI SIDRAP dan MAPALA Nene'mallomo .



Secara khusus pernyataan terima kasih yang tak terhingga penulis persembahkan kedua orang tua, serta Saudara-saudaraku dan serta seluruh keluarga yang selalu tulus dalam memberikan kasih sayang, doa dan nasehat kepada penulis dalam menyelesaikan Penelitian ini.

Semoga penelitian ini bermanfaat bagi kita semua dan atas segala bantuan doa tulus yang diberikan kepada penulis bernilai ibadah di sisi Allah SWT dan mendapat pahala yang setimpal.Amin.

Makassar, 27 Juli 2020

Penulis



ABSTRAK

Zainal Sudirman. Optimasi Pengaruh Perendaman Terhadap Sifat Mekanis Komposit Berpenguat Anyaman Strip Bambu Petung (*Dendrocalamus Asper*).
(Pembimbing Zulkifli Djafar dan Lukmanul Hakim Arma)

Bambu menjadi alternatif bahan baku konstruksi ditengah semakin sulitnya mendapatkan bahan baku kayu. Hal tersebut sangat beralasan mengingat banyaknya jenis bambu di provinsi Sulawesi Selatan pada umumnya, khususnya di daerah Tana Toraja yang bisa dimanfaatkan termasuk bambu petung (*Dendrocalamus Asper*). Dalam pemanfaatannya bambu biasanya dilakukan dengan berbagai cara, bisa dilakukan dengan penjemuran, bahkan perendaman terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan. Penelitian ini menggunakan material anyaman bambu petung berbentuk strip sebagai penguat komposit dengan perlakuan awal perendaman air limbah rumah tangga dan air sungai sesuai dengan kebiasaan masyarakat.

Tujuan dari penelitian untuk mendapatkan nilai optimal kekuatan mekanis komposit berpenguat anyaman strip bambu petung setelah mengalami perlakuan perendaman. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental, pembuatan komposit menggunakan bahan resin epoksi dengan perbandingan resin 60% dan Hardener 40% selanjutnya cetakan di pres mold dan pemotongan spesimen uji tarik dengan standar ASTM D 638-02, Bending standart ASTM D 790-02, Impak Standar ASTM ASTM D 5942-96 dan pengujian karateristik menggunakan FTIR dan SEM.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa adanya pengaruh perendaman air sungai dan air limbah rumah tangga terhadap kekuatan mekanis cenderung mengalami peningkatan kekuatan mekanis pada waktu prendaman antara 2 – 4 minggu dan menurun pada waktu perendaman 6 – 8 minggu. Berdasarkan hasil pengujian FTIR Menunjukkan semakin lebar maka menyerap lebih banyak air ketika kandungan lignin lebih rendah. Dari hasil pengamatan foto SEM terlihat matriks dan serat tidak saling mengikat. Hal ini disebabkan karena akibat lama perendaman sehingga serat terlihat adanya air sehingga kekuatan mekanis menurun akibat waktu perendaman 6 – 8 minggu. Dalam memvalidasi kekuatan mekanis dengan metode



Taguchi menunjukkan pengaruh yang paling optimal di faktor waktu perendaman berdasarkan rank.

Kata Kunci: Bambu Petung, Air Limbah Rumah Tangga, Air Sungai, Uji Tarik, Uji Bending, Uji Impak, FTIR, SEM, Metode Taguchi.



ABSTRACT

Zainal Sudirman. Optimization Effect of Immersion on The Composite Mechanical Properties of Reinforced *Petung* Bamboo Strip (*Dendrocalamus Asper*) (mentored by **Zulkifli Djafar and Lukmanul Hakim Arma**)

Bamboo becomes an alternative raw material for construction amid the increasingly difficult to get wood raw materials. This is very reasonable considering the many types of bamboo in the province of South Sulawesi in general, especially in the area of *Tana Toraja* that can be used, including *petung* bamboo (*Dendrocalamus Asper*). In its use bamboo is usually done in various ways, it can be done by drying, and even immersion before it can be used. This study uses striped *petung* bamboo woven material as a composite reinforcement with the initial treatment of household wastewater and river water immersion in accordance with community habits.

This study uses an experimental method, making composites using epoxy resin material with a ratio of 60% resin and 40% hardener then molds in the press mold and cutting tensile test specimens with ASTM D 638-02 standard, ASTM D 790-02 standard flexural, ASTM standard impact ASTM D 5942-96, and characteristic testing using FTIR and SEM.

The results showed that the effect of immersion in river water and household wastewater on mechanical strength tended to increase in mechanical strength at the immersion time between 2 - 4 weeks and decreased at 6 - 8 weeks of immersion. Based on the results of FTIR testing, it shows that the wider it is, it absorbs more water when the lignin content is lower. From the SEM photo observations, it can be seen that the matrix and fibres are not binding. This is due to the long immersion time so that the fibres show damage so that the mechanical strength decreases due to the immersion time of 6 to 8 weeks. Invalidating the mechanical strength using the Taguchi method shows the most optimal effect on the immersion time factor based on rank.



Keywords: *Petung* Bamboo, Household Wastewater, River Water, Tensile Test, Flexural Test, Impact Test, FTIR, SEM and Taguchi Method.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xxiii
DAFTAR SIMBOL.....	xxiv
BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	3
C. Tujuan Penelitian	4
D. Batasan Masalah	4
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Kajian Pustaka	6
1. Pengertian komposit	10
Penguat	14
Bahan matriks dan filler	15



4. Faktor yang mempengaruhi sifat komposit.....	17
5. Resin epoksi sebagai bahan matriks komposit	18
B. Kajian Teori.....	24
1. Fraksi Volume.....	24
2. Kekuatan Tarik Komposit.....	25
3. Kekuatan Bending Komposit.....	26
4. Kekuatan Impak Komposit	28
5. Fourier Transform Infra-Red (FTIR)	29
6. Scanning Electron Microscope (SEM).....	35
7. Metode Taguchi terhadap optimasi kekuatan mekanis.....	35

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

A. Alat dan Bahan	39
1. Alat	39
2. Bahan	43
B. Prosedur Penelitian.....	46
C. Pembuatan Spesimen Uji.....	46
1. Spesimen uji tarik	46
2. Spesimen uji bending.....	47
3. Spesimen uji impak.....	48
D. Tempat dan Waktu Penelitian	49
E. Alur Penelitian.....	50

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengujian Tarik Komposit.....	53
-------------------------------------	----



1. Hasil uji tarik komposit perendaman air sungai	54
2. Hasil uji tarik komposit perendaman limbah rumah tangga ...	58
B. Hasil Pengujian Bending Komposit	63
1. Hasil uji bending komposit perendaman air sungai	64
2. Hasil uji bending komposit perendaman air limbah rumah tangga.....	68
C. Hasil Pengujian Impak Komposit.....	73
1. Hasil uji impak komposit perendaman air sungai	74
2. Hasil uji impak komposit perendaman air limbah rumah tangga	78
D. Hasil Uji FTIR (Fourier Transform Infra-Red).....	83
E. SEM (Scanning Electron Mikroskopy)	90
1. Tanpa Perendaman	90
2. Perendaman Air Sungai.....	91
3. Perendaman Air Limbah Rumah Tangga.....	93
F. Analisis Taguchi Terhadap Kekuatan Mekanis.....	94
1. Analisa taguchi kekuatan tarik terhadap salinitas dan waktu perendaman pada perlakuan perendaman air sungai	133
2. Analisa taguchi kekuatan tarik terhadap salinitas dan waktu perendaman pada perlakuan perendaman air limbah rumah tangga	136



3. Analisa taguchi kekuatan bending terhadap salinitas dan waktu perendaman pada perlakuan perendaman air sungai	139
4. Analisa taguchi kekuatan bending terhadap salinitas dan waktu perendaman pada perlakuan perendaman air limbah rumah tangga	142
5. Analisa taguchi kekuatan impak terhadap salinitas dan waktu perendaman pada perlakuan perendaman air sungai	145
6. Analisa taguchi kekuatan impak terhadap salinitas dan waktu perendaman pada perlakuan perendaman air limbah rumah tangga	148

