



TESIS - MN142532

## **JUDUL: KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH TULANG IKAN UNTUK LAMBUNG KAPAL *FIBERGLASS***

Nama : Puranggo Ganjar Widityo

NRP : 4114203008

Dosen Pembimbing

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D.
2. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

PROGRAM STUDI TEKNIK PRODUKSI dan MATERIAL KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



TESIS - MN142532

**JUDUL: KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH TULANG  
IKAN UNTUK LAMBUNG KAPAL *FIBERGLASS***

Nama : Puranggo Ganjar Widityo

NRP : 4114203008

Dosen Pembimbing

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D.
2. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

PROGRAM STUDI TEKNIK PRODUKSI dan MATERIAL KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2016



TESIS - MN142532

# **TITLE: STUDY OF FISH BONE WASTE FOR HULL FIBERGLASS BOAT**

Nama : Puranggo Ganjar Widityo

NRP : 4114203008

Dosen Pembimbing

1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng, Ph.D.
2. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D.

PROGRAM MAGISTER

PROGRAM STUDI TEKNIK PRODUKSI dan MATERIAL KELAUTAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVENBER

SURABAYA

2016

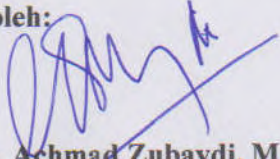
Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar

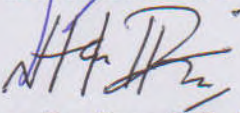
Magister Teknik (M.T)  
di  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

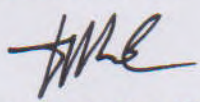
Oleh:  
PURANGGO GANJAR WIDITYO  
NRP. 4114 203 008

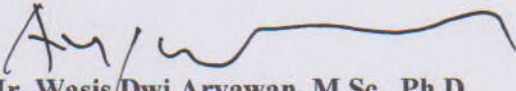
Tanggal Ujian: 20 Juli 2016  
Periode Wisuda: September 2016

Disetujui oleh:

  
1. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D. (Pembimbing I)  
NIP: 19590505198403 1 012

  
2. Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D. (Pembimbing II)  
NIP: 19730415200003 1 001

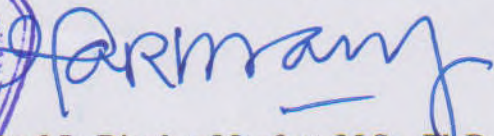
  
3. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. (Penguji)  
NIP: 19670406 199203 1 001

  
4. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. (Penguji)  
NIP: 19640210198903 1 001

  
5. Dr. Ir. I Ketut Suastika, M.Sc. (Penguji)  
NIP: 19691231200604 1 178



Direktur Program Pascasarjana,

  
Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.  
NIP. 19601202198701 1 001

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis haturkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas segala rahmat dan anugerahNya sehingga Tesis yang berjudul: “KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH TULANG IKAN UNTUK LAMBUNG KAPAL FIBERGLASS“ dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penulisan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat mencapai gelar Magister Teknik pada Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Saya menyadari bahwa tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak selama menyelesaikan tesis ini, tesis ini tidak akan mungkin dapat penulis selesaikan dengan baik. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih sedalam - dalamnya kepada beberapa pihak:

1. Bapak Prof. Ir. Daniel Mohammad Rosyid Ph.D, selaku Dekan Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember;
2. Bapak Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D, selaku direktur program Pasca Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember;
3. Bapak Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D selaku dosen pembimbing, sekaligus dosen wali yang telah dengan begitu baik dan dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan kepada penulis, menyediakan waktu, tenaga, serta pikiran demi mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tesis ini;
4. Bapak Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D, selaku dosen pembimbing 2 yang telah dengan baik membimbing dalam menyelesaikan Tesis ini;
5. Bapak Prof. Ir. I.K.A.P. Utama, M.Sc, Ph.D, Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D, dan Dr.Ir. I Ketut Suastika, M.Sc., selaku penguji pada sidang Tesis yang sangat membantu kelancaran penulisan tesis ini menjadi baik;
6. Para Dosen Magister Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember, terima kasih kepada Bapak/ Ibu yang telah memberikan ilmunya kepada penulis selama penulis belajar di Magister Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember;

7. Keluargaku tercinta, Papa, mama, dan adik - adikku, terima kasih atas segala support dan doanya yang telah kalian berikan dari sejak saya lahir sampai hari ini dan semua pencapaian saya selama ini akan saya persembahkan untuk kalian;
8. Calon istriku Rina Kusumasari yang selalu memberikan semangat dan doa dalam kelancaran penulisan Tesis ini;
9. Para staf dan Pegawai Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, yang telah sangat membantu dalam kelancaran pengerjaan Tesis ini
10. Teman – teman terbaikku, wandi, Indri, Adi, Fitrah terima kasih atas segala , terima kasih atas hadirnya kalian dalam kehidupanku dalam suka dan senang dalam mengerjakan Tesis ini; Teman – teman yang telah sangat membantu dalam kelancaran Tesis ini Edy, Adi, Lukman, mas Owi, Kapten Laut Pompy, dan yang lain yang tidak bisa saya ucapkan satu per satu, terimakasih tanpa kalian Tesis ini tidak dapat selesai dengan baik;
11. Sahabat-sahabatku di PRA S2 kelas D yang tidak mungkin dapat penulis sebutkan satu per satu. Terima kasih atas pertemanan kita dan semoga kita akan menjadi orang berguna dan yang sukses di kemudian hari;
12. Pegawai perpustakaan, foto copy, dan semua pihak yang tidak dapat penulis Sebutkan satu per satu;

Penulis juga berterima kasih atas bantuan dan perhatian dari semua pihak dalam penelitian ini yang tidak mungkin dapat disebutkan satu persatu dan semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas segala kebaikan dengan berkat yang melimpah dan damai sejahtera selalu.

Surabaya, Juli 2016

Purango Ganjar Widityo

## **KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH TULANG IKAN UNTUK LAMBUNG KAPAL *FIBERGLASS***

Nama Mahasiswa : Puranggo Ganjar Widityo  
NRP : 4114203008  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D  
Co-Supervisor : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

### **ABSTRAK**

Manfaat limbah tulang ikan saat ini kurang perhatian, dan biasanya hanya menjadi sampah yang terbuang karena jarang sekali tulang ikan yang diolah untuk dikonsumsi. *fiberglass* sangat umum dipakai sebagai material untuk membuat kapal, karena selain dari harganya yang murah *fiberglass* merupakan material yang sangat ringan sehingga sangat mendukung apabila digunakan sebagai material untuk lambung kapal. Pencampuran serbuk limbah ikan tulang untuk menentukan sejauh mana kekuatan mekanik dikombinasikan dengan bahan fiberglass sesuai dengan standar BKI dalam pembuatan kapal *fiberglass*.

Pada penelitian ini akan dicoba limbah serbuk tulang ikan tuna sebagai penguat material *fiberglass* untuk pembuatan kapal. Metode penelitian ini adalah pembuatan material *fiberglass* sesuai dengan standar BKI yang dicampur dengan serbuk tulang ikan tuna dengan komposisi 30%, 40%, 50%, dan 60%. Setelah itu dilakukan pengujian mekanik berupa uji tarik, uji bending, dan *finite element*.

Dari pengujian mekanik didapatkan hasil bahan material *fiberglass* yang diperkuat dengan serbuk tulang ikan tuna dengan hasil terbaik kekuatan tarik pada komposisi 60% 149,49 MPa, pada kekuatan bending hasil terbaik pada komposisi 60% 203,13 MPa, sedangkan hasil dari *finite element* kekuatan terbaik uji tarik pada komposisi 60% sebesar 142 MPa, dan hasil uji bending sebesar 211 MPa pada komposisi 60% pada dari hasil tersebut material *fiberglass* yang diperkuat dengan serbuk tulang ikan tuna sesuai dengan standart BKI dan dapat diaplikasikan pada *keel* dan bagian *bottom* kapal *fiber*.

Kata kunci: Limbah tulang ikan, *fiberglass*, Uji tarik, Uji Bending, *finite element*



*Halaman ini Sengaja dikosongkan*

## **STUDY OF FISH BONE WASTE FOR HULL FIBERGLASS BOAT**

Nama Mahasiswa : Puranggo Ganjar Widityo  
NRP : 4114203008  
Dosen Pembimbing : Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Eng., Ph.D  
Co-Supervisor : Herman Pratikno, S.T., M.T., Ph.D

### **ABSTRACT**

Benefits of fish bone waste is currently less attention, and usually only become garbage is wasted because it seldom fish bones processed for consumption. Fiberglass is very commonly used as a material for making boats , because apart from the cheap price of fiberglass , a material that is very light so it supports when used as a material for the hull. The mixing of waste powders fish bones to determine the extent to which the mechanical strength combined with fiberglass according to BKI standards in the manufacture of fiberglass boats.

In this research are tried waste tuna fish bone powder as an mix fiberglass material for shipbuilding. This research method is the manufacture of fiberglass in accordance with the BKI standard mixed with tuna fish bone powder with a composition of 30%, 40%, 50%, and 60%. Once it is done of mechanical testing i.e. tensile, bending test, and finite element

Mechanical of testing material was obtained the results of that material fiberglass reinforced with the pollen bones of fish tuna with the best result of tensile strength on kompoosisi 60 % 149,49 MPa , on the strength of bending the best result in composition 60 % 203,13 MPa, While the result of finite an element of power best test drag on composition 60 % of 142 MPa , and results of the test bending of 211 MPa in composition 60 %. The results of fiberglass reinforced material with tuna fish bone powder according of BKI standart can be applied to the keel and bottom section fiber boat.

Key words: fish bone powder, fiberglass, tensile test, bending test, finite element

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK.....</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Permasalahan.....	3
1.3 Tujuan Manfaat Penelitian .....	4
1.3.1 Tujuan.....	4
1.3.2 Manfaat.....	4
1.4 Hipotesa.....	4
1.5 Batasan Masalah .....	5
<b>BAB 2 KAJIAN PUSTAKA dan DASAR TEORI.....</b>	<b>7</b>
2.1 <i>Fiberglass</i> .....	7
2.2 Tulang ikan.....	8
2.2.1 Manfaat Tulang ikan tuna.....	9
2.3 Material Hidroksiapatit .....	9
2.3.1 Sifat – Sifat Hidrosiapatit .....	11

2.4	Material Komposit .....	12
2.5	Komposit Berlapis .....	13
2.6	Kapal <i>fiberglass</i> .....	15
2.7	Kriteria kekuatan <i>fiberglass</i> berdasarkan rules (BKI) .....	17
2.7.1	Peraturan Konstruksi Kapal <i>Fiberglass</i> .....	18
2.8	Pengujian Tarik Komposit.....	19
2.9	Pengujian Bending Komposit.....	21
2.10	Struktur Mikro <i>Fiberglass</i> .....	22
2.11	Konsep dasar <i>Finite Element Method (FEM)</i> .....	24
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>		<b>27</b>
3.1	Diagram Alir Proses pembuatan Thesis .....	27
3.2	Proses Pembuatan Material <i>fiberglass</i> .....	28
3.3	Proses Pembuatan bubuk material komposit dari limbah Tulang ikan .....	30
3.4	Proses Pembuatan Material Pengujian .....	31
3.4.1	Proses Pembuatan Material Hidrosiapatit Tulang ikan .....	31
3.4.2	Pembuatan <i>Fiberglass</i> penguat serbuk tulang ikan tuna .....	33
3.5	Proses Pengujian Mekanik .....	34
<b>BAB 4 ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>37</b>
4.1	Pengujian Tarik.....	37
4.1.1	Modulus Elastisitas <i>Fiberglass</i> diperkuat serbuk Tulang ikan tuna .....	44
4.2	<i>FEM</i> Modelling Uji Tarik .....	46
4.2.1	Spesimen model .....	47
4.2.2	Tipe Element.....	48
4.2.3	Proses Meshing .....	49
4.2.4	Beban <i>Entities</i> .....	50

4.2.5 Hasil Analisa <i>FEM</i> Uji Tarik.....	51
4.2.6 Perbandingan hasil eksperimen uji tarik dengan <i>FEM</i> .....	56
4.3 Pengujian Bending .....	58
4.3.1 Hasil Analisa <i>FEM</i> Uji Bending.....	61
4.3.2 Perbandingan hasil eksperimen uji bending dengan <i>FEM</i> .....	67
4.4 Pemeriksaan Struktur mikro pada material <i>fiberglass</i> .....	68
4.4.1 Patahan pada pengujian Bending .....	70
4.5 Aplikasi serbuk tulang ikan pada kapal <i>fiberglass</i> .....	72
4.5.1 Tebal pelat <i>KEEL</i> .....	74
4.5.2 Tebal Pelat Bottom.....	79
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>83</b>
5.1 Kesimpulan.....	83
5.2 Saran.....	84
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>85</b>
<b>BIODATA PENULIS.....</b>	<b>91</b>

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Susunan Serat gelas <i>Woven Roving</i> .....	7
Gambar 2.2 Komposisi Komposit .....	12
Gambar 2.3 Komposit Berlapis .....	14
Gambar 2.4 Ukuran spesimen menurut ASTM D 638 .....	19
Gambar 2.5 Gambar Uji Tarik .....	20
Gambar 2.6 Ukuran spesimen menurut ASTM D 790 .....	21
Gambar 2.7 Skema Pengujian bending .....	22
Gambar 2.8 Struktur mikro <i>fiberglass</i> .....	23
Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan thesis .....	27
Gambar 3.2 Gambar proses perebusan tulang ikan .....	31
Gambar 3.3 Gambar Proses perendaman Aseton .....	31
Gambar 3.4 Penjemuran tulang ikan.....	32
Gambar 3.5 Proses Penumbukan tulang ikan.....	32
Gambar 3.6 Gambar hasil penumbukan tulang ikan .....	33
Gambar 3.7 Hasil serbuk Tulang Ikan .....	33
Gambar 3.8 Penimbangan Material <i>fiberglass</i> .....	34
Gambar 3.9 Material <i>Fiberglass</i> yang akan diuji.....	34
Gambar 3.10 Proses pengujian Mekanik .....	35
Gambar 4.1 Kurva Tegangan - Regangan <i>Fiberglass</i> .....	37
Gambar 4.2 Kurva Pengujian tarik komposisi .....	39
Gambar 4.3 Foto makro patahan uji tarik .....	39
Gambar 4.4 Foto makro patahan uji tarik .....	40
Gambar 4.5 Foto makro patahan uji tarik komposisi 70%.....	41
Gambar 4.6 Tabel elongasi komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%) .....	44
Gambar 4.7 Grafik modulus Elastisitas (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%).....	45
Gambar 4.8 Gambar Permodelan 3D <i>FEM</i> .....	47
Gambar 4.9 Gambar skematis element. ....	48
Gambar 4.10 Gambar <i>Meshing</i> .....	49
Gambar 4.11 Gambar beban <i>Entities</i> .....	50
Gambar 4.12 Grafik Perhitungan <i>FEM</i> .....	51



Gambar 4.13 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 0 % .....	52
Gambar 4.14 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 30 % .....	52
Gambar 4.15 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 40 % .....	53
Gambar 4.16 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 50 % .....	53
Gambar 4.17 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 60 % .....	54
Gambar 4.18 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 70 % .....	54
Gambar 4.19 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 80 % .....	55
Gambar 4.20 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 90 % .....	55
Gambar 4.21 perhitungan <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 100 % .....	56
Gambar 4.22 Kurva Perbandingan Uji tarik dan <i>FEM</i> .....	57
Gambar 4.23 kurva <i>bending strength – displacement</i> .....	58
Gambar 4.24 Kurva Uji Bending komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%) .....	59
Gambar 4.25 Grafik perhitungan <i>FEM</i> Bending .....	62
Gambar 4.26 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 0 % .....	62
Gambar 4.27 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 30 % .....	63
Gambar 4.28 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 40 % .....	63
Gambar 4.29 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 50 % .....	64
Gambar 4.30 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 60 % .....	64
Gambar 4.31 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 70 % .....	65
Gambar 4.32 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 80 % .....	65
Gambar 4.33 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 90 % .....	66
Gambar 4.34 <i>FEM</i> dengan Kadar tulang ikan 100 % .....	66
Gambar 4.35 Kurva Perbandingan Uji bending dan <i>FEM</i> .....	67
Gambar 4.36 Foto mikro tanpa serbuk tulang ikan tuna .....	68
Gambar 4.37 Foto mikro serbuk tulang ikan tuna komposisi 30% .....	69
Gambar 4.38 Foto mikro serbuk tulang ikan tuna komposisi 60% .....	69
Gambar 4.39 Patahan <i>fiberglass</i> tanpa penguat serbuk tulang ikan .....	70
Gambar 4.40 Foto makro patahan uji bending komposisi 30% .....	71
Gambar 4.41 Foto makro patahan uji bending komposisi 60% .....	71
Gambar 4.42 Beban terbesar pada kapal fiber (budianto, 2015) .....	74
Gambar 4.43 Kurva tebal laminasi <i>Keel</i> kapal <i>fiberglass</i> .....	78
Gambar 4.44 Kurva tebal laminasi <i>Bottom</i> .....	82

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Pengaruh fraksi volume epoxy terhadap kekuatan tarik.....	15
Tabel 2.2 Kriteria kekuatan kapal <i>fiberglass</i> menurut BKI.....	17
Tabel 2.3 Ukuran Frame dan Tebal Plat .....	18
Tabel 4.1 Tabel Pengujian tarik komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%) ...	38
Tabel 4.2 Tabel elongasi komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%).....	43
Tabel 4.3 Tabel modulus Elastisitas (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%).....	45
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan <i>FEM</i> .....	51
Tabel 4.5 Tabel Uji Bending komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%).....	59
Tabel 4.6 Tabel Perhitungan <i>FEM</i> Bending.....	61
Tabel 4.7 Ukuran utama Kapal Patroli (Sumber Phanteon Energy, 2014) .....	74
Tabel 4.8 Laminasi <i>keel</i> kapal fiber (sumber Phanteon Energy, 2014).....	75
Tabel 4.9 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>keel</i> penguat serbuk tulang ikan (30%) .....	75
Tabel 4.10 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>keel</i> penguat serbuk tulang ikan (40%) ....	76
Tabel 4.11 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>keel</i> penguat serbuk tulang ikan (50%) ....	77
Tabel 4.12 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>keel</i> penguat serbuk tulang ikan (60%) ....	78
Tabel 4.13 Laminasi <i>bottom</i> kapal tanpa diperkuat serbuk tulang ikan tuna.....	79
Tabel 4.14 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>bottom</i> penguat serbuk tulang ikan (30%)	80
Tabel 4.15 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>bottom</i> penguat serbuk tulang ikan (40%)	80
Tabel 4.16 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>bottom</i> penguat serbuk tulang ikan (50%)	81
Tabel 4.17 Laminasi <i>Fiberglass</i> pelat <i>bottom</i> penguat serbuk tulang ikan (60%)	81

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Pengolahan sumber daya perikanan terutama ikan belum optimal dilakukan sampai dengan pemanfaatan limbah hasil perikanan, seperti kepala, tulang, sisik, dan kulit, tetapi seiring dengan kemajuan industri kuliner kepala ikan dapat diolah menjadi suatu masakan yang lezat, tetapi tetap menyisakan tulang dari ikan tersebut. Dengan berkembangnya industri perikanan, limbah yang dihasilkan dari produksi perusahaan juga meningkat. Usaha pengolahan ikan hampir selalu dihasilkan limbah berupa padatan (tulang, kepala) dan cairan yang secara langsung maupun tidak akan memberikan dampak kurang baik terhadap lingkungan karena menimbulkan pencemaran. Limbah padat yang berasal dari usaha industri perikanan maupun pengolahan rumah tangga cukup besar, salah satunya adalah tulang ikan (Kaya 2008).

Tulang ikan merupakan salah satu bentuk limbah dari industri pengolahan ikan yang memiliki kandungan kalsium terbanyak diantara bagian tubuh ikan, karena unsur utama dari tulang ikan adalah kalsium, fosfor dan karbonat (Nabil 2005).

Mengingat pemanfaatan limbah tulang ikan hasil pengolahan di Indonesia yang belum dilakukan dengan baik, teknologi sintesis hidroksiapatit untuk tulang ikan masih belum efektif, serta karakterisasi material biokeramik moderen berbasis hidroksiapatit yang belum banyak diketahui, maka penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan.

Tulang ikan tuna sangat banyak dan berlimpah di negara kita ini. Untuk mengaplikasikan limbah tulang ikan tuna sebagai bahan material komposit untuk pembuatan lambung kapal, agar terjadi kesinambungan yang saling bermanfaat antara limbah tulang ikan untuk menghasilkan suatu kapal yang kuat dan mempunyai umur yang panjang dalam pengoperasiannya.

Tulang ikan tuna secara alami terdiri dari 70% mineral anorganik, 20% bahan organik, dan 10% air. Bahan organik ini sebagian besar terbuat dari kolagen tipe I, sedangkan mineral anorganik terdiri dari hidroksiapatit berkarbonat (White dan Best 2007; Toppe et al. 2007). Tulang ikan tuna merupakan limbah perikanan dengan jumlah yang mencapai 15% dari berat tubuh ikan (Toppe et al. 2007). Tulang ikan mengandung 60-70% mineral, dengan komponen penyusun berupa 30% protein kolagen dan sebagian besar bioapatit, termasuk hidroksiapatit, carbonated apatite atau dahlite (Szipak 2011).

Biokeramik hidroksiapatit adalah keramik berbasis kalsium fosfat yang merupakan paduan dua senyawa garam trikalsium fosfat dan kalsium hidroksida (Narasaraju and Phebe, 1996) dan biasa dikenal sebagai HA. Hidroksiapatit (HA) merupakan fasa kristal dari senyawa kalsium fosfat yang lebih stabil terhadap gangguan dari luar misalnya terhadap pemanasan dibandingkan dengan fasa yang lainnya seperti dikalsium fosfat dihidrat, dikalsium fosfat anhidrat, oktakalsium fosfat, etrakalsium dihidrogen fosfat dan trikalsium fosfat (Mulyaningsih, 2007).

Hidroksiapatit untuk aplikasi industri umumnya diperoleh dengan metode sintesis. Hidroksiapatit yang dibuat secara sintesis kimia-fisika ini disebut hidroksiapatit sintesis. Beberapa metode sintesis yang digunakan untuk menghasilkan hidroksiapatit antara lain metode sol gel. Material komposit sangat berperan dalam pembuatan kapal. Manfaat dari bahan komposit adalah diantaranya berat yang lebih ringan, kekuatan dan kekuatan yang lebih tinggi, tahan korosi dan memiliki biaya perakitan yang lebih murah karena berkurangnya jumlah komponen dan baut-baut penyambung. Kekuatan tarik dari komposit serat karbon lebih tinggi daripada semua paduan logam. Semua itu menghasilkan berat kapal yang lebih ringan, hemat bahan bakar dan jarak tempuh yang lebih jauh.

Material hidroksiapatit (HA) pada spesimen komposit menyebabkan ketahanan aus dari komposit berkurang. Spesimen dengan ketahanan aus terbaik adalah specimen dengan kandungan HA paling rendah yaitu 40%. Selain menurunkan ketahanan aus, penambahan HA juga menyebabkan nilai densitas meningkat. Pengamatan mikroskopik menunjukkan bahwa mekanisme keausan yang terjadi merupakan kombinasi dari adhesif serta abrasive (Asdi, & Kaelani, 2013).

Kapal berbahan fiberglass memiliki peranan penting di dalam menunjang transportasi laut nasional khususnya di wilayah pantai (Ma'ruf, 2011). Bahan fiberglass memang telah mendapat tempat tersendiri di dalam dunia perkapalan. Sebelum ada kapal yang terbuat dari bahan fiberglass, kapal-kapal yang terbuat dari bahan kayu telah lebih dahulu banyak digunakan. Namun seiring jumlah bahan kayu yang semakin terbatas dan berkaitan erat dengan kerusakan hutan, serta kapal yang terbuat dari kayu membutuhkan banyak sekali perawatan dan masa pakai yang terbatas, maka kapal kayu pun lambat laun mulai ditinggalkan dan digantikan oleh fiberglass (Produkfiber, 2013).

*Fiberglass* sangat umum dipakai sebagai material untuk membuat kapal. Selain dari harganya yang terjangkau, *fiberglass* merupakan material yang sangat ringan sehingga sangat mendukung apabila digunakan sebagai material untuk kulit kapal.

Komposit merupakan material alternatif yang dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan tersebut. Material komposit adalah gabungan dari penguat (reinforced) dan matriks. Kelebihan dari material komposit jika dibandingkan dengan logam adalah perbandingan kekuatan terhadap berat yang tinggi, kekakuan, ketahanan terhadap korosi dan lain-lain.

Pada umumnya bentuk dasar suatu bahan komposit adalah tunggal, dimana terdapat dua unsur yang bekerja bersama untuk menghasilkan sifat-sifat bahan yang berbeda terhadap sifat-sifat unsur bahan penyusunnya. Dalam prakteknya komposit terdiri dari suatu bahan utama (matrik – matrik) dan suatu jenis penguatan (reinforcement) yang ditambahkan untuk meningkatkan kekuatan dan kekakuan matrik. Penguatan ini biasanya dalam bentuk serat (fiber).