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN	153
B. SARAN	157

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Sifat mekanis dari beberapa spesies bambu	8
Tabel 2.2. Kadar air bambu petung.....	23
Tabel 2.3. Daerah Gugus Fungsi FTIR	32
Tabel 3.1. Keterangan Dimensi Uji Tarik.....	54
Tabel 3.2. Keterangan dimensi Spesimen Uji Bending	55
Tabel 3.3. Keterangan dimensi uji Impak	55
Tabel 3.4 Rincian Pelaksanaan Penelitian	56
Tabel 4.1 Data Hasil Uji Komposit Berpenguat Anyaman Strip Bambu Petung dengan Perlakuan Perendaman Air Sungai	61
Tabel 4.2 Data hasil uji tarik komposit berpenguat anyaman strip bambu petung dengan perlakuan perendaman limbah rumah tangga.....	71
Tabel 4.3 Data hasil uji bending komposit berpenguat anyaman strip bambu petung dengan perlakuan perendaman air sungai.....	82
Tabel 4.4 Data hasil uji bending komposit berpenguat anyaman strip bambu petung dengan perlakuan perendaman air limbah rumah tangga.....	92
Tabel 4.5 Data hasil uji dampak komposit berpenguat anyaman strip bambu petung dengan perlakuan perendaman sungai.....	104
Tabel 4.6 Data hasil uji dampak komposit berpenguat anyaman strip bambu petung dengan perlakuan perendaman air limbah rumah tangga.	112



Tabel 4.7 Korelasi antara jenis vibrasi, gugus fungsional, dan frekuensi komposit berpenguat anyaman strip bambu dengan perlakuan perendaman air sungai122

Tabel 4.8. Korelasi antara jenis vibrasi gugus fungsional dan frekuensi komposit berpenguat anyaman strip bambu petung dengan perlakuan perendaman air limbah rumah tangga.....126



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Komposisi Komposit	11
Gambar 2.2. Klasifikasi Material Komposit.....	14
Gambar 2.3. Grafik Kekuatan Tarik dan Komponen Penyusunnya	15
Gambar 2.4. Skema komposit anyaman	19
Gambar 2.5. Skema dari threepoint bending test.....	24
Gambar 2.6. Contoh spectra FTIR.....	33
Gambar 3.1. Caliver.....	41
Gambar 3.2. Testometrik tipe M500-25CT.....	41
Gambar 3.3. Alat Uji Impak.....	42
Gambar 3.4. Alat Uji SEM.....	42
Gambar 3.5. Alat Uji FTIR.....	43
Gambar 3.6. Alat Pembilah.....	43
Gambar 3.7. Timbangan Digital	44
Gambar 3.8. Scroll Saw	44
Gambar 3.9. Tampilan software minitab v.16.....	45
Gambar 3.10. Pohon Bambu Petung.....	46



Gambar 3.11. Hardener Dan Resin Epoxy.....	46
Gambar 3.12. Air Sungai	47
Gambar 3.13. Air limbah rumah tangga	47
Gambar 3.14. Proses pengambilan bambu.....	48
Gambar 3.15. Pembuatan strip anyaman	49
Gambar 4.16. Proses perendaman air sungai dan limbah rumah tangga	50
Gambar 4.17. Pengangkatan anyaman dari media perendaman	51
Gambar 4.18. Pencampuran resin dan pembuatan panel komposit	53
Gambar 3.19. Spesimen Uji Tarik ASTM D 638-02 tipe I	53
Gambar 3.14. Spesimen Uji Bending ASTM D 790-02.....	54
Gambar 3.15. Spesimen Uji Impak ASTM D 5942	55
Gambar 4.1. Kekuatan tarik dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 1 lapis	62
Gambar 4.2. Kekuatan tarik dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 2 lapis	65



Gambar 4.3. Kekuatan tarik dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 3 lapis.....	68
Gambar 4.4. Kekuatan tarik dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 1 lapis.....	72
Gambar 4.5. Kekuatan tarik dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 2 lapis.....	75
Gambar 4.6. Kekuatan tarik dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 3 lapis.....	78
Gambar 4.7. Kekuatan Bending dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 1 lapis.....	83
Gambar 4.8. Kekuatan Bending dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 2 lapis.....	86
Gambar 4.9. Kekuatan bending dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 3 lapis.....	89



Gambar 4.10. Kekuatan bending dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 1 lapis93

Gambar 4.11. Kekuatan bending dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 2 lapis96

Gambar 4.12. Kekuatan bending dan regangan terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 3 lapis99

Gambar 4.13. Kekuatan impak terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 1 lapis.....105

Gambar 4.14. Kekuatan impak terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 2 lapis.....107

Gambar 4.15. Kekuatan impak terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 3 lapis.....109

Gambar 4.16. Kekuatan impak terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 1 lapis.....113



Gambar 4.17. Kekuatan impak terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 2 lapis.....115

Gambar 4.18. Kekuatan impak terhadap waktu perendaman pada komposit berpenguat anyaman strip bambu petung 3 lapis.....118

Gambar 4.19. Grafik perbandingan FTIR perendaman 0 minggu sampai 8 minggu pada perendaman air sungai anyaman strip bambu petung sebagai 3 lapis penguat komposit122

Gambar 4.20. Grafik perbandingan FTIR perendaman 0 minggu sampai 8 minggu pada perendaman air limbah rumah tangga anyaman strip bambu petung sebagai 3 lapis penguat komposit125

Gambar 4.21. Foto SEM tanpa perendaman129

Gambar 4.22. Foto SEM perendaman air sungai salinitas 30 ppm anyaman strip bambu petung.....130

Gambar 4.23. Foto SEM perendaman air limbah rumah tangga 100% anyaman strip bambu petung.....131

4.24. Hasil pengujian tarik perlakuan perendaman air sungai pada minitab.....133



Gambar 4.25. Urutan level pada pengujian tarik perlakuan perendaman air sungai	134
Gambar 4.26. Diagram S/N ratio pengujian kekuatan tarik perlakuan perendaman air sungai.....	135
Gambar 4.27. Hasil pengujian tarik perlakuan perendaman air limbah rumah tangga pada minitab	136
Gambar 4.28. Urutan level pada pengujian tarik perlakuan perendaman air limbah rumah tangga.....	137
Gambar 4.29. Diagram S/N ratio pengujian kekuatan tarik perlakuan perendaman air limbah rumah tangga pada minitab.	138
Gambar 4.30. Hasil pengujian bending perlakuan perendaman air sungai pada minitab	139
Gambar 4.31. Urutan level pada pengujian bending perlakuan perendaman air sungai	140
Gambar 4.32. Diagram S/N ratio pengujian kekuatan bending perlakuan perendaman air sungai.....	141
Gambar 4.33. Hasil pengujian bending perlakuan perendaman air limbah rumah tangga pada minitab	142



Gambar 4.34. Urutan level pada pengujian bending air limbah rumah tangga.....	143
Gambar 4.35. Diagram S/N ratio pengujian kekuatan bending perlakuan perendaman air limbah rumah tangga	144
Gambar 4.36. Hasil pengujian dampak perlakuan perendaman air sungai pada minitab.....	146
Gambar 4.37. Urutan level pada pengujian dampak perlakuan perendaman air sungai	146
Gambar 4.38. Diagram S/N ratio pengujian kekuatan dampak perlakuan perendaman air sungai.....	147
Gambar 4.39. Hasil pengujian dampak pada perlakuan perendaman air limbah rumah tangga minitab.....	149
Gambar 4.40. Urutan level pada pengujian dampak perlakuan perendaman air limbah rumah tangga.....	149
Gambar 4.41. Diagram S/N ratio pengujian kekuatan dampak perlakuan perendaman air limbah rumah tangga.....	150



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran I**
- A. Hasil Pengujian Tarik
 - B. Hasil Pengujian Bending
 - C. Hasil Pengujian Impak
- Lampiran II**
- A. Menghitung Volume Cetakan
 - B. Rasio epoksi dan hardener
 - C. Menghitung Volume serat
- Lampiran III**
- A. Spesimen Uji Tarik
 - B. Spesimen Uji Bending
 - C. Spesimen Uji Impak
- Lampiran IV**
- A. Hasil Uji FTIR Perendaman Air Sungai Salinitas 30 ppm
 - B. Hasil Uji FTIR Perendaman Air Limbah Rumah Tangga
- Lampiran V**
- A. Hasil Foto SEM Perendaman Air Sungai Salinitas 30 ppm
 - B. Hasil Foto SEM Perendaman Air Limbah Rumah Tangga
- Lampiran VI**
- A. Hasil Analisa Taguchi Terhadap Kekuatan Tarik
 - B. Hasil Analisa Taguchi Terhadap Kekuatan Bending
 - C. Hasil Analisa Taguchi Terhadap Kekuatan Impa
- Lampiran VII**
- A. Hasil Uji Kandungan COD Pada Air Sungai
 - B. Hasil Uji Kandungan COD Pada Air Limbah Rumah Tangga
- Lampiran VIII**
- Artikel ilmiah yang telah di publikasi pada "*Journal of Physics: Confrence Series*"