Pembuatan material *fiberglass* agar lebih kuat biasanya dicampur kalsium karbonat yang harganya relatif mahal. Dengan limbah tulang ikan penulis yang mengandung kalsium, penulis menyakini dapat menggantikan peran kalsium karbonat sebagai penguat material *fiberglass*.

## **1.2 Perumusan Permasalahan**

Berdasarkan gambaran umum diatas, maka rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sejauh mana kekuatan material *fiberglass* yang dikombinasi dengan serbuk limbah tulang ikan yang sesuai dengan standart BKI
2. Bagaimana mengetahui kekuatan tarik, dan bending *fiberglass* yang dikombinasi dengan material limbah serbuk tulang ikan tuna.
3. Bagaimana menentukan komposisi penguat serbuk limbah tulang ikan tuna pada material *fiberglass* yang maksimal.

### **1.3 Tujuan Manfaat Penelitian**

#### **1.3.1 Tujuan**

Dalam penulisan penelitian ini mempunyai tujuan:

1. Meningkatkan kekuatan tarik material *fiberglass* dengan penambahan serbuk limbah tulang ikan tuna.
2. Meningkatkan ketahanan bending *fiberglass* yang dikombinasi dengan material limbah serbuk tulang ikan tuna.
3. Menentukan komposisi yang optimal penambahan serbuk limbah tulang ikan pada material *fiberglass*.

#### **1.3.2 Manfaat**

Dalam penulisan penelitian ini bermanfaat bagi masyarakat yang berada di lokasi penelitian dan kedepannya masyarakat lainnya agar dapat memberikan penghasilan tambahan untuk mengumpulkan limbah tulang ikan yang telah mereka konsumsi untuk dijual ke produsen kapal yang berbahan material komposit *fiberglass* dengan penguatan limbah tulang ikan. Dalam proses produksi kapal fiber diharapkan mempunyai kekuatan mekanik yang lebih besar setelah diperkuat dengan serbuk limbah tulang ikan tuna.

### **1.4 Hipotesa**

Serbuk tulang ikan tuna mempunyai ketahan mekanik yang cukup tinggi, diharapkan fiberglass yang dicampur serbuk tulang ikan tuna untuk meningkatkan kekuatan mekanis dari dari lambung kapal fiber. Seperti yang sudah diketahui ketika melakukan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan tuna untuk meningkatkan kekuatan mekanis dari dari lambung kapal fiber. Penulis menduga bahwa pencampuran serbuk tulang ikan tuna

sebagai penguat material *fiberglass* akan meningkatkan dari kekuatan material itu tersebut. Hal ini akan dibuktikan dengan pengujian tarik, dan pengujian bending.

## **1.5 Batasan Masalah**

Batasan Masalah dalam penulisan thesis ini adalah:

1. Pengujian tarik dan pengujian bending pada material *fiberglass* dengan penguat serbuk limbah tulang ikan tuna sesuai dengan standar yang dilakukan BKI sesuai dengan ASTM D 638 untuk pengujian tarik, dan ASTM D 790 untuk pengujian bending.
2. Kandungan serbuk limbah tulang ikan tuna sebagai penguat masing-masing dengan komposisi 30 persen, 40 persen, 50 persen, 60 persen, dan 70% untuk uji tarik, dan komposisi 30 persen, 40 persen, 50 persen, 60 persen untuk uji bending.
3. Limbah tulang ikan yang digunakan dalam pembuatan serbuk hidroksiapatit adalah limbah tulang ikan tuna seperti yang dibuat pada penelitian sebelumnya pada aplikasi material keramik.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## BAB 2

### KAJIAN PUSTAKA dan DASAR TEORI

#### 2.1 *Fiberglass*

Kaca serat (*fiberglass*) atau sering diterjemahkan menjadi serat gelas adalah kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan garis tengah sekitar 0,005 mm - 0,01 mm (Wikipedia, 2015). Serat ini dapat dipintal menjadi benang atau ditunen menjadi kain, yang kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi bahan yang kuat dan tahan korosi untuk digunakan sebagai badan mobil dan bangunan kapal. Serat ini juga digunakan sebagai agen penguat untuk banyak produk plastik; material komposit yang dihasilkan dikenal sebagai plastik diperkuat-gelas (glass-reinforced plastic, GRP) atau epoxy diperkuat glass-fiber (GRE), disebut "*fiberglass*" dalam penggunaan umumnya.

Pembuat gelas dalam sejarahnya telah mencoba banyak eksperimen dengan gelas fiber, tetapi produksi massal dari bahan *fiberglass* hanya dimungkinkan setelah berkembangnya teknologi mesin. Pada Gambar 2.1 adalah contoh serat gelas jenis anyaman (*woven roving*) mempunyai bentuk seperti anyaman tikar, serat gelas yang teranyam dibuat saling bertindih secara selang seling ke arah vertikal dan horisontal (00 dan 900).



Gambar 2.1 Susunan Serat gelas *Woven Roving* (Carli, et al, 2012)

Pada Gambar 2.1 adalah kumpulan anyaman adalah seperti tali; anyaman ini memberikan penguatan kearah vertikal dan horisontal. Pemakaiannya dalam konstruksi terutama pada bagian frame. WR ini sedikit kaku, sehingga sulit dibentuk terutama bila digunakan untuk bagian berlekuk tajam. Bentuk serat gelas

*woven roving* adalah merupakan gulungan serat gelas. Bentuk serat gelas ini sangat baik dipergunakan dalam bidang industri misalnya: pembuatan bak mandi, pembuatan kapal dan lain – lain.

## **2.2 Tulang ikan**

Bagi kita tulang ikan ialah bahan buangan sisa makanan atau domestik dan dicampakkan begitu saja kerana tidak ada gunanya, tetapi di zaman manfaat tulang ikan sangat penting di perkembangan industri material komposit keramik dengan nama Material hidroksiapatit (HA). High performance ceramics telah menjadi elemen penting terhadap peralatan militer sejak perang dunia kedua. Sifat mekanik dan elektrik yang dimiliki mampu diaplikasikan pada berbagai peralatan. Misalnya, keramik elektronik dan optik adalah elemen penting dari radar militer dan sistem komunikasi sonar, komponen keramik memastikan pembacaan yang akurat, konsisten dalam membaca instrumentasi pesawat dan pemantauan mesin. Hidroksiapatit merupakan bahan pembentuk biokeramik. Beberapa penelitian terkait ekstraksi hidroksiapatit telah dilakukan dengan bahan baku beragam.

Senyawa hidroksiapatit juga dapat diekstraksi dari bahan baku atau limbah perikanan. (Ozawa dan Suzuki 2002) melakukan pengembangan mikrostruktural hidroksiapatit alami dari limbah tulang ikan menggunakan perlakuan pemanasan. Selanjutnya, (Venkatesan dan Kim 2010) telah mengevaluasi pengaruh atau efek dari suhu terhadap proses isolasi dan karakterisaasi hidroksiapatit dari tulang ikan tuna (*Thunnus obesus*). Selain dari tulang ikan, limbah perikanan yang juga dapat diekstrak guna mendapatkan senyawa hidroksiapatit adalah sisik ikan seperti yang dilakukan (Huang et. all. 2011) yang berhasil mengekstraksi hidroksiapatit dari sisik ikan.

Perspektif lain yang juga berkembang terkait pengaplikasian hidroksiapatit adalah sebagai bahan pembuat keramik masa depan (advanced ceramics). Kebanyakan bahan keramik memiliki karakteristik keras, berpori dan juga rapuh. Hal ini mendorong pengembangan keramik masa depan dan proses pengembangannya telah dilakukan dalam dekade terakhir ini. Morgan Technical Ceramics telah memainkan peran penting dalam berkembangnya keramik masa depan ini. Beberapa aplikasi penggunaan advanced ceramics meliputi bidang

penerbangan, otomotif, peralatan industri, peralatan rumah tangga, elektronik serta bidang keamanan dan pertahanan.

### **2.2.1 Manfaat Tulang ikan tuna**

Tulang ikan tuna merupakan sumber alami hidroksiapatit yang murah dan memiliki potensi yang besar di masa depan (Ozawa dan Suzuki 2002), tulang ikan tuna merupakan limbah hasil pengolahan ikan yang kaya akan kandungan kalsium, fosfor dan selenium. Pemanfaatan tulang tuna sebagai sumber kalsium pangan merupakan salah satu upaya dalam rangka memenuhi kebutuhan kalsium pangan sekaligus menambah nilai ekonomis limbah tulang ikan tuna. Tujuan dari penelitian ini adalah menghasilkan tepung tulang ikan tuna berkalsium tinggi serta mempelajari pengaruh waktu autoklafing dan frekuensi perebusan pada proses hidrolisis protein dalam pembuatan tepung tulang. Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang terdiri atas dua faktor, yaitu faktor waktu autoklafing (1, 2 dan 3 jam) dan frekuensi perebusan (1, 2 dan 3 kali). Periode waktu dan suhu perebusan yang digunakan adalah 30 menit pada suhu 100<sup>0</sup>C. Perlakuan waktu autoklafing dan frekuensi perebusan berpengaruh terhadap penurunan rendemen, kadar air, lemak, protein dan pH tepung tulang ikan, sedangkan kadar abu, derajat putih, kalsium dan fosfor tepung cenderung meningkat akibat adanya perlakuan. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perlakuan waktu autoklafing berpengaruh nyata terhadap perubahan kadar air, abu, lemak, protein, derajat putih dan rendemen. Perlakuan perebusan hanya berpengaruh nyata pada rendemen, kadar abu dan derajat putih. Pengaruh interaksi kedua perlakuan hanya berbeda nyata pada rendemen, kadar abu dan derajat putih.

### **2.3 Material Hidroksiapatit**

Perkembangan ini sejalan dengan kecenderungan penelitian akan material terbarukan (American Ceramic Society 2013). Material baru didefinisikan sebagai interdisipliner keilmuan yang menerapkan sifat-sifat material untuk berbagai bidang keilmuan dan teknik (Kakani, 2004). Secara umum material baru diklasifikasi sebagai biomaterial, keramik, material komposit, polimer modern, dan semikonduktor. Kajian terbaru tentang keramik modern masih mencakup pada

aspek perlakuan panas (sintering) dan material terbarukan yang digunakan Rivera-Munoz (2011) menyatakan bahwa material terbarukan yang cukup berkembang sebagai sumber keramik modern dalam mikroteknologi adalah *hidroksiapatit*. Tulang secara alami terdiri dari 70% mineral anorganik, 20% bahan organik, dan 10% air. Bahan organik ini sebagian besar terbuat dari kolagen tipe I, sedangkan mineral anorganik terdiri dari hidroksiapatit berkarbonat (White dan Best 2007; Toppe et al. 2007). Tulang ikan merupakan limbah perikanan dengan jumlah yang mencapai 15% dari berat tubuh ikan (Toppe et al. 2007). Tulang ikan mengandung 60-70% mineral, dengan komponen penyusun berupa 30% protein kolagen.

Hidroksiapatit dengan rumus kimia  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$  merupakan komponen anorganik utama pada tulang dan gigi (Kehoe 2008). Biokeramik berbasis kalsium fosfat telah diaplikasikan pada bidang tulang dan gigi lebih dari 20 tahun (Hench 1998), karena memiliki sifat biokompatibel yang baik pada jaringan manusia serta komposisi kimianya hampir sama dengan tulang (Mondal et al. 2012). Hidroksiapatit juga dapat diaplikasikan dalam berbagai keperluan lain, misalnya drug carrier (Kano et al. 1994), dan biosensor (Salman et al. 2008). Hidroksiapatit untuk aplikasi industri umumnya diperoleh dengan metode sintesis. Hidroksiapatit yang dibuat secara sintesis kimia-fisika ini disebut hidroksiapatit sintesis. Beberapa metode sintesis yang digunakan untuk menghasilkan hidroksiapatit antara lain metode sol gel. Hidroksiapatit diperoleh dengan bahan fosfor pentaoksida ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan kalsium nitrat tetrahidrat (Feng et al. 2005), Sintesis serbuk HAP dapat dilakukan dengan berbagai cara, beberapa di antaranya adalah metoda presipitasi, sol-gel, serta solid solution.

Proses sintesis yang berbeda tentunya akan menghasilkan serbuk HAp yang berbeda pula seperti ukuran partikel, homogenitas ukuran partikel, serta bentuk partikel yang didapat. Ukuran partikel hidroksiapatit yang semakin kecil akan memperluas bidang kontak antara implan dengan jaringan sekitar, sehingga ikatan yang diperoleh dapat lebih baik.

Pada penelitian ini proses sintesis yang dipilih yaitu proses presipitasi, di mana proses tersebut merupakan reaksi asam-basa yang menghasilkan padatan kristalin (garam hasil reaksi) serta air. Beberapa alasan dipilihnya proses ini adalah

bahan baku yang murah, reaksi kimia yang relatif sederhana serta ukuran dan homogenitas ukuran partikel yang didapat cenderung cukup baik.

Pada masa yang akan datang diharapkan perkembangan aplikasi hidroksiapatit menuju ke arah tissue engineering yakni mereplikasi dan merekonstruksi tulang buatan untuk berbagai aplikasi.

### **2.3.1 Sifat – Sifat Hidrosiapatit**

Sifat biokimia dan mekanik dari hidroksiapatit sama dengan yang dimiliki oleh tulang dan gigi. Struktur molekul mereka juga sama, meskipun sifat pasti dari komposit, mineral dan protein, serta interaksi mereka tidak terlalu banyak dimengerti.

#### **2.3.1.1 Sifat Mekanik**

Terdapat banyak variasi pada sifat dari HA yang disintesis menjelaskan bahwa spesimen HA polikristalin padat yang mereka peroleh memiliki rata-rata kekuatan tarik dan tekan masing-masing adalah 196 MPa dan 917 Mpa (Jarcho et. all). Adanya perbedaan tersebut disebabkan karena variasi structural (seperti pengaruh porositas mikro yang tersisa, ukuran butir, adanya pengotor, dll) dan juga proses distribusi pembuatan serta distribusi kekuatan.

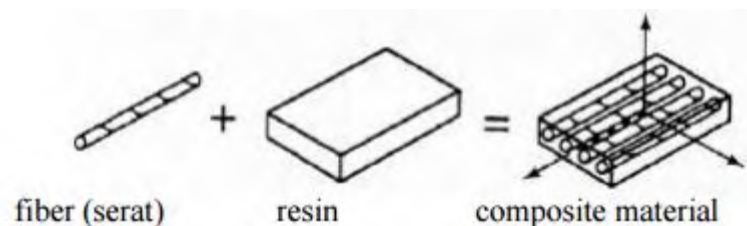
Sifat mekanis merupakan faktor yang membatasi penggunaan Hidroksiapatit (HA) sebagai implan pada bagian yang menanggung beban tinggi. HA yang memiliki sifat mekanis yang baik perlu diperluas lagi penggunaannya dalam bidang kedokteran pada masa depan. Umumnya faktor yang mempengaruhi sifat mekanis HA adalah bentuk serbuk, pori-pori dan besar butir. Serbuk HA yang memiliki stoikiometri yang tepat yaitu rasio molar Ca/P sebanyak 1,67 dapat menghasilkan sifat mekanis HA yang unggul (Suchanek dan Yoshimura, 1998). Pori-pori HA yang letaknya tidak teratur dan tidak saling berhubungan satu sama lain (tidak rekat) menyebabkan pori-pori menjadi faktor yang melemahkan kekuatan bahan HA (Smith, 1996). Ukuran butir juga menurunkan kekuatan bahan HA dengan mempengaruhi ikatan antara butir (Smith, 1996).

## 2.4 Material Komposit

Didalam dunia industri kata komposit dalam pengertian bahan komposit berarti penggabungan atau pencampuran antara dua atau lebih bahan yang berbeda kemudian digabung menjadi satu. Bahan komposit terdiri dari dua fase yaitu matriks dan fasa terdispersi. Matriks berfungsi sebagai pengikat serat, sedangkan fasa terdispersi berupa serat. Serat inilah yang dapat menentukan karakteristik sifat mekanis dan fisis dari komposit yaitu kekuatan, kekakuan, keuletan, kelenturan, dan lain sebagainya. (Tata, 1992).

Material komposit memiliki sifat mekanik yang lebih bagus dari pada logam, memiliki kekuatan bisa diatur yang tinggi (tailorability), memiliki kekuatan lelah (fatigue) yang baik, memiliki kekuatan jenis (strength/weight) dan kekakuan jenis (modulus Young/density) yang lebih tinggi daripada logam, tahan korosi, memiliki sifat isolator panas dan suara, serta dapat dijadikan sebagai penghambat listrik yang baik, dan dapat juga digunakan untuk menambal kerusakan akibat pembebanan dan korosi (Sirait, 2010). Istilah komponen komposit seringkali juga mencakup material dimana fasa kedua mempunyai bentuk partikel atau lamina. Pada kasus seperti ini struktur komposit menjajikan keuntungan khusus, selain kekuatan, juga memiliki nilai ekonomi dan ketahanan korosi.

Penjelasan lain tentang komposit juga diutarakan oleh Van Rijswijk, et.al (2001), dalam bukunya *Natural Fibre Composites*, komposit adalah bahan hibrida yang terbuat dari resin polimer diperkuat dengan serat, menggabungkan sifat-sifat mekanik dan fisik. Ilustrasi tersebut dapat dilihat Gambar 2.2.:



Gambar 2.2 Komposisi Komposit (Sumber: K. van Rijswijk, et.al, 2001)

Pada Gambar 2.2 dijelaskan ada tiga faktor yang menentukan sifat-sifat dari material komposit, yaitu:

1. Material pembentuk. Sifat-sifat intrinsik material pembentuk memegang peranan yang sangat penting terhadap pengaruh sifat kompositnya
2. Susunan struktural komponen. Dimana bentuk serta orientasi dan ukuran tiap - tiap komponen penyusun struktur dan distribusinya merupakan faktor penting yang memberi kontribusi dalam penampilan komposit secara keseluruhan.
3. Interaksi antar komponen. Karena komposit merupakan campuran atau kombinasi komponen-komponen yang berbeda baik dalam hal bahannya maupun bentuknya, maka sifat kombinasi yang diperoleh pasti akan berbeda (Sirait, 2010).

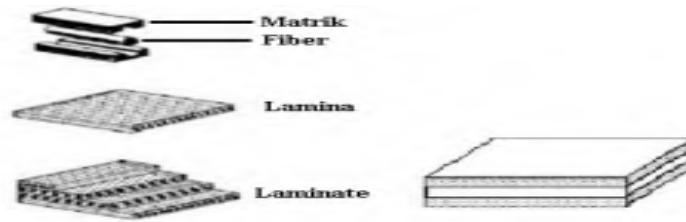
Secara umum material komposit tersusun dari dua komponen utama yaitu matrik (bahan pengikat) dan filler (bahan pengisi). Filler adalah bahan pengisi yang digunakan dalam pembuatan komposit, biasanya berupa serat atau serbuk. Gibson (1994) mengatakan bahwa matrik dalam struktur komposit bisa berasal dari bahan polimer, logam, maupun keramik. Matrik secara umum berfungsi untuk mengikat serat menjadi satu struktur komposit.

## **2.5 Komposit Berlapis**

Lamina adalah satu lapis plat dari unirectional fiber atau woven fabrics lam matrik dengan tebal umumnya 0,125 inch. Sedangkan komposit lapis (laminates composites) adalah komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu yang disusun dengan berbagai orientasi yang berbeda terdiri dari sekurang-kurangnya dua material berbeda yang direkatkan bersama - sama.

- a. Laminasi simetri adalah laminasi yang memiliki karakteristik setiap lapis memiliki cerminan pada jarak yang sama dari midplate terhadap midplate dan tidak ada coupling antar gaya-gaya normal dan momen tekuk dengan deformasi normal/geser.
- b. Laminasi asimetri adalah laminasi yang memiliki layer-layer yang disusun dengan orientasi masing - masing (+) dan (-) cenderung bebas dari arah prinsipalnya. Sehingga memiliki kekuatan penerus dari serat.
- c. Laminasi antisimetri adalah laminasi yang memiliki susunan orientasi berkebalikan terhadap midplatennya.

Dapat dilihat komposit berlapis seperti pada gambar 2.3 dibawah ini:



Gambar 2.3 Komposit Berlapis (Gibson, 1994)

Pada Gambar 2.3 merupakan gambar komposit berlapis, di bidang teknik material dituntut untuk lebih memahami dan dapat mengembangkan kemajuan teknologi dalam segala bidang agar dapat diterapkan dalam kehidupan manusia dan perkembangan dunia. Teknik mesin pada dasarnya adalah ilmu yang berhubungan dengan dunia mekanik seperti proses manufaktur, penggunaan material, konversi energi, pembangkit energi serta pengaplikasian termasuk didalamnya yaitu perancangan, pengembangan, dan pengoperasian semua jenis mesin dan spare part nya, baik pada bidang otomotif, industri, dan lain sebagainya.

Pada *particulate composite* kadar pencampuran penguat dengan bahan bahan *fiberglass* haruslah lebih kecil dari bahan *fiberglass* tersebut hal ini menyebabkan penurunan mekanik kekuatan material komposit tersebut. Hal ini diakibatkan karena semakin banyak bahan penguat dalam campuran material komposit, maka semakin banyak pula volume epoxy pada material tersebut yang mengakibatkan material komposit tersebut lama mengeras dan susah menyatu dengan material lainnya karena terjadi porositas adanya gelembung – gelembung udara yang berakibat mengalami penurunan kekuatan tarik yang signifikan (Franklin D.I, et, all. 2013) hal ini dapat dilihat dari tabel 2.1.



Tabel 2.1 Tabel Pengaruh fraksi volume epoxy terhadap kekuatan tarik (sumber: Franklin D.I, et, al. 2013)

Fraksi Volume Epoxy (%)	$\sigma$ (N/mm <sup>2</sup> )
0	0
30%	198
40%	116
50%	174
60%	107,415
70%	57,172
80%	58,212
90%	24,948
100%	8,489

Tabel 2.1 menjelaskan tentang semakin banyak kandungan penguat dalam material komposit, maka semakin banyak pula volume epoxy dalam material tersebut

## 2.6 Kapal *fiberglass*

Kapal yang terbuat dari bahan besi atau plastik akan cukup kesulitan untuk menambal kapal ketika muncul kebocoran pada kapal. Hal tersebut jauh berbeda jika kapal dibuat dengan menggunakan bahan fiberglass yang dapat dengan mudah ditambal jika mengalami kebocoran. Fiberglass cair umum digunakan untuk menambal kapal dari bahan fiberglass. Kemudahan ini merupakan salah satu keunggulan yang dimiliki oleh kapal dengan bahan dasar fiberglass (Produkfiber, 2013).

Namun demikian, kekuatan konstruksi lambung kapal *fiberglass* sering menjadi penyebab terjadinya kecelakaan di laut. Hasil survey di beberapa galangan kapal fiberglass pada tahun 2009 menunjukkan bahwa, disain konstruksi dan proses laminasi lambung kapal *fiberglass* umumnya tidak mengacu pada persyaratan kelas, sehingga kekuatan konstruksinya sulit dijamin. Selain itu, galangan kapal tidak memiliki standar enjiniring mengenai penggunaan material/bahan, komposisi dan prosedur laminasi yang dapat memenuhi persyaratan kelas (Ma'ruf, 2011).

*Fiberglass Reinforced Plastics* (FRP) atau yang biasa disebut dengan *fiberglass* adalah produk yang terdiri dari resin, bahan penguat *fiberglass* dan

additive (bahan tambahan) yang digabung dan diproses agar dapat performance yang spesifik, sesuai kebutuhan. FRP ini banyak digunakan baik untuk perabot rumah tangga maupun industri besar, sampai kapal laut. Untuk kapal ikan ukuran besar, FRP sudah banyak digunakan oleh perusahaan perikanan, tetapi untuk kapal ikan ukuran kecil, FRP masih sedikit jumlahnya. Kapal dari FRP mempunyai harga yang lebih tinggi apabila dibandingkan dengan kapal yang terbuat dari kayu, tetapi juga dapat menjadi alternatif dengan sulitnya ketersediaannya kayu yang memenuhi persyaratan bahan pembuatan kapal.

Kapal FRP umumnya seseorang menyebut kapal *fiberglass* dan apa bahan-bahannya:

1. Resin adalah suatu jenis bahan padat atau semi padat dari alam maupun sintetis umumnya dengan berat yang tinggi. Bahan ini sangat reaktif bila dioleskan pada serat glass akan cepat bereaksi dan menjadi satu kesatuan yang padat. Bahan ini dipasaran banyak berbagai merek dagang dan sesuai standar mutu yang diinginkan.
2. Katalis adalah bahan mempercepat proses kimia, dalam hal ini adalah proses pengeringan.
3. Reinforcing Mat adalah lembaran *fiberglass* yang dibuat dari potongan benang *fiberglass* yang direkat dengan suatu binder/pengikat dan seratnya tidak beraturan, warna putih.

Yang umumnya jenis Chopped Strand mat yang ada dipasaran mempunyai ukuran sebagai berikut: 200 gram/m<sup>2</sup>, 300 gram/m<sup>2</sup>, 450 gram/m<sup>2</sup>, 600 gram/m<sup>2</sup>, 900 gram/m<sup>2</sup>

4. Roving adalah seikat/sekumpulan dari benang fiber.
5. Woven Roving adalah lembaran yang terbuat dari anyaman roving menyerupai tikar. Dipasaran Woven Roving tersedia dalam berbagai ukuran yaitu: 300 gram/m<sup>2</sup> ( cloth ), 400 gram/m<sup>2</sup>, 600 gram/m<sup>2</sup>, 900 gram/m<sup>2</sup>.
6. Talk (Powder) adalah serbuk/bubuk putih bahan pembuat dempul.
7. Kubalt/ Accelerator adalah bahan untuk mengaktifkan katalis, sehingga proses pengeringan lebih cepat pada suhu kamar.
8. Pigment adalah pewarna dempul dan gelcoth.

Dari proses pencampuran menghasilkan material FRP yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Pemakaian material FRP dalam bidang industri perkapalan dimulai sejak tahun 1942 khusus untuk kapal-kapal berukuran kurang dari 60 m. FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) yang merupakan penggabungan antara serat gelas dan resin. Serat gelas sebagai penguat dalam komposit sedangkan resin sebagai matrik yang berfungsi melindungi serat gelas. Untuk mengetahui kekuatan tarik dari FRP maka dilakukan pengujian tarik menurut standar ASTM D638. Pengujian dilakukan pada temperatur dan kelembaban ruangan temperatur dan kelembaban standar. Setelah dilakukan pengujian, kekuatan tarik pada temperatur dan kelembaban ruangan lebih tinggi yaitu 98.7 MPa, Faktor biaya juga memainkan peranan yang sangat penting dalam membantu perkembangan industri pembuatan kapal *fiberglass*. Biaya yang berkaitan erat dengan penghasilannya suatu produk seharusnya memperhitungkan beberapa aspek seperti biaya, bahan mentah, pemrosesan, tenaga manusia dan sebagainya.

## 2.7 Kriteria kekuatan *fiberglass* berdasarkan rules (BKI)

Kekuatan *fiberglass* berdasarkan BKI (Biro Klasifikasi Indonesia) tentang *Fiberglass* tahun 2006 dapat dilihat pada tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Kriteria kekuatan kapal *fiberglass* menurut BKI (Sumber BKI, 2006)

<b>Keterangan</b>	<b>Kekuatan</b>
Tensile strength	10 kg/mm <sup>2</sup>
Modulus of tensile elasticity	700 kg/mm <sup>2</sup>
Bending strength	15 kg/mm <sup>2</sup>
Modulus of tensile elasticity	700 kg/mm <sup>2</sup>

Dengan mengacu pada persyaratan BKI pada Tabel 2.2 dan membandingkan nilai hasil uji tarik dan bending dari masing-masing variasi material alternatif *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan tuna dapat dilihat beberapa variasi memenuhi standart persyaratan yang ditetapkan Biro Klasifikasi Indonesia, akan tetapi hanya variasi komposisi sebesar 0%, 30%, 40%, 50%, dan 60%.

### 2.7.1 Peraturan Konstruksi Kapal *Fiberglass*

Untuk perhitungan konstruksi, kapal ini menggunakan Peraturan BKI mengenai Konstruksi Kapal Fiber tahun 2006. Adapun ukuran dari kulit kapal dan ukuran profilnya:

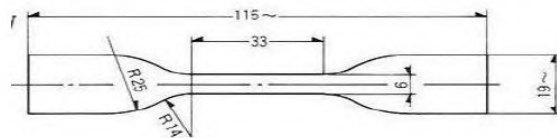
Tabel 2.3 Ukuran Frame dan Tebal Plat (Sumber BKI, 2006)

Nama	Frame Type (mm)	Material	Tebal
Side Shell	-	Fiber	12 mm
Bulkhead	-	Fiber	10 mm
Bottom Shell	-	Fiber	13 mm
Collision Bulkhead	-	Fiber	13 mm
Window	-	Fiber	30 mm
Main Deck Fore 0,3L	-	Fiber	9 mm
Main Deck Midship	-	Fiber	6 mm
Main Deck Baft 0,3L	-	Fiber	7 mm
Side Frame	U Section U80x90x5	Fiber	-
Side Stringer	U Section U80x90x5	Fiber	-
Bottom Frame	U Section U80x90x5	Fiber	-
Center Girder	U Section U100x60x5	Fiber	-
Side Girder	U Section U100x60x5	Fiber	-
Deck Beam	U Section U80x90x5	Fiber	-
Deck Longitudinal	U Section U80x90x5	Fiber	-

Dengan mengacu pada persyaratan BKI Tabel 2.3 diatas dan membandingkan nilai hasil uji tarik dan bending dari masing-masing variasi material alternatif fiberglass yang dicampur serbuk tulang ikan tuna dapat dilihat beberapa variasi memenuhi standart persyaratan yang ditetapkan Biro Klasifikasi Indonesia, maka dapat ditentukan pengaplikasian letak material *fiberglass* yang dicampur dengan serbuk tulang ikan untuk lambung kapal fiber.

## 2.8 Pengujian Tarik Komposit

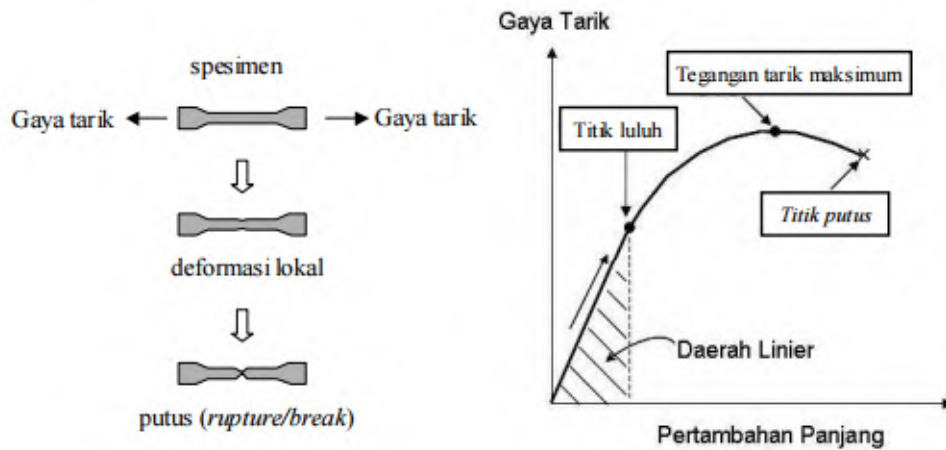
Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini adalah dengan pengujian tarik. Pengujian tarik Material komposit mempunyai sifat tarik selain dibandingkan kekuatan bending. Kekuatan tarik ini di pengaruhi oleh ikatan molekul material penyusunnya. Pada pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui besarnya kekuatan tarik sampai batas maksimum dari material komposit. Pengujian dilakukan dengan jalan memberi gaya tarik secara perlahan-lahan sampai spesimen mencapai titik patah. Pada perlakuan uji tarik bagian tengah spesimen mengalami proses tarikan oleh adanya gaya tarik dari kedua sisi dan akibatnya specimen mengalami patah pada bagian tengah karena tidak mampu menahan tegangan tarik. Spesimen uji tarik dibuat sesuai standar ASTM D 638, seperti pada gambar 2.4 berikut ini:



Gambar 2.4 Ukuran spesimen menurut ASTM D 638 (BKI, 2006)

Pada Gambar 2.4 pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan ASTM D 638 sesuai dengan standart BKI untuk material *fiberglass*. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik (tensile strength), kekuatan luluh (strength) dan perpanjangan (elongation) dari material komposit.

Percobaan ini dilakukan dengan memberikan beban tarik pada benda uji secara perlahan-lahan sampai patah. Peristiwa yang dialami oleh benda uji adalah perubahan bentuk, dalam arah aliran memanjang yang berbanding lurus dengan penambahan gaya, ilustrasi tersebut dapat dilihat pada gambar 2.5 berikut ini:



Gambar 2.5 Gambar Uji Tarik (Sumber: <http://www.alatuji.com>)

Pada Gambar 2.5 dapat dijelaskan material uji mengalami deformasi pada tingkat ini disebut deformasi elastic. Apalagi dilepaskan ( $P=0$  ton), maka panjang benda uji akan kembali ke ukuran semula seperti sebelum mengalami pembebanan yaitu  $L_0$ . Pada daerah ini berlaku hukum Hook, yaitu:

Tegangan

$$\sigma = \frac{P}{A_0} \dots\dots\dots(2.1),$$

Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \dots\dots\dots(2.2),$$

Modulus Elastisitas

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

Dimana:

- E = Modulus Elastisitas (MPa)
- F = Beban /Load (kg)
- $\sigma$  = Tegangan Tarik ( $\text{kg}/\text{mm}^2$ )
- $\varepsilon$  = Regangan (mm)
- $A_0$  = Luas penampang awal sebelum ada pembebanan ( $\text{mm}^2$ )
- $l_0$  = Panjang mula-mula (mm)
- $l_i$  = Panjang setelah pembebanan (mm)

Dari percobaan diatas, dimensi benda dianggap tidak berubah selama pengujian. Sesungguhnya tidak demikian halnya karena butiran logam tidak tersusun secara uniform, sehingga sifat mekanisnya pun tidak sama pada berbagai arah. Apabila kita perhatikan secara seksama maka batang percobaan akan mengalami perubahan secara deformasi. Karena deformasi ini, maka luas penampang semula ( $A_0$ ) akan bertambah kecil dan akhirnya putus. Pada keadaan teoritis luas penampang semula ( $A_0$ ) adalah tetap. Sedangkan dalam keadaan real ( $A_0$ ) makin mengecil dengan bertambahnya beban  $P$ .

## 2.9 Pengujian Bending Komposit

Tujuan uji bending menentukan sifat mampu bentuk bahan termasuk sifat mampu bentuknya setelah mengalami proses. Untuk mengetahui kekuatan bending suatu material dapat dilakukan dengan pengujian bending terhadap material komposit tersebut. Kekuatan bending atau kekuatan lengkung adalah tegangan bending terbesar yang dapat diterima akibat pembebanan luar tanpa mengalami deformasi yang besar atau kegagalan.

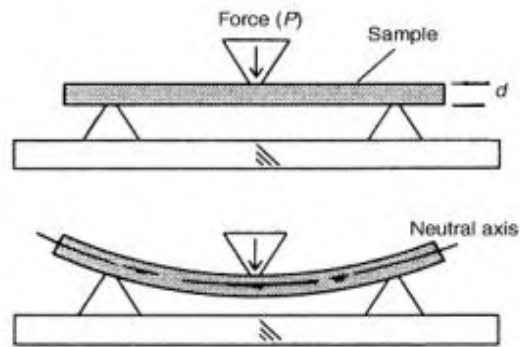
Standard ukuran dimensi untuk pengujian bending pada material komposit jenis plastic mengacu pada ASTM D 790, seperti dilihat pada gambar 2.6 berikut:



Gambar 2.6 Ukuran spesimen menurut ASTM D 790 (BKI, 2006)

Pada Gambar 2.6 pengujian bending dilakukan dengan menggunakan ASTM D 790 sesuai dengan standart BKI untuk material fiberglass.

Besar kekuatan bending tergantung pada jenis material dan pembebanan. Akibat pengujian bending, bagian atas spesimen mengalami tekanan, sedangkan bagian bawah akan mengalami tegangan tarik. Dalam material komposit kekuatan tekannya lebih tinggi dari pada kekuatan tariknya. Karena tidak mampu menahan tegangan tarik yang diterima, spesimen tersebut akan patah, hal tersebut mengakibatkan kegagalan pada pengujian komposit. Kekuatan bending pada sisi bagian atas sama nilai dengan kekuatan bending pada sisi bagian bawah. Pengujian dilakukan dengan metoda four point bending dengan standard ASTM D 790.



Gambar 2.7 Skema Pengujian bending (ASM Handbook, 1991)

Pada Gambar 2.7 dijelaskan skema pengujian bending. Perhitungan kekuatan bending ini, digunakan persamaan sesuai dengan standar ASTM D790 :

$$\sigma = \frac{3Pl}{2bd^2} \dots\dots\dots(2.4)$$

dimana:

$\sigma$  = Tegangan bending (kg/mm<sup>2</sup>)

P = Beban /Load (N)

l = Panjang Span / Support span (mm)

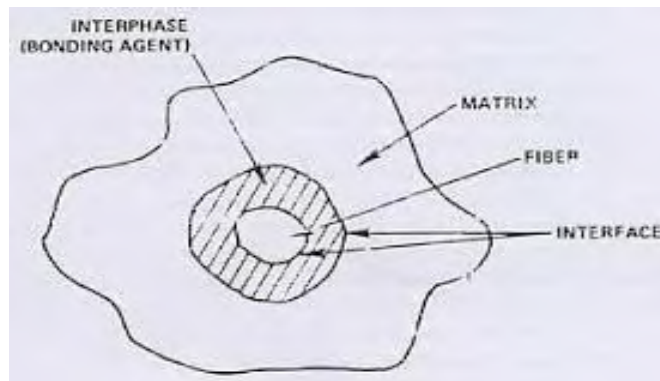
b = Lebar/ Width (mm)

d = Tebal / Depth (mm)

### 2.10 Struktur Mikro *Fiberglass*

Salah satu bagian utama dari komposit adalah reinforcement (penguat) yang berfungsi sebagai penanggung beban utama pada komposit. Adanya dua penyusun komposit atau lebih menimbulkan beberapa daerah dan istilah penyebutannya; Matrik (penyusun dengan fraksi volume terbesar), Penguat (Penahan beban utama), Interphase (pelekat antar dua penyusun), interface (permukaan phase yang berbatasan dengan phase lain).





Gambar 2.8 Struktur mikro *fiberglass* (sumber: Wikipedia.org)

Pada Gambar 2.8 dapat dilihat secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan filler. Syarat terbentuknya komposit: adanya ikatan permukaan antara matriks dan filler. Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi. Dalam material komposit gaya adhesi-kohesi terjadi melalui 3 cara utama:

- Interlocking antar permukaan → ikatan yang terjadi karena kekasaran bentuk permukaan partikel.
- Gaya elektrostatis → ikatan yang terjadi karena adanya gaya tarik-menarik antara atom yang bermuatan (ion).
- Gaya vanderwalls → ikatan yang terjadi karena adanya pengutupan antar partikel.

Kualitas ikatan antara matriks dan filler dipengaruhi oleh beberapa variabel antara lain:

- Ukuran partikel
- Rapat jenis bahan yang digunakan
- Fraksi volume material
- Komposisi material
- Bentuk partikel
- Kecepatan dan waktu pencampuran
- Penekanan (kompaksi)

- Pemanasan (sintering)

### 2.11 Konsep dasar *Finite Element Method (FEM)*

*FEM* adalah singkatan dari Finite Element Method, dalam bahasa Indonesia disebut Metode Elemen Hingga. Konsep paling dasar *FEM* adalah, menyelesaikan suatu problem dengan cara membagi obyek analisa menjadi bagian-bagian kecil yang terhingga. Bagian-bagian kecil ini kemudian dianalisa dan hasilnya digabungkan kembali untuk mendapatkan penyelesaian untuk keseluruhan daerah. Kata “finite atau terhingga” digunakan untuk menekankan bahwa bagian-bagian kecil tersebut tidak tak terhingga, seperti yang lazim digunakan pada metode integral analitik.

Metode elemen hingga (finite element method) merupakan suatu metode numerik yang digunakan untuk menghitung gaya dalam pada suatu struktur. Metode elemen hingga (finite element method) juga dapat dipakai untuk perhitungan nonstruktur, seperti fluida, perpindahan panas, mekanika nuklir, transportasi massa, mekanika kedokteran, dan lain-lain. Keuntungan dari metode elemen hingga adalah bahwa apa yang tidak dapat diselesaikan dengan penyelesaian analitis dapat dipecahkan dengan metode ini, sebagai contoh konstruksi yang mempunyai geometris yang kompleks dan beban yang kompleks. (Irwan Katili, 2008)

Konsep dasar metode elemen hingga adalah apabila suatu sistem dikenai gaya luar, maka gaya luar tersebut diserap oleh sistem tersebut dan akan menimbulkan gaya dalam dan perpindahan. Untuk mengetahui besarnya gaya dalam dan perpindahan akibat gaya luar tersebut, perlu dibentuk suatu persamaan yang mewakili sistem tersebut. Dalam metode elemen hingga keseluruhan sistem dibagi kedalam elemen elemen dengan jumlah tertentu. Tujuan utama analisis dengan menggunakan metode elemen hingga adalah untuk memperoleh pendekatan tegangan dan peralihan (displacement) yang terjadi pada suatu struktur (Indrakto, Rifky T, 2007).

Dengan metode elemen hingga kita dapat mengubah suatu masalah dengan jumlah derajat kebebasan tertentu sehingga proses pemecahannya akan lebih sederhana. Misalnya suatu batang panjang yang bentuk fisiknya tidak lurus,

dipotong-potong sependek mungkin sehingga terbentuk batang-batang pendek yang relatif lurus. Maka pada bentang yang panjang tadi disebut kontinum dan batang yang pendek disebut elemen hingga.

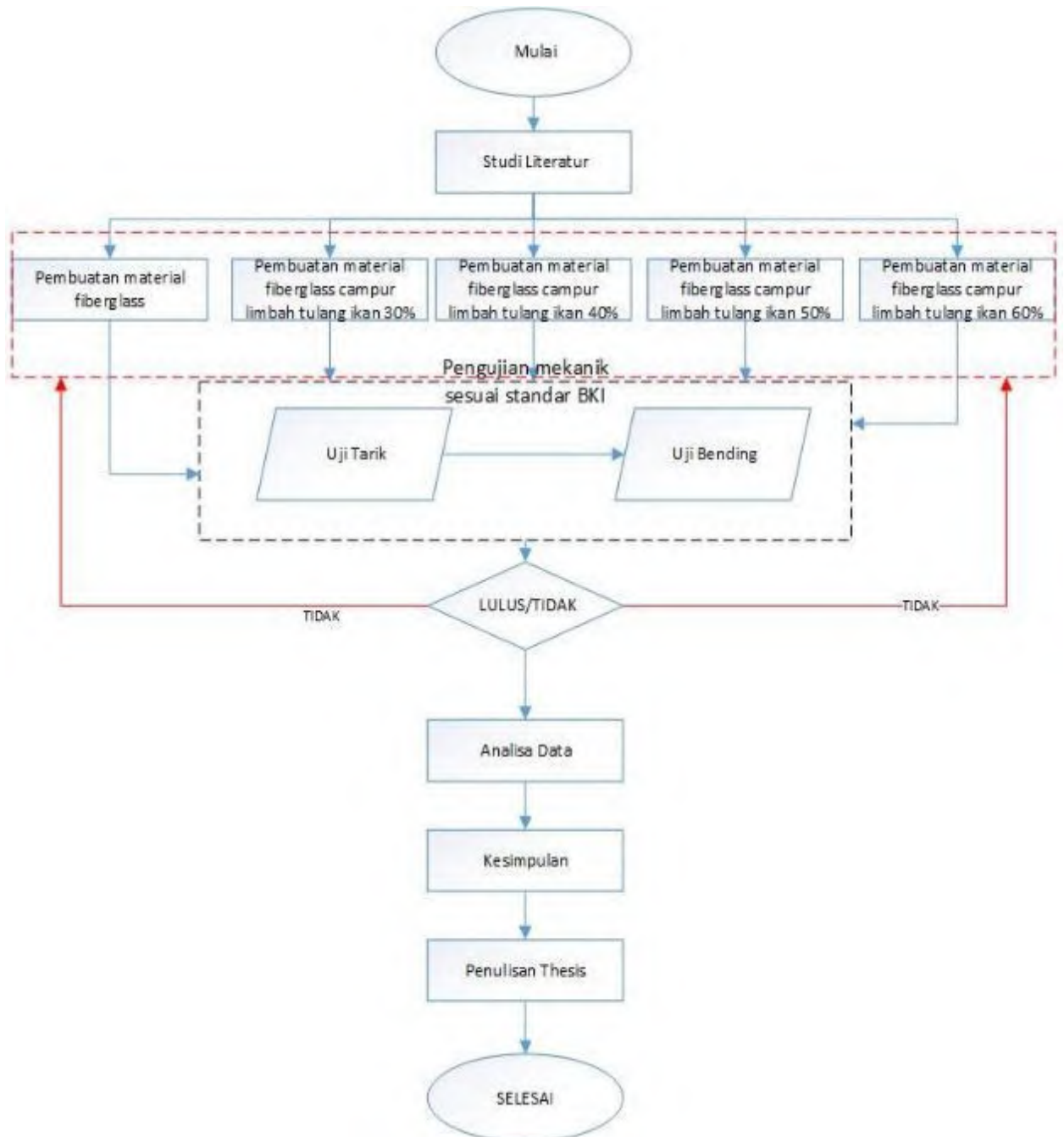
Cara kerja dari *FEM* adalah Membagi bagian analisa menjadi bagian-bagian kecil disebut “discretizing atau diskritisasi”. Bagian-bagian kecil ini disebut elemen, yang terdiri dari titik-titik sudut (disebut nodal, atau node) dan daerah elemen yang terbentuk dari titik-titik tersebut, dan dapat dilakukan seperti langkah – langkah berikut:

1. Membagi obyek analisa ke dalam elemen-elemen kecil.
2. Melakukan modelisasi sederhana yang berlaku untuk setiap elemen. Misalnya dimodelkan sebagai pegas, di mana pegas ini sifatnya sederhana, yaitu tegangan berbanding lurus dengan perubahan bentuknya.
3. Membuat formula sederhana untuk setiap element tersebut. Misalnya untuk pegas berlaku hukum  $f = k.x$ . Di mana  $k$  adalah konstanta pegas, dan  $x$  adalah pertambahan panjang pegas. Pada langkah ini kita akan memperoleh sebuah persamaan yang disebut “element stiffness matrix” atau matriks kekakuan elemen.
4. Mengkombinasikan seluruh elemen dan membuat persamaan simultan yang mencakup semua variabel. Untuk elemen yang dimodelkan dengan pegas, mencakup  $f$ ,  $k$ , dan  $x$  dari semua elemen. Biasanya pada langkah ini kita akan memperoleh sebuah persamaan yang disebut “global stiffness matrix” atau matriks kekakuan global.

# BAB 3

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Proses pembuatan Thesis



Gambar 3.1 Diagram alir pembuatan thesis

Metode yang digunakan dalam penyusunan thesis ini adalah:

- Studi literatur awal mengenai material komposit *fiberglass* yang dilakukan di PT. Pantheon Energy Surabaya
- Pengolahan limbah tulang ikan agar bisa menjadi material Hidrosiapatit
- Pembuatan spesimen uji  
Spesimen uji kekuatan dibuat berdasarkan standart pengujian ASTM D 638. Untuk uji tarik, dan ASTM D 790 untuk uji bending yang dicampur dengan material Hidrosiapatit tulang ikan.
- Melakukan pengujian di laboratorium  
Berdasarkan konfigurasi material yang telah dibuat dalam bentuk dan jumlah spesimen tertentu dilakukan pengujian-pengujian untuk mendapatkan data tentang sifat-sifat fisik dan mekanik bahan, antara lain dengan pengujian Tarik, dan bending.
- Analisa percobaan  
Dilakukan analisa data percobaan dan melakukan perbandingan kekuatan Tarik dan bending dengan material *fiberglass* yang dicampur dengan limbah tulang ikan, material *fiberglass* yang tidak dicampur limbah tulang ikan, setelah melakukan pengujian dan mendapatkan hasil sesuai target
- Kesimpulan & Saran  
Mengambil kesimpulan dari setiap analisa yang dilakukan mulai dari awal sampai akhir penelitian.
- Penulisan Laporan Thesis  
Hal ini dilakukan untuk mengetahui bagaimana dari hasil penelitian tersebut, sehingga dapat dikembangkan untuk kedepannya.

### **3.2 Proses Pembuatan Material *fiberglass***

Proses pembuatan *Fiberglass* diklasifikasikan menjadi 3 (tiga) tahapan, yaitu:

- a. Mencampur 6 (enam) bahan utama menjadi bahan dasar;
- b. Membuat campuran penguat; dan
- c. *Finishing* atau penyempurnaan.