DAFTAR SIMBOL

NOTASI	KETERANGAN	SATUAN
A_0	Luas penampang	mm
σ	Tegangan	N/mm ²
ε	Regangan	mm
E	Modulus Elastisitas	N/mm ²
E_b	Modulus Elastisitas Bending	N/mm ²
P	Beban	N
d	Tebal benda uji tarik	mm
b	Lebar benda uji tarik	mm
L	Panjang daerah ukur dan jarak penumpu	mm
L_0	Panjang total bahan uji	mm
ΔL	Perubahan panjang	mm
a	Kekuatan impak	J/mm ²
m	Berat pendulum	kg
R	Jarak pendulum ke pusat rotasi	mm
α	Sudut pendulum	(°)
β	Sudut pendulum setelah menabrak benda uji	(°)
D	Defleksi	mm
V_f	Fraksi volume serat	cm ³
V_m	Fraksi volume matriks	cm ³
V_c	Fraksi volume komposit	cm ³
W	Energi serat yang diserap spesimen	joule
W_f	Fraksi berat serat	gr
W_a	Berat serat di udara	gr
W_c	Berat komposit di udara	gr
W_m	Berat matriks	gr
g	Percepatan gravitasi	m/s ²
ρ_f	Massa jenis serat	gr/cm ³
ρ_m	Massa jenis matriks	gr/cm ³
ρ_c	Massa jenis komposit	gr/cm ³
ASTM	American Standard for Testing and Materials (organisasi standard internasional)	
S/N	Rasio signal to noise	
AS-T10	Spesimen uji tarik perendaman air sungai salinitas 10 ppm	
T20	Spesimen uji tarik perendaman air sungai salinitas 20 ppm	
T30	Spesimen uji tarik perendaman air sungai	



	salinitas 30 ppm
LRT-T80	Spesimen uji tarik perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 80%
LRT-T90	Spesimen uji tarik perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 90%
LRT-T100	Spesimen uji tarik perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 100%
AS-B10	Spesimen uji bending perendaman air sungai salinitas 10 ppm
AS-B20	Spesimen uji bending perendaman air sungai salinitas 20 ppm
AS-B30	Spesimen uji bending perendaman air sungai salinitas 30 ppm
LRT-B80	Spesimen uji bending perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 80%
LRT-B90	Spesimen uji bending perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 90%
LRT-B100	Spesimen uji bending perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 90%
AS-I10	Spesimen uji dampak perendaman air sungai salinitas 10 ppm
AS-I20	Spesimen uji dampak perendaman air sungai salinitas 20 ppm
AS-I30	Spesimen uji dampak perendaman air sungai salinitas 30 ppm
LRT-I80	Spesimen uji dampak perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 80%
LRT-I90	Spesimen uji dampak perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 90%
LRT-I100	Spesimen uji tarik perendaman air limbah rumah tangga dengan kadar limbah 100%



BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan teknologi material komposit mulai dilirik dari berbagai sektor industri besar seperti bidang industri otomotif dan industri lainnya. Material komposit berpenguat serat kini mulai diperhitungkan dan dikembangkan guna menjadi bahan pengganti logam. Perkembangan komposit tidak hanya dari komposit serat sintetis tetapi juga komposit serat alam yang terbarukan sehingga mengurangi pencemaran lingkungan hidup. Keunggulan yang dimiliki oleh serat alam adalah berpotensi sebagai penguat komposit, dapat diperbaharui (*renewable*), ringan, murah, ramah lingkungan, dapat terbiodegradasi, tidak beracun, non-abrasif, sifat mekanik tinggi (S A H Roslan et al 2018). Sehingga pertimbangan di atas maka perlu pemilihan bahan serat yang berkualitas, ketersediaannya melimpah dan tidak memakan biaya yang banyak dalam pemanfaatannya.

Salah satu serat alami dimanfaatkan yang berlimpah di Indonesia adalah serat dari tanaman bambu. Bambu memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan kayu antara lain dapat dipanen dalam waktu singkat sekitar 3 tahun, batangnya lurus, sifat kekuatan yang tinggi, pengerjaannya mudah dan relatif murah (Khalil et al. 2012). Bambu

alternatif bahan baku konstruksi. Banyak penelitian berkaitan sifat mekanis bambu telah menunjukkan bahwa bambu memiliki



keunggulan sifat dan karakteristik mekanisnya dalam hal ini kekuatan tarik dan lenturnya bila dibandingkan dengan kayu (Chaowana 2013; Jiang et al. 2012; Yu et al. 2008). Bambu memiliki kekuatan tarik 2 kali lebih besar dibandingkan kayu, sedangkan dengan baja memiliki kekuatan tarik 3-4 kali lebih besar sehingga kekuatan tarik bambu sekitar 1280 kgf/cm^2 (Morisco,1999). Hal tersebut sangat beralasan mengingat banyaknya jenis bambu di provinsi Sulawesi Selatan pada umumnya, khususnya di daerah Tana Toraja yang bisa dimanfaatkan termasuk bambu petung atau dalam bahasa ilmiahnya *Dendrocalamus asper*. Penelitian terkait bambu petung lainnya telah dilakukan dan menemukan bahwa kualitas bambu petung adalah yang paling baik diantara jenis bambu lainnya (Sugesty, et al. 2014).

Dengan banyaknya ketersediaan bahan tersebut, maka perlu direncanakan dan dikembangkan teknologi rekayasa material komposit berpenguat bahan alami yang kini mulai diperhitungkan terutama di era persaingan industri kapal sampai saat ini. Serat bambu memiliki sifat bahan yang kuat dan ringan sehingga sangat baik untuk dijadikan sebagai bahan penguat. Struktur permukaan serat terbilang halus dan rata, sehingga sangat baik untuk kontak permukaan dengan matriksnya (Lukmanul H A, 2011). Dalam pemanfaatannya bambu biasanya dilakukan dengan berbagai cara, bisa dilakukan dengan penjemuran, bahkan

man terlebih dahulu sebelum dapat dimanfaatkan. Perlakuan man di dalam air sungai dan di dalam air laut menurunkan tingkat



serangan jamur pada tulangan bambu agar penggunaan bambu menjadi lebih tahan (Broerie Pojoh, 2017). Hal ini menjadi perhatian khusus untuk perlu mengadakan pengujian terhadap sifat mekanisnya akibat perlakuan perendaman. Penelitian sebelumnya yang memanfaatkan perlakuan awal perendaman dan strip dianyam dengan berbagai susunan metode untuk mendapatkan sifat mekanis lebih baik sebagai penguat pada material komposit.

Rahab M. Bako (2018) telah melakukan perlakuan perendaman strip anyaman bambu petung selama 3 hari dengan menggunakan air laut mengatakan bahwa adanya pengaruh kekuatan mekanis akibat perendaman, hasil uji tarik kekuatan tertinggi sebesar $169,89 \pm 0,68$ MPa, uji bending kekuatan tertinggi sebesar $196,57 \pm 1,57$ MPa sedangkan uji kekuatan impak tertinggi sebesar $1,79 \pm 0,03$ kJ/mm². Maka sampai saat ini belum ada yang melakukan penelitian dengan perlakuan awal perendaman air limbah rumah tangga dan air sungai sesuai dengan kebiasaan masyarakat.

Penelitian ini menggunakan komposit berpenguat anyaman bambu petung berbentuk strip sebagai bahan penguat komposit dan media perendaman bervariasi. Selanjutnya diteliti sifat mekanisnya sehingga diharapkan mampu memberikan bahan pertimbangan sebagai pengganti serat karbon untuk bahan material pembuatan lambung kapal.



B. Rumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh perendaman air sungai dan pengaruh perendaman air limbah rumah tangga terhadap kekuatan mekanis anyaman strip bambu petung sebagai penguat komposit ?
2. Bagaimana pengaruh perendaman air sungai dan air limbah rumah tangga terhadap kekuatan optimal anyaman strip bambu petung sebagai penguat komposit?

C. Tujuan Penelitian

1. Menganalisa pengaruh perendaman air sungai dan air limbah rumah tangga terhadap kekuatan mekanis anyaman strip bambu petung sebagai penguat komposit.
2. Mendapatkan kekuatan optimal pada anyaman strip bambu petung perendaman air sungai dan limbah rumah tangga sebagai penguat komposit.

D. Batasan Masalah

1. Sumber pengambilan sampel strip bambu petung di daerah Kabupaten toraja, Provinsi Sulawesi Selatan.
2. Perendaman anyaman strip bambu petung dengan air limbah rumah tangga dan air sungai dengan variasi waktu 2, 4, 6, 8

inggu dan tanpa perendaman.