Agar dapat dihasilkan kualitas *Fiberglass* yang kuat, campuran bahan untuk master cetakan harus lebih tebal dari pada *Fiberglass* hasil, yaitu sekitar 2-3 mm

atau dilakukan 3-4 kali pelapisan. Proses membuat campurannya adalah sebagai berikut:

- a. Resin sejumlah 1,5 — 2 liter dicampur dengan talk dan diaduk rata. Apabila campuran yang terjadi terlalu kental maka perlu ditambahkan katalis. Penggunaan katalis harus sesuai dengan perbandingan 1: 1/40. Oleh karena itu apabila resinnya 2 liter, maka katalisnya 50 cc.
- b. Selanjutnya ditambahkan erosil antara 400 — 500 gram pada campuran tersebut dan ditambahkan pula pigmen atau zat pewarna. Apabila semua campuran tersebut diaduk masih terlalu kental, maka perlu ditambahkan katalis dan apabila campurannya terlalu encer dapat ditambahkan aseton. Pemberian banyak sedikitnya katalis akan mempengaruhi cepat atau lambatnya proses pengeringan. Pada cuaca yang dingin akan dibutuhkan katalis yang lebih banyak.
- c. Setelah campuran bahan dasar dibuat, langkah berikutnya adalah memoles permukaan cetakan dengan mirror (sebagai pelicin dan pengkilap) dan dilakukan memutar sampai lapisannya benar-benar merata.
- d. Agar didapatkan hasil yang lebih baik, perlu ditunggu beberapa menit sampai pelicin tersebut menjadi kering. Untuk mempercepat proses pengeringan, dapat dijemur di terik matahari. Apabila mirror sudah terserap, permukaan cetakan dapat dilap dengan menggunakan kain bersih hingga mengkilap.
- e. Selanjutnya permukaan cetakan dioleskan PVA untuk menjaga agar permukaan cetakan tidak lengket dengan *fiberglass* hasil.
- f. Langkah berikutnya adalah mengoleskan permukaan cetakan dengan adonan/campuran dasar sampai merata, dan ditunggu sampai setengah kering.
- g. Selanjutnya di atas campuran yang telah dioleskan dapat diberi selembar mat sesuai dengan kebutuhan, dan dilapisi lagi dengan adonan dasar. Untuk menghindari adanya gelembung udara, pengolesan adonan dasar dilakukan sambil ditekan, sebab gelembung akan mengakibatkan *fiberglass* mudah keropos. Jumlah pelapisan adonan dasar disesuaikan dengan keperluan, makin tebal lapisan maka akan makin kuat daya tahannya. Selain itu sebagai penguat dapat ditambahkan tulangan besi atau tripleks, terutama untuk bagian yang lebar. Tujuannya adalah agar hasilnya tidak bengkok.

- h. Apabila diperlukan, dilakukan pengerolan menyesuaikan alur-alur atau lekukan - lekukan yang ada di cetakan.
- i. Untuk mempercepat proses pengeringan, dapat dijemur di terik matahari. Pelepasan hasil *fiberglass* dilakukan apabila lapisan adonan tersebut sudah kering dan mengeras, sebab apabila dilepas sebelum kering dapat terjadi penyusutan. Pada langkah finishing, dilakukan pengamplasan permukaan *Fiberglass*, pendempulan, dan pengecatan sesuai dengan warna yang diinginkan.

### **3.3 Proses Pembuatan bubuk material komposit dari limbah Tulang ikan**

Preparasi bertujuan menghilangkan sisa-sisa daging yang masih menempel. Preparasi diawali dengan merebus tulang ikan sebanyak 2 kg. Perebusan dilakukan pada suhu 80°C selama 30 menit. Setelah itu dilakukan pembersihan terhadap daging yang masih menempel dan pencucian dengan air dan terakhir pencucian dengan aquades. Kemudian dilakukan perendaman dengan larutan aseton (perbandingan tulang ikan dan aseton adalah 1:2) selama 24 jam, untuk menghilangkan berbagai kotoran lainnya.

Pengekstraksian diawali dengan pengeringan dan penggilingan tulang ikan tuna yang telah dipreparasi. Pengeringan tulang ikan dilakukan pada suhu 160°C selama, dengan tujuannya untuk memudahkan proses penggilingan (Pallela et al. 2011) Proses selanjutnya dilakukan penyaringan dengan pengayak/penyaring. Hasil serbuk dengan mesh berukuran 100 mm diperoleh melalui proses penggilingan dan pengayakan yang dilakukan sebanyak 3 kali. Teknik ekstraksi dilakukan dengan metode sintering (pemanasan dengan suhu tinggi). Suhu sintering yang digunakan adalah 600°C.

Proses sintering diawali dengan penimbangan sebanyak 3 g serbuk tulang ikan tuna ke dalam cawan porselen, kemudian dipanaskan pada furnace, setelah pencapaian pemanasan suhu sintering, bahan didiamkan hingga suhu turun kembali mencapai suhu ruang ( $\pm 28^{\circ}\text{C}$ ). Produk serbuk hidroksiapatit dari tulang ikan tuna yang diperoleh dikemas dalam plastik dan disimpan pada suhu ruang untuk pencampuran pada material *fiberglass*.

### 3.4 Proses Pembuatan Material Pengujian

Pada Proses ini hampir sama dengan proses pembuatan material *fiberglass* yang membedakan adalah serbuk limbah tulang ikan, ditaburkan diantara serat-serat woving agar dapat meningkatkan kekuatan dan ketangguhan material *fiberglass* yang dilakukan secara berulang-ulang hingga mendapat ketebalan material yang diinginkan.

#### 3.4.1 Proses Pembuatan Material Hidrosiapatit Tulang ikan

Dalam proses pembuatan serbuk tulang ikan sebagai penguat material *fiberglass* dilakukan cara sebagai berikut:

1. Perebusan tulang ikan dapat dilihat seperti pada gambar 3.2 sebagai berikut:



Gambar 3.2 Gambar proses perebusan tulang ikan

Proses ini dilakukan bermaksud untuk mempermudah membersihkan sisa – sisa daging yang menempel pada tulang ikan tersebut.

2. Perendaman aseton dapat dilihat seperti pada gambar 3.3 sebagai berikut:



Gambar 3.3 Gambar Proses perendaman Aseton



Maksud dari Gambar 3.3 perendaman Tulang ikan kedalam cairan aseton selama 24 jam adalah agar sisa – sisa daging benar – benar bersih dan meningkatkan kekuatan tulang ikan.

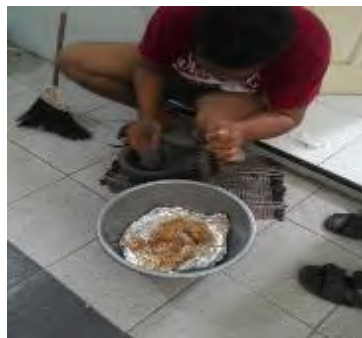
3. Penjemuran Tulang ikan, dapat dilihat seperti pada gambar 3.4 sebagai berikut:



Gambar 3.4 Penjemuran tulang ikan

Proses ini seperti pada Gambar 3.4 dilakukan agar benar – benar mendapatkan material hidroksiapatit yang sempurna dan mempermudah proses pengerjaan selanjutnya.

4. Proses Penghalusan tulang ikan, dapat dilihat seperti pada gambar 3.5 sebagai berikut:



Gambar 3.5 Proses Penumbukan tulang ikan

Proses penghalusan tulang ikan seperti pada Gambar 3.5 dilakukan dengan cara ditumbuk dan berikut hasil dari proses penumbukan sementara, dapat dilihat seperti pada gambar 3.6 sebagai berikut:



Gambar 3.6 Gambar hasil penumbukan tulang ikan

Untuk hasil yang maksimal dilakukan proses penggilingan agar didapatkan serbuk tulang ikan yang seperti diinginkan seperti dapat dilihat seperti pada gambar 3.7 sebagai berikut:



Gambar 3.7 Hasil serbuk Tulang Ikan

Pada Gambar 3.7 merupakan hasil dari serbuk tulang ikan tuna yang akan diaplikasikan pada material *fiberglass*.

### 3.4.2 Pembuatan *Fiberglass* penguat serbuk tulang ikan tuna

Dalam Proses pembuatan material *fiberglass* ini dilakukan sebagai halnya seperti biasanya, dan hanya saja dilakukan penambahan serbuk tulang ikan sebagai penguat material *Fiberglass* tersebut dengan komposisi 30%, 40%, 50%, dan 60%. Untuk mengetahui seberapa besar kandungan yang

sesuai maka material *fiberglass* yang masih belum dicampur, maka dilakukan proses penimbangan, dapat dilihat seperti pada gambar 3.8 sebagai berikut:



Gambar 3.8 Penimbangan Material *fiberglass*

Setelah material *fiberglass* tersebut jadi dan maka dibentuk untuk pengujian tarik, dan bending sesuai ASTM D 638 untuk pengujian tarik, dan ASTM D 790 untuk pengujian bending sesuai dengan gambar 3.9 berikut



Gambar 3.9 Material *Fiberglass* yang akan diuji

### 3.5 Proses Pengujian Mekanik

Setelah preparasi spesimen sudah siap maka dilakukan pengujian mekanik yaitu pengujian tarik dan pengujian bending seperti pada gambar 3.10 berikut



Gambar 3.10 Proses pengujian Mekanik

Pada Gambar 3.10 merupakan proses sebelum melakukan pengujian mekanik pada specimen diperlukan pengesetan mesin uji tarik dan bending untuk mengurangi resiko kegagalan pada waktu melakukan pengujian.

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

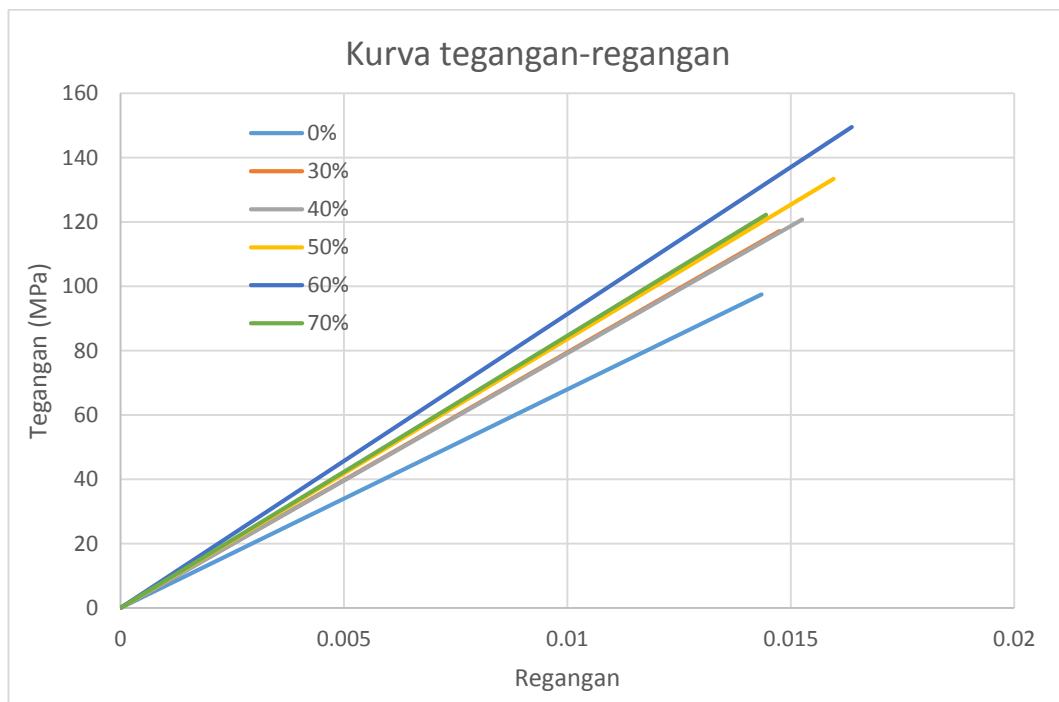
## BAB 4

### ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Tujuan dari dilakukannya suatu pengujian mekanis adalah untuk menentukan respon material dari *fiberglass* yang tanpa dicampur penguat serbuk tulang ikan dengan *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan tuna, pada saat dikenakan beban atau deformasi dari luar. Dalam hal ini akan ditentukan seberapa jauh perilaku inheren (sifat yang lebih merupakan ketergantungan atas fenomena atomik maupun mikroskopis dan bukan dipengaruhi bentuk atau ukuran benda uji) dari material terhadap pembebanan tersebut. Di antara semua pengujian mekanis tersebut, pengujian tarik merupakan jenis pengujian yang paling banyak dilakukan karena mampu memberikan informasi representatif dari perilaku mekanis material.

#### 4.1 Pengujian Tarik

Setelah dilakukan pengujian didapatkan kurva tegangan regangan seperti pada Gambar 4.1 berikut ini:

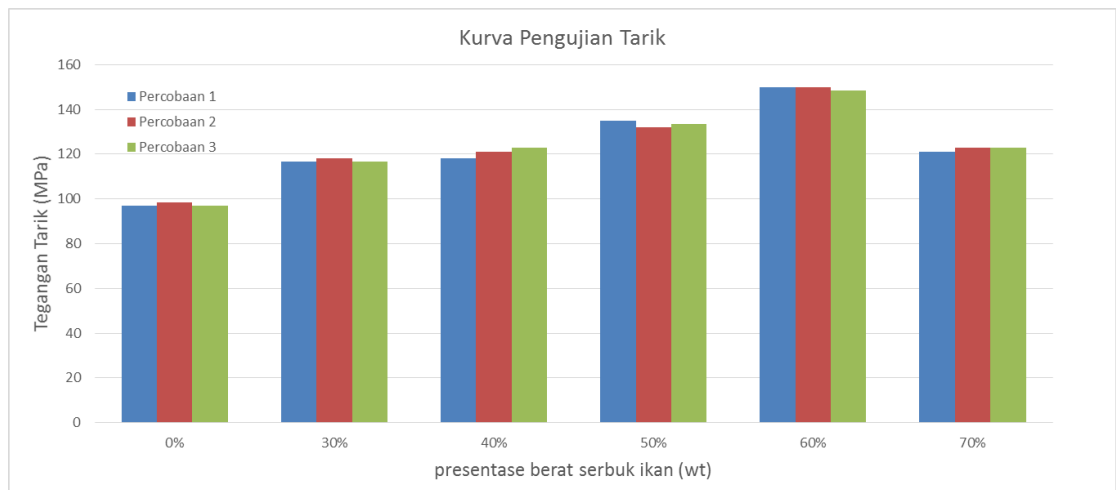


Gambar 4.1 Kurva Tegangan - Regangan *Fiberglass*

Pada Gambar 4.1 dapat dilihat kurva tegangan – regangan memberikan regangan terhadap kegagalan yang dimiliki *fiberglass* tiap komposisi, dapat dilihat sebagai contoh material *fiberglass* yang dicampur dengan serbuk tulang ikan tuna komposisi 60% dengan perpanjangan sebesar 1,63% paling tinggi, hal ini disebabkan karena daya ikat yang baik antara matriks dan serat penguat. Hal ini akan menjamin bahwa beban dipindahkan secara efisiensi dan akan menjaga lepasnya ikatan serat dan matriks ketika menerima beban ketika dilakukan uji tarik. Hasil pengujian tarik material *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan tuna ditabulasikan pada Tabel 4.1 dan digambarkan Gambar 4.2 sebagai berikut:

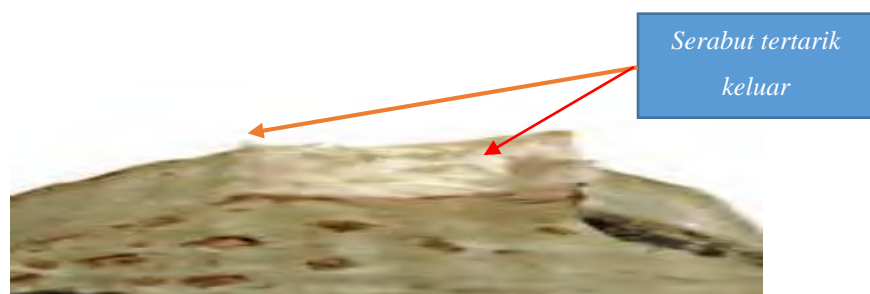
Tabel 4.1 Tabel Pengujian tarik komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%)

Kandungan	BEBAN MESIN (N)	A (mm <sup>2</sup> )	Tensile strength (MPa)
0%	1920	19.8	96.97
	1950	19.8	98.48
	1920	19.8	96.97
		Rata-rata	97.47
30%	2310	19.8	116.67
	2340	19.8	118.18
	2310	19.8	116.67
		Rata-rata	117.17
40%	2340	19.8	121.21
	2400	19.8	122.73
	2430	19.8	120.71
		Rata-rata	120.71
50%	2670	19.8	134.85
	2610	19.8	131.82
	2640	19.8	133.33
		Rata-rata	133.33
60%	2970	19.8	150.00
	2970	19.8	150.00
	2940	19.8	148.48
		Rata-rata	149.49
70%	2400	19.8	121.21
	2430	19.8	122.73
	2430	19.8	122.73
		Rata - rata	122.22



Gambar 4.2 Kurva Pengujian tarik komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%)

Pada Tabel 4.1 dan Gambar 4.2 menjelaskan bahwa nilai kuat tarik *fiberglass* dengan pencampuran serbuk tulang ikan tuna 30% pada percobaan kedua sebesar 118,18 MPa memiliki kekuatan lebih tinggi sebesar 17,2% dari material *fiberglass* yang tanpa dicampur serbuk tulang ikan tuna sesuai dengan standar BKI. Hal ini menunjukkan bahwa pengaruh serbuk tulang ikan tuna yang terdapat pada material *fiberglass* dapat meningkatkan kekuatan matriksnya. Dari hasil uji tarik material fiberglass tanpa penguat serbuk tulang ikan dapat dilihat hasil patahan seperti gambar 4.3 berikut:



Gambar 4.3 Foto makro patahan uji tarik

Pada gambar 4.3 terjadi pada gambar diatas adalah patahan getas terjadi karena memiliki ciri pada patahannya tidak terdapat cup dan cone patahan hal itu disebabkan karena adanya necking sehingga spesimen langsung patah jika diberi



beban diatas  $\sigma_u$  nya karena adanya pengaruh dari tegangan normal yang menyebabkan penyerapan energi yang lebih sedikit tidak disertai dengan deformasi plastis Bentuk patahan yang terjadi pada semua sampel secara umum kelihatan sama, dimana terjadi pada daerah patahan dan tidak menyebar pada semua bagian lapisan komposit polimer. Hal ini menunjukkan bahwa stress concentration pada satu titik akan menyebabkan patahan pada titik itu saja dan kekuatan pada semua area komposit polimer relatif sama sehingga tidak terjadi kerusakan secara menyeluruh. Hal ini menunjukkan lemahnya ikatan antara serat dan matrik karena serat mengandung lapisan seperti lilin (lignin dan kotoran lainnya) yang menghalangi ikatan interface antara serat dengan poliester terlihat permukaan patahan yang relatif rata seperti pada gambar struktur mikro 4.36.

Demikian juga bahwa pengaruh jumlah lapisan *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan pada komposisi 60% dapat meningkatkan kekuatan komposit secara signifikan, dimana semakin banyak jumlah serbuk tulang ikan tuna maka kekuatan akan bertambah. Pada sampel *fiberglass* yang tanpa penguat serbuk tulang ikan tuna rata – rata mempunyai nilai kuat tariknya sebesar 97,47 MPa, kemudian di berikan pada sampel *fiberglass* yang dicampur dengan serbuk tulang ikan tuna sebesar 60% maka nilai kuat tariknya rata - rata menjadi 149,49 MPa, dimana terdapat kenaikan sebesar 49,5% dari nilai awalnya. Hal tersebut dapat dilihat dari hasil patahan seperti pada gambar 4. 3



Gambar 4.4 Foto makro patahan uji tarik

Pada gambar 4.4 memperlihatkan patahan yang terjadi pada spesimen komposit uji tarik yang diberi serbuk tulang ikan, dengan pencampuran limbah serbuk tulang ikan maka ikatan antara serat dan matrik menjadi lebih kuat, sehingga kekuatan tarik dan *fiberglass* menjadi lebih tinggi. Peningkatan kekuatan tarik ini menunjukkan perubahan pada interface antara serat dan matrik, karena kekuatan *fiberglass* adalah gabungan antara kekuatan serat dan serbuk tulang ikan, sehingga akan tergantung dari interface tersebut, semakin baik ikatan serat – serbuk tulang ikan maka beban tarik dan yang diberikan pada *fiberglass* yang dicampur dengan serbuk tulang ikan akan terdistribusi pada serat dengan lebih baik.

Pada pengujian komposisi 70% serbuk tulang ikan tuna mengalami penurunan kekuatan material, Hal ini terjadi pada komposisi serbuk tulang ikan 70% pada penelitian ini, dimana dengan banyaknya serbuk tulang ikan tuna sebagai matriks tidak akan dapat mengikat dengan baik filler yang masuk. Akibatnya filler akan terjebak dalam matriks tanpa memiliki ikatan yang kuat dengan matriksnya. Sehingga akan ada udara yang terjebak dalam matriks sehingga dapat menimbulkan cacat pada spesimen. Akibatnya beban atau tegangan yang diberikan pada spesimen tidak akan terdistribusi secara merata. Hal inilah yang menyebabkan turunnya kekuatan mekanik pada komposit. Permulaan kekristalan (nukleasi) pada polimer bisa terjadi secara acak diseluruh matriks ketika molekul-molekul polimer mulai bersekutu (nukleasi homogen) atau mungkin juga terjadi disekitar permukaan suatu kotoran (impurities asing), yaitu mungkin suatu nukleator sengaja ditambahkan sehingga terjadi nukleasi heterogen. Jadi partikel yang ditambahkan pada polimer akan berpengaruh terhadap kristalisasi dari polimer itu sendiri. Hal itu dapat dilihat dari hasil patahan yang tertera pada gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Foto makro patahan uji tarik komposisi 70%

Pada gambar 4.5 peningkatan volume filler akan mengurangi deformability (khususnya pada permukaan) dari matriks sehingga menurunkan keuletannya. Pada Gambar 4.5 material uji *fiberglass* yang mengalami patah liat dengan ciri-ciri permukaan patahan jenis ini tidak rata, buram dan berserat. Jika potongan disambungkan kembali maka sambungan tidak akan rapat. Bahan yang memiliki jenis patahan ini mempunyai kekuatan tarik yang tinggi, karena sebelum patah bahan mengalami deformasi terlebih dahulu.

Menurut clyne dan jones (2001), ikatan interfacial antara serat dan matriks merupakan unsur yang sangat penting dalam mencapai sifat mekanik komposit yang baik. Kekuatan interface sangat berpengaruh terhadap sifat- sifat mekanik komposit, dimana interface lemah menyebabkan komposit mudah rusak. Ikatan interfacial antara serat dan matriks dipengaruhi oleh moisture absorption dan wettability (keterbasahan) dimana debonding dapat terjadi dengan mudah apabila serat memiliki moisture absorption yang tinggi, wettability yang jelek dan daya ikat yang kurang antara serat dan matriks polimer (wang dkk, 2002).

Gambar 4.3 spesimen tanpa penguat serbuk tulang ikan tuna terlihat jelas patahan getas ini dikarenakan ikatan serat dan matriks sangat kuat sehingga serat dan matriks tercabut secara merata, ini ditandai dengan tidak ada serabut- serabut serat. Hal ini disebabkan karena adanya void sehingga interface serat dan matriks yang menyebabkan interface serat dan matriks menjadi lemah sehingga kekuatannya menjadi berkurang sebaliknya pada gambar 4.4 dan 4.5 pada penguatan *fiberglass* dicampur dengan serbuk tulang ikan tuna sangat kuat. Hal ini disebabkan karena proses pencetakan komposit dan struktur serbuk tulang ikan yang mengikat dengan *fiberglass* sehingga membuat material semakin kuat.

Adapun contoh perhitungan dari hasil tegangan tarik terbesar dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{P}{A}$$

$$\sigma = \frac{2940 \text{ N}}{19,8 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 148,48 \text{ MPa, dimana}$$

$$P = 2940 \text{ N (didapat dari mesin)}$$

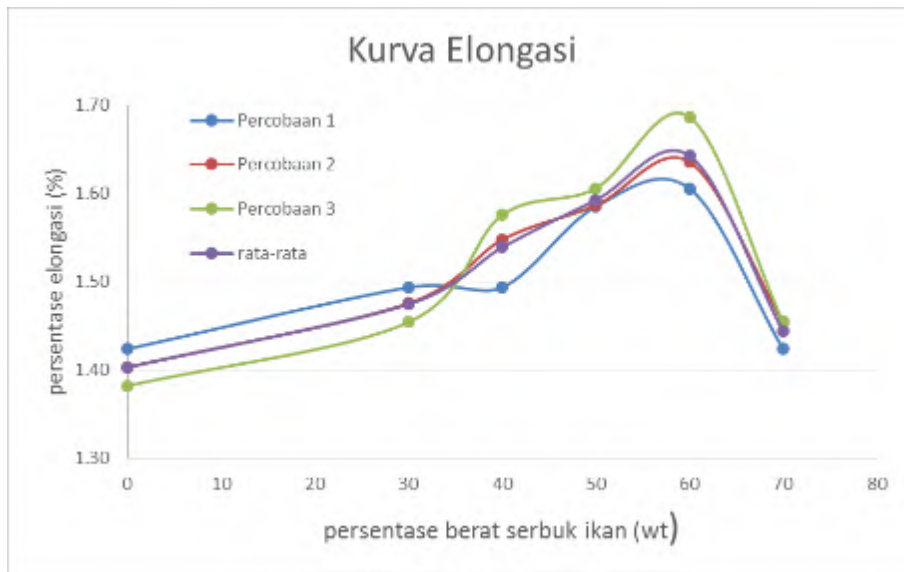
Pada pengujian ini, analisa yang dilakukan dibatasi pada nilai kuat tarik (tensile strength). Standart keberterimaan pada Rules BKI Untuk material *fiberglass*, menyatakan bahwa kuat tarik (tensile strength) yang disyaratkan minimal sebesar 10 kg/mm<sup>2</sup>, dari keterangan tersebut didapatkan bahwa proses pembuatan material *fiberglass* dicampur dengan limbah serbuk tulang ikan memenuhi syarat serta memiliki kontribusi yang besar, bila mana semakin besar komposisi serbuk tulang ikan, semakin besar pula tensile strength yang diperoleh.