3. Jenis bahan matriks yang akan digunakan adalah resin epoksi dengan perbandingan 60% resin: 40% hardener.
4. Alat uji sifat mekanis: uji tarik, uji bending, uji impact
5. Alat uji karakteristik FTIR dan SEM

E. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini diharapkan memberikan sumbangan positif bagi perkembangan ilmu dan teknologi bidang rekayasa material khususnya komposit. Selain itu diharapkan menjadi acuan yang baik bagi peneliti selanjutnya yang fokus pada pemanfaatan matrik alam sebagai material baru.
2. Keberhasilan penelitian ini juga mempunyai implikasi positif yang mampu menekan jumlah penebangan hutan untuk kepentingan pembuatan lambung kapal laut.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Kajian Pustaka

Bambu merupakan tanaman yang cepat tumbuh dan mampu menyerap karbondioksida di udara. Bambu dapat dipanen 3-4 tahun (Amada et al., 1997). Sehingga ketersediaanya melimpah dan dapat memenuhi kebutuhan untuk penggunaannya. Penggunaan material bambu sebagai penguat komposit terus dilakukan karena ramah lingkungan dan dapat ditemui di berbagai kondisi daerah. Tanaman ini dapat tumbuh di daerah beriklim panas maupun dingin. Di daerah pedesaan tanaman bambu dibiarkan tumbuh liar, akan tetapi walaupun tidak mendapatkan perawatan, bambu dapat tumbuh dengan baik. Bambu tumbuh secara bergerombol membentuk rumpun, tunas-tunas mudanya keluar dari rimpang dan membentuk tanaman baru. Tanaman baru ini akan tumbuh bersama-sama dengan tanaman pendahulunya dan akhirnya akan membentuk suatu rumpun dengan banyak buluh bambu berdaun tunggal tersusun berselang seling diujung buluh atau ranting-rantingnya. Perakaran bambu sangat kuat, karena rimpangnya bercabang dan punya ikatan kuat yang sukar dipisahkan. Oleh karena itu, bambu banyak ditanam di daerah-daerah miring atau pinggir-pinggir sungai untuk mencegah erosi atau tanah longsor (Hartanto, 2004).



ng bambu bentuknya bulat, berongga, seluruhnya beruas, dapat kearah vertikal dan lentur. Adanya ruas akan menambah kuatnya

batang bambu. Berat jenis bambu sekitar 0,6 sampai 0,9 (kering udara) lebih ringan dari air. Meskipun bambu cepat tumbuh namun tetap pada batas maksimumnya, yaitu untuk daerah tropis 6 bulan setelah tunas timbul. Hal inilah yang membedakan bambu dengan pohon biasa. Bambu ditebang setelah berumur 4 tahun, jumlah bambu per hektar antara 100 – 500 rumpun atau 2000 – 14000 batang, tergantung jenis dan kesuburan tanahnya, sedangkan garis tengahnya antara 2 – 10 cm. Jenis bambu yang banyak dikenal di Indonesia adalah : bambu tali (Apus), bambu Betung, Bambu Talang, bambu Ater bambu Tutul , bambu Wulung (Marah R., 2006).

Penggunaan bambu dapat dimanfaatkan sebagai salah satu material komposit karena bambu memiliki sifat mekanis yang cukup baik. Serat bambu secara mekanik mempunyai kekuatan tarik yang tinggi (140 – 800 MPa), dan modulus elastisitas yang tinggi (33 GPa) dengan densitas yang rendah 0,6 – 0,8 g/cm³ (Defoirdt et al., 2010). Sehingga kekuatan jenis dan modulus elastisitas serat bambu sangat tinggi dan sebanding dengan serat glass.



Tabel 2.1. Sifat mekanis dari beberapa spesies bambu (Chaowana, 2013)

Bamboo Species	Modulus of rupture (MPa)	Modulus of Elasticity (MPa)	Compression strength parallel to grain (MPa)
<i>Bambusa blumeana</i>	99.8	4,100	24.0
<i>Bambusa vulgaris</i>	62.3	6,100	25.3
<i>Dendrocalamus asper</i>	85.7	6,300	31.5
<i>Gigantochloa scortechinii</i>	52.4	4,800	27.0
<i>Gigantochloa levis</i>	78.5	5,100	40.0
<i>Balanocarpus hemii</i>	122.0	1,800	69.0
<i>Koompasia malaccensis</i>	100.0	1,700	54.7

Bambu memiliki banyak kandungan lignin yang diikat oleh serat selulosa. Serat selulosa yang terdapat pada bambu mampu memberikan kekuatan tarik lentur maksimum pada arah tertentu (Lakkad dan Pattel, 1980). Dalam menghasilkan komposit serat bambu yang baik, kandungan lignin dalam serat bambu harus dihilangkan karena menghasilkan ikatan antara serat dan matrik yang buruk. Literatur telah melaporkan beberapa metode perlakuan permukaan serat bambu, baik dengan larutan alkali, kombinasi larutan alkali, acetalisasi dan silanisasi (Lee et al., 2009; Chen et al., 2011).

Serangan rayap dan jamur pada bambu merupakan permasalahan besar sehingga pemanfaatan bambu tidak terlalu lama. Namun harus

...n pengawetan agar pemanfaatan bambu menjadi lebih lama. ... mengatasi hal tersebut kadar gula yang ada pada bambu harus



dikurangi maka pada saat memanen bambu perlu dilakukan pada musim kemarau dan bambu yang sudah siap panen berumur 3 tahun ke atas. Tetapi juga bisa dilakukan dengan cara perlakuan secara tradisional seperti penjemuran, dan perendaman pada air sungai dan limbah rumah tangga selama 2 minggu atau lebih. Metode ini merupakan sebuah metode yang sangat mudah sesuai dari kebiasaan masyarakat pedesaan. Perlakuan perendaman bukan hanya untuk mengawetkan akan tetapi mampu meningkatkan kekuatan mekanis dari bambu tersebut. Bambu petung yang di awetkan dengan cara merendam di cairan borak dapat meningkatkan kekuatan tarik tetapi akan turun ketika direndam terlalu lama (Fattah, 2013). Bahan kimia pengawet meningkatkan kekuatan tarik bambu betung. Peningkatan kekuatan tarik optimum diperoleh pada pengawet boraks dan 60% asam borat. Waktu perendaman meningkatkan kekuatan tarik bambu betung. Peningkatan kekuatan tarik optimum diperoleh pada waktu perendaman 24 jam. Kekuatan tarik bambu betung belum mengalami penurunan optimum selama 3 hari perlakuan cuaca (Agustinus, P.I. dan I Wayan, S. 2013)

Teodoro A et al (2016) penelitian tentang perilaku analitik dalam sifat mekanis *Dendrocalamus Asper* sebagai Bahan Bangunan Konstruksi di Filipina. Melakukan perlakuan alami terhadap dendrocalamus asper seperti tidak direndam dan direndam dalam air garam dan air murni

akan bahwa perlakuan perendaman menjadikan modulus kekuatan lentur meningkat. Adapun beberapa faktor yang



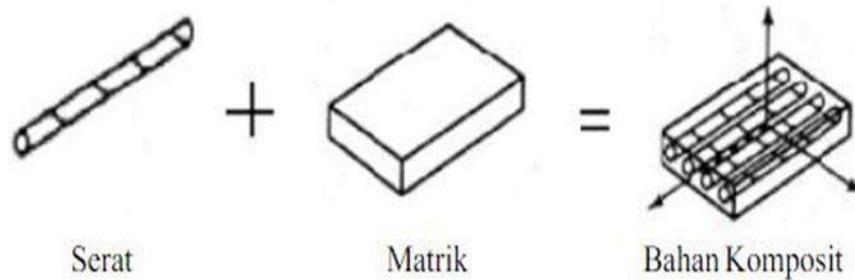
mempengaruhi kekuatan mekanis selain memberikan perlakuan terlebih dahulu pada material bambu sebagai penguat komposit adalah faktor ketebalan bilah bambu. Semakin besar ketebalan bilah maka semakin kecil kuat tarik laminasi bambu (Prabowo, A. dan Supomo, H. 2013). Wiwi, A. dkk (2013) dalam penelitiannya tentang sifat mekanis komposit berpenguat strip bambu dengan matriks *polyester* dan variasi susunan strip. Mengatakan bahwa tegangan tertinggi terjadi pada struktur serat memanjang. Sedangkan nilai tegangan terendah terjadi pada struktur serat yang melintang, karena pengaruh susunan strip sehingga terjadi perbedaan pada nilai tegangan. Adapun faktor lain yang mempengaruhi peningkatan kekuatan mekanis seperti strip dianyam sehingga strip saling mengikat satu sama lain. Faktor yang berpengaruh secara signifikan terhadap kekuatan material komposit adalah jenis bambu dan variasi serat dianyam, tidak dianyam dan serat acak (Manuputty, M. dan Berhиту, P.Th. 2010).

1. Komposit

Komposit didefinisikan sebagai kombinasi antara dua material atau lebih yang berbeda bentuknya, komposisi kimianya, dan tidak melarutkan antara materialnya dimana material yang satu berfungsi sebagai penguat dan material yang lainnya berfungsi sebagai pengikat untuk menjaga kesatuan unsur-unsurnya. Secara umum terdapat dua

jenis material penyusun komposit yaitu *matriks* dan *reinforcement* (Santiahyanti, 2011).





Gambar 2.1 Komposisi Komposit (Callister dan Rethwisch, 2007)

Komposit dikembangkan agar ditemukan suatu material dengan karakteristik yang diinginkan sesuai dengan tujuan pembentukan komposit tersebut. Karena karakteristik pembentuknya berbeda-beda, maka akan dihasilkan material baru yaitu komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material-material pembentuknya.

Secara Umum, sifat-sifat komposit ditentukan oleh:

- 1) Sifat-sifat dari penguat (*reinforcement*).
- 2) Rasio perbandingan penguat dengan matriks.
- 3) Orientasi penguat pada komposit.

Secara garis besar ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakannya, yaitu:

- a. Komposit serat merupakan suatu komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat. Serat yang umum digunakan bisa serat gelas, serat karbon, serat aramid, dan sebagainya. Serat ini bisa disusun secara acak



maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman atau ditenun.

- b. Komposit Laminat merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu dan setiap lapisnya memiliki karakteristik sifat sendiri.
- c. Komposit Partikel merupakan komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam matriksnya.

Sehingga komposit dapat diartikan sebagai dua macam atau lebih material yang digabungkan atau dikombinasikan sehingga menjadi material baru yang lebih berguna. Komposit terdiri dari 2 bagian utama yaitu:

- a. *Matriks* (pengikat) berfungsi untuk mengikat dan melindungi filler (pengisi) dari kerusakan eksternal. Matriks yang umum digunakan : carbon, glass, kevlar, dll.
- b. *Filler* (pengisi), berfungsi sebagai penguat dari matriks. Filler yang umum digunakan: *carbon, glass, aramid, Kevlar*.

Menurut Schwartz (1984) klasifikasi bahan komposit dapat dibentuk dari sifat dan strukturnya. Bahan komposit dapat diklasifikasikan kedalam beberapa jenis. Secara umum klasifikasi komposit yang sering digunakan antara lain seperti :

klasifikasi menurut kombinasi material utama, seperti metal-organic atau metal anorganic.

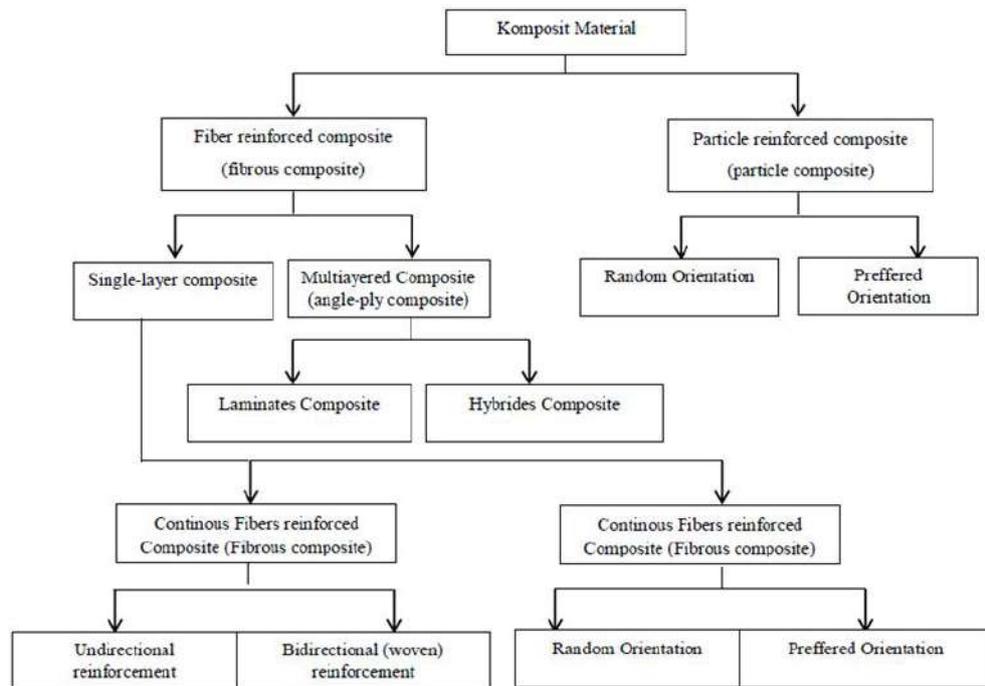


- b. Klasifikasi menurut karakteristik built-from, seperti sistem matrik atau laminate.
- c. Klasifikasi menurut distribusi unsur pokok, seperti *continuous* dan *discontinuous*.
- d. Klasifikasi menurut fungsinya, seperti elektrik atau struktural.

Sedangkan klasifikasi menurut komposit serat (fiber-matrik composites) dibedakan menjadi beberapa macam (Schwartz, 1984).

- a. *Fiber composite* (komposit serat) adalah gabungan serat dengan matriks.
- b. *Filled composite* adalah gabungan matriks kontinyu skeletal dengan matrik yang kedua.
- c. *Flake composite* adalah gabungan serpih rata dengan matrik.
- d. *Particulate composite* adalah gabungan partikel dengan matriks.
- e. *Laminate composite* adalah gabungan lapisan atau unsur pokok lamina.





Gambar 2.2 Klasifikasi material komposit (Mathews, 1994)

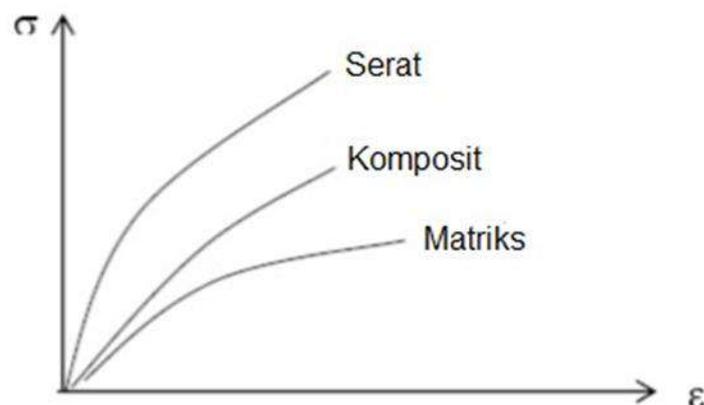
2. Penguat

Komposit menggunakan unsur utama seperti serat yang terdapat banyak keunggulan, maka bahan komposit serat yang paling umum digunakan sebagai penguat komposit. Bahan penguat komposit serat terdiri dari serat-serat yang diikat oleh matrik yang saling berhubungan. Bahan komposit serat ini terdapat dua macam, yaitu serat panjang (continous fiber) dan serat pendek (short fiber dan whisker). Dalam hal ini diambil bahan komposit serat (fiber composite). Pada penggunaan bahan komposit serat sangat efisien dalam menerima beban dan gaya. Sebab bahan komposit serat sangat kuat dan kaku bila dibebani searah serat, sebaliknya sangat lemah bila dibebani dalam arah tegak lurus. Bahan komposit serat



mempunyai keunggulan yang utama yaitu kuat, tangguh, dan lebih tahan terhadap panas pada saat di dalam matrik (Schwartz, 1984). Kombinasi serat kekuatan tarik tinggi dan modulus elastisitas tinggi dengan matrik yang bermassa ringan, kekuatan tarik rendah, serta modulus elastisitas rendah semakin banyak dikembangkan guna untuk mendapatkan hasil yang maksimal.

Berikut ini dicantumkan grafik kekuatan tarik komposit dan komponen penyusunnya (Jones, 1975):



Gambar 2.3 Grafik Kekuatan Tarik dan Komponen Penyusunnya

3. Bahan Matriks dan Filler

Matriks diartikan sebagai bahan pengikat antar serat yang berfungsi sebagai pelindung dari penguat dan mendistribusikan gaya eksternal ke penguat. Matriks dapat berbentuk logam, keramik, dan polimer. Sifat-sifat matriks yaitu mekanis yang baik, kekuatan



ikatan yang baik, ketangguhan yang baik dan tahan terhadap temperatur. (Ellyawan, 2008).