Dari hasil pengujian tarik dan analisis FEM didapat komposisi terbaik material fiberglass yang dicampur serbuk tulang ikan pada komposisi 60% sebesar 149,49 MPa, hasil yang didapatkan berbeda penelitian sebelumnya yang dilakukan (Jarcho, 1976) yang mengkombinasi serbuk tulang ikan dengan keramik yang mendapatkan kekuatan tarik sebesar 196 MPa. Hal ini yang berbeda karena jenis material yang digunakan berbeda dan mempunyai material propertis yang berbeda, namun dalam kedua penelitian ini serbuk tulang ikan tuna berfungsi sebagai penguat material komposit, sehingga dapat meningkatkan ketahanan mekanik dalam komposisi tertentu

Dari hasil tersebut diperoleh rata - rata elongasi yang dihasilkan pada uji tarik sesuai dengan Tabel 4.2 dan grafik pada Gambar 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Tabel elongasi komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%)

Persentase	0%	30%	40%	50%	60%	70%
Uji 1 (%)	1.42	1.49	1.49	1.59	1.61	1.42
Uji 2 (%)	1.40	1.48	1.55	1.59	1.64	1.45
Uji 3 (%)	1.38	1.45	1.58	1.61	1.69	1.45
Rata-rata	1.40	1.47	1.54	1.59	1.64	1.44



Gambar 4.6 Tabel elongasi komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%)

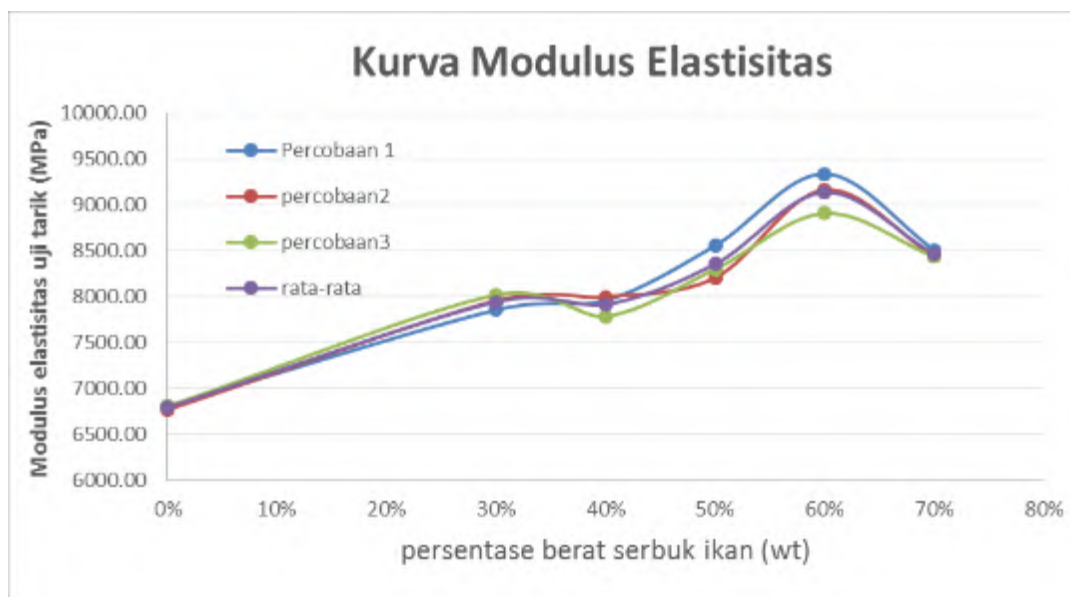
Dari Tabel 4.2 dan Gambar 4.6 menunjukkan nilai elongasinya menunjukkan trend yang semakin meningkat seiring dengan peningkatan kadar serbuk tulang ikan tuna sehingga rata – rata elongasinya bertambah sebesar 1.5 % dari ukuran awal specimen uji, hal ini terjadi karena sifat dasar dari material *fiberglass* adalah getas yang cenderung mengalami pertambahan panjang yang tidak signifikan . Peningkatan kekuatan tarik selama ini disebabkan karena serat belum mengalami penambahan diameter yang signifikan, seperti pada hasil penelitian (Ray, et. al, 2001). Sesuai dengan prinsip dasar bahwa serbuk tulang ikan mempunyai sifat yang mampu menahan beban yang tinggi dan mengikat serat – serat yang ada dalam fiber.

#### 4.1.1 Modulus Elastisitas *Fiberglass* diperkuat serbuk Tulang ikan tuna

Pada Rules And Regulation For The Classification And Construction Of Ships, Biro Klasifikasi Indonesia BKI), 1996, section 1.C.4.1.disyaratkan sebagai berikut : “ Besaran yang disyaratkan dalam peraturan ini khusus dispesifikasikan untuk kapal – kapal FRP dengan bahan penguat *fiberglass* yang diisi oleh serat penguat baik itu jenis Mat dan Roving harus memiliki standar kekuatan modulus elastisitas tarik sebesar 700 kg/mm<sup>2</sup>. Mengacu pada persyaratan yang ditetapkan BKI maka hasil dari penelitian ini didapatkan modulus elastisitas seperti pada Tabel 4.3, dan grafik pada Gambar 4.7, seperti berikut

Tabel 4.3 Tabel modulus Elastisitas (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%)

Persentase	0%	30%	40%	50%	60%	70%
Uji 1 (MPa)	6808.51	7857.14	7959.18	8557.69	9339.62	8510.64
Uji 2 (MPa)	6770.83	7959.18	8000.00	8207.55	9166.67	8437.50
Uji 3 (MPa)	6808.51	8020.83	7788.46	8301.89	8909.09	8437.50
Rata-rata	6795.95	7945.72	7915.88	8355.71	9138.46	8461.88



Gambar 4.7 Grafik modulus Elastisitas (0%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%)

Dari hasil tabulasi Tabel 4.3 dan Gambar 4.7 dapat dijelaskan bahwa, kenaikan modulus elastisitas rata-rata pada semua penguatan serbuk tulang ikan tuna secara teknis dan teoritis sebesar 5,5 % pada komposisi 30 %. Dari Kurva diatas dapat disimpulkan modulus elastisitas menunjukkan kekakuan (stiffness) atau ketahanan terhadap deformasi elastis. Semakin besar modulus elastisitas maka bahan semakin lentur, modulus elastisitas spesimen antara komposisi serbuk tulang ikan dari komposisi 0% sebesar 6795.95 MPa dan pada komposisi tertinggi yaitu komposisi 60% mempunyai nilai modulus elastisitas sebesar 9138.46 MPa yaitu mengalami kenaikan rata – rata 30,54%. Penurunan modulus elastisitas pada komposisi yang sama terjadi karena beberapa faktor diantaranya adalah:

1. Terjadinya porositas, adanya porositas menyebabkan kekuatan komposit menurun.
2. Distribusi serat, terjadinya distribusi serat yang tidak merata dalam komposit pada percetakan serat ikut tergeser dari posisinya semula yang terbawa oleh aliran resin yang mengalir pada saat penekanan.
3. Ketebalan komposit, ketebalan yang tidak sesuai dengan ketebalan rencana karena jumlah komposisi epoxy yang terlalu banyak.

Berdasarkan serangkaian pengujian yang telah dilakukan diketahui bahwa harga E rata-rata bahan *fiberglass* sangat dipengaruhi oleh jumlah kandungan serbuk tulang ikan tuna yang berada dalam matriks bahan tersebut. Hal ini terbukti berdasarkan hasil pengujian yang telah dikerjakan bahwa peningkatan komposisi serbuk tulang ikan dalam bahan *fiberglass* akan berdampak langsung pada peningkatan harga E rata-rata ketika bahan ini diberikan beban tarik laju regangan tinggi, maka terlihat bahwa pada kondisi dinamik bahan ini memiliki ketahanan deformasi yang lebih baik. Peningkatan fraksi volume serbuk tulang ikan secara berlebih menyebabkan penurunan defleksi. Penyebab turunnya defleksi adalah karena berkurangnya volume matrik pada komposit. Matrik bersifat lebih kaku dari pada serat, seperti yang dikatakan oleh (Franklin Donald Izaak, et, all. 2013), maka menurut penulis apabila volume persentase penguat serbuk tulang ikan ditambahkan lebih dari 60% kandungan *fiberglass* secara otomatis jumlah epoxy semakin banyak dan itu menyebabkan kekuatan material *fiberglass* semakin menurun dan tidak bisa digunakan untuk material kapal fiber sesuai dengan standart BKI.

Dengan demikian bahan komposit *fiberglass* dengan diperkuat serbuk limbah tulang ikan tuna dengan komposisi maksimal 60% dapat direkomendasikan untuk pemakaian pada kondisi beban dinamik. Nilai besar modulus elastisitas yang didapatkan material fiber semakin besar, melebihi standart yang ditentukan oleh BKI.

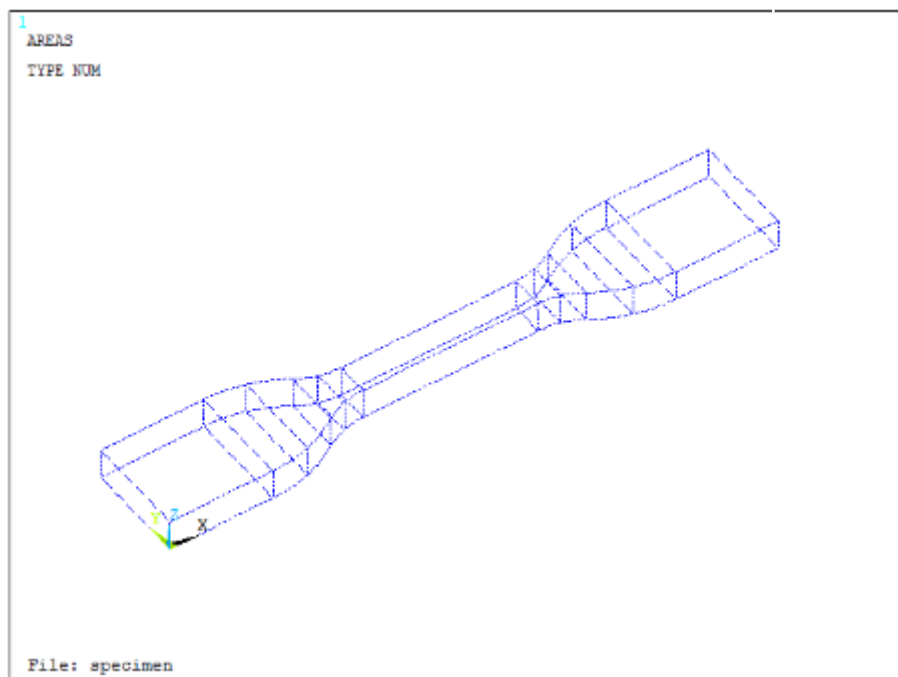
#### **4.2 FEM Modelling Uji Tarik**

Metode Elemen Hingga (Finite Element Method) adalah salah satu metode numerik untuk menyelesaikan berbagai problem rekayasa, seperti mekanika

struktur, mekanika tanah, mekanika batuan, mekanika fluida, hidrodinamik, aerodinamik, medan magnet, perpindahan panas, dinamika struktur, mekanika nuklir, aeronautika, akustik, mekanika kedokteran dan sebagainya. (Irwan K. 2008). Dalam mempermudah perhitungan dapat menggunakan software *FEM* dimana tampilannya disebut GUI (graphic user interface) di mana suatu benda didiskritisasi menjadi sekian puluh bahkan ribu elemen. Istilah baru kemudian muncul yaitu Finite Element Modeling, karena pengguna hanya memodelkan fisik suatu benda dengan elemen-elemen kecil, mendefinisikan sifat-sifat material, memberikan kondisi batas dan pembebanan, menjalankan software.

#### 4.2.1 Spesimen model

Dalam permodelan Finite Elemen menggunakan, model 3 dimensi berfungsi lanjutan untuk mengetahui suatu teknik numerik yang membantu mengevaluasi menganalisa persamaan matematik dari sebuah perilaku kompleks dari suatu geometri (seperti kelenturan, kekakuan, tekanan, fluida) yang memberikan output berupa angka atau visualisasi perilaku tersebut dengan indikator tertentu (seperti warna, garis dst). Spesimen model dapat dilihat pada Gambar 4.7

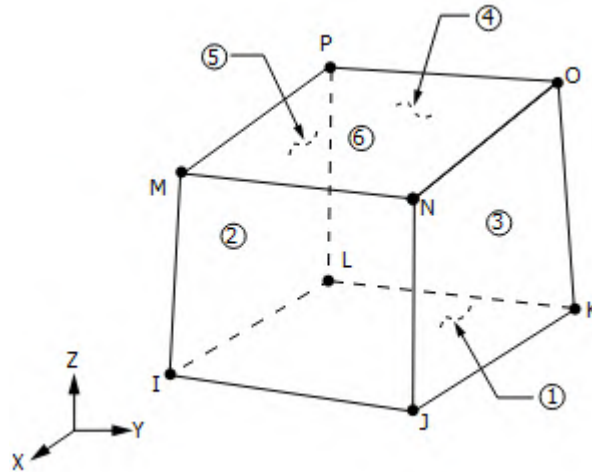


Gambar 4.8 Gambar Permodelan 3D *FEM*



#### 4.2.2 Tipe Element

Tipe element yang digunakan adalah element solid berbentuk kubus dan memiliki 8 nodes. Untuk elemen 3 dimensi yang digunakan adalah solid hexahedral. Kedua elemen tersebut termasuk dalam golongan elemen iso parametric seperti terlihat dalam Gambar 4.9 berikut

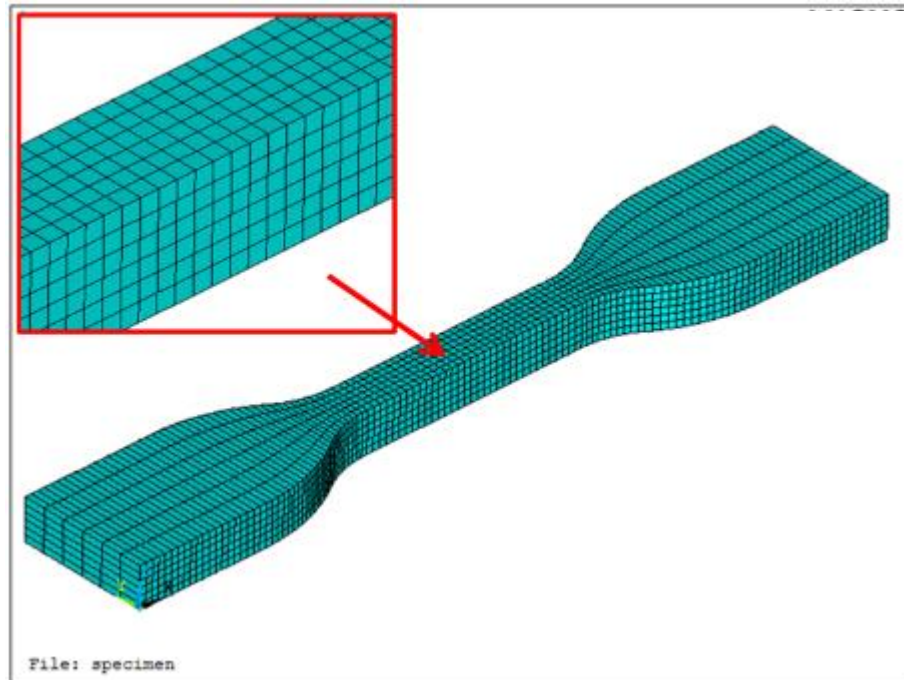


Gambar 4.9 Gambar skematis element.

Pada Gambar 4.9 dapat dilihat fungsi bentuk tersebut, maka matrik kekakuan elemennya dapat dihitung dengan menggunakan metode *FEM*. Selanjutnya model CAD tersebut diubah menjadi model MEH yaitu dengan menggunakan meshing. Pada tahapan ini software membangun matrik kekakuan elemen secara otomatis (MSC, 1998), tapi sebelum melakukan proses meshing harus mengetahui material properties yang harus diinput, Material properties yang diinput adalah Modulus Young atau Modulus Elastisitas dan Poisson Ratio. Modulus Elastisitas untuk setiap spesimen berdasarkan kadar tulang ikan berbeda-beda sesuai hasil pengujian eksperimen. Poisson ratio untuk fiber dapat dilihat dari hasil uji tarik dikarenakan material yang diuji material getas maka dapat diperoleh poisson rasionya adalah 0 (nol).

### 4.2.3 Proses Meshing

Meshing dari spesimen disusun rapi seperti pada Gambar 4.10 berikut:

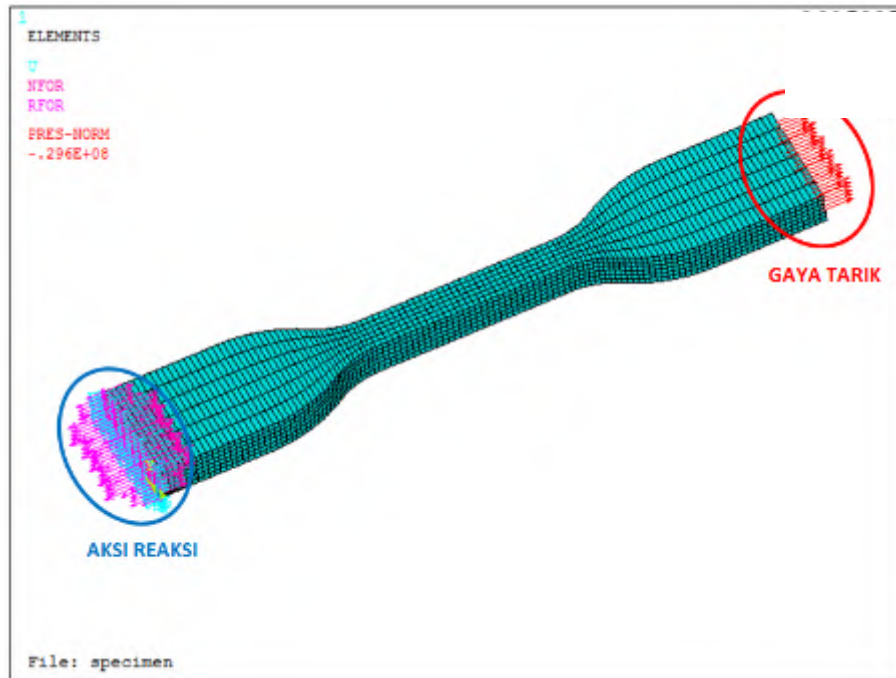


Gambar 4.10 Gambar *Meshing*

Gambar 4.10 dapat dilihat dari fungsi dari proses *meshing* tersebut adalah membagi benda yang akan dianalisa menjadi luasan – luasan kecil.

#### 4.2.4 Beban *Entities*

Beban *Entities* adalah proses untuk memberi identitas pada benda yang akan di analisa. Hal ini bertujuan untuk menentukan posisi dan kondisi benda yang akan di analisa.



Gambar 4.11 Gambar beban *Entities*

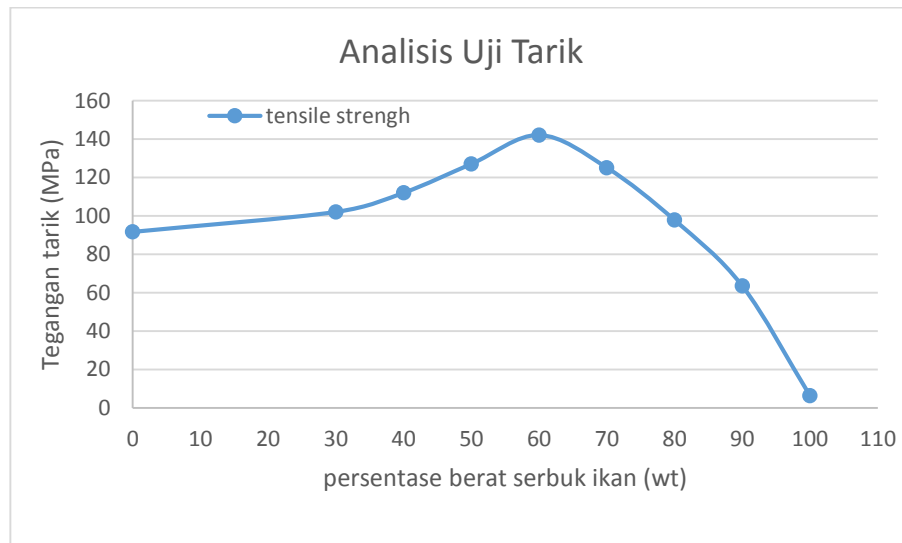
Pada gambar 4.11 adalah gaya tarik untuk spesimen didistribusikan merata pada ujung-ujung nodes seperti gambar berikut dan menghasilkan aksi reaksi pada kondisi batas.

#### 4.2.5 Hasil Analisa *FEM* Uji Tarik

Setelah melakukan proses perhitungan material dengan metode *FEM* maka didapatkan sesuai Tabel 4.4, dan dapat dilihat pada grafik Gambar 4.12 berikut:

Tabel 4.4 Tabel Perhitungan *FEM*

Komposisi (%)	Gaya (N)	Tegangan Tarik (Mpa)
0	1920	91.6
30	2130	102.0
40	2340	112.0
50	2670	127.0
60	2970	142.0
70	2628	125.0
80	2054	97.7
90	1333	63.4
100	131	6.2

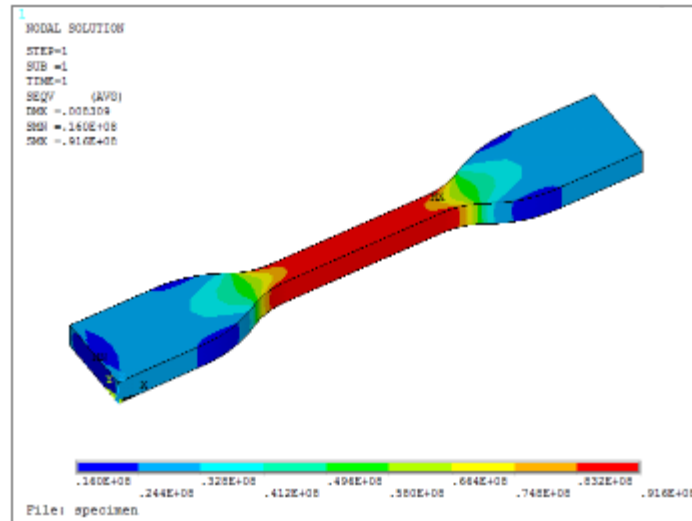


Gambar 4.12 Grafik Perhitungan *FEM*

Dari Tabel 4.4 dan Gambar 4.12 berikut hasil perhitungan tiap komposisi serbuk tulang ikan tuna tuna dengan menggunakan metode finite elemen Berdasarkan model penyederhanaan aliran gaya-gaya internal spesimen (Gambar

4.17 – 4.25) maka dapat diketahui bahwa pada daerah spesimen yang mengalami aliran gaya-gaya tarik ke tumpuan

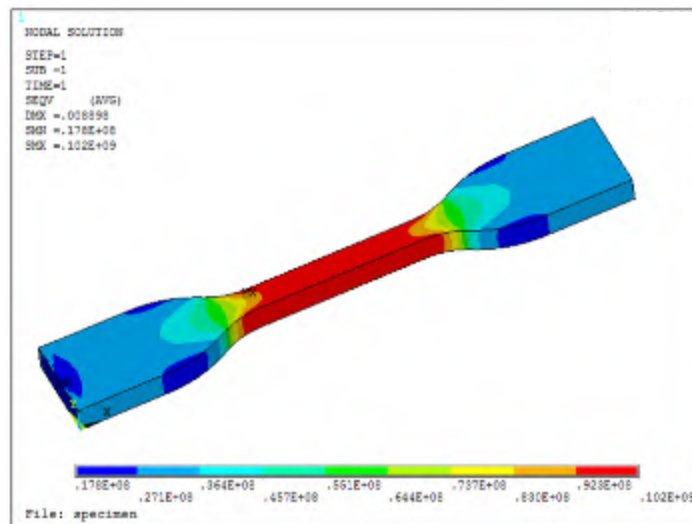
1. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 0 %



Gambar 4.13 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 0 %

Pada Gambar 4.13 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 0 %) dapat dilihat hasil *FEM* 91,6 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 97,47 MPa,.