Persyaratan matriks harus sesuai dengan fungsi-fungsi berikut (Feldman, 1995):

- a. Mengikat serat-serat sehingga tidak rusak karena permukaan serat dilindungi.
- b. Menjaga serat agar tidak terpisah (tidak ada perambatan retakan atau kegagalan)
- c. Mudah memindahkan kekuatan ke serat dengan perekatan dan gesekan apabila komposit diberi beban
- d. Perlakuan kimia pada serat agar penggunaan dalam jangka waktu lama.

Polimer merupakan bahan matriks yang paling umum digunakan dalam pembuatan komposit saat ini. Jenis polimer yang sering digunakan (Sudira, 1985):

a. *Thermoplastic*

Thermoplastic adalah plastik yang dapat dilunakkan berulang kali (*recycle*) dengan menggunakan panas. Thermoplastic suatu polimer dapat meleleh bila terkena panas dan akan kembali mengeras sesuai sifat aslinya bila didinginkan. Contoh dari thermoplastic yaitu Poliester, Nylon 66, PP, PTFE, PET, Polieter

ulfon, PES, dan Polieter eterketon (PEEK).



b. *Thermoset*

Thermoset tidak dapat mengikuti perubahan suhu (irreversibel). Bila sekali pengerasan telah terjadi maka bahan tidak bisa dilunakkan kembali. Pemanasan yang tinggi tidak akan melunakkan *thermoset* melainkan akan membentuk arang dan terurai karena sifatnya yang demikian sering digunakan sebagai tutup ketel, seperti jenis-jenis melamin.

4. Faktor yang Mempengaruhi Sifat Komposit.

Sifat maupun karakteristik dari komposit ditentukan oleh :

a. Material yang menjadi penyusun komposit

Karakteristik komposit ditentukan berdasarkan karakteristik material penyusun menurut rule of mixture sehingga akan berbanding secara proporsional.

b. Bentuk dan penyusunan struktural dari penyusun

Cara membentuk dan menyusun komposit dapat mempengaruhi karakteristik komposit.

c. Interaksi antar penyusun

Apabila terjadi interaksi antar penyusun dapat meningkatkan sifat dari komposit.

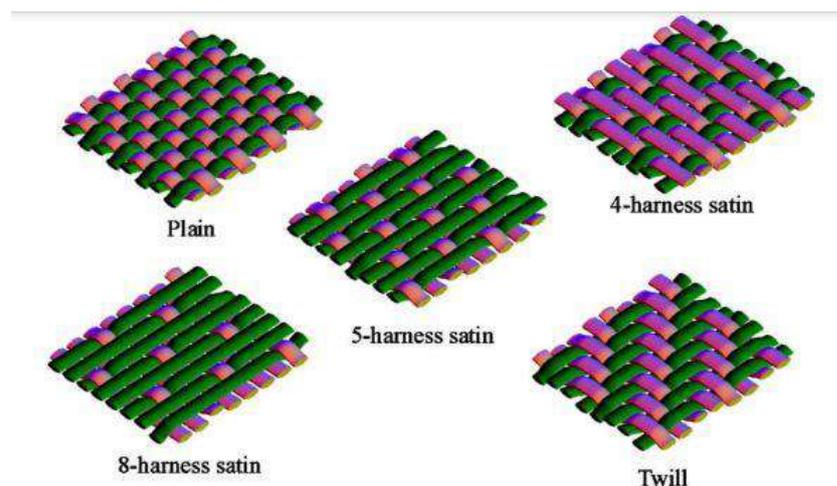
Sifat dari material komposit dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor letak serat dimana bahan pengisi matriks yang digunakan untuk

memperbaiki sifat dan struktur matriks yang tidak dimilikinya, diharapkan mampu menjadi bahan penguat matriks pada



komposit untuk menahan gaya yang terjadi. Panjang serat dalam pembuatan komposit serat pada matriks sangat berpengaruh terhadap kekuatan. Esensial yang mendasari perancangan, pengembangan dan penggunaan dari komposit adalah pemakaian komponen yang harus sesuai dengan aplikasinya (Ronald F.Gibson 1994).

Selain bahan serat sebagai penguat, pola anyaman dapat mempengaruhi kekuatan komposit. Beberapa model pola anyaman yang dikembangkan antara lain anyaman polos (plain), basket, satin, twill dan kombinasinya. Pola anyaman memiliki jenis orientasi pakan/warp dan lusi/weft yang homogen maupun hibrida. Ada 3 anyaman dasar yang banyak digunakan seperti plain, twill dan satin dengan beberapa variasi.



Gambar 2.4. Skema komposit anyaman (X Tang et al. 2005)
(Sumber : Composites Science and Technology 65 (2005) 817–826)



5. Resin Epoxy Sebagai Bahan Matriks Komposit

Resin epoksi merupakan resin yang paling umum digunakan. Resin epoksi adalah cairan organik dengan berat molekul rendah yang mengandung gugus epoksida. Epoksida memiliki tiga anggota di cincinnya: satu oksigen dan dua atom karbon. Reaksi epicholoydrin dengan phenols atau aromatic amines membuat banyak epoksi. Pengeras (hardener), pelunak (plasticizer) dan pengisi (filler) juga ditambahkan untuk menghasilkan epoksi dengan berbagai macam sifat viskositas, impak, degradasi dan lain-lain (kaw, 2006).

Meskipun resin epoksi ini lebih mahal dari matriks polimer lain, namun epoksi ini adalah matriks dari polimer matrix komposit yang paling populer. Resin epoxy biasanya lebih kuat dibandingkan dengan jenis resin terkuat lainnya. Epoxy mempunyai kandungan zat resin yang lebih tua dan sebagian besar bahan kandungannya berkualitas cukup baik. Epoksi memiliki viskositas dan tingkat alirannya rendah, yang memungkinkan meresap pada serat dengan baik dan mencegah ketidak beraturan serat selama pada prosesnya, ketidakstabilan rendah, tingkat penyusutan rendah yang mengurangi kecenderungan mendapatkan tegangan geser yang besar ikatan antara epoksi dan penguatnya, tersedia lebih dari 20 tingkatan untuk memenuhi sifat spesifik dan kebutuhan pengolahan.

ada penelitian ini hardener yang digunakan ialah hardener
ine berfungsi mempercepat tahap pengerasan atau curing.



Didaalam aplikasinya, proses curing akan mempengaruhi sifat-sifat mekanik, kimia dan thermal dari polimer epoxy (Barerre, dkk, 2002). Epoxy (resin dan hardener) memiliki fase gel pada suhu kamar dan akan berubah menjadi keras pada fase gelas, yakni terjadi pada suhu gelas (T_g). Tahap *post curing* diperlukan untuk sifat-sifat mekanik yang lebih baik dimana pada proses ini terjadi ikat silang (crosslinked) antar molekul lebih sempurna (Dang, dkk: 2002).



B. KAJIAN TEORI

1. Fraksi Volume

Jumlah kandungan serat dalam komposit, sebuah hal yang harus diperhatikan pada komposit berpenguat serat. Untuk menghitung fraksi volume, parameter yang harus diketahui adalah berat jenis resin, berat jenis serat, berat komposit dan berat serat. Adapun fraksi volume yang ditentukan dengan persamaan (Harper, 1996) :

$$W_f = \frac{w_f}{w_c} = \frac{\rho_f v_f}{\rho_c v_f} = \frac{\rho_f}{\rho_c} v_f \quad (1)$$

$$V_f = \frac{\rho_c}{\rho_f} W_f = 1 - V_m \quad (2)$$

Jika selama pembuatan komposit diketahui massa fiber dan matrik, serta density fiber dan matrik, maka fraksi volume dan fraksi. Massa fiber dapat dihitung dengan persamaan (Shackelford,1992) :

$$V_f = \frac{W_f / \rho_f}{W_f / \rho_f + W_m / \rho_m} \quad (3)$$

Dimana: W_f = Fraksi berat serat

w_f = Berat serat

w_c = Berat Komposit

ρ_f = *density* serat



$\rho_c = \text{density}$ komposit

$V_f = \text{Fraksi Volume serat}$

$V_m = \text{Volume matrik}$

2. Kekuatan Tarik Komposit

Kekuatan tarik serat akan mampu memberikan informasi kekuatan komposit secara keseluruhan. Dengan uji tarik ini akan diperoleh tentang sifat-sifat mekanis suatu material uji antara lain: batas elastisitas, kekuatan luluh dan kekuatan tarik yang besarnya tergantung pada material uji. Untuk menghitung tegangan teknik (Engineering stress) pada material uji dilakukan dengan menggunakan persamaan berdasarkan ASTM D 638-02.

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \quad (4)$$

Dimana: $\sigma = \text{Tegangan (N/mm}^2\text{)}$

$P = \text{Beban (N)}$

$A_0 = \text{Luas Penampang (mm}^2\text{)}$

σ adalah kekuatan tarik komposit yang dihasilkan oleh beban tarik (P) dibagi luasan rata-rata komposit (A). Untuk regangan (ϵ) komposit

tidak diketahui besarnya menggunakan persamaan :



$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} \quad (5)$$

Dengan ΔL adalah perubahan panjang di panjang awal (L). jika regangan serat sudah diketahui maka besarnya modulus elastisitas (E) adalah:

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (6)$$

Kekuatan tarik longitudinal pada komposit dapat ditentukan berdasarkan dua kondisi, yaitu: awal regangan patah terjadi pada serat dan awal regangan patah terjadi pada matrik.

3. Kekuatan Bending Komposit

Kekuatan bending suatu material adalah kekuatan material menahan beban dari luar. Nilai dari poisson rasio berpengaruh pada bending test. Dari bending test akan dihasilkan distribusi linear tegangan langsung yang bervariasi terhadap ketebalan dan regangan pada permukaan lain (Matthew, 1994). Kondisi tersebut akan membuat kurva defleksi pada titik pembebanan. Dengan menggunakan standar ASTM D790 yaitu metode the three point bending. Tegangan bending pada material dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma_f = \frac{3 \cdot P \cdot L}{2 \cdot b \cdot d^2} \quad (7)$$

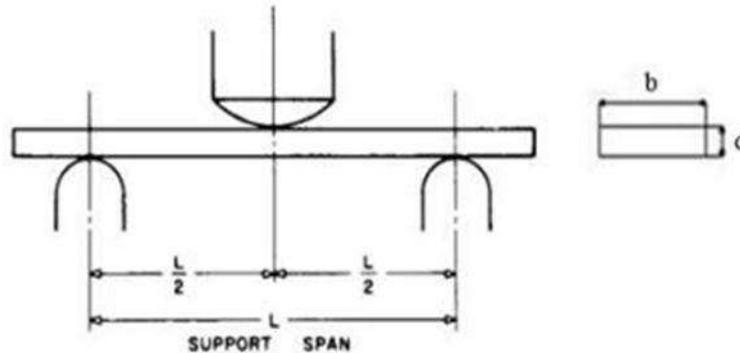
dimana: P = Beban (N)

L = Support span (mm)



b = Lebar benda uji (mm)

d = tebal benda uji (mm)



Gambar 2.5. Skema dari threepoint bending test

Sedangkan untuk menghitung modulus elastisita bending digunakan rumus:

$$Eb = \frac{11.P.L^3}{4bd^3\delta} \quad (8)$$

Dimana) Eb = Modulus Elastistas bending

P = Beban (N)

b = Lebar benda uji (mm)

d = Tebal benda uji mm

δ = Defleksi (mm)

L = Panjang support span (mm)



4. Kekuatan Impak Komposit

Ketangguhan suatu bahan adalah kemampuan bahan dalam menerima beban impact yang diukur dengan besarnya energy yang diperlukan untuk mematahkan batang uji dengan palu ayun. Untuk mengetahui nilai ketangguhan suatu material harus dilakukan uji impact, dengan menggunakan standar ASTM D256. Besarnya tenaga untuk mematahkan batang uji dapat dihitung dengan rumus:

- a. Energi patah (energy serap) berdasarkan ASTM D 256-02

$$W = m \cdot g \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) \quad (9)$$

Dimana: W = Energi patah (J)

m = Berat pendulum (kg)

g = Percepatan gravitasi (m/s^2)

R = Jarak pendulum ke pusat rotasi (mm)

β = Sudut pendulum setelah menabrak benda uji ($^\circ$)

α = Sudut pendulum tanpa benda uji ($^\circ$)

- b. Kekuatan Impak berdasarkan ASTM D 256-02

$$a = \frac{W}{dxb} \quad (10)$$

Dengan: a = kekuatan impact (J/mm^2)

b = Lebar spesimen (mm)

d = Tebal spesimen (mm)

W = Energi yang diserap spesimen (J)



5. Fourier Transform Infrared (FTIR)

Metode Spektroskopi FTIR merupakan salah satu metode yang begitu populer digunakan, terdapat inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi fourier dalam mendeteksi dan analisis hasil spektrumnya. Jenis metode yang digunakan adalah metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode spektroskopi yang berdasarkan dari perbedaan penyerapan radiasi inframerah pada molekul suatu materi. Absorpsi inframerah oleh suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat, terdapat kesamaan antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwal 1985).

Komponen utama pada spektroskopi FTIR adalah interferometer Michelson yang mempunyai fungsi menguraikan (mendispersi) radiasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan metode FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional maupun metode spektroskopi yang lain. Diantaranya adalah informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resolusi yang tinggi). Keuntungan yang lain dari metode ini adalah dapat digunakan untuk mengidentifikasi sampel dalam berbagai fase (gas, padat atau cair). Kesulitan-kesulitan yang ditemukan dalam

identifikasi dengan spektroskopi FTIR dapat ditunjang dengan data yang diperoleh dengan menggunakan metode spektroskopi yang lain (Mita 2006).



Dari deret Fourier tersebut intensitas gelombang dapat digambarkan sebagai daerah waktu atau daerah frekuensi. Seperti aplikasi pemakaian gelombang radiasi elektromagnetik yang berdasarkan daerah waktu adalah interferometer yang dikemukakan oleh Albert Abraham Michelson (Jerman 1831).

a. Cara Kerja Alat Spektrofotometer FTIR:

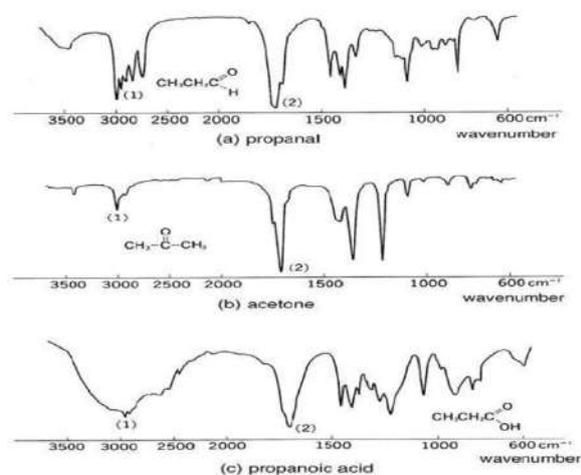
Prinsip kerja FTIR adalah suatu interaksi antara energi dan materi. FTIR terdapat sistem optik spektrofotometer dilengkapi dengan cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin yang diam. Dengan demikian radiasi infra merah akan menimbulkan perbedaan jarak yang ditempuh menuju cermin yang bergerak (M) dan jarak cermin yang diam (F). Perbedaan jarak tempuh radiasi tersebut adalah 2 yang selanjutnya disebut sebagai retardasi (δ). Hubungan antara intensitas radiasi IR yang diterima detektor terhadap retardasi disebut sebagai interferogram. Sedangkan sistem optik dari Spektrofotometer IR yang didasarkan atas bekerjanya interferometer disebut sebagai sistem optik Fourier Transform Infra-Red.

b. Keunggulan Spektrofotometer FTIR

Spektrofotometer FTIR memiliki dua keunggulan utama dibanding metoda konvensional lainnya, yaitu :



- 1) Mampu difungsikan pada semua frekuensi dari sumber cahaya secara simultan sehingga dapat menganalisis lebih cepat daripada menggunakan cara sekuensial atau scanning.
- 2) Sensitifitas dari metoda Spektrofotometri FTIR lebih besar daripada cara dispersi, sebab radiasi yang masuk ke sistem detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (slitless) (Giwangkara 2007). Contoh gambar spectra FTIR dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2.6. Contoh spectra FTIR

c. Cara membaca spektra FTIR:

1. Memperhatikan bila terdapat gugus karbonil (C=O) pada daerah 1820-1600 cm⁻¹ yang puncaknya tajam dan sangat karakteristik.
2. Bila terdapat gugus karbonil, maka perhatikan kemungkinan gugus fungsional berikut, dan apabila tidak terdapat gugus karbonil maka dilanjutkan pada langkah selanjutnya.