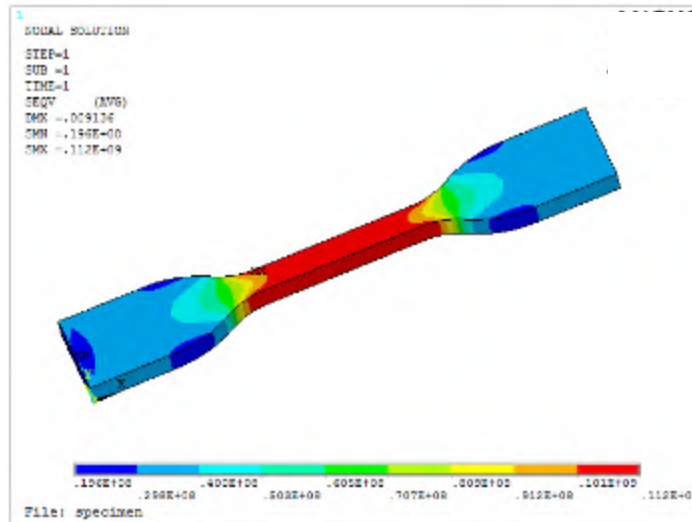
2. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 30 %



Gambar 4.14 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 30 %

Pada Gambar 4.14 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 30 %) dapat dilihat hasil *FEM* 102 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 117,17 MPa

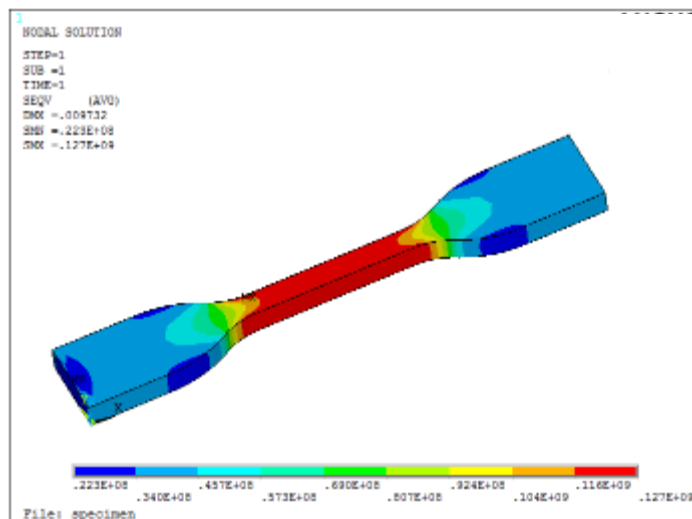
### 3. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 40 %



Gambar 4.15 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 40 %

Pada Gambar 4.15 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 40 %) dapat dilihat hasil *FEM* 112 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 12,17 kg/mm<sup>2</sup>

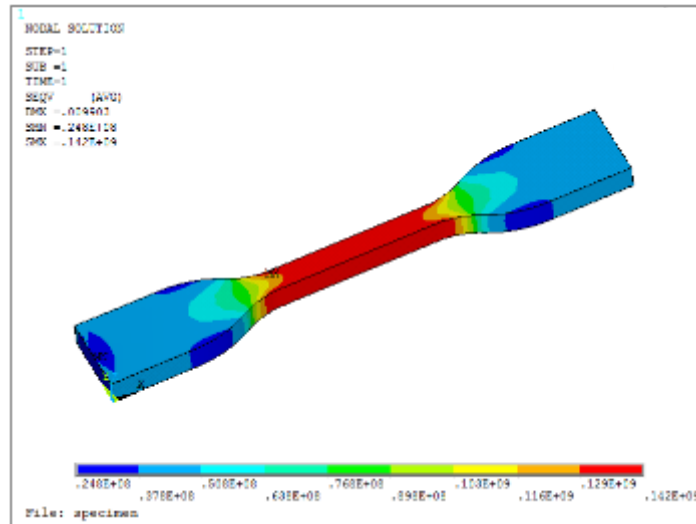
### 4. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 50 %



Gambar 4.16 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 50 %

Pada Gambar 4.15 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 50 %) dapat dilihat hasil *FEM* 127 MPa, atau sebesar  $13 \text{ kg/mm}^2$  sedangkan hasil uji lab sebesar 120,71 MPa

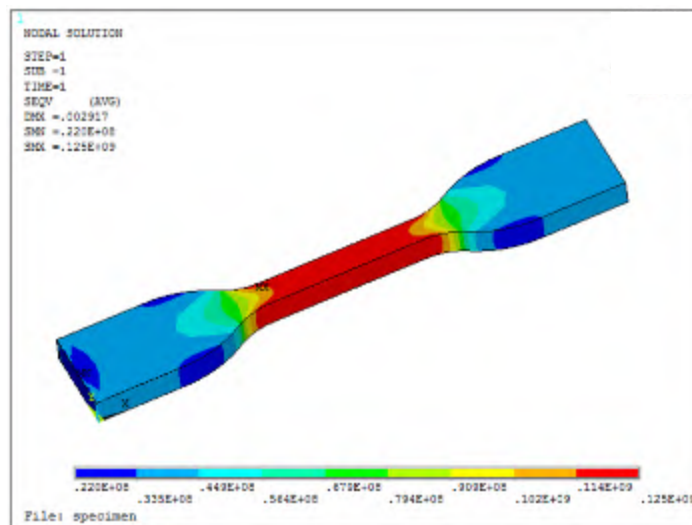
5. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 60 %



Gambar 4.17 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 60 %

Pada Gambar 4.17 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 60 %) dapat dilihat hasil *FEM* 142 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 149,49 MPa,

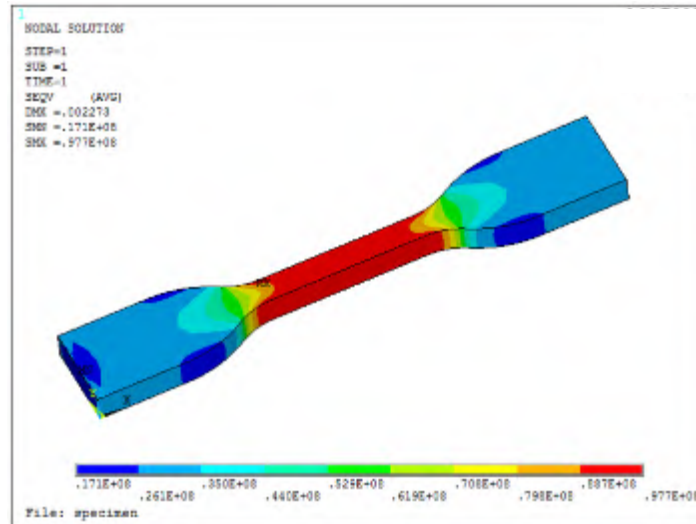
6. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 70 %



Gambar 4.18 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 70 %

Pada Gambar 4.18 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 70 %) dapat dilihat hasil *FEM* 125 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 122 MPa,

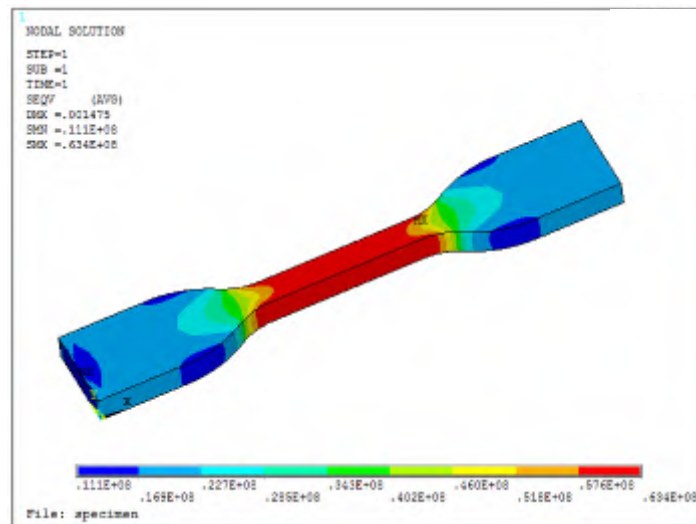
7. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 80 %



Gambar 4.19 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 80 %

Pada Gambar 4.19 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai hasil analisis *FEM* pada komposisi 80% sebesar 97,7 MPa,

8. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 90 %

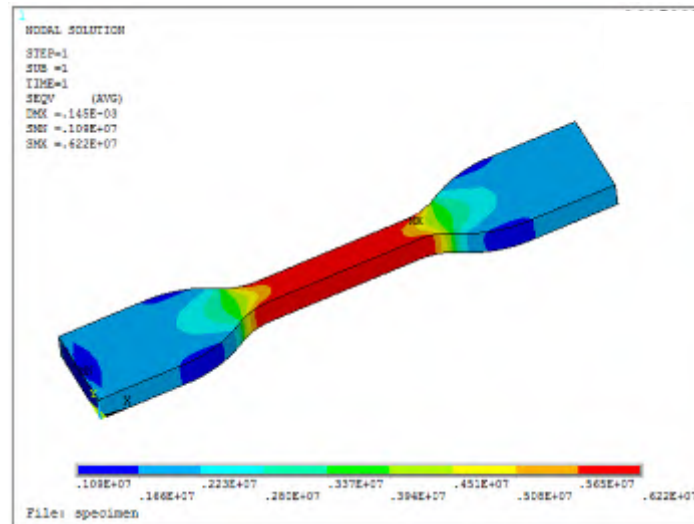


Gambar 4.20 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 90 %



Pada Gambar 4.20 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength dapat dilihat hasil analisis ada komposisi 90% sebesar *FEM* 63,4 MPa,

9. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 100 %

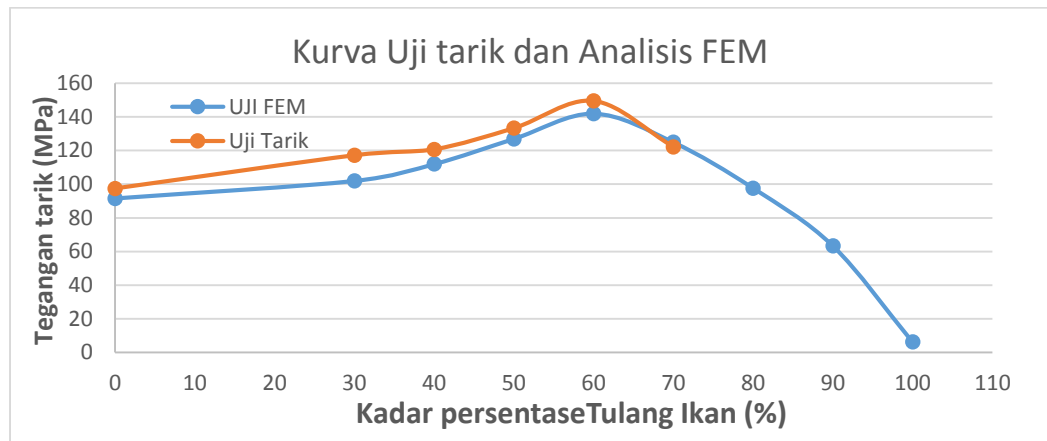


Gambar 4.21 perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 100 %

Pada Gambar 4.21 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength dapat dilihat hasil *FEM* ada komposisi 100% sebesar 6,2 MPa, hal ini disebabkan karena serbuk tulang ikan tuna tidak ada ikatan antara serat gelas yang ada dalam material *fiberglass*

#### 4.2.6 Perbandingan hasil eksperimen uji tarik dengan *FEM*

Dari hasil pengujian uji tarik dengan perhitungan menggunakan metode *finite elemen* maka didapatkan grafik pada Gambar 4.22 sebagai berikut:



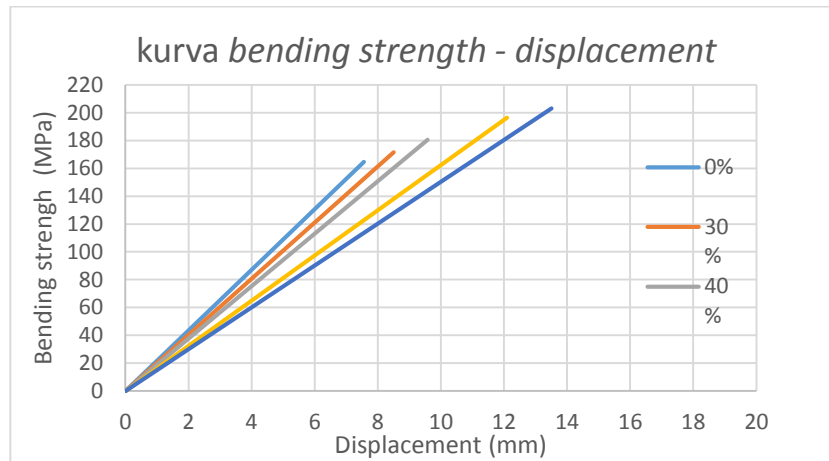
Gambar 4.22 Kurva Perbandingan Uji tarik dan *FEM*

Dari kurva pada Gambar 4.22 diketahui selisih hasil dari perbandingan hasil pengujian mekanik dan hasil menggunakan metode *finite elemen*. Hal ini disebabkan karena pada waktu pengujian material uji tarik, ada beberapa faktor yang mempengaruhi misalnya suhu ruangan, pada kasus ini diperkirakan bahwa tegangan gesekan kisi bertambah dan kemampuan untuk slip silang berkurang akibat perpaduan, dengan demikian dislokasi slip hanya terdapat pada pita dimana terjadi penggandaan tegangan, sedangkan untuk metode finite elemen dapat stabil dikarenakan proses dilakukan menggunakan running simulasi spesimen sehingga hasil yang didapatkan stabil, atau konstan. Selain itu perubahan sifat mekanik disebabkan karena laju pengerasan material selama deformasi mempengaruhi jumlah energi yang dibutuhkan.

Dari hasil pengujian tarik dan analisis *FEM* didapat komposisi terbaik material *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan pada komposisi 60% sebesar 149,49 MPa, hasil yang didapatkan berbeda penelitian sebelumnya yang dilakukan (Jarcho, 1976) yang mengkombinasi serbuk tulang ikan dengan keramik yang mendapatkan kekuatan tarik sebesar 196 MPa. Hal ini yang berbeda karena jenis material yang digunakan berbeda dan mempunyai material propertis yang berbeda, namun dalam kedua penelitian ini serbuk tulang ikan tuna berfungsi sebagai penguat material komposit, sehingga dapat meningkatkan ketahanan mekanik dalam komposisi tertentu

### 4.3 Pengujian Bending

Hasil yang dilakukan pengujian bending didapatkan kurva tegangan bending dan displasemen seperti pada Gambar 4.23 berikut:

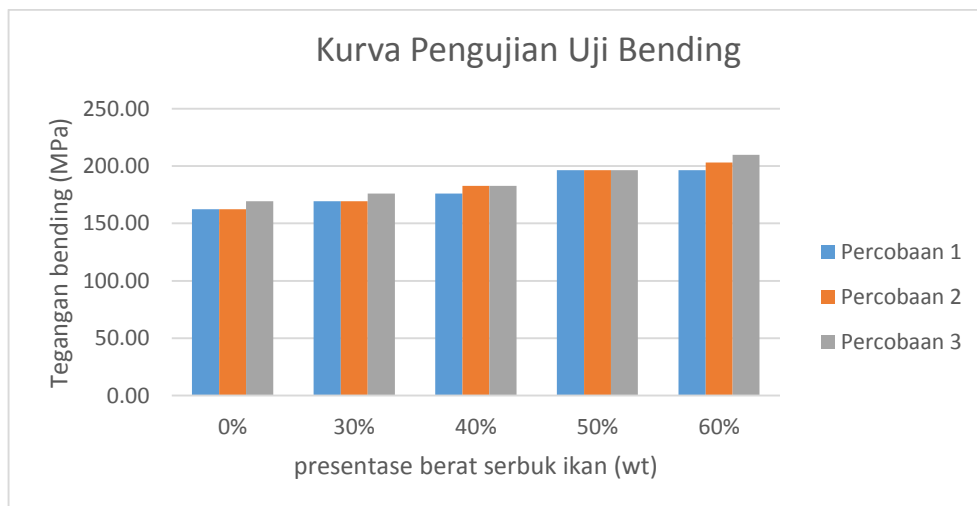


Gambar 4.23 kurva bending strength – displacement

Menurut smallman dan bishop (2004) rasio tegangan dan displasmen tergantung pada waktu. Gejala relaksasi tegangandapat digunakan menggambarkan perilaku komposit, Gambar 4.23 dijelaskan dengan membandingkan tegangan bending yang terjadi pada material *fiberglass* setiap komposisi diketahui bahwa komposisi material *fiberglass* tanpa penguat serbuk tulang ikan tuna mengalami displasmen maksimum yang lebih kecil yaitu sebesar 7,56 mm dibanding displasmen maksimum yang terjadi pada *fiberglass* yang diperkuat serbuk tulang ikan tuna komposisi 60% sebesar 13,51 mm. Hal ini menunjukkan *fiberglass* yang diperkuat serbuk tulang ikan tuna mampu menahan beban bending, pada saat dilakukan uji bending. Hal ini dapat dilihat dari kenaikan tren yang terjadi pada komposisi 0% - 60% serbuk tulang ikan tuna, dimana semakin besar tegangan bendingnya, semakin besar juga jarak displasmennya. Dari hasil tersebut dapat ditabulasikan hasil tegangan bending pada Tabel 4.5 dan digambarkan grafik pada Gambar 4.24, berikut:

Tabel 4.5 Tabel Uji Bending komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%)

Komposisi	Gaya Bending (N)	Bending strength (MPa)
0%	180	162.50
	180	162.50
	187.5	169.27
Rata-rata		164.76
30%	187.5	169.27
	187.5	169.27
	195	176.04
Rata-rata		171.53
40%	195	176.04
	202.5	182.81
	202.5	182.81
Rata-rata		180.56
50%	217.5	196.35
	217.5	196.35
	217.5	196.35
Rata-rata		196.35
60%	217.5	196.35
	225	203.13
	232.5	209.90
Rata-rata		203.13



Gambar 4.24 Kurva Uji Bending komposisi (0%, 30%, 40%, 50%, 60%)

Pada Tabel 4.5 dan Gambar 4.24, menunjukkan bahwa kenaikan tegangan dikarenakan penambahan komposisi serbuk tulang ikan tuna, kurva tersebut

menjelaskan semakin tinggi komposisi serbuk tulang ikan tuna maka tegangan semakin tinggi, hal ini ditunjukkan pada komposisi 30% dalam rata – rata besarnya tegangan bending lebih kecil yaitu 171.53 MPa dari komposisi 40 % besarnya tegangan bending yaitu 180,56 MPa lebih kecil dibanding komposisi 50 % yang sebesar 20,036 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk kekuatan bending tertinggi untuk komposisi volume 60 % besarnya tegangan 203.13 MPa, dari hasil tersebut rata – rata kenaikan nilai tegangan bending mengalami angka kenaikan sebesar 6% - 8% dari tiap komposisi. Dari hasil diatas menunjukkan bila serat semakin banyak komposisi serbuk tulang ikan tuna maka tegangan bendingnya semakin naik. Semakin meningkatnya kekuatan bending ini dikarenakan dimensi komposit yang semakin besar. Semakin banyak serbuk tulang ikan tuna yang digunakan, dimensi komposit akan semakin besar pula. Hal ini disebabkan serbuk tulang ikan tuna yang semakin banyak mengikat seratnya tegangan bendingnya semakin kuat, sedangkan apabila pada komposisi rendah serbuk tulang ikan tuna kurang mengikat, karena komposit cuma bertumpu pada serat saja,

Dari percobaan yang dilakukan tersebut didapatkan bahwa proses pembuatan material *fiberglass* dicampur dengan limbah serbuk tulang ikan memenuhi syarat serta memiliki kontribusi yang besar dalam proses pembuatan kapal fiber,

Semakin banyak serbuk ikan yang digunakan, dimensi komposit akan semakin besar pula sehingga interaksi antara serbuk ikan serat dan resin semakin mengikat dan mengakibatkan komposit semakin kuat, namun perlu diingat apabila volume persentase penguat serbuk tulang ikan ditambahkan lebih dari 60% kandungan *fiberglass* secara otomatis jumlah epoxy semakin banyak dan itu menyebabkan kekuatan material *fiberglass* semakin menurun secara otomatis, dikarenakan matrik bersifat lebih kaku daripada serat, seperti yang dikatakan oleh (Franklin Donald Izaak, et, al. 2013), sehingga mengurangi bahan pengikatnya yang menyebabkan ikut melemahnya pula bahan pengikat tersebut.

Adapun contoh perhitungan dari hasil tegangan bending terbesar dapat dijabarkan sebagai berikut:

$$\sigma = \frac{3PL}{2bd^2}$$

$$\sigma = \frac{3 \times 187,5 \times 130}{2 \times 13,5 \times (4)^2}$$

$$\sigma = \frac{73124,64}{432}$$

$$\sigma = 169.27 \text{ N/mm}^2$$

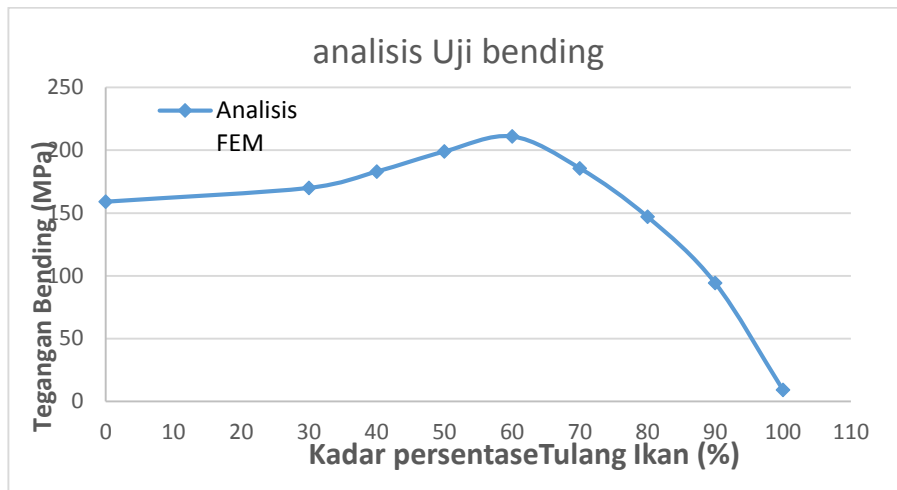
#### 4.3.1 Hasil Analisa *FEM* Uji Bending

Setelah melakukan proses perhitungan material dengan metode *FEM* maka didapatkan hasil tabulasi sesuai Tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.6 Tabel Perhitungan *FEM* Bending

Komposisi	Gaya (N)	Tegangan Bending (Mpa)
0	180	159.0
30	188	170.0
40	195	183.0
50	203	199.0
60	225	211.0
70	198	185.7
80	157	147.0
90	100	94.2
100	10	9.2

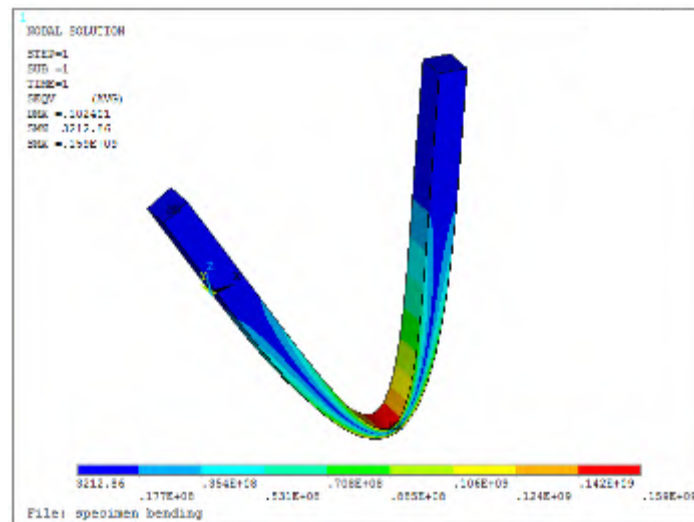
Dari Tabel 4.6 pada analisis *FEM* uji bending dapat dilihat hasilnya yaitu pada *fiberglass* dicampur serbuk tulang ikan komposisi 0% - 60% mengalami tren kenaikan kekuatan bending, sedangkan pada komposisi 70% - 100% mengalami tren penurunan kekuatan bending yang disajikan pada grafik sesuai pada Gambar 4.25 berikut:



Gambar 4.25 Grafik perhitungan *FEM* Bending

Dari tabel 4.6 dan gambar 4.23 berikut hasil perhitungan tiap komposisi serbuk tulang ikan tuna tuna dengan menggunakan metode finite elemen Berdasarkan model penyederhanaan aliran gaya-gaya internal spesimen (Gambar 4.26 – 4.34) maka dapat diketahui bahwa pada daerah spesimen yang mengalami aliran gaya-gaya tarik ke tumpuan.