- Asam karboksilat akan memunculkan serapan OH pada daerah 3500-3300 cm^{-1}
 - Amida akan memberikan serapan N-H yang tajam pada daerah sekitar 3500 cm^{-1}
 - Ester akan memunculkan serapan C-O tajam dan kuat pada 1300-1000 cm^{-1}
 - Anhidrida akan memunculkan serapan C=O kembar pada 1810 dan 1760 cm^{-1} .
 - Aldehida akan memunculkan C-H aldehida intensitas lemah tajam pada 2850-2750 cm^{-1} baik yang simetri maupun anti-simetri
 - Keton, bila semua yang di atas tidak muncul.
3. Langkah selanjutnya apabila serapan karbonil tidak ada maka dilakukan sebagai berikut
- Menguji alkohol (-OH), dengan memperhatikan apakah terdapat serapan yang melebar (khas sekali) pada 3500-3300 cm^{-1} (dikonfirmasi dengan asam karboksilat) dan diperkuat dengan serapan C-O pada sekitar 1300-1000 cm^{-1}
 - Menguji amina (N-H), dengan memperhatikan adanya serapan medium pada sekitar 3500 cm^{-1} (dikonfirmasi dengan amida)

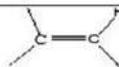
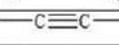


- Menguji eter (C-O), dengan memperhatikan serapan pada 1300-1000 cm^{-1} (dikonfirmasi dengan alkohol dan ester)
4. Ikatan C=C alkena dan aromatis. Serapan alkena akan muncul pada 1650 cm^{-1} , sedangkan untuk aromatis sekitar 1650-1450 cm^{-1} . Serapan C-H alifatik alkena akan muncul di bawah 3000 cm^{-1} , sedangkan C-H vinilik benzena akan muncul di atas 3000 cm^{-1}
 5. Ikatan C \equiv C alkuna akan muncul lemah tajam pada 2150 cm^{-1} , sedangkan C \equiv N nitril medium dan tajam akan muncul pada 2250 cm^{-1}
 6. Gugus nitro NO₂, memberikan serapan kuat sekitar 1600-1500 cm^{-1} dari anti-simetris dan juga pada 1390-1300 cm^{-1} untuk simetris.
 7. Bila informasi 1 sampai 6 di atas tidak ada maka dugaan kuat spektrum IR adalah dari senyawa hidrokarbon.

Untuk mengetahui daerah gugus fungsi FTIR dapat dilihat pada table berikut:



Tabel 2.3 Daerah Gugus Fungsi FTIR

Ikatan	Tipe Senyawa	Daerah frekuensi (cm ⁻¹)	Intensitas
C - H	Alkana	2850 - 2970 1340 - 1470	Kuat Kuat
C - H	Alkena 	3010 - 3095 675 - 995	Sedang Kuat
C - H	Alkuna 	3300	Kuat
C - H	Cincin Aromatik	3010 - 3100 690 - 900	Sedang Kuat
O - H	Fenol, monomer alkohol, alkohol ikatan hidrogen, fenol	3590 - 3650 3200 - 3600	Berubah-ubah Berubah-ubah, terkadang melebar
	monomer asam karboksilat, ikatan hidrogen asam karboksilat	3500 - 3650 2500 - 2700	Sedang Melebar
N - H	Amina, Amida	3300 - 3500	Sedang
C=C	Alkena	1610 - 1680	Berubah-ubah
C=C	Cincin Aromatik	1500 - 1600	Berubah-ubah
C≡C	Alkuna	2100 - 2260	Berubah-ubah
C - N	Amina, Amida	1180 - 1360	Kuat
C≡N	Nitril	2210 - 2280	Kuat
C - O	Alkohol, Eter, Asam Karborsilat, Ester	1050 - 1300	Kuat
C=O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	1690 - 1760	Kuat
NO ₂	Senyawa Nitro	1500 - 1570 1300 - 1370	Kuat Kuat

Sumber : *Principle of Instrumental Analysis*, Skoog, Holler, Nieman, 1998.

6. Scanning Electron Microscope (SEM)

SEM (Scanning Electron Microscope) adalah sebuah mikroskop elektron yang dirancang sebuah pengamatan permukaan objek solid secara langsung untuk menggambarkan bentuk permukaan dari material yang dianalisis. Prinsip kerja SEM sendiri untuk menggambarkan permukaan benda atau material dengan berkas electron yang dengan dipantulkan dengan energy tinggi. Tetapi dari semua berkas electron yang dipantulkan terdapat satu berkas electron dipantulkan dengan intensitas tertinggi. Detector yang terdapat di dalam SEM akan mendeteksi berkas electron berintensitas tertinggi dipantulkan oleh benda atau material yang dianalisis. Selain itu



juga dapat menentukan lokasi berkas electron yang berintensitas tertinggi itu.

SEM memiliki keunggulan resolusi yang lebih tinggi dari pada mikroskop optic. Hal ini di sebabkan oleh panjang gelombang de Broglie yang memiliki electron lebih pendek daripada gelombang optic. Karena makin kecil panjang gelombang yang digunakan maka makin tinggi resolusi mikroskop.

SEM mempunyai komponen *depthoffield* yang berfungsi untuk memfokuskan jumlah sampel yang lebih banyak pada satu waktu dan menghasilkan bayangan yang baik dari sampel tiga dimensi. SEM juga menghasilkan bayangan dengan resolusi tinggi, yang berarti mendekati bayangan yang dapat diuji dengan perbesaran tinggi. Kombinasi perbesaran yang lebih tinggi, darkfield, resolusi yang lebih besar, dan komposisi serta informasi kristallografi membuat SEM merupakan satu dari peralatan yang paling banyak digunakan dalam penelitian, R & D industri khususnya industri semiconductor. Memiliki resolusi yang dimiliki elektron yang lebih tinggi daripada cahaya. Cahaya hanya mampu mencapai 200nm sedangkan elektron bisa mencapai resolusi sampai 0.1 – 0.2 nm. Dibawah ini diberikan perbandingan hasil gambar mikroskop cahaya Dengan electron.

Adapun kelebihan teknik SEM yaitu terdapat sistem vakum pada

ron-optical column dan sample chamber yang bertujuan antara



1. Dapat menghilangkan efek pergerakan elektron yang tidak beraturan karena adanya molekul gas pada lingkungan tersebut, yang dapat mengakibatkan penurunan intensitas dan stabilitas.
2. Dapat meminimalisasi gas yang dapat bereaksi dengan sampel atau mengendap pada sampel, baik gas yang berasal dari sampel atau pun mikroskop. Karena apabila hal tersebut terjadi, maka akan menurunkan kontras dan membuat gelap detail pada gambar (Prasetyo, 2011).

7. Metode Taguchi terhadap optimasi kekuatan mekanis

Metode Taguchi pertama kali diciptakan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 seorang konsultan pengendalian pengendalian kualitas, metode ini mulai disempurnakan agar mampu memperbaiki suatu produk, proses dan mampu menekan biaya seefisien mungkin. Salah satu kelebihan dari metode Taguchi adalah menghasilkan kesimpulan mengenai level dari suatu faktor kontrol yang menghasilkan respon optimum.

Karakteristik kualitas menurut Taguchi ada tiga, yaitu *Nominal is the best*, *Smaller is Better*, dan *Larger is Better*. Sedangkan cara melihat karakteristik suatu percobaan yaitu dengan menggunakan Signal to Noise Ratio (SN Ratio). Menurut Belavendram (1995) beberapa tipe karakteristik kualitas SN Ratio dari respon adalah sebagai berikut:



Nominal is the best

Suatu karakteristik kualitas dengan nilai target tidak nol dan terbatas sehingga nilai yang semakin mendekati target tersebut adalah nilai yang diinginkan. Untuk percobaan 4 faktor tanpa ulangan, SN Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan berikut:

$$\frac{S}{N} = 10 \log \frac{y^2}{S_y^2} \quad (11)$$

2. *Smaller is Better*

Suatu karakteristik kualitas dengan batas nilai 0 dan non negatif sehingga nilai yang semakin kecil atau mendekati nol adalah nilai yang diinginkan. SN Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{S}{N} = -10 \log \frac{1}{n} \left(\sum y^2 \right) \quad (12)$$

3. *Larger is Better*

Suatu karakteristik kualitas dengan rentang nilai tak terbatas dan non negatif sehingga nilai yang semakin besar adalah nilai yang diinginkan. SN Ratio untuk karakteristik ini dirumuskan dengan persamaan sebagai berikut :

$$\frac{S}{N} = -\log \frac{1}{n} \left(\sum \frac{1}{y^2} \right) \quad (13)$$

Dimana: y = rata-rata data yang diobservasi

S^2 = variasi dari y

n = jumlah data yang diobservasi

y = data observasi