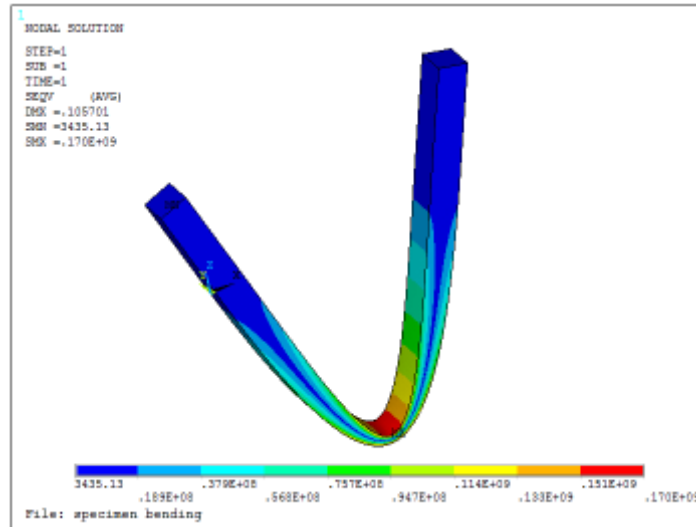
1. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 0 %



Gambar 4.26 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 0 %

Pada Gambar 4.26 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 0 %) dapat dilihat hasil *FEM* 159 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 162,5 MPa,

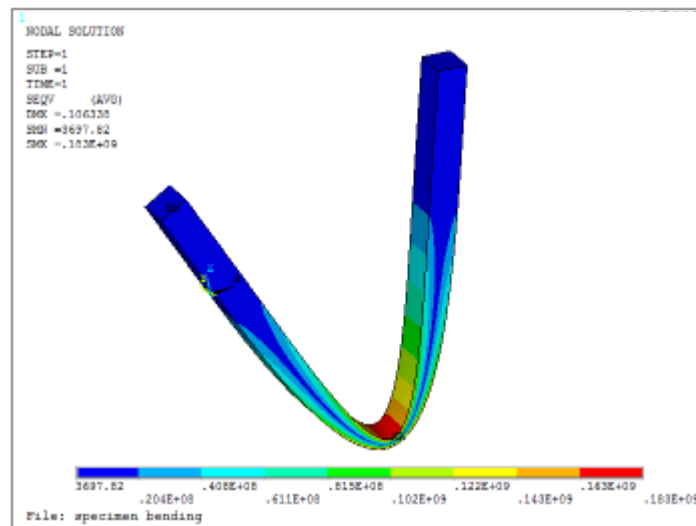
2. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 30 %



Gambar 4.27 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 30 %

Pada Gambar 4.27 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tegangan bending sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 30 %) dapat dilihat hasil *FEM* 170 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 171,53 MPa,.

3. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 40 %

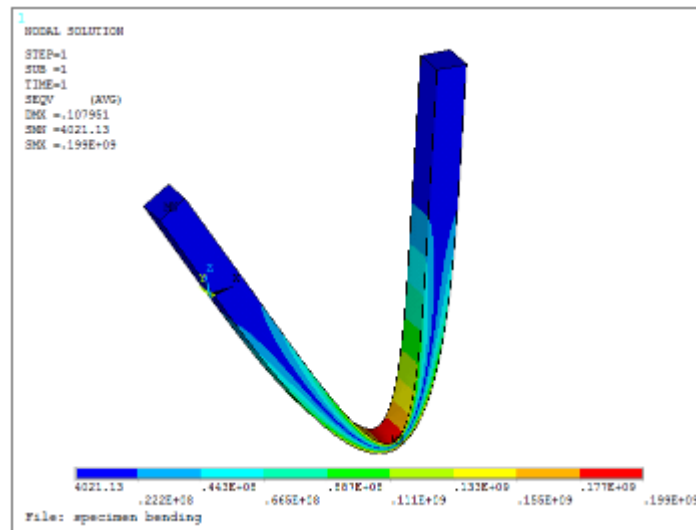


Gambar 4.28 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 40 %

Pada Gambar 4.28 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tegangan bending sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 40 %) dapat dilihat hasil *FEM* 183 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 180,56 MPa,



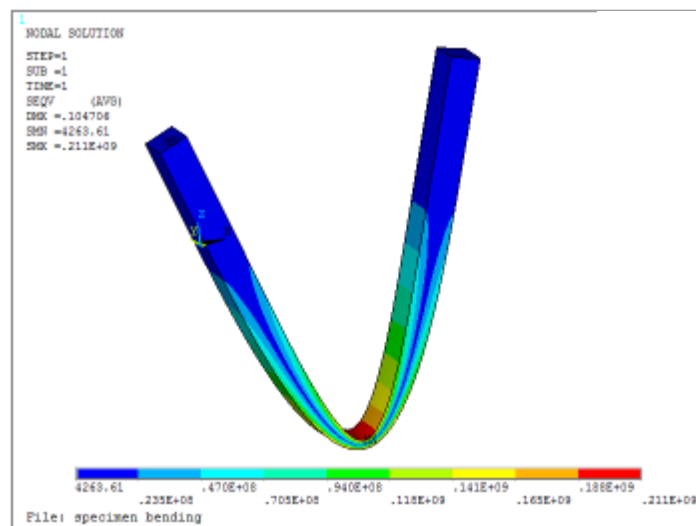
4. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 50 %



Gambar 4.29 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 50 %

Pada Gambar 4.29 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tegangan bending sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 50 %) dapat dilihat hasil *FEM* 199 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 196,35 MPa,.

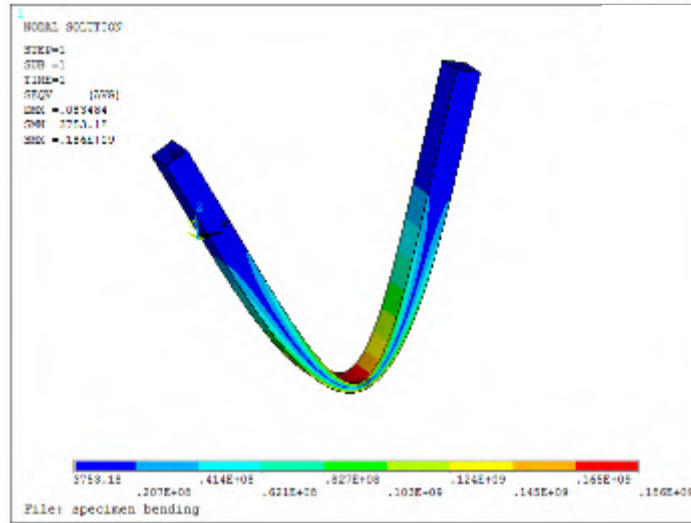
5. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 60 %



Gambar 4.30 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 60 %

Pada Gambar 4.30 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tegangan bending sesuai uji lab (serbuk tulang ikan tuna komposisi 60 %) dapat dilihat hasil *FEM* 211 MPa, sedangkan hasil uji lab sebesar 203,13 MPa

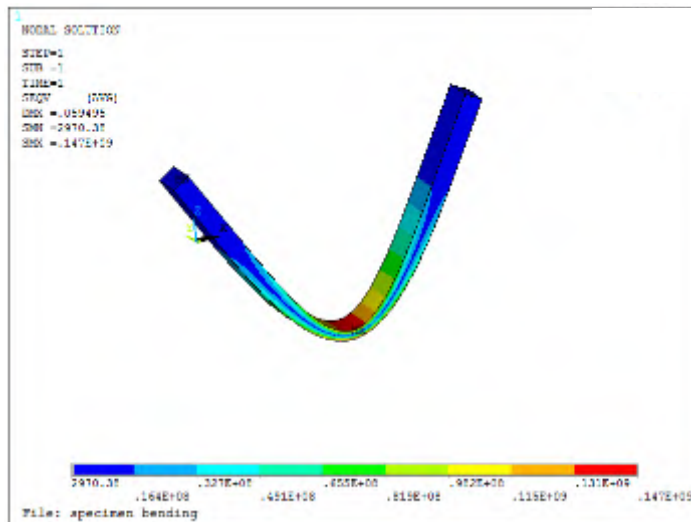
6. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 70 %



Gambar 4.31 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 70 %

Pada Gambar 4.31 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength dapat dilihat hasil analisis ada komposisi 70% sebesar *FEM* 185,7 MPa,

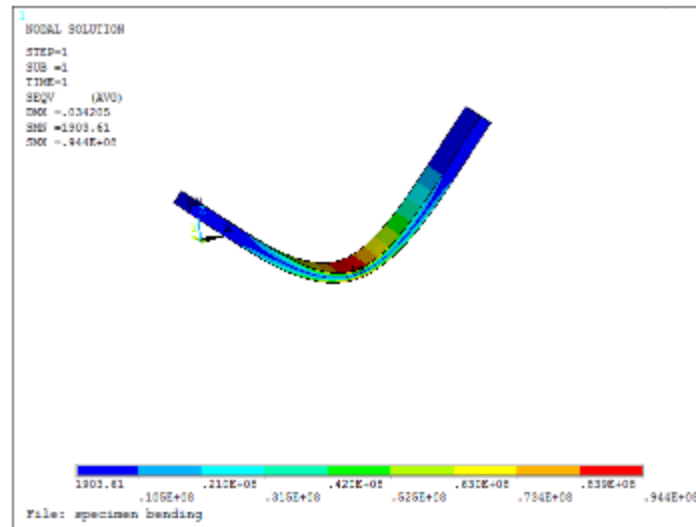
7. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 80 %



Gambar 4.32 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 80 %

Pada Gambar 4.32 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength dapat dilihat hasil analisis ada komposisi 80% sebesar *FEM* 147 MPa,

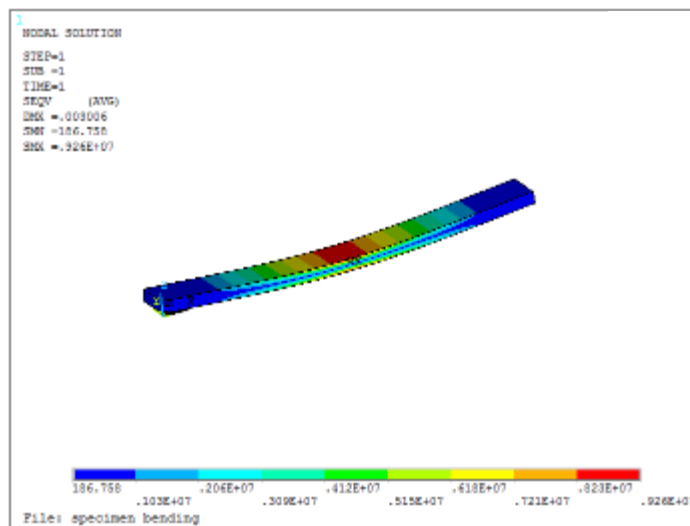
8. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 90 %



Gambar 4.33 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 90 %

Pada Gambar 4.33 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength dapat dilihat hasil analisis ada komposisi 90% sebesar *FEM* 94,2 MPa,

9. Hasil perhitungan *FEM* dengan Kadar tulang ikan 100 %

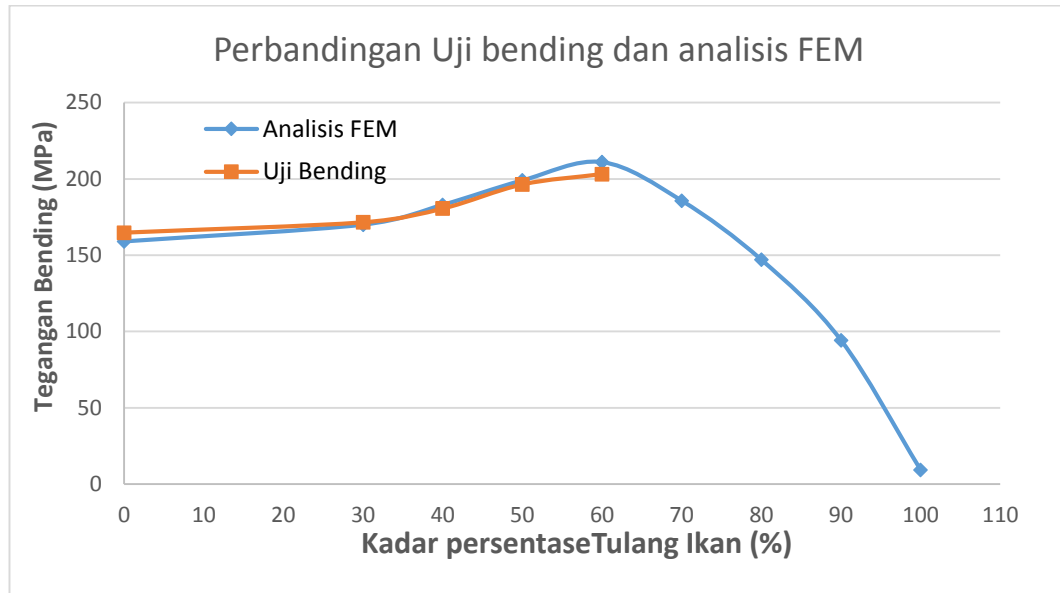


Gambar 4.34 *FEM* dengan Kadar tulang ikan 100 %

Pada Gambar 4.34 ini dapat dilihat hasil yang didapat berupa tensile strength dapat dilihat hasil *FEM* ada komposisi 100% sebesar 9,2 MPa, hal ini disebabkan karena serbuk tulang ikan tuna tidak ada ikatan antara serat gelas yang ada dalam material fiberglass

### 4.3.2 Perbandingan hasil eksperimen uji bending dengan FEM

Dari hasil pengujian uji tarik dengan perhitungan menggunakan metode *finite elemen* maka didapatkan grafik pada Gambar 4.35 sebagai berikut:



Gambar 4.35 Kurva Perbandingan Uji bending dan FEM

Dari kurva pada Gambar 4.35 diketahui selisih hasil dari perbandingan hasil pengujian mekanik dan hasil menggunakan metode *finite element* rata – rata sebesar 0% – 4% hal ini dapat diterima dikarenakan masih dalam batas toleransi, Hal tersebut disebabkan karena pada waktu pengujian material uji bending, ada beberapa faktor yang mempengaruhi misalnya suhu ruangan, pada kasus ini diperkirakan bahwa tegangan gesekan kisi bertambah dan kemampuan untuk slip silang berkurang akibat perpaduan, dengan demikian dislokasi slip hanya terdapat pada pita dimana terjadi penggandaan tegangan, sedangkan untuk metode *finite elemen* dapat tetap stabil dikarenakan proses dilakukan menggunakan running simulasi spesimen sehingga hasil yang didapatkan stabil, atau konstan. Selain itu perubahan sifat mekanik disebabkan karena laju pengerasan material selama deformasi mempengaruhi jumlah energi yang dibutuhkan.

Dari hasil pengujian tarik dan analisis FEM didapat komposisi terbaik material fiberglass yang dicampur serbuk tulang ikan pada komposisi 60% sebesar 149,49 MPa, hasil yang didapatkan berbeda penelitian sebelumnya yang dilakukan

(Jarcho, 1976) yang mengkombinasi serbuk tulang ikan dengan keramik yang mendapatkan kekuatan tarik sebesar 196 MPa. Hal ini yang berbeda karena jenis material yang digunakan berbeda dan mempunyai material propertis yang berbeda, namun dalam kedua penelitian ini serbuk tulang ikan tuna berfungsi sebagai penguat material komposit, sehingga dapat meningkatkan ketahanan mekanik dalam komposisi tertentu

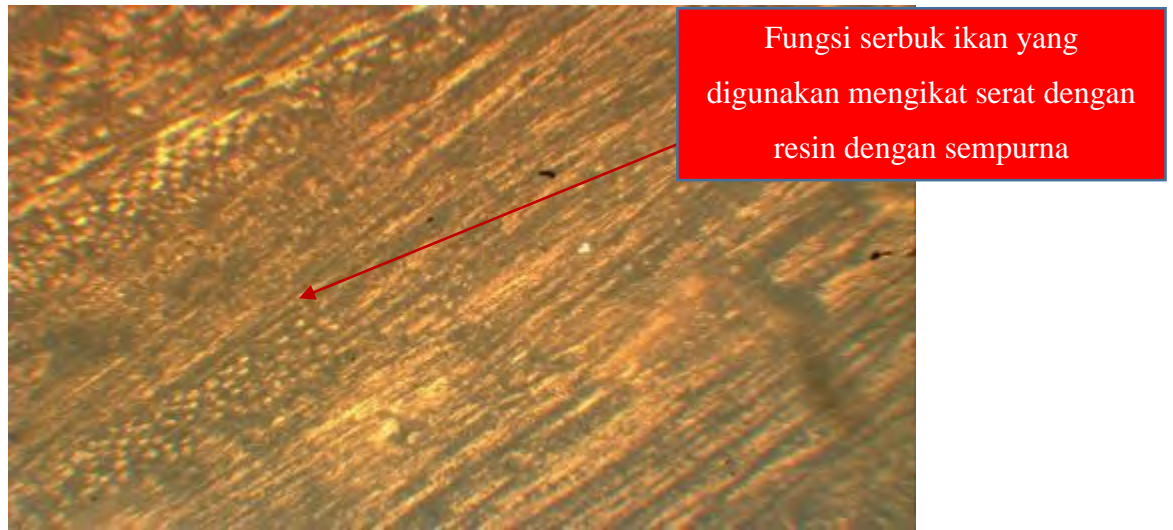
#### 4.4 Pemeriksaan Struktur mikro pada material *fiberglass*

Pengujian struktur mikro (Metalografi) dilakukan untuk melihat ukuran butir struktur mikro material *fiberglass* yang tanpa komposisi dengan komposisi tulang ikan apakah terdapat ikatan antara serbuk yang mengikat dengan serat material *fiberglass*.



Gambar 4.36 Foto mikro tanpa serbuk tulang ikan tuna

Pada Gambar 4.36 dari hasil foto mikro dapat diketahui bahwa hasil struktur tanpa serbuk tulang ikan tidak dapat mengikat serat dengan sempurna, kurang rata dan terdapat beberapa titik – titik yang berisi rongga udara, sehingga ikatan serat gelas dan resin kurang menutup sempurna. Struktur mikro pada Gbr. 4.37 menunjukkan banyak pori atau rongga (*cavity*) di daerah batas butir/interface, hal ini mengakibatkan interface semakin lemah bila mengalami beban/gaya dan akan mudah patah. Sebaran fiber tidak merata terhadap seluruh area matriks sehingga terdapat kelompok-kelompok fasa. Interface yang tidak sempurna akan memberikan sifat material seperti yang dihasilkan pada Tabel 4.1 dan tabel 4.4.



Gambar 4.37 Foto mikro serbuk tulang ikan tuna komposisi 30%

Pada Gambar 4.37 dari hasil foto mikro dapat diketahui bahwa hasil struktur serbuk tulang ikan dapat mengikat serat dengan sempurna karena serbuk tulang ikat dapat menyatu dengan serat gelas dan resin sehingga mengikat lapisan *fiberglass*, sehingga tidak ada porositas dalam proses dalam proses pengerjaan pembuatan material sehingga dapat meningkatkan kekuatan material tersebut



Gambar 4.38 Foto mikro serbuk tulang ikan tuna komposisi 60%

Terlihat pada gambar 4.37 dan 4.38 ikatan dari serbuk tulang ikan tuna teratur, hal ini disebabkan karena dari sifat hidroksiapatit yang memiliki pori-pori

yang letaknya teratur dan ukurannya seragam sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik maupun bendingnya.

#### 4.4.1 Patahan pada pengujian Bending

Pengamatan hasil patahan dilakukan pada bentuk patahan benda uji bending. Berikut ini adalah data gambar-gambar foto patahan yang dihasilkan setelah uji bending antara *fiberglass* standar, dengan *fiberglass* yang dicampur dengan penguat limbah serbuk tulang ikan:



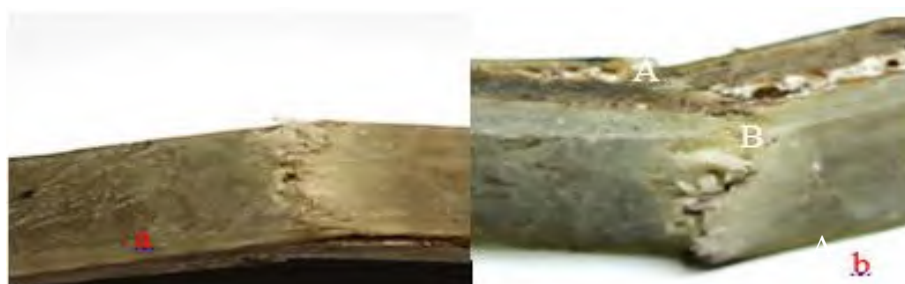
Gambar 4.39 Patahan *fiberglass* tanpa penguat serbuk tulang ikan

Seperti ditunjukkan pada gambar 4.39. Penampang patahan uji bending komposit yang diperkuat serat tanpa penguatan serbuk tulang ikan menunjukkan mekanisme gagal fiber pull out, seperti pada Hal ini menunjukkan lemahnya ikatan antara serat dan matrik karena serat mengandung lapisan seperti lilin (lignin dan kotoran lainnya) yang menghalangi ikatan interface antara serat dengan polyester



Gambar 4.40 Foto makro patahan uji bending komposisi 30%

Sebaliknya, pada Gambar 4.40 penampang patahan komposit berpenguat serbuk tulang ikan tidak terlalu menunjukkan fiber pullout dan Serat gagal bersamaan dengan matriks, karena ikatan interface serat dan matriks sangat kuat. Komposit tersebut juga akan memiliki kekuatan yang lebih tinggi, peningkatan kekuatan bending ini menunjukkan perubahan pada interface antara serat dan matriks, karena kekuatan komposit adalah gabungan antara kekuatan serat dan matriks, sehingga akan tergantung dari interface tersebut, semakin baik ikatan serat-matriks maka beban tarik dan beban bending yang diberikan pada komposit akan terdistribusi pada serat dengan lebih baik.



Gambar 4.41 Foto makro patahan uji bending komposisi 60%



Pada Gambar 4.41 terjadi awal retakan pada spesimen uji terjadi pada titik A karena pada titik tersebut muncul konsentrasi tegangan. Kerusakan awal terjadi pada matrik spesimen. Kemudian retakan akan menjalar secara horizontal sampai titik B. Pada titik ini perambatan retak akan berhenti dan tertahan karena adanya serat yang melintang terhadap arah retakan. Hal ini akan mengakibatkan penguatan terhadap tegangan sampai serat patah atau terlepas dari matriknya. Pelepasan serat dari matrik terjadi pada daerah yang ikatan antara serat dan matriknya terlemah. Kemudian retakan akan merambat kembali sampai spesimen komposit patah. Jika ikatan antara matrik dan serat baik maka akan mengakibatkan beban yang dikenakan terhadap komposit dapat diteruskan dengan baik oleh matrik ke seratnya. Sehingga serat tidak mudah lepas dari matriknya sampai serat mengalami beban maksimum yang mampu ditahan oleh serat dan akhirnya akan mengakibatkan patahnya serat.

Pada umumnya kelemahan komposit terletak pada bagian bawah, ketika diberi beban bending lapisan paling bawah tidak mampu menahan beban sehingga akan terjadi kegagalan paling awal. Dari foto penampang patahan pada Gambar 4.39 spesimen tanpa penguatan serbuk tulang ikan tuna terlihat dengan jelas adanya serat yang terlepas dari matriks (debonding) Hal ini disebabkan karena adanya void matriks yang menyebabkan interface serat dan matriks menjadi lemah sehingga kekuatannya menjadi berkurang tampak jenis patahan getas. Sebaliknya pada Gambar 4.40 dan 4.41 ini dikarenakan ikatan serat dan matriks sangat kuat sehingga serat dan matriks tercabut secara merata, Hal ini disebabkan karena proses pencetakan komposit dan struktur serbuk tulang ikan yang mengikat dengan *fiberglass* sehingga membuat material semakin kuat.

#### **4.5 Aplikasi serbuk tulang ikan pada kapal *fiberglass***

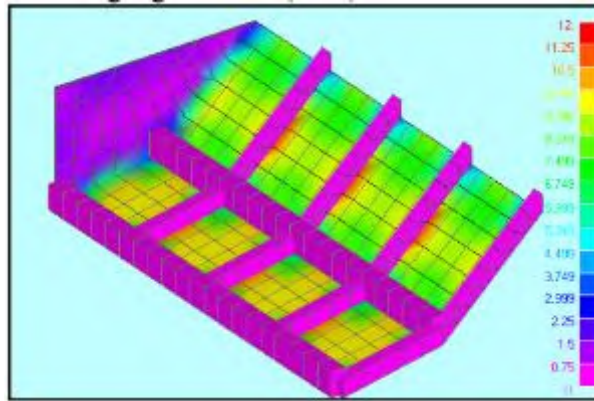
Konstruksi *Fiberglass* pada kapal *fiberglass* harus merupakan bagian yang menjadi satu dan saling terkait dengan perencanaan, perancangan, pembangunan dan pengoperasian kapal *fiberglass*. Lapisan *Fiberglass* yang memberikan kekuatan yang memadai; kekuatan di konstruksi *Fiberglass* adalah terletak pada susunan serat penguat (jumlah lapisan, jenis serat penguat, dan pengaturan susunannya) dan bukan karena ketebalannya. Lapisan *Fiberglass* yang tebal tapi

disusun dari resin dan serat penguat yang tidak tepat serta pengerjaan yang sembarangan akan menghasilkan konstruksi yang tebal, berat dan lemah. Kesatuan antar lapisan yang kuat; konstruksi *Fiberglass* terdiri dari beberapa lapisan paduan resin dan serat penguat. Proses pengerjaan yang tidak tepat tidak akan memberikan kesatuan antar lapisan yang kuat sehingga bahaya delaminasi (pengelupasan sambungan antar lapisan). Kesatuan antar komponen konstruksi kapal *fiberglass* yang solid; dalam mempersatukan komponen konstruksi kapal *fiberglass*, pengikat eksternal diperlukan (lem dan pengikat mekanis seperti baut dan sekrup). Pengikatan-pengikatan tersebut harus menggunakan bahan dan metode pengikatan yang tepat.

Klasifikasi (class) dalam hal ini Biro Klasifikasi Indonesia (BKI) mensyaratkan 2 poin kriteria yang harus dipenuhi dari perhitungan longitudinal strength ini, antara lain:

1. Longitudinal stress (tegangan) yang diijinkan
2. Minimum modulus yang diijinkan

Dari hasil kekuatan tarik dan bending material FRP (*fiberglass*) yang dicampur serbuk tulang ikan tuna mengalami peningkatan yang cukup bagus, hal tersebut menyebabkan kekuatan konstruksi kapal *fiberglass* semakin baik yang dapat diaplikasikan pada kapal. Dengan mempertimbangkan berat kapal dan waktu produksi kapal material *fiberglass* yang dicampur serbuk tulang ikan tuna ini dapat diaplikasikan sebagai campuran laminasi pada bagian *keel* dan *bottom* kapal. Seperti yang dikatakan (budianto, 2015) kemampuan untuk menahan momen yang ada, akan mempengaruhi kekuatan dari struktur kapal, Beberapa konsentrasi tegangan yang terjadi, terletak pada bagian *bottom* atau alas kapal pada saat mengalami *hogging* dan *sagging*, hal ini akan memberikan perhatian khusus bahwa struktur tersebut cukup efektif menerima beban yang ada, oleh sebab itu perlu diberikan penguatan-penguatan tambahan pada struktur kapal yang mengalami konsentrasi tegangan yang cukup tinggi untuk menghindarkan dari adanya retak lokal. Untuk lebih detail ditunjukkan visualisasi sebagai pada gambar 4.29 berikut:



Gambar 4.42 Beban terbesar pada kapal fiber (budianto, 2015)

Pada gambar 4.40 dapat dilihat beban terbesar dengan menggunakan metode elemen hingga terjadi pada keel dan bottom kapal. Sebagai contoh diambil salah satu sampel kapal patroli dengan ukuran seperti pada tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Ukuran utama Kapal Patroli (Sumber Phanteon Energy, 2014)

Panjang	12.00 m
Lebar	2.80 m
Tinggi	1.00 m
Sarat	0.45 m
Jarak Gading	0.5 m

Dengan menggunakan perhitungan sesuai standart BKI, maka dihitunglah tebal pelat bagian keel dan bottom dengan menggunakan rumus berikut:

#### 4.5.1 Tebal pelat *KEEL*

$$\begin{aligned} \text{Breadth or girth Length: } b &= 530 + 14,6 \times L \text{ (mm)} \\ &= 705.2 \text{ mm} \end{aligned}$$

(REFERENCE BKI VOL V Rules for *Fiberglass* Section 7)

$$\begin{aligned} \text{Thickness: } T_k &= 9 + 0,4 \times L \\ &= 13.8 \text{ mm} \end{aligned}$$

Berdasarkan ketebalan yang didapat dari perhitungan diatas maka urutan laminasi *fiberglass* sampai ketebalan terpenuhi, dan berat lapisan setiap m<sup>2</sup> seperti tabel berikut:

Tabel 4.8 Laminasi *keel* kapal fiber (sumber Phanteon Energy, 2014)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>20000</b>	<b>13.55</b>

Tabel 4.9 Laminasi *Fiberglass* pelat *keel* penguat serbuk tulang ikan (30%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	135	0.15
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	135	0.15
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>20270</b>	<b>13.85</b>

Tabel 4.10 Laminasi *Fiberglass* pelat *keel* penguat serbuk tulang ikan (40%)

<b>Lamination</b>	<b>Ply</b>	<b>FRP</b>	
		<i>Weight</i> (g)	<i>Thickness</i> (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	180	0.2
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	180	0.2
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>20360</b>	<b>13.95</b>

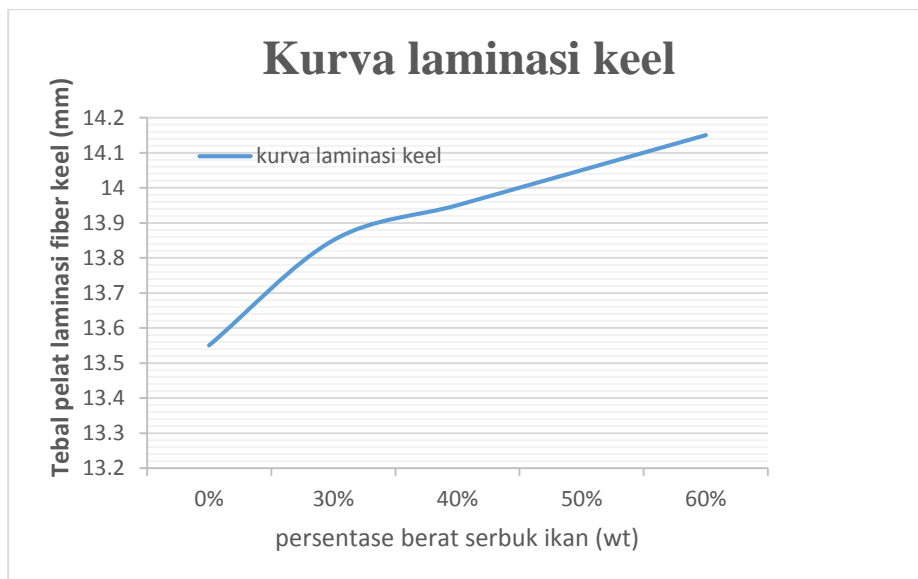
Tabel 4.11 Laminasi *Fiberglass* pelat *keel* penguat serbuk tulang ikan (50%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	225	0.25
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	225	0.25
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>20450</b>	<b>14.05</b>

Tabel 4.12 Laminasi *Fiberglass* pelat *keel* penguat serbuk tulang ikan (60%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	270	0.3
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	270	0.3
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>20540</b>	<b>14.15</b>

Dari beberapa tabel diatas maka didapatkan grafik untuk mengetahui ketebalan *keel* pada kapal *fiberglass* dapa dilihat pada gambar 4.41 sebagai berikut:



Gambar 4.43 Kurva tebal laminasi *Keel* kapal *fiberglass*

Sesuai dengan yang ditentukan BKI tebal ukuran *keel* kapal *fiberglass* pada kapal patroli sesuai dengan ukuran utama kapal adalah sebesar 13,8 mm, dimana disini pada percobaan pertama tanpa penguat serbuk tulang ikan tuna ukuran ketebalan keel kapal *fiberglass* sebesar 13,55 mm secara perhitungan standar BKI belum memenuhi syarat, tetapi dari hasil tersebut masih pada batas toleransi dan biasanya hal tersebut bisa ditambahkan lapisan CSM untuk lapisan terakhir dan hasil setelah dicampur dengan serbuk penguat tulang ikan tuna maka ketebalan semakin besar dan otomatis ketebalan semakin bertambah dan kekuatan semakin meningkat. Untuk tebal yang ideal sebaiknya digunakan komposisi serbuk tulang ikan sebesar 50% mengingat waktu dan biaya proses pembangunan lambung kapal fiber.

#### 4.5.2 Tebal Pelat Bottom

##### *SHELL LAMINATES FOR MIDSHIP PART*

$$\begin{aligned} \text{Bottom Shell: } T_b &= 15,8 \times a \sqrt{T} + 0,026 \times L \\ &= 6.8961163 \text{ mm} \end{aligned}$$

(REFERENCE BKI VOL V Rules for *Fiberglass* Section 7)

Urutan Laminasi *Fiberglass* sampai ketebalan untuk pelat bottom terpenuhi dan berat lapisan setiap m<sup>2</sup> ialah sebagai berikut:

Tabel 4.13 Laminasi *bottom* kapal tanpa diperkuat serbuk tulang ikan tuna

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
CSM 450	1	1500	1.05
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>11000</b>	<b>7.52</b>



Tabel 4.14 Laminasi *Fiberglass* pelat *bottom* penguat serbuk tulang ikan (30%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	135	0.15
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	135	0.15
CSM 450	1	1500	1.05
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>11270</b>	<b>7.82</b>

Tabel 4.15 Laminasi *Fiberglass* pelat *bottom* penguat serbuk tulang ikan (40%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	180	0.2
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	180	0.2
CSM 450	1	1500	1.05
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>11360</b>	<b>7.92</b>

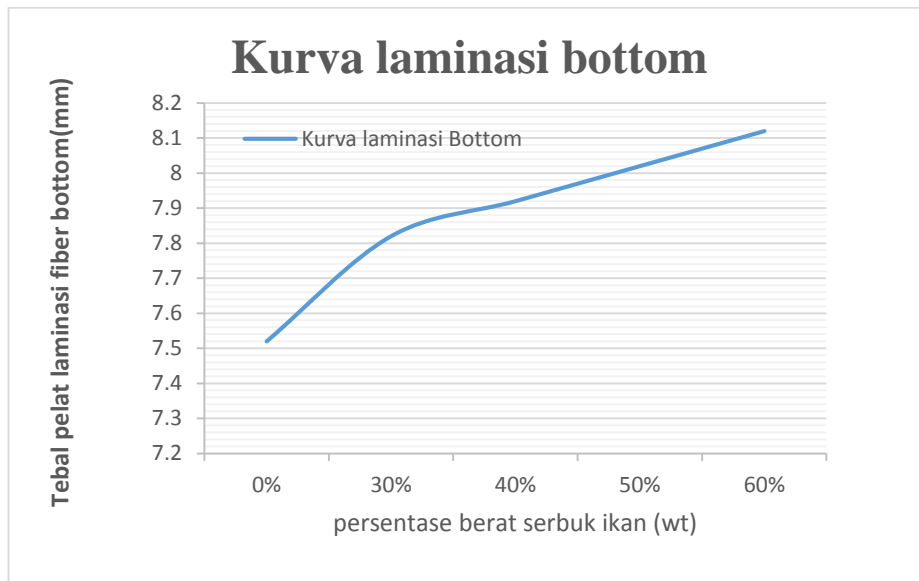
Tabel 4.16 Laminasi *Fiberglass* pelat *bottom* penguat serbuk tulang ikan (50%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	225	0.25
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	225	0.25
CSM 450	1	1500	1.05
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>11450</b>	<b>8.02</b>

Tabel 4.17 Laminasi *Fiberglass* pelat *bottom* penguat serbuk tulang ikan (60%)

Lamination	Ply	FRP	
		Weight (g)	Thickness (mm)
CSM 300	1	1000	0.7
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	270	0.3
CSM 450	1	1500	1.05
WR 800	1	2000	1.31
Serbuk tulang ikan	1	270	0.3
CSM 450	1	1500	1.05
CSM 450	1	1500	1.05
		<b>11540</b>	<b>8.12</b>

Dari beberapa tabel diatas maka didapatkan grafik untuk mengetahui ketebalan *Bottom* pada kapal *fiberglass* dapat dilihat pada gambar 4.42 sebagai berikut:



Gambar 4.44 Kurva tebal laminasi *Bottom*

Sesuai dengan yang ditentukan BKI tebal ukuran *bottom* kapal *fiberglass* sesuai dengan ukuran utama kapal yang disini adalah kapal patroli sebesar 6.9 mm disini pada percobaan pertama tanpa penguat serbuk tulang ikan tuna ukuran ketebalan *bottom* kapal *fiberglass* sebesar 7,52 mm hal ini dikarenakan sudah cukup dan memenuhi standart yang ditetapkan BKI dan setelah dicampur dengan serbuk penguat tulang ikan tuna maka ketebalan semakin besar dan otomatis ketebalan semakin kuat. Untuk tebal yang ideal sebaiknya digunakan komposisi serbuk tulang ikan sebesar 50% mengingat waktu dan biaya proses pembangunan lambung kapal fiber.

## BAB 5

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian dan perhitungan yang dilakukan antara *fiberglass* yang tidak diberi penguat dan diberi penguat serbuk tulang ikan dengan memperhatikan analisa data maka didapatkan kesimpulan:

1. Hasil uji tarik diuji dari komposit material *fiberglass* yang dicampur dengan serbuk limbah tulang ikan dari tiap komposisi mengalami kenaikandari komposisi 30%, 40%, 50%, dan 60%, sedangkan hasil yang terbaik adalah komposisi serbuk tulang ikan tuna sebesar 60% kuat dan sangat memenuhi untuk pembuatan kapal material *fiberglass* sesuai dengan standart BKI, sedangkan pada komposisi 70% keatas mengalami penurunan kekuatan material, yang diakibatkan campuran seruk tulang ikan terlalu banyak dan tidak dapat mengikat secara baik, dengan matriks.
2. Hasil uji bending diuji dari komposit material *fiberglass* yang dicampur dengan serbuk limbah tulang ikan dari tiap komposisi mengalami kenaikan dari komposisi 30%, 40%, 50%, dan 60%, sedangkan hasil yang terbaik adalah komposisi serbuk tulang ikan tuna sebesar 60% kuat dan sangat memenuhi untuk pembuatan kapal material *fiberglass* sesuai dengan standart BKI.
3. Variabel pencampuran serbuk tulang ikan sangat berpengaruh terhadap kekuatan bending material *fiberglass* untuk kapal *fiberglass* sehingga dapat disimpulkan semakin banyak komposisi berat serbuk tulang ikan pada material *fiberglass*, semakin besar pula kekuatan, tetapi apabila komposisi melebihi 60% akan mengalami penurunan kekuatan
4. Material *fiberglass* penguat serbuk tulang ikan tuna ini sangat tepat diaplikasikan pada bagian *keel* dan *bottom* kapal *fiberglass*.

## 5.2 Saran

Untuk menyempurnakan hasil yang telah diperoleh diberikan beberapa saran yang mungkin bisa untuk penelitian kedepannya agar lebih baik dan lebih berkembang yaitu sebagai berikut:

1. Adanya sumbangsih dari penelitian - penelitian serupa yang menggunakan model secara fisik dan diuji dengan fasilitas kolam uji sangat diharapkan. Dengan harapan dapat menghasilkan data - data yang lebih riil sehingga kajian optimalisasi sehingga material ini bisa benar - benar diaplikasikan pada kapal fiber.
2. Dalam melakukan pengecoran resin, hendaknya dilakukan diruang tertutup, hal ini untuk mengurangi terjadinya gelembung udara yang terperangkap dalam lamina yang menyebabkan konsentrasi tegangan sehingga dapat mengurangi kekuatan lamina itu sendiri, serta dalam pembuatan spesimen, perlu diperhatikan untuk menjaga ketelitian mulai dari penyiapan alat dan bahan, pembuatan spesimen, suhu temperature kamar hingga uji tarik, hal ini bertujuan agar diperoleh hasil spesimen uji yang benar-benar baik, homogen dan ukuran spesimen yang presisi
3. Agar bisa diperoleh kekuatan tarik, kekuatan bending, elongasi yang optimal maka sebaiknya diperhatikan pada faktor – faktor yang mempengaruhi selama proses pembuatan komposit *fiberglass* yang diperkuat dengan serbuk tulang ikan tuna yaitu stuktur kimia, suhu ruangan serta pada waktu pencampuran komposit tersebut pada penelitian selanjutnya.
4. Untuk penelitian selanjutnya mungkin bisa ditambahkan untuk menganalisis ketahanan umur material, kebutuhan ekonomi, dan mungkin bisa dikombinasikan dengan material komposit yang lain agar mendapatkan penemuan yang lebih muktahir.

Demikian laporan tesis ini dibuat, penulis sangat mengharapkan kritikan dan saran agar penelitian selanjutnya dapat menghasilkan penemuan yang lebih baik.

## DAFTAR PUSTAKA

- American Ceramic Society, (2013), *Advancing the study, understanding and use of ceramic and glass materials for the benefit of our members and society*, <http://www.ceramics.org>. [3 September 2015]
- ASM Handbook, (2001), *Volume 21: Composite*, ASM International Handbook Committee
- Asdi, R.Z. and Kaelani Y., (2013), *Kajian Tribologi Gesekan Antara Material Komposit Hidroksiapatit (HA) + Polymethyl Methacrylate (PMMA) dengan Ultra High Molecular Weight Polyethylene (PMMA) sebagai Prosthesis Sendi Rahang (TMJ) pada Manusia*, Vol 2, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya
- ASTM D 790-02, (2002), *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastic Electrical Insulating Materials*, Philadelphia.
- ASTM D 638-02, (2002), *Standard Test Methods for Tensile Strength of Plastic*, Philadelphia.
- Biro Klasifikasi Indonesia, (2006), *Rules and Regulation for the Classification and Construction of Ships*, Jakarta.
- Budianto, (2015), *Analisis Kekuatan Struktur Pada Kapal Wisata Sungai Kalimas*, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya.
- Carli, S., A. Widyanto., Ismoyo and Haryanto., (2012), *Analisis kekuatan tarik dan lentur komposit gelas jenis woven dengan matriks epoxy dan polyester berlapis simetri dengan metodamanufaktur hand lay-up.*, Teknis Vol. 7,: 22 – 26

- Clyne, T. W., and Jones, F.R, (2001), *Composites Interfaces*, Encyclopedia of Materials, Science and Technology, Elsevier.
- Feng W, Mu-Sen L, Yu-Peng L, and Yong-Xin Q, (2005), *A simple sol-gel technique for preparing hydroxyapatite nanopowders*, Journal Materials Letters 59:916-919.
- Franklin D. I, Rauf A.F., and Lumintang R., (2013), *Analisis Sifat Mekanik Dan Daya Serap Air Material Komposit Serat Rotan*
- Gibson, and Ronald F, (1994), *Principles of Composite Material Mechanics*, McGraw Hill, Inc, New York:
- Hench LL, (1998), *Biomaterials: a forecast for the future. Journal Biomaterial* 19(16): 1419-1423.
- Huang YC, Hsiao PC, and Chai HJ, (2011), *Hydroxyapatite extracted from fish scale: effect on MG63 osteoblast-like cells*. Journal Ceramics International 37: 1825-1831.
- Indrakto, and Rifky T, (2007), *ANALISIS PEMBEBANAN STATIK DENGAN VARIASI TEMPERATURE PADA CONNECTING ROD MOTOR HONDA TIPE GRAND 100 CC DENGAN MATERIAL BAJA AISI 1006, AISI 1040 DAN AISI 1070 MENGGUNAKAN SOFTWARE CATIA V5R14*. UNNES, Semarang.
- Irwan K., (2008), *Metode Elemen Hingga Untuk Skeletal*. RajaGrafindo Persada, Jakarta.
- Jarcho, M., Bolen, C., Thomas, M., Bobick, J., Kay, J. and Doremus, K, (1976), *Hydroxyapatite Synthesis and Characterization in Dense Polycrystalline Form*, Journal Material Science, Vol. 11, No. 11, pp. 2027-2035.
- Kano S, Yamazaki A, Otsuka R, Ohgaki M, Akao M, and Aoki H, (1994), *application of hydroxyapatite-sol as drug carrier*, Journal.

- Kakani, S.L., Kakani and Amit, (2004), *Material Science*, New Age International (P) Limited, Publishers, New Delhi.
- Kaya, A., (2008), *Pemanfaatan Tepung Tulang Ikan Patin (Pangasius sp) sebagai Sumber Kalsium dan Fosfor dalam Pembuatan Biskuit*, Tesis, Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Kehoe S, (2008), *Optimisation of hydroxyapatite (HAp) for orthopaedic application via the chemical precipitation technique [thesis]*, School of Mechanical and Manufacturing Engineering Dublin City University, Dublin
- Lubin, and George, (1975), *Handbook of Fiberglass and Advanced Plastic Composites*, [http://id.wikipedia.org/wiki/Kaca\\_serat](http://id.wikipedia.org/wiki/Kaca_serat), Diakses pada tanggal 10 Nopember 2015
- Ma'ruf, B, (2011), *Studi Standarisasi Konstruksi laminasi Lambung kapal Fiberglass*, Jurnal Standarisasi vol. 13, BPPT, Jakarta.
- Mondal S, Mondal B, Dey A, and Mukhopadhyay SS, (2012), *Studies on processing and Characterization of hydroxyapatite biomaterials from different bio wastes*. Journal of Minerals & Materials Characterization & Engineering 11(1):56-67
- Mulyaningsih, N. N., (2007), *Karakterisasi Hidroksiapatit Sintetik dan Alami pada Suhu 1400*, Skripsi, Bandung.
- Nabil, M, (2005), *Pemanfaatan Limbah Tulang Ikan Tuna (Thunnus sp.) Sebagai Sumber Kalsium Dengan Metode Hidrolisis Protein*, Skripsi, Program Studi Teknologi Hasil Perikanan, IPB, Bogor.
- Narasaraju, T. S. B. and Phebe, D. E, (1996), *Some Physico-Chemical Aspect of Hidroksiapatite*. Journal of Material Science, Vol. 31, No. 1, pp. 1-21.



- Ozawa. M., and Suzuki, S, (2002), *Microstructural Development Of Natural Hydroxyapatite Originated From Fish-Bone Waste Through Heat Treatment*, Journal American Ceramic Society vol 85 pp. 1315 – 1317.
- Pantheon Energy, CV., (2014), *Data Kapal Patroli*, Surabaya,
- Produk Fiber, (2013), *Cara Memastikan Kekuatan Produk Fiberglass*, <http://www.produkfiber.com>, diakses pada tanggal 7 juni 2016
- Puteh A., (2013), *Tulang ikan bahan serbaguna*, <http://www.utusan.com.my/utusan/Agrobiz/20130715>, diakses pada tanggal 7 juni 2016
- Ray D., Sarkar B.K., Rana A.K., and Bose N.R, (2001), *Effect of Alkali Treated Jute Fibres on Composites Properties*, Bulletin of Materials Science, Vol. 24, No. 2, pp.129-134, Indian Academy of Science.
- Rivera M. E., 2011. *Hydroxyapatite Materials: Synthesis and Characterization*. Biomedical Engineering-Frontiers and Challenges
- Salman S, Soundararajan S, Safi N. G, Satoh I, and Danielsson B, (2008), *Hydroxyapatite as a novel reversible in situ adsorption matrix for enzyme thermistor-based FIA*, Journal Talanta 77: 490-493.
- Sirait, D. H, (2010), *Material komposit berbasis polimer menggunakan serat alami* Artikel, Tersedia pada: <http://dedyharianto.wordpress.com> (diakses pada tanggal 27 Februari 2016).
- Smallman R.E and Bishop R.J, (2004), *Metalurgy Fisik Modern & Rekaya Material*, terjemahan Djapri UI, Erlangga, Jakarta
- Smith, J.M., Van Ness, H.C., and Abbott, M.M., (1996), *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics*, 5 ed., Mc.Graw Hill Book Company, Inc., NewYork.

- Suchanek, W., and Yoshimura, M, (1998), *Processing and Properties of Hydroxyapatite-based Biomaterials for use as Hard Tissue Replacement Implants*, Journal of Material Research, Vol. 13, No. 1, Pp 94-115.
- Surdia, Tata dkk, (1992), *Pengetahuan Bahan Teknik Cet.2*, Pradnya.Paramitha, Jakarta.
- Szpak P, (2011), *Fish Bone Chemistry and Ultrastructure: Implications For Taphonomy And Stable Isotope Analysis*, Journal of Archaeological Science 38: 3358-3372.
- Toppe J, Albrektsen S, Hope B, & Aksnes A, (2007), *Chemical composition, mineral content and amino acid and lipid profiles in bones from various fish species*. Journal Comparative Biochemistry and Physiology Part B 146: 395-401.
- Van Rijswijk. (2001). *Natural Fibre Composites*
- Venkatesan J, & Kim S.K, (2010), *Effect of temperature on isolation and characterization on hydroxyapatite from tuna (*Thunnus obesus*) bone*, Journal Materials 3: 4761-4772.
- Wang B., Panigrahi S., Tabil., Crerar W.J., Kolybaba M., & Sokhansanj S, (2002), *Flax Fiber-Reinforced Thermoplastic Composites*, Canada.
- White AA, & Best SM, (2007), *Hydroxyapatite/carbon nanotube composites for biomedical applications*, review, International Journal of Applied Ceramic Technology 4(1): 1-13.
- William. J.C., (2003), *Progress in Structural Materials for Aerospace Systems (51st ed.)*, [http://id.wikipedia.org/wiki/Material\\_komposit](http://id.wikipedia.org/wiki/Material_komposit), Diakses pada tanggal 10 Nopember 2015

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## BIODATA PENULIS

### PURANGGO GANJAR WIDITYO



Penulis lahir di Sragen Jawa tengah, 7 juni 1986, merupakan anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Purnadi Setyo P. dan Ibu Widiyaningsih. Penulis telah menempuh pendidikan formal yaitu di SDK Santo Fransiskus Sragen, SMP N 2 Sragen dan SMA N 3 Sragen. Setelah lulus pada tahun 2004, Penulis melanjutkan studi Diploma 3 di Jurusan Teknik Mesin, Universitas Jember. Setelah menyelesaikan studi Diploma 3, pada tahun 2008 penulis melanjutkan studi Strata 1 di Jurusan Teknik Mesin Universitas Jember. Pada tahun 2011 bekerja di PT. Honda Prospect Motor, di Karawang, Jawa barat. Setelah itu penulis memutuskan melanjutkan studi Pasca Sarjana dengan Bidang Keahlian Industri dan konstruksi kapal, Program Studi Teknik Produksi dan Material Kelautan FTK - ITS Surabaya. Terdaftar dengan NRP. 4114203008, penulis menyelesaikan penulisan Tesis dengan judul “**KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH TULANG IKAN UNTUK LAMBUNG KAPAL FIBERGLASS**” pada tahun 2016.